

Утицај климатских промена на режим вода слива реке Црнице

Анђелија Глоговац, Весна Ристић Вакањац, Вељко Мариновић, Саша Милановић, Љиљана Васић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Утицај климатских промена на режим вода слива реке Црнице | Анђелија Глоговац, Весна Ристић Вакањац, Вељко Мариновић, Саша Милановић, Љиљана Васић | 17. Српски симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем, Пирот, 2-6 октобар 2024 | 2024 | |

10.5281/zenodo.13740168

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0009221>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

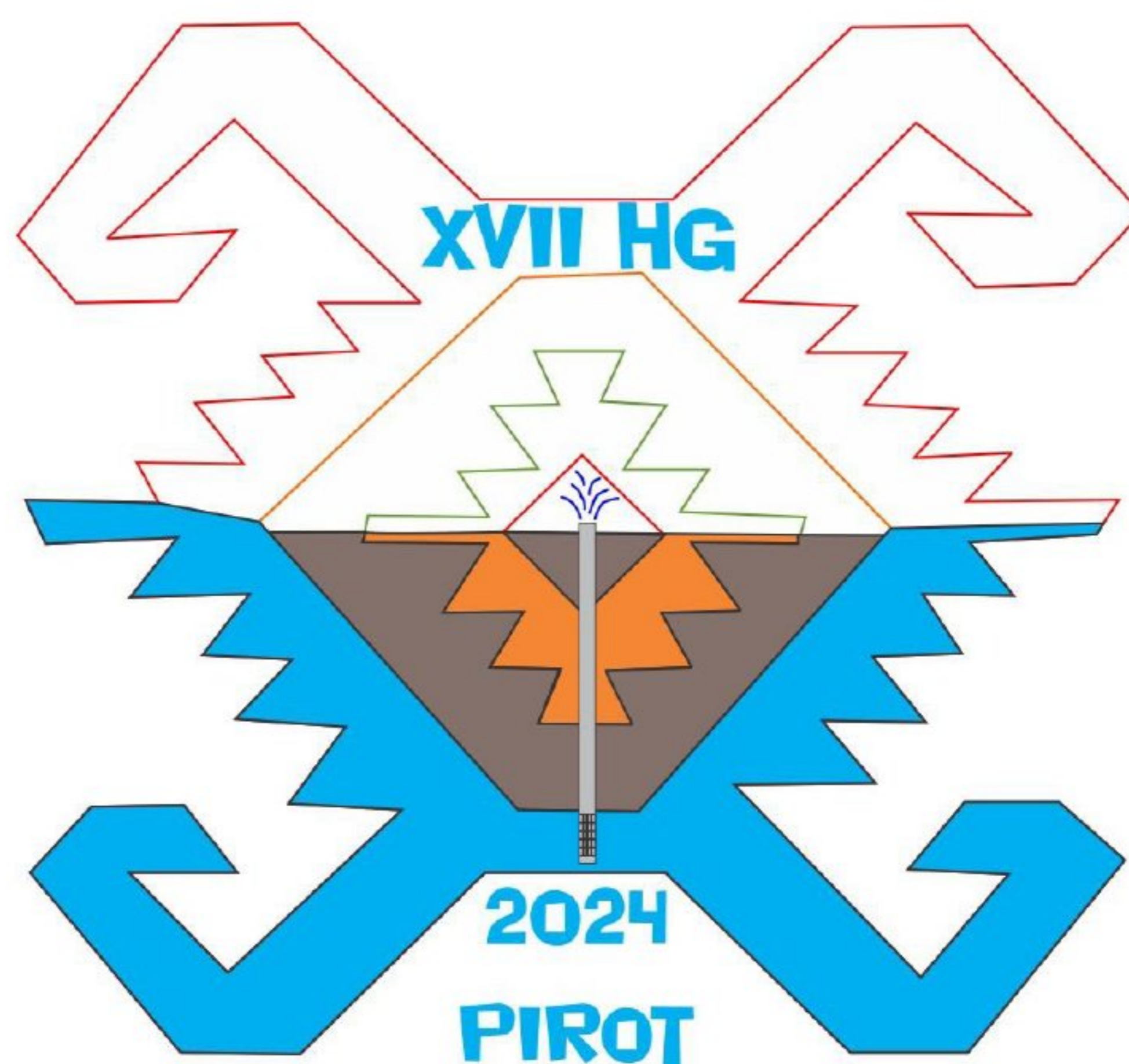
The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVII SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA



02-06. oktobar
2024. godine

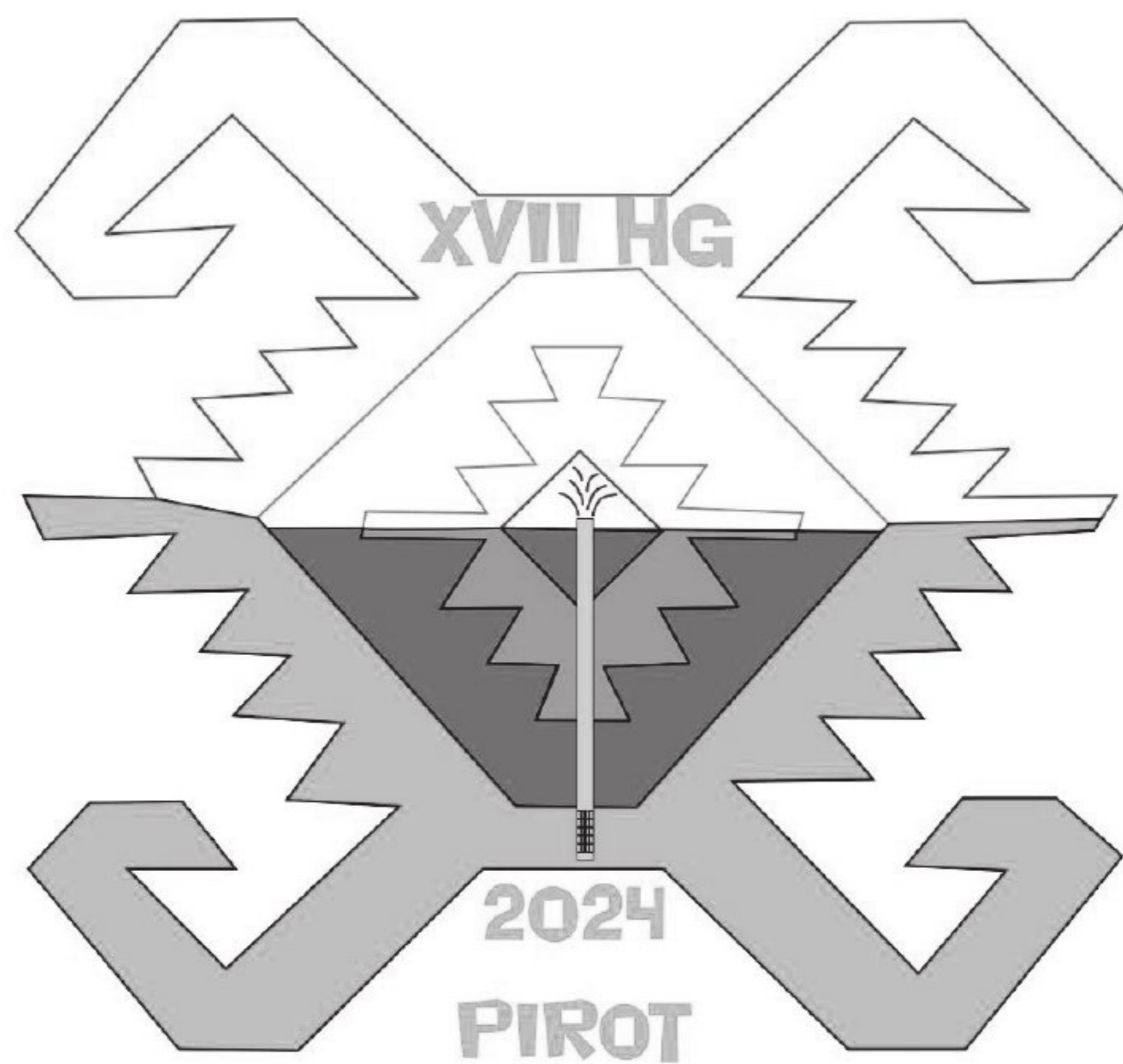


UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVII SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA



02-06. oktobar
2024. godine



XVII SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNIK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Biljana Abolmasov, dekan
UB Rudarsko-geološki fakultet

UREDNIK:

Doc. dr Ljiljana Vasić, ☎0000-0001-9140-5748
UB Rudarsko-geološki fakultet

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Pi Press, Pirot

GODINA IZDANJA: 2024.

Na 10/23. Sednici Veća Departmana i Katedre za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XVII srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je potvrđena i Saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta br. 8/67 od 20.10.2024. godine.

Autori priloga u ovom Zborniku odgovorni su za sadržaj i autorska prava njihovih članaka. Ni izdavač ni bilo koja druga osoba koja deluje u njeno ime nije odgovorna za moguće korišćenje informacija sadržanih u ovoj publikaciji.

Naslovna strana: Logo simpozijuma

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (17 ; 2024 ; Пирот)

Zbornik radova / XVII Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, 02-06. oktobar 2024. godine, Pirot ; [urednik Ljiljana Vasić]. - Beograd : Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet, 2024 (Pirot : Pi Press). - [19], 598 str. : ilustr. ; 30 cm

Kor. nasl. - Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 150. - Str. [5-6]: Uvodna reč organizatora / Saša Milanović, Dušan Polomčić. - Abstracts. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-405-4

a) Хидрогеологија -- Зборници b) Снабдевање водом -- Зборници

COBISS.SR-ID 151976457

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsjednik

Prof. Dr Saša Milanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Generalni sekretar

Prof. Dr Vesna Ristić Vakanjac
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Dr Branislav Petrović, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Veljko Marinović, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Bojan Hajdin, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Marina Ćuk Đurović, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Maja Todorović, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Nebojša Atanacković, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Marjan Temovski, viši naučni saradnik
Institute for Nuclear Research, Debrecen

Dr Đorđije Božović, dipl. inž. geol.
JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija"

Jelena Ratković, master. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Sava Magazinović, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dejan Drašković, dipl. inž. geol.
BeoGeoAqua doo

Branko Ivanković, dipl. inž. geol.
Ibis-Inženjering doo

Dragan Mihajlović, dipl. inž. geol.
Geološki zavod Srbije

Boyka Mihaylova, master inž. geol.
Geological Institute, BAS

Daniela Radoš, dipl. inž. geol.
*Pokrajinski sekretarijat za energetiku,
građevinarstvo i saobraćaj*

Ivan Đokić, dipl. inž. geol.
GECO-inženjering doo

Milorad Kličković, dipl. inž. geol.
Zavod za zaštitu prirode Srbije

Uroš Jurošević, dipl. inž. geol.
Republički zavod za geološka istraživanja RS

Andrej Pavlović, dipl. inž. geol.
Ministarstvo rudarstva i energetike Srbije

NAUČNI ODBOR (RECENZENTI):

Predsjednik

Prof. Dr Dušan Polomčić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Prof. Dr Vesna Ristić Vakanjac
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Petar Dokmanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Olivera Krunić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Dejan Milenić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Vladimir Živanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Saša Milanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Dragoljub Bajić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Jana Štrbački
UB Rudarsko-geološki fakultet

Doc. Dr Ljiljana Vasić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Doc. Dr Dragoslav Banjak
Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet

Doc. Dr Katarzyna Wator
AGH University of Krakow

Dr Josip Terzić, naučni savetnik
Geološki zavod Hrvatske HGI

Dr Tamara Marković, naučni savetnik
Geološki zavod Hrvatske HGI

Dr Laszlo Palcsu, naučni savetnik
Institute for Nuclear Research, Debrecen

Prof. Dr Nenad Marić
UB Šumarski fakultet

Prof. Dr Aleksey Benderev
Geological Institute, BAS

Prof. Dr Ferid Skopljak
Federalni zavod za geologiju, FBIH

Prof. Dr Metka Petrić, znanstvena savetnica
Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna

Doc. Dr **Ana Vranješ**
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Zoran Stevanović**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Veselin Dragišić**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Milojko Lazić**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Zoran Nikić**, u penziji
UB Šumarski fakultet
Prof. Dr **Milan Radulović**
Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet
Prof. Dr **Jugoslav Nikolić**
Republički hidrometeorološki zavod Srbije
Prof. Dr **Miloš Stanić**
UB Građevinski fakultet
Prof. Dr **Petar Milanović**, u penziji
Univerzitet u Mostaru, Građevinski fakultet
Mr. **Vesna Tahov**, dipl. inž. geol.
Geološki zavod Srbije

Prof. Dr **Nataša Ravbar**, viša znan. savetnica
Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna
Dr **Kostadin Jovanov**, dipl. inž.
Geološki zavod Republike S. Makedonija
Dr **Romeo Eftimi**, dipl. inž., u penziji
Nezavisni istraživač, Albanija
Prof. Dr **Iulian Popa**
Facultatea de Geologie și Geofizică
Universitatea din București
Dr **Milovan Rakijaš**, dipl. inž. geol.
Hidrogeorad d.o.o.
Dr **Vladimir Beličević**, dipl. inž. geol.
Energoprojekt Hidroinženjering AD
Dr **Tanja Petrović Pantić**, naučni saradnik
Geološki zavod Srbije
Dr **Branislav Petrović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet
Dr **Veljko Marinović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet
Dr **Brankica Majkić Dursun**, dipl. inž. geol.
Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”

UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsednik

Doc. Dr **Ljiljana Vasić** ☎0000-0001-9140-5748
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Prof. Dr **Ivana Vasiljević** ☎0000-0002-0549-2652
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Nevenka Đerić** ☎0000-0002-5141-898X
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Tina Dašić** ☎0000-0002-4679-3101
UB Građevinski fakultet

TEHNIČKI ODBOR:

Srđan Stefanović, master inž. geol.
Agencija Background, Pirot
Petar Vojnović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Milica Stepanović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Jovana Mladenović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Natalija Radosavljević, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Hristina Petrova, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Eugène Katansao Pyabalo, mast. inž.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Kodjovi Zondokpo, mast. inž.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Maša Vulović, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Aleksandar Tanasković, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Jovana Lončar, student
UB Rudarsko-geološki fakultet

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

*UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU*

u saradnji sa

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

SAVEZOM INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

MULTILATERALNIM CENTROM, PIROT

POKROVITELJI:

***MINISTARSTVO NAUKE, TEHNOLOŠKOG RAZVOJA I INOVACIJA
REPUBLIKE SRBIJE***

GRAD PIROT

SPONZORI:

***JP „VODOVOD I KANALIZACIJA“ PIROT
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU, RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET***

BEOGEOAQUA D.O.O.

TAŠ GRUPA

AQUA PRO ENERGY D.O.O.

CENTAR ZA HIDROGEOLOGIJU KARSTA

TURISTIČKA ORGANIZACIJA PIROT

IBIS-INŽENJERING D.O.O.

STRATING D.O.O.

GECO-INŽENJERING D.O.O.

FREATIKA

AGENCIJA ZA MARKETING BACKGROUND

Uvodna reč organizatora

Poštovane kolegice i kolege,

nakon samo dve godine od održavanja XVI Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, ponovo imamo priliku da se družimo na ovom veoma značajnom skupu za hidrogeologe. Razlog „ubrzanja“ održavanja Simpozijuma je zapravo ponovno uspostavljanje dvogodišnjeg razmaka održavanja Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji i Geološkog kongresa Srbije. Objašnjenje za ovakav korak leži u tome da je prethodni Simpozijum, prema uspostavljenoj dinamici od 2012. godine (Zlatibor), preko 2016. godine (Kopaonik), trebalo da se održi 2020. godine, ali je usled globalne pandemije korona virusa (COVID-19), došlo do njegovog pomeranja na 2022. godinu, kada je i održan na Zlatiboru. Upravo iz iznetih razloga, a uz veliki trud i zalaganje organizatora zarad ponovnog uspostavljanja dvogodišnjeg niza sa Kongresom geologa Srbije, XVII Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem se održava ove godine od 2.10.-6.10. 2024. godine u Pirotu.

Kroz XVII Simpozijum će se na neki način izvršiti retrospektiva prethodnih Simpozijuma, počevši od 1971. godine do 2024. godine, sa ciljem da se sublimira i prikaže položaj hidrogeologije kao nauke i struke, kako u Srbiji, regionu, pa i šire. Počevši od prvog Simpozijuma koji je održan u Herceg Novom 1971. godine, preko ostalih Simpozijuma održavanih širom bivših Republika Jugoslavije, kao i tad i sada je jedini usko stručni skup koji za cilj ima izlaganje naučnih i tehničkih dostignuća iz oblasti izučavanja podzemnih voda i prikaz izuzetne važnosti ovih istraživanja za sva moderna i razvijena društva.

Kao specijalni poklon Organizatora skupa, svim učesnicima skupa će na raspolaganju biti skenirani zbornici radova Simpozijuma (Sveske Hidrogeologija) od 1971. godine zaključno sa ovim poslednjim Simpozijumom koji se održava u Pirotu ove godine.

Zahvaljujući kolegama koji su do sada dali značajan doprinos, a kroz veliko zalaganje i trud u održavanju prethodnih Simpozijuma, danas je ovaj Simpozijum ponovo jedan od najznačajnijih događaja, kako hidrogeološke, tako i cele geološke struke u Srbiji i regionu.

Za ovaj XVII-ti Simpozijum, iako sa kratkim rokom za pripremu i organizaciju samog događaja i za animiranje kolega da pripreme i pošalju radove, pristigao je veliki broj radova, kako iz Srbije, tako i iz regiona, pa i šire. Na Simpozijumu će biti prezentovano više od 90 radova iz svih grana hidrogeologije, sa preko 200 autora i koautora radova, što je i dokaz uspešnosti i dobre reputacije ovog skupa, sa nadom da se tako nastavi i predstojećim godinama. Uz ove podatke, posebno je važno naglasiti da će na svečanom otvaranju ovogodišnjeg Simpozijuma biti izloženi plenarni referati kolega hidrogeologa iz svih 6 država bivše SFRJ, kao prilog i osvrt na položaj i budućnost značaja hidrogeologije.

Svi prihvaćeni radovi koji su prošli recenzentski postupak su svrstani u 6 tematskih sesija:

1. Vodosnabdevanje i upravljanje vodnim resursima
2. Zaštita podzemnih voda
3. Mineralne vode i njihovo iskorišćavanje
4. Geotermalna energija
5. Hidrogeološka istraživanja u hidrotehnici, rudarstvu i građevini
6. Studentski radovi

Podela na ovakve tematske grupe u najvećoj meri utiče aktuelnost hidrogeologije u određenim oblastima vezanim za održivo upravljanje ovim dragocenim resursom od koga zavise kako stanovništvo, tako i različite grane privrede u Srbiji i regionu, što najbolje ilustruju plenarna predavanja koja su sastavni deo Simpozijuma i zbornika radova.

Ovaj XVII-ti Srpski simpozijum o hidrogeologiji je organizovan pod pokroviteljstvom Grada Pirota i JKP „Vodovod i kanalizacija“ Pirot i uz podršku Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije.

Takođe, veliku zahvalnost dugujemo i kompanijama koje su sponzorisale ovaj naučni skup: Departman za hidrogeologiju, BeoGeoAqua d.o.o., Taš grupa, Aqua Pro Energy d.o.o., Ibis-Inženjering d.o.o., Strating d.o.o., GECO-Inženjering d.o.o., FREATIKA, CKH, TO Pirot, Background.

Praksa koja je zaživela na XV Simpozijumu, o učestvovanju kolega iz regiona i šire i time doprinela da ovaj skup dobija i značajne međunarodne okvire, se pojačava i na ovom skupu. Izuzetno nam je zadovoljstvo da ove godine možemo poželeti dobrodošlicu u grad Pirot kolegama iz Republike Srpske i Federacije BiH, Crne Gore, Hrvatske, Slovenije, Severne Makedonije, Bugarske, Mađarske, Rusije, Poljske, SAD i Togo-a.

Veliku zahvalnost za organizovanje ovako velikog skupa u veoma kratkom vremenskom roku izražavamo Generalnom sekretaru simpozijuma prof. dr Vesni Ristić Vakanjac, Predsednici uređivačkog odbora Doc. dr Ljiljani Vasić, Članovima Organizacionog odbora: dr Branislavu Petroviću, naučnom saradniku i dr Veljku Marinoviću, naučnom saradniku. Takođe, zahvalnost izražavamo i Članovima Tehničkog odbora Srđanu Stefanoviću i Petru Vojnoviću, kao i svim dragim kolegama i studentima, članovima Tehničkog, Organizacionog i Naučnog odbora koji su pomogli da se ovaj skup održi.

U ime organizatora skupa želimo vam lep boravak u Pirotu.

U Pirotu, oktobar 2024. godine.

Predsednik Organizacionog odbora
Prof. dr Saša Milanović



Predsednik Naučnog odbora
Prof. dr Dušan Polomčić



SADRŽAJ

PLENARNA PREDAVANJA

Saša Milanović, Ljiljana Vasić STANJE I PERSPEKTIVE HIDROGEOLOGIJE U REPUBLICI SRBIJI	1
Josip Terzić HIDROGEOLOGIJA U REPUBLICI HRVATSKOJ – TRENUTNO STANJE I PERSPEKTIVE.....	15
Zlatko Ilijovski HIDROGEOLOGIJA KAO STRUKA I NAUKA U R. S. MAKEDONIJI.....	23
Mihael Brenčič HIDROGEOLOGIJA SLOVENIJE - Pregled razvoja hidrogeološke struke od 1990. godine.....	33
Uroš Jurošević, Petar Begović, Ferid Skopljak STANJE HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA NA TERITORIJI BOSNE I HERCEGOVINE.....	39
Milan Radulović STANJE HIDROGEOLOGIJE U CRNOJ GORI	49

1. Vodosnabdevanje i upravljanje vodnim resursima

Aglaida Toteva and Emanuela Malinkova HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS IN THE BOTEVGRAD BASIN, BUGARIA.....	57
Aleksey Benderev, Boyka Mihaylova, Konstantin Kostov ENVIROMENTAL STATUS OF SIGNIFICANT KARST SPRINGS IN BULGARIA.....	63
Boyka Mihaylova PECULIARITIES OF CHANGES IN GROUNDWATER LEVELS ON THE TERRITORY OF "AURUBIS BULGARIA" AD.....	69
Dunja Josipović, Nikola Milovanović, Branko Ivanković, Petar Begović UTICAJ PROSTORNE DISTRIBUCIJE MN I FE U PODZEMNIM VODAMA NA ODABIR LOKACIJE NOVOG EKSPLOATACIONOG BUNARA, PRIMJER IZVORIŠTA „ŽERAVICA“ U GRADIŠCI (RS-BIH)	75
Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Dragoljub Bajić, Milica Stepanović DETALJAN 3D HIDRODINAMIČKI MODEL SLOŽENIH USLOVA STRUJANJA PODZEMNIH VODA DELA BEOGRADSKOG IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA.....	81
Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Vesna Ristić Vakanjac, Dejan Tadić, Bojan Hajdin KVANTITATIVNE KARAKTERISTRIKE EKSPLOATACIONOG REŽIMA PODZEMNIH VODA NA IZVORIŠTU „JAROŠ“ –SOMBOR	87
Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Vesna Ristić Vakanjac, Dejan Drašković, Slavko Špadijer HIDRODINAMIČKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA „PAVLIŠ“ ZA VODOSNABDEVANJE VRŠCA	93

Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Vesna Ristić Vakanjac, Dejan Drašković, Slavko Špadijer HIDRODINAMIČKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA „NEPRIČAVA“ ZA VODOSNABDEVANJE LAZAREVCA.....	99
Dušan Stojadinović HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA PLANINE RADOČELO	105
Golub Lj. Čulafić, Jelena Krstajić, Jana Vukotić ULOGA HIDROMETRIJSKIH MJERENJA PRILIKOM VRŠENJA KOMPLEKSNIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA – PRIMJER DONJEG TOKA RIJEKE MORAČE U ZETSKOJ RAVNICI, CRNA GORA	109
Goran Marinković, Marina Magazinović, Nataša Obradović, Darko Spahić, Maja Poznanović Spahić, Bogdan Kuzmanović AKVIFERI GRANITNOG MASIVA GORNJANA (ISTOČNA SRBIJA)	113
Matko Patekar, Staša Borović, Josip Terzić, Marco Pola, Maja Briški, Ivan Kosović FIVE YEARS OF INTERDISCIPLINARY RESEARCH ON A SMALL KARST ISLAND OF VIS (CROATIA)	119
Miljan Kovačević, Tina Dašić, Nenad Ivanišević PRIMENA ADAPTIVNIH NEURO-FAZI SISTEMA (ANFIS) ZA KRATKOROČNU PROGNOZU PROTOKA KARSTNIH IZVORA	129
Nikola Krstić, Tanja Pajčić HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE OPLENCA.....	135
Nikola Milovanović, Mr Petar Begović, Dunja Josipović, Branko Ivanković PRIMJENA IZOTOPSKIH I HIDROHEMIJSKIH METODA ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE DEFINISANJA SLIVNIH PODRUČJA NA PRIMJERU KARSTNOG VRELA „IZRON-SUHA“ (BIH)	141
Nikola Nikolić, Vaso Novaković HIDROHEMIJSKE KARAKTERISTIKE PODZEMNIH VODA IZDANI SA INTERGRANULARNIM TIPOM POROZNOSTI U SEVERNOM DELU REPUBLIKE SRPSKE	147
Petar Dokmanović, Mihajlo Djordjević ARTESKE IZDANI NEOGENOG SEDIMENTNOG KOMPLEKSA NA PODRUČJU GRADA ZAJEČARA	153
Petar Milanović HIDROGEOLOŠKA FUNKCIJA DOLOMITA U KARSTU ISTOČNE HERCEGOVINE.....	159
Petar Vojnović, Saša Milanović ULOGA ESTAVELA U FUNKCIONISANJU KARSTNIH SISTEMA.....	165
Peter Gerginov, Tatyana Orehova, Aglaida Toteva, Aleksey Benderev OVERVIEW OF GROUNDWATER RESOURCES IN BULGARIA.....	171
Tanja Pajčić, Nikola Krstić HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PIROTSKE KOTLINE PRIMENOM GEOFIZIČKIH METODA	177

- Uroš Jurošević, Tamara Marković, Zoran Kovač, Marija Milanović, Spasoje Glavaš**
HIDROHEMIJSKA I IZOTOPSKA KARAKTERIZACIJA IZVORA U SLIVU RIJEKE SUŠICE..... 185
- Aleksandar Avramović, Aleksandra Pešić**
PRIMENJENA HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NEOGENE IZDANI ZA POTREBE
VODOSNABDEVANJA STANOVNIŠTVA GRADA POŽAREVCA
..... 193
- Aleksandra Pešić, Aleksandar Avramović, Đurđa Milojković**
REZULTATI PRIMENJENIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE OTVARANJA NOVOG
IZVORIŠTA „JAGODICA" ZA POTREBE VODOSNABDEVANJA KOSTOLCA..... 199
- Zoran Nikić, Nenad Marić, Vukašin Milčanović**
DOPRINOS NEOTEKTONSKE ANALIZE U FORMIRANJU HIDROGEOLOŠKOG MODELA KARSTNE
IZVORSKE ZONE VISOK – STARA PLANINA 205
- Nikola Nenadić, Miroslav Radić, Dragan Grujić, Željko Ćirić**
HIDRODINAMIČKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA VODOSNABDEVANJE
STARE PAZOVA..... 211
- Mila Trayanova-Koleva, Sava Kolev, Aleksey Benderev**
GEOLOGICAL FACTORS FOR THE FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF
GROUNDWATER IN THE CATCHMENT AREA OF THE PCHELINA RESERVOIR, BULGARIA
..... 217
- Veljko Marinović**
KARAKTERIZACIJA I KLASIFIKACIJA KARSTNIH HIDROGEOLOŠKIH SISTEMA POMOĆU
STATISTIČKE ANALIZE I KRIVE TRAJANJA PROTOKA: PRIMERI IZ DINARIDA 223
- Boris Vakanjac, Dejan Đorđević, Saša Bakrač, Radoje Banković, Siniša Mil. Stanković**
PRIKAZ VODOOBJEKATA U VOJNOJ KARTOGRAFIJI SRBIJE OD 1876 DO DANAS (2024. GODINE)
..... 229
- Milan Kresojević, Vesna Ristić Vakanjac, Dušan Polomčić, Boris Vakanjac, Jugoslav Nikolić**
KROSKORELACIONE ANALIZE NIVOA PODZEMNIH VODA I NIVOA VELIKE MORAVE,
VODOMERNI PROFIL LJUBIČEVSKI MOST 237
- Saša T. Bakrač, Boris Vakanjac, Nikola Stamenković, Jovana Mladenović**
UPOREĐIVANJE POSTOJEĆIH I ISTORIJSKI ZABELEŽENIH HIDROGEOLOŠKIH OBJEKATA
KORIŠĆENJEM GIS TEHNOLOGIJE NA PODRUČJU MANASTIRA PIVA..... 243
- László Palcsu**
TRITIUM: AN EXCELLENT TRACER IN HYDROLOGY 249
- Ljiljana Vasić, Saša Milanović, Laszlo Palcsu**
DEFINISANJE GENEZE KARSTNIH VODA SEVERNOG DELA BELJANIČKOG MASIVA PRIMENOM
IZOTOPSKIH METODA ISTRAŽIVANJA 251
-

2. Zaštita podzemnih voda

- Branislav Petrović, Živojin Smiljković, Veljko Marinović**
UTICAJ ZEMLJIŠTA I EPIKARSTA NA KVALITET PODZEMNIH VODA KARSTNE IZDANI NA PRIMERU KARSTNE IZDANI SUVE PLANINE..... 257
- Irina Galitskaya, Elena Solomatina, Yurii Trofimov, Tatiana Morosova**
STUDY OF GROUNDWATER PROTECTION AND CONTAMINATION IN THE TERRITORIES OF THE MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS AFTER RECULTIVATION..... 263
- Krzysztof Dragon, Marcin Siepak, Magdalena Matusiak, Roksana Kruć-Fijałkowska, Dariusz Drożdżyński, Marek Szczepański, Józef Górski**
THE PHARMACEUTICAL COMPOUNDS INVESTIGATION AT THE RIVER BANK FILTRATION SITE LOCATED IN THE WARTA RIVER VALLEY (POLAND) – PRELIMINARY RESULTS..... 269
- Milorad Kličković**
SNEŽNO – LEDNI MARKER PONORSKE ZONE TUBIĆA PEĆINE 271
- Nenad Marić, Jason Polk, Zoran Nikić**
KONTAMINACIJA KARSTNIH IZDANI UGLJOVODONICIMA: PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA NA BUNARU LYDA-1 (BOWLING GREEN, KENTUCKY)..... 275
- Nikolay G. Makisomovch, Vadim T. Khmurchik, Artem D. Demenev, Olga A. Berezina, Olga Yu. Meshcheriakova**
REAL-TIME MONITORING OF GROUNDWATER TREATMENT IN AN AREA WITH HYDROCARBON POLLUTION 281
- Olga Eremina, Irina Kozliakova, Elizaveta Romanova, Aleksandra Khairedinova, Elena Chutkerashvili**
ASSESSMENT OF GEOENVIRONMENT PROTECTION FROM CONTAMINATION UPON MSW DISPOSAL IN PLATFORM AREAS (BY THE EXAMPLE OF THE MOSCOW REGION)..... 285
- Vladimir Živanović, Slavko Špadijer**
ANALIZA USLOVA ZAŠTITE UŽIČKIH VRELA PRIMENOM TDM METODE ZA OCENU RANJIVOSTI PODZEMNIH VODA 291
- Zlatko Ilijovski, Mihail Kočubovski, Silvana Pešovska**
ISKUSTVA PRILIKOM PRIPREME ELABORATA ZA UTVRĐIVANJE ZAŠTITNIH ZONA IZVORIŠTA ZA JAVNO VODOSNABDEVANJE U R. S. MAKEDONIJI 297
- Simeon Valtchev, Aglaida Toteva, Alexander Grigorov and Aleksey Benderev**
CADMIUM IN BULGARIAN GROUNDWATER: AN OVERVIEW 303
- Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Milorad Kličković, Srđan Stefanović**
PRILOG POZNAVANJU ULOGE KARSTNIH IZDANSKIH VODA U FORMIRANJU JEZERA “KRUPAČKO BLATO” U FUNKCIJI NJEGOVOG OČUVANJA, UREĐENJA I TURISTIČKE VALORIZACIJE.....309
-

3. Mineralne vode i njihovo iskorišćavanje

- Ana Milićević, Olga Jakovljević, Jelena Krizmanić, Ana Knežević, Sanja Šovran**
DIVERZITET ALGI U TERMO-MINERALNOM IZVORU MONARH (BOGATIĆ, SRBIJA) 315
- Ferid Skopljak**
DESTRUKCIJA ZAŠTITNE KOLONE KOD IZVOĐENJA BUŠOTINE MINERALNE VODE SA CO₂
..... 321
- Goran Milanović i Dragan Stanković**
NOVI REZULTATI HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA TERMOMINERALNIH VODA IZVORIŠTA
LUKOVSKA BANJA 327
- Jana Štrbački, Vladimir Živanović, Nebojša Atanacković, Snežana Kretić**
PRIMENA KLASIFIKACIJE METODOM K-SREDNJIH VREDNOSTI ZA ISPITIVANJE
HIDROHEMIJSKOG DIVERZITETA PODZEMNIH VODA 333
- Marija Milanović, Uroš Jurošević, Spasoje Glavaš**
MINERALNE VODE VITINIČKOG KISELJAKA I KOZLUKA 339
- Milan Tomić, Miloško Lazić, Natalija Tatić**
HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEKOVITIH VODA BANATA 347
- Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, Nebojša Atanacković, Sava Magazinović, Saša
Stojadinović, Sunčica Ninković**
HIDROGEOLOGIJA KALKŠISTA I MERMERA BOŽIČKE I LISINSKE SERIJE VLASINSKOG
KRISTALASTOG KOMPLEKSA 353
- Yavor Ivanov, Aglaida Toteva**
MINERAL WATERS SUITABLE FOR BALNEOTHERAPY OF DERMATOLOGICAL PROBLEMS IN
BULGARIA 361
- Tanja Petrović Pantić**
HIDROGEOTERMALNI SISTEM BUJANOVAČKE BANJE 367
- Snežana Kretić, Nebojša Atanacković, Jana Štrbački**
MODELIRANJE KINETIKE RASTVARANJA PIRITA U PHREEQC PROGRAMU NA PRIMERU
SULFIDNOG LEŽIŠTA RUDNIKA GROT 373

4. Geotermalna energija

- Dejan Milenić, Ana Vranješ, Marinko Toljić, Ivana Vasiljević, Natalija Radosavljević, Matija
Ognjanović**
KONCEPTUALNI MODEL HIDROGEOTERMALNOG SISTEMA ŠIRE OKOLINE BRUSA - GEOLOŠKI,
GEOFIZIČKI I HIDROGEOLOŠKI USLOVI 381
- Dejan Milenić, Ana Vranješ, Marinko Toljić, Ivana Vasiljević, Natalija Radosavljević, Matija
Ognjanović**
KONCEPTUALNI MODEL HIDROGEOTERMALNOG SISTEMA ŠIRE OKOLINE BRUSA -
GEOTERMALNA KARAKTERIZACIJA SISTEMA 389
-

Goran Marinković, Marina Magazinović, Nataša Obradović, Darko Spahić, Maja Poznanović Spahić, Bogdan Kuzmanović
SUBTERMALNE VODE LEŽIŠTA UGLJA ZABELA U DESPOTOVAČKOM NEOGENOM BASENU
..... 395

Slobodan Kolbah, Tena Bilić, Mladen Škrlec & Branimir Cvetković
ISTRAŽIVANJE I KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE U REPUBLICI HRVATSKOJ 401

Staša Borović, Ivan Kosović, Mirja Pavić, Marco Pola, and Kosta Urumović
ULOGA STRUKTURNO-GEOLOŠKIH ANALIZA U ISTRAŽIVANJU HIDROTERMALNIH SUSTAVA –
PRIMJERI IZ HRVATSKE..... 407

Zsolt Pinjung, Viktória Mikita, Balázs Kovács and János Szanyi
IMPACT OF HYDROCARBON PRODUCTION ON THE PRESSURE REGIME OF GEOTHERMAL
RESERVOIRS IN THE SOUTHERN HUNGARIAN GREAT PLAIN 413

5. Hidrogeološka istraživanja u hidrotehnici, rudarstvu i građevini

Vladimir Beličević
ULOGA I MESTO GEOLOŠKIH I HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE PROJEKTOVANJA
HIDROTEHNIČKIH OBJEKATA 419

Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić, Vesna Ristić Vakanjac, Milica Stepanović, Jelena Ratković
HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE IZRADE TUNELA: SLUČAJ DELA AUTOPUTA NA
PANEVROPSKOM KORIDORU VC KROZ BOSNU I HERCEGOVINU - REPUBLIKU SRPSKU..... 425

Dragoslav Banjak, Saša Milanović
IDENTIFIKACIJA GEOHEMIJSKIH PROCESA U AKUMULACIJI GORICA PRIMJENOM INVERZNOG
MODELOVANJA..... 431

Eugenia Tarassova, Aleksey Benderev, Elena Tacheva, Milen Stavrev, Valentina Lyubomirova and Mihail Tarassov
GENERAL CHARACTERISTICS OF DRAINAGE WATERS IN THE GRANTCHARITSA TUNGSTEN
DEPOSIT, BULGARIA 437

Filip Stanić, Željko Vasilić, Anja Randelović
PRORAČUN TRENUTNOG SLEGANJA TLA USLED SNIŽENJA NIVOVA PODZEMNE VODE U FAZI
GRADNJE PRIMENOM SOFTVERA WELL-DRAIN 441

Gleb Zarnitsyn
ANALYSIS OF CHANGES IN HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AT DIFFERENT STAGES OF SOLID
MINERAL MINING USING STOCHASTIC MODELING..... 447

Maja Todorović, Marina Ćuk Đurović, Igor Jemcov
MONITORING HIDRAULIČKIH TRANZIJENATA U TUNELIMA POD PRITISKOM (HE PIROT)
..... 453

Maria V. Vilkina, Anton M. Nikulenkov, Vyacheslav G. Rumynin
FIELD AND MODEL INVESTIGATION OF THE CLAY LAYER'S PERMEABILITY IN THE FAULT ZONE
NEAR THE PAKS II NPP 459

- Marko Belotić, Milan Brkić i Aleksandar Miladinović**
HIDROGEOLOŠKI USLOVI IZGRADNJE BRANE I AKUMULACIJE „KLAK“ U OKVIRU SISTEMA RHE „BISTRICA“ 465
- P. A. Rybnikov, L. S. Rybnikova**
HYDROGEOLOGICAL RESEARCH FOR POST-MINING OF THE KIZEL COAL BASIN (THE URALS, RUSSIA)..... 472
- Sava Kolev**
MODEL BASED ASSESSMENT OF URANIUM MIGRATION IN THE REGION OF VULCHE DERE CREEK, DOWNSTREAM OF “ELESHNITSA” TAILINGS POND, SW BULGARIA..... 479
- Tanja Adamović**
DUBINSKO ODVODNJAVANJE I DALJINSKO UPRAVLJANJE NA POVRŠINSKOM OTKOPU DRMNO 483
- Vesna Tripković, Vladimir Lukić, Goran Jevtić i Milenko Pušić**
SOFTVERSKA KOMPONENTE ZA PRE I POST PROCESING PODATAKA MATEMATIČKOG MODELIRANJA STRUJANJA PODZEMNIH VODA 489
- Violeta Čolaković, Vladan Čanović, Sanja Grujičić**
„IN SITU“ HIDROGEOLOŠKA MERENJA NA PK „GARAJEVAC ISTOK“ 495
- Vladan Čanović, Violeta Čolaković**
PROCENA UTICAJA PROJEKTOVANE PODVODNE EKSPLOATACIJE UGLJA NA RUDNIKU NOVI KOVIN NA NIVO PODZEMNIH VODA I RAD CRPNIH STANICA U ZONI KOVINSKE DEPRESIJE PRIMENOM HIDRODINAMIČKOG MODELOVANJA STRUJANJA PODZEMNIH VODA..... 499
- Vladimir Lukić, Goran Jevtić, Milenko Pušić, Vesna Tripković**
PRIMENA MATEMATIČKOG MODELIRANJA STRUJANJA PODZEMNIH VODA U HIDROTEHNIČKOM UREĐENJU PROSTORA-PRIMER KAMENIČKE ADE I RIBARSKOG OSTRVA U NOVOM SADU 505
- Rastko Petrović, Petar Škrbić**
ULOGA HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U PRIMENI PODLOGA ZA PROJEKTOVANJE RAZVODNOG GASOVOSA RG 05-06 BEOGRAD-VALJEVO-LOZNICA – PRIMER: ZBIJENI TIP IZDANI VEĆE IZDAŠNOSTI ALUVIJALNIH NASLAGA KOLUBARE.....511
- 6. Studentski radovi**
- Ognjen Ivić**
PRIMENA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE NIVOVA VODE U BUNARU: LINEARNA REGRESIJA KROZ ANALIZU ISTORIJSKIH PODATAKA..... 521
- Pyabalo Eugène Katansao, Dao Sama, Ljiljana Vasic, Kodjovi Zondokpo, Mohamede Alassani Bang’na**
ENGINEERING SOLUTIONS AGAINST POLLUTIONS OF BOREHOLE FOR WATER SUPPLY CLOSE FROM ATLANTIC SEA IN SOUTHERN TOGO: CASE OF THE BÈ AND BOKA BOREHOLES..... 527
- Aleksandar Tanasković, Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinović, Saša Milanović, Dušan Polomčić, Ljiljana Vasić, Branislav Petrović**
PRILOG POZNAVANJU REŽIMA ISTICANJA VRELA GORNJI DUŠNIK (SUVA PLANINA) 533
-

Hristina Petrova, Katarzyna Wątor, Ewa Kmiecik , Piotr Rusiniak, Boris Vakanjac, Vesna Ristić Vakanjac, Dimitar Petrov

HIDROGEOLOŠKE I HIDROHEMIJSKE KARAKTERISTIKE POJAVE TERMOMINERALNIH VODA U REONU VOLKOVO (SKOPLJE – REPUBLIKA SEVERNA MAKEDONIJA) 539

Igor Glavaš

GEOTERMALNE KARAKTERISTIKE PODRUČJA SEMBERIJE, REPUBLIKA SRPSKA..... 545

Ivan Drakulić, Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Dragoljub Bajić

TEHNIKE MEKOG RAČUNARSTVA U HIDROGEOLOGIJI SOFT COMPUTING IN HYDROGEOLOGY 551

Jovana Lončar, Maša Vulović, Veljko Marinović, Branislav Petrović, Radisav Golubović, Vesna Ristić Vakanjac

PRILOG POZNAVANJU PROMENA KVALITATIVNIH PARAMETARA VODA VRELA BANJE KOD VALJEVA..... 557

Kodjovi Zondokpo, Mahaman Sani Tairou, Branislav Petrović, Eugène Pyabalo Katansao, Jana Štrbački

BASIC HYDROGEOCHEMICAL PROCESSES OF GROUNDWATER FROM GNEISSO-MIGMATITIC FORMATION IN SOUTHWEST TOGO 565

Martina Anđić, Dijana Vušović, Ksenija Bojović, Nemanja Zeković, Matija Aleksić

DEFINISANJE PH VRIJEDNOSTI I ELEKTROLITIČKE PROVODLJIVOSTI VODE IZVORA POD TREBJESOM, NIKŠIČKO POLJE, CRNA GORA..... 571

Maša Vulović

Analiza pojave mutnoće na karstnom vrelu Krupac (Piroć) u zavisnosti od padavina i izdašnosti 575

Nenad Janačković, Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinović, Jugoslav Nikolić, Boris Vakanjac, Zoran Nikić

REŽIM KAMENIČKE REKE (SLIV REKE VISOČICE)..... 581

Anđelija Glogovac, Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinović, Saša Milanović, Ljiljana Vasić

UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA REŽIM VODA SLIVA REKE CRNICE 587

Indeks autora

PROSTOR ZA SPONZORE

UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA REŽIM VODA SLIVA REKE CRNICE

THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGES ON THE WATER REGIME OF THE CRNICA RIVER CATCHMENT AREA

Anđelija Glogovac¹, Vesna Ristić Vakanjac², Veljko Marinović³, Saša Milanović⁴, Ljiljana Vasić⁵

¹Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: G630-23@student.rgf.bg.ac.rs

²Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs

³Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: veljko.marinovic@rgf.bg.ac.rs

⁴Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: sasa.milanovic@rgf.bg.ac.rs

⁵Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: ljiljana.vasic@rgf.bg.ac.rs

APSTRAKT: Sliv reke Crnice zauzima područje centralnog dela Srbije. Smešten je između opštine Paraćin na zapadu, Sisevačkog basena na istoku, sliva Ravanice na severu i Jovaničke reke na jugu. Na razmatranom području dominantnu ulogu ima karsni tip izdani, koga karakteriše nestabilan režim u pogledu oscilacija izdašnosti i nivoa podzemnih voda. Na osnovu prethodno sprovedenih opita obeležavanja na ponoru Nekuvida i Brezovice dokazana je podzemna veza sa slivom reke Crnice, čime je dokazano da je hidrogeološka površina sliva u znatnoj meri veća u odnosu na hidrološku (topografsku). Primenom alata u okviru ArcGIS programa, izvršeno je sračunavanje površine sliva koja u konkretnom slučaju iznosi 397 km², a dobijeni rezultati iskorišćeni su kao osnova za sračunavanje parametara bilansne jednačine. Monitoring oticaja sliva ove reke uspostavljen je od strane Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije još davne 1926. godine i traje, sa nekoliko prekida, do danas. U radu će biti data i analiza režima proticaja reke Crnice za ukupni osmatrački period, kao i za izdvojene 30-to godišnje periode (1931-1960, 1961-1990, 1991-2020). Takođe urađena je i autokorelaciona analiza za pomenute, izdvojene 30-to godišnje periode

Ključne reči: klimatske promene, režim vode, autokorelacija, reka Crnica

ABSTRACT: The Crnica river basin occupies the area of the central part of Serbia. It is located between the municipality of Paraćin in the west, the Sisevački basin in the east, the Ravanica basin in the north and the Jovanička river in the south. In the considered area, the dominant role is played by the karst aquifer, which is characterized by an unstable regime in terms of oscillations in discharges and groundwater level. Based on the previously conducted dye tracer tests on the Nekuvido and Brezovica sinkholes, an underground connection with the Crnica river basin was proven, which proved that the hydrogeological area of the basin is significantly larger than the hydrological (topographic) one. Using tools within the ArcGIS program, the basin area was calculated, which in this case is 397 km², and the obtained results were used as a basis for calculating the parameters of the balance equation. Monitoring of the drainage of this river basin was established by the Republic Hydrometeorological Institute of Serbia as early as 1926 and continues, with a few interruptions, to this day. The paper will also provide an analysis of the flow regime of the Crnica River for the total observation period, as well as for selected 30-year periods (1931-1960, 1961-1990, 1991-2020). An autocorrelation analysis was also performed for the mentioned, separated 30-year periods.

Key words: climate change, water regime, autocorrelation, Crnica river

UVOD

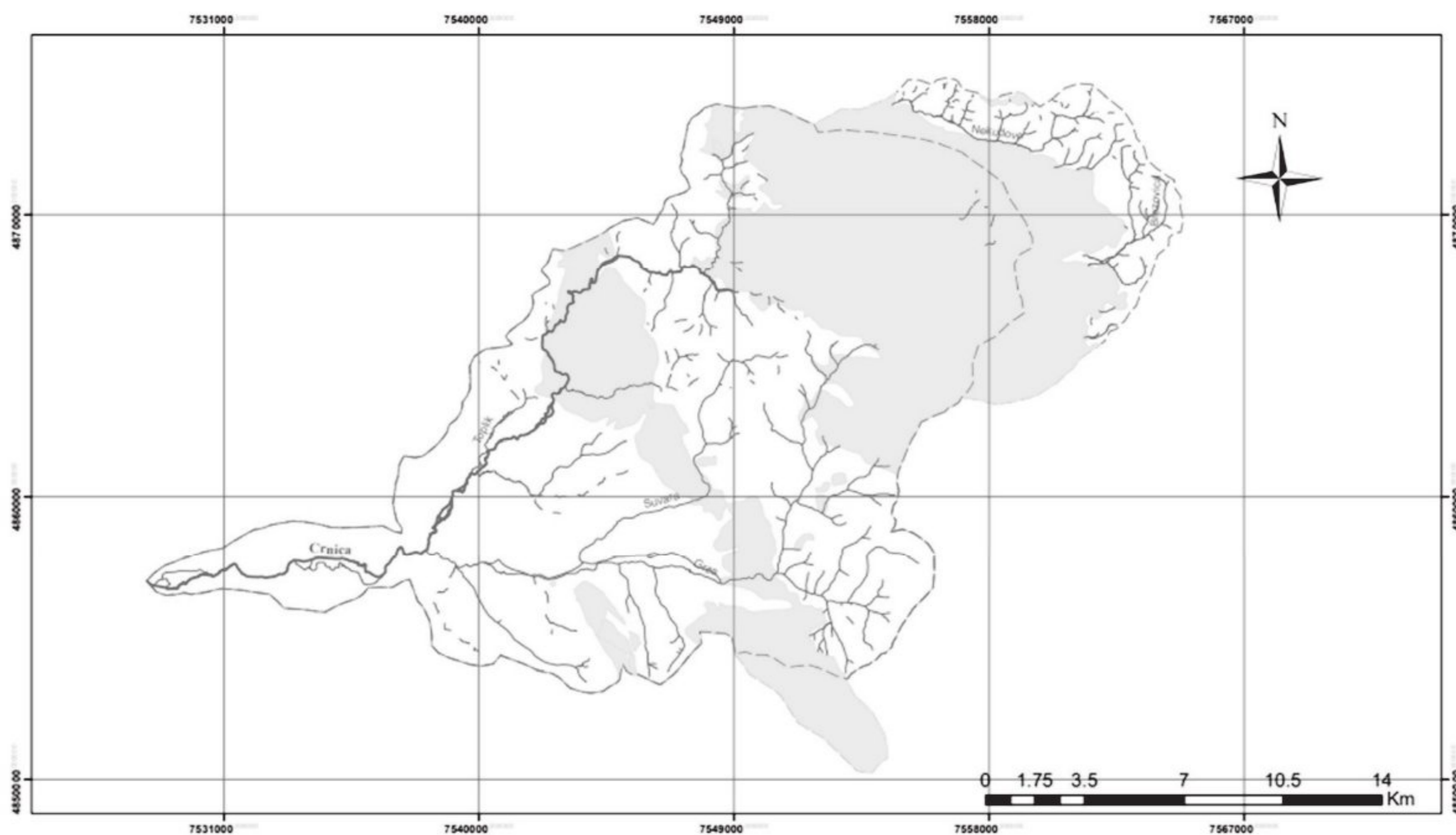
Reka Crnica izvire u Sisevcu na istoimenom vrelu, a uliva se u Veliku Moravu zapadno od Paraćina. Od pritoka, najznačajnija je reka Grza, koja se u nju uliva neposredno ispod naselja Davidovac. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (u daljem tekstu RHMZ) površina sliva reke Crnice iznosi 289km², sa dužinom toka od 28.6 km (Marković, 1954). Hidrografska mreža Crnice pripada u užem smislu slivu Velike Morave, a u širem Crnomorskom slivu. Najstarije stene u geološkoj građi sliva Crnice pripadaju paleozoiku i predstavljene su kristalastim škriljcima i crvenim peščarima (Veselinović i dr. 1970). Prisutni su i krečnjaci mezozojske starosti kao i sedimenti neogena koji leže preko njih (Dolić i dr. 1978). Na osnovu strukturnog tipa poroznosti na ispitivanom području izdvojeni su sledeći tipovi izdani: zbijeni, pukotinski, karsni tip izdani, kao i tereni siromašni podzemnim vodama.

Zbijeni tip izdani formiran je u okviru stena sa intergranularnom poroznošću, kvartarne i neogene starosti i zauzima zapadni i centralni deo sliva Crnice. Vezan je za aluvijone rečnih tokova, jezerske sedimente, rečne terase, deluvijalne, proluvijalne i siparske sedimente. U litološkom sastavu smenjuju se

peskovi, šljunkovi i gline. Prihranjivanje se vrši na račun infiltracije voda rečnih tokova, infiltracijom voda atmosferskog taloga i delom podzemnim isticanjem iz karstne izdani. Dreniranje se vrši direktnim isticanjem u rečni tok, ređe preko bunara za potrebe vodosnabdevanja lokalnog stanovništva i navodnjavanje poljoprivrednih površina.

Pukotinski tip izdani prisutan je u centralnom delu sliva i vezan je za pukotinske i prslinske sisteme raznovrsnih litoloških formacija, u magmatitima, metamorfitima i sedimentnim stenama. Pukotinska izdan predstavlja barijeru kretanju karstnih izdanskih voda tako da na njihovom kontaktu se javljaju izvori/vrela. Prihranjivanje izdani vrši se uglavnom na račun infiltracije padavina, dok se dreniranje vrši putem izvora manje izdašnosti.

Karstni tip izdani dominira u istočnom i centralnom delu sliva i ima znatno povoljnija filtraciona svojstva (slika 1). Prihranjivanje se vrši na račun infiltracije voda atmosferskih taloga koje je najintezivnije u ogolićenim karstnim depresijama (vrtače, uvale), dok mali procenat atmosferskih voda otekne površinskim putem ili ispari. U bližoj zoni kontakta karbonatnih i nekarbonatnih stena, najveći deo voda se gubi preko brojnih ponora od kojih su najznačajniji ponor Brezovica i ponor Nekudovo. Stručnjaci „Geozavoda“ 1970. godine izveli su opit obeležavanja ponora Nekudovo i Velike Brezovice zahvaljujući kome je utvrđeno da vode toka Nekudovo se javljaju na vrelu Crnice, brzina kretanja tokom izvođenja opita bojenja iznosila je 0.013 m/s. Tomić 1982. godine je izvršio opit obeležavanja na ponoru Velike Brezovice, pri kome se boja pojavila na vrelu Grze nakon 80^h (Stevanović 1991). Dreniranje se vrši isticanjem izdanskih voda putem vrela, podzemnim isticanjem i delom u procesu evapotranspiracije. Karstne izdanske vode javljaju se na nekoliko vrela od kojih su značajnija vrela Crnice, vrela Grze i vrela Svete Petke.



Slika 1. Hidrografska karta reke Crnice, sa naznačenom površinom karsta (žute površine)
Figure 1. Hydrographic map of the Crnica river, with the karst indicated area (yellow areas)

Delovi terena siromašni podzemnim vodama prisutni su na severnom i južnom delu istražnog područja i predstavljeni su serijom kristalastih škriljaca i stena starije paleozojske starosti.

METODOLOGIJA

U cilju analize režima dnevnih proticaja reke Crnice prikupljeni su dostupni podaci o proticajima ove reke koji su osmotreni u periodu od kada je uspostavljen monitoring (1926. godine) do danas. Tokom ovog perioda došlo je do nekoliko prekida u osmatranjima:

- februar - maj 1942. godine, popunjavanje izvršeno primenom linearne regresione jednačine na osnovu postojećih podataka o proticajima reke Morave, v.s. Ljubičevski most,
- kalendarska 1998. godina - za ovu kalendarsku godinu postoje vodostaji tako da su proticaji definisani na osnovu uspostavljene krive proticaja,

- period 2001.-2005. godina - za ovaj period takođe su postojali očitani srednje dnevni vodostaji i po istom principu kao i 1998. godinu su definisani proticaji,
- period 1. januar - 7. mart i 20. septembar - 31. decembar 2015. godine - za ovaj period nisu postojali ni osmotreni vodostaji. Popunjavanje srednje dnevnih vodostaja izvršeno primenom linearne regresione jednačine na osnovu postojećih podataka o vodstajima reke Resave, v.s. Manastir Manasija, a zatim preko definisane krive protoka određeni su srednje dnevni proticaji.
- kalendarska 2016. godina - za ovu godinu popunjavanje proticaja izvršeno je po principu kao što je urađeno za nepostojeće podatke tokom 2015. godine.
- period 1. septembar - 31. decembar 2021. godine - popunjavanje izvršeno po istom principu kao i za 2015., odnosno 2016. godinu.

Dobijeni rezultati su sistematizovani i analizirani na ukupnom nivou (period 1926-2022) kao i za tri izdvojena perioda (1931-1960, 1961-1990, 1991-2020). Pomenuti periodi su izdvojeni na osnovu predloga WMO (Svetske meteorološke organizacije), da zbog praćenja klimatskih promena i formiranja regionalnih i globalnih scenarija, kao reporni, bazni period se odabere 1961-1990. godina, a svakih narednih 30 godina kao period čije statistike se mogu upoređivati za baznim periodom. Kako je ukupni osmatrački period na reci Crnici bio znatno duži (97 godina) mogao je da se izvoji i period pre baznog perioda (1931-1960).

Takođe je primenjena i autokorelaciona analiza na sva tri izvojena perioda. Teorijske postavke autokorelacionih analiza date su Krešić i Stevanović, 2010, Ristić Vakanjac i dr., 2016, Ristić Vakanjac i dr., 2023., tako da zbog ograničenog prostora ovde neće biti date teorijske osnove ove metode.

REZULTATI

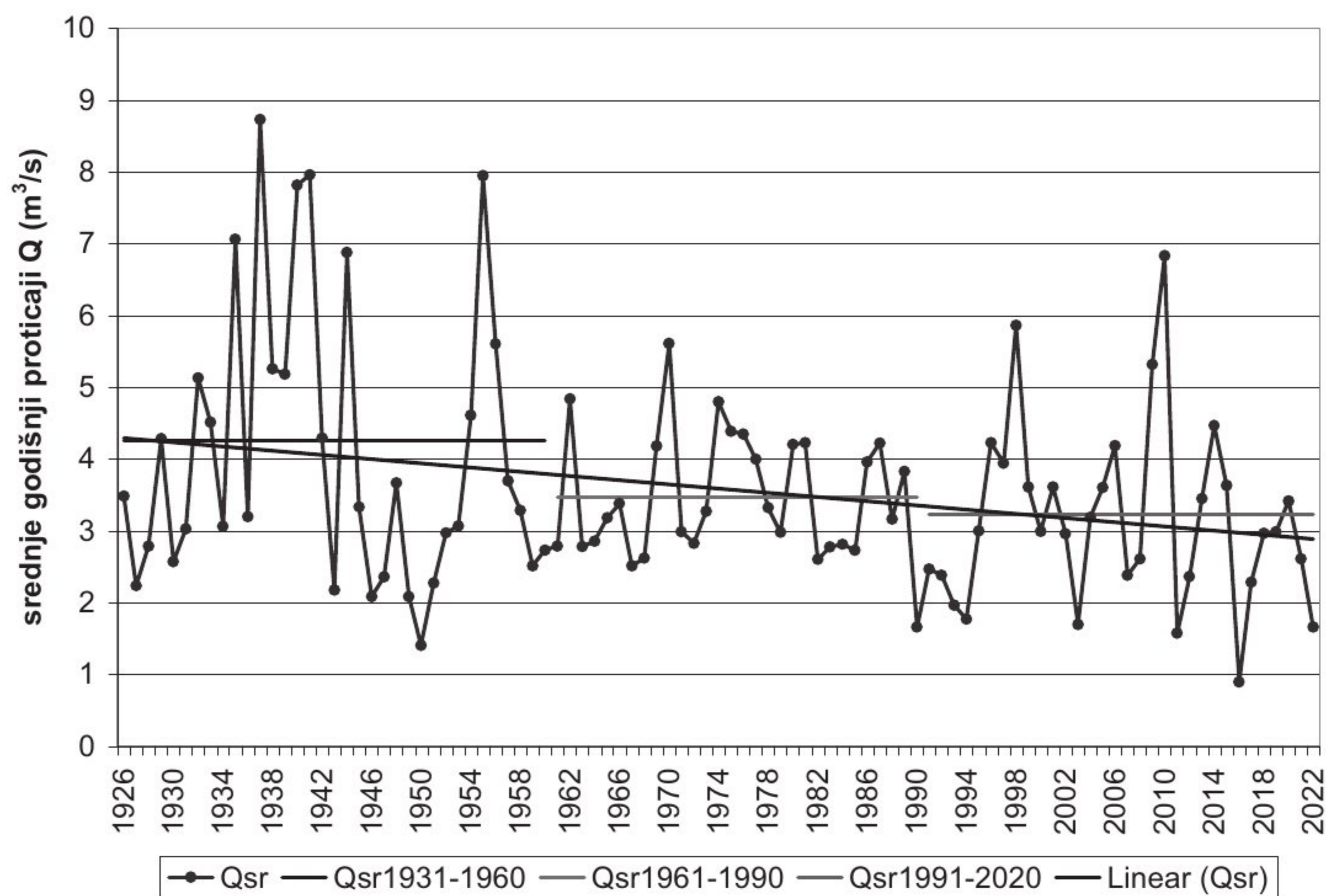
Za potrebe izrade ovog rada bili su dostupni svi podaci o srednje dnevnim proticajima reke Crnice koji su osmotreni u profilu v.s. Paraćin, tako da je ovaj period (1926-2022) bio i razmatran u radu. Na slici 2 dat je dijagram sračunatih srednje godišnjih proticaja reke Crnice, v.s. Paraćin, dok su u tabeli 1 dati su osnovni statistički parametri sračunati za ukupni osmatrački period. Srednje višegodišnja vrednost proticaja reke Crnice merodavna za razmatrani period iznosi 3.59 m³/s (tabela 1), stim da je apsolutni maksimum zabeležen 16. maj 2014. i iznosio je 162 m³/s, dok je apsolutno minimalna vrednost proticaja zabeležena 6. oktobra 2021. godine u iznosu od svega 31 l/s (slika 3). Generalni trend srednje godišnjih kao i ekstremnih vrednosti zabeleženih na nivou kalendarske godine je negativan (slike 2 i 3) što je rezultat klimatskih promena. Da bi utvrdili da li je došlo do statistički značajnih promena u režimu srednje godišnjih proticaja Crnice primenjena je analiza homogenosti serija i to Studentov *t*-test, a za testiranje varijansi Fišerov *F*-test. Ovde napominjemo da je svetska meteorološka organizacija proglasila period 1961-1990. godina za reporni period koji će se u budućnosti koristiti za uporednu analizu osmotrenih klimatskih parametara, i ovde je on izdvojen kao merodavni period. Kako je osmatrački period dovoljno dug, pored imenovanog merodavnog perioda (1961-1990), izdvojena su još dva perioda: I - 1931-1960 i III - 1991-2020. Dakle, izdvojena su tri perioda za pomenute statističke analize. Teorijske osnove ovih analiza prikazane u Ristić Vakanjac i dr, 2023, Prohaska 2006, a ovde će biti dati samo finalni rezultati (vidi tabelu 2).

Što se tiče autokorelacione analize, za ove potrebe izvršen je proračun koeficijenata korelacije za vremenske pomake od 1 dana i to za staki period ponaosob. Na slici 4 dat je autokorelogram dobijenih rezultata sa vremenskim pomakom do 100 dana.

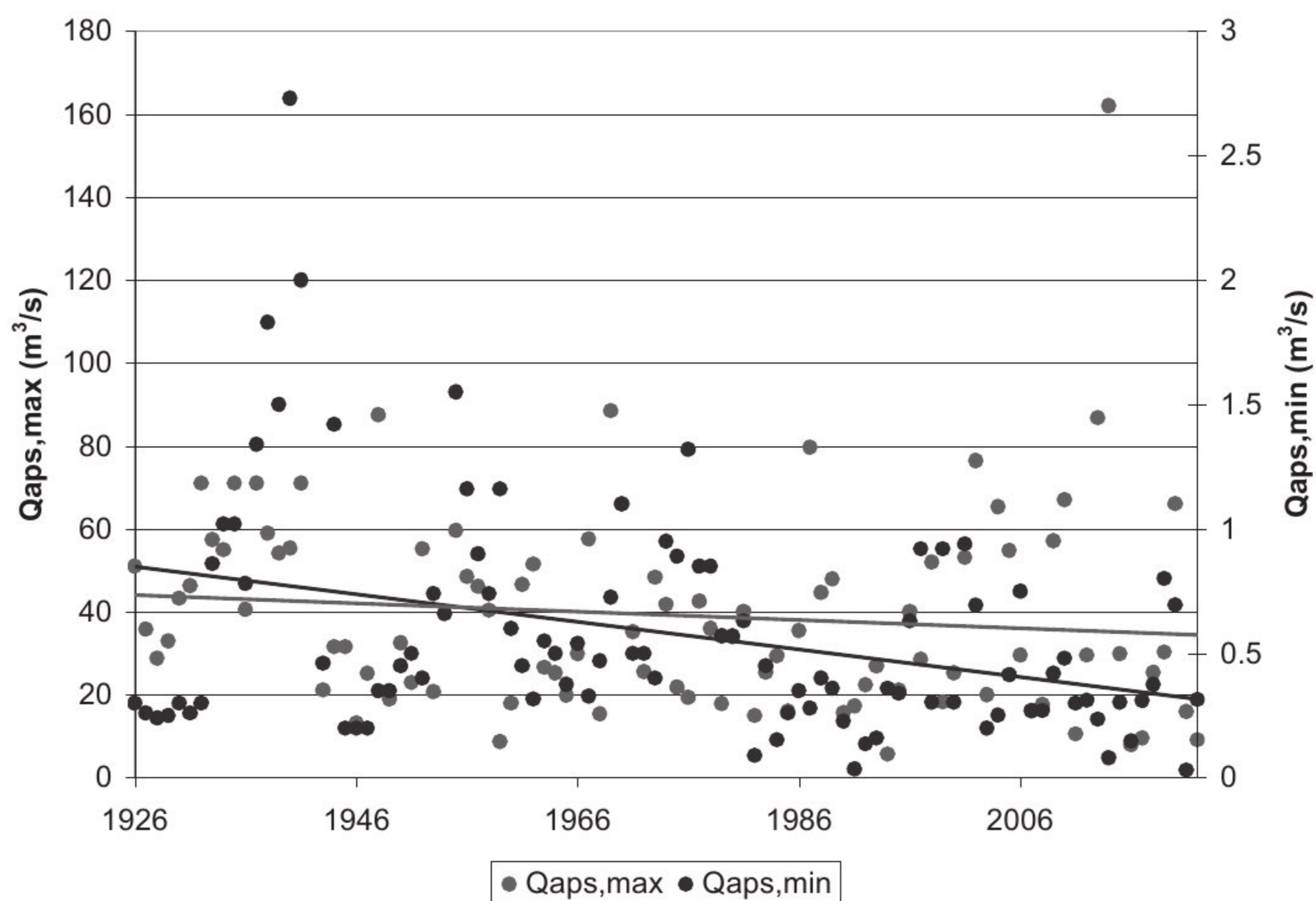
Tabela 1. Sračunati statistički parametri merodavni za ukupni osmatrački period (Q_{sr} - srednja vrednost, σ - standardna devijacija, C_v - koeficijent varijacije, C_s - koeficijent asimetrije, Q_{max} i Q_{min} - maksimalna i minimalna srednje mesečna vrednost)

Table 1. Calculated statistical parameters relevant for the entire observation period (Q_{sr} - mean value, σ - standard deviation, C_v - coefficient of variation, C_s - coefficient of asymmetry, Q_{max} and Q_{min} - maximum and minimum mean monthly value)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	SR
Q_{sr}	3.20	5.02	7.45	7.65	5.01	3.54	2.07	1.47	1.20	1.22	1.80	2.81	3.59
σ	2.25	3.29	4.34	5.48	4.51	3.34	1.95	2.34	1.92	1.34	1.66	2.35	1.52
C_v	0.70	0.66	0.58	0.72	0.90	0.94	0.94	1.60	1.61	1.10	0.92	0.84	0.42
C_s	1.50	1.35	1.37	1.84	2.41	2.50	2.12	5.74	6.73	3.23	2.00	1.93	1.33
Q_{max}	12.34	18.70	21.13	29.64	29.38	18.96	10.76	18.96	17.39	8.54	9.79	12.70	8.73
Q_{min}	0.50	0.78	1.96	1.01	0.80	0.71	0.30	0.20	0.07	0.05	0.04	0.21	0.89



Slika 2. Dijagram srednje godišnjih proticaja reke Crnice, v.s. Paraćin
Figure 2. Diagram of the mean annual runoff of the Crnica River, g.s. Paraćin



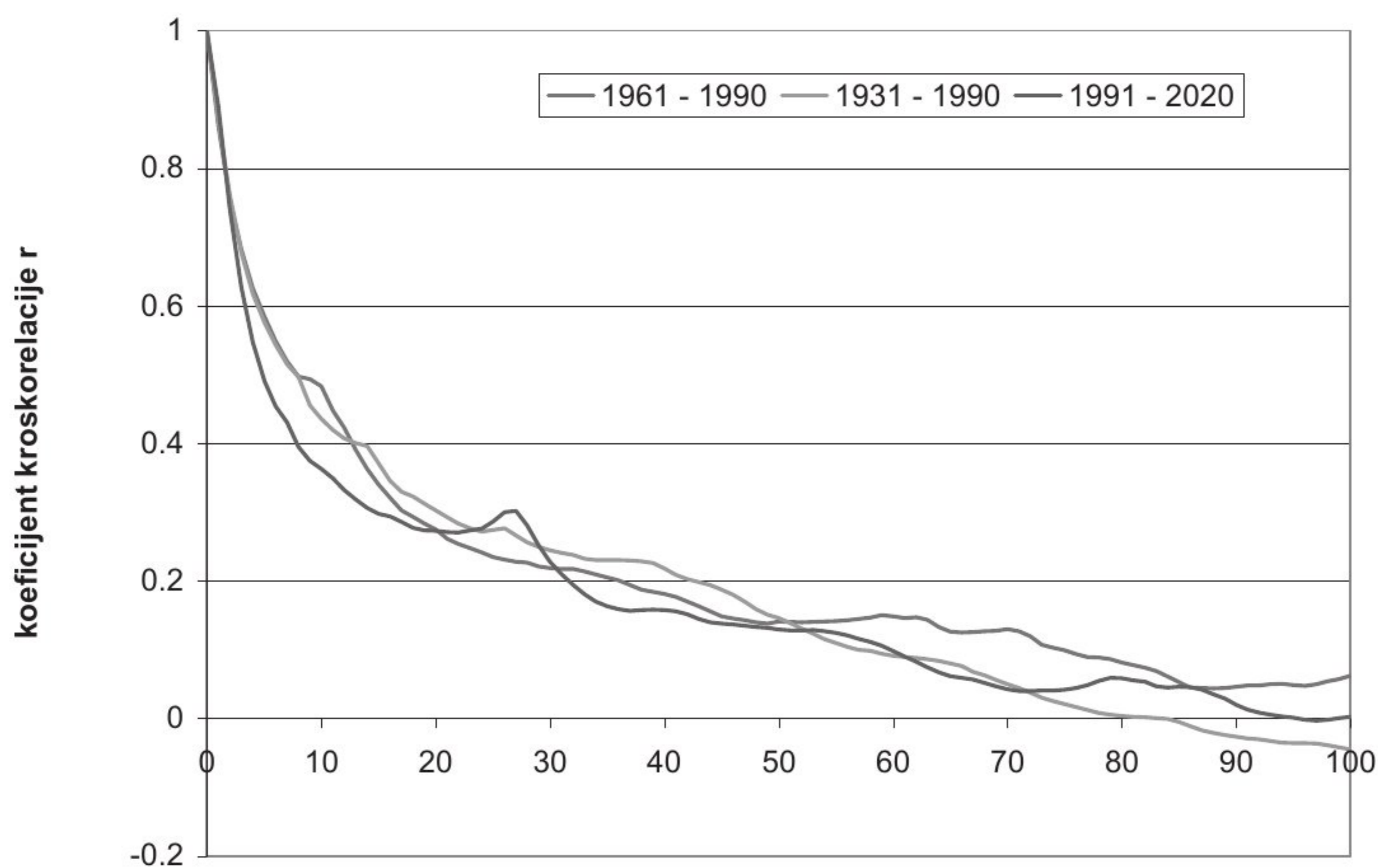
Slika 3. Apsolutne maksimalne i minimalne vrednosti proticaja reke Crnice, v.s. Paraćin, zabeležene tokom osmatračkog perioda
Slika 3. Absolute maximum and minimum flow values of the Crnica river, w.s. Paraćin, recorded during the observation period

Tabela 2. Vrednosti statistike i kriterijuma za usvajanje nulte hipoteze, odnosno usvajanje homogenosti analiziranih nizova**Table 2** Values of statistics and criteria for the adoption of the null hypothesis, that is, the adoption of homogeneity of analyzed series

	Q_{sr}		$t_{\frac{\alpha}{2}}$	t	$t_{1-\frac{\alpha}{2}}$	homogenost niza
1	2	3	4	5	6	7
1931-1960	4.26	2.07	- 2.00	1.915	+ 2.00	da
1961-1990	3.46	0.88				
1961-1990	3.46	0.88	- 2.00	0,832	+ 2.00	da
1991-2020	3.22	1,28				

Tabela 3. Vrednosti statistike F i kriterijumi za usvajanje nulte hipoteze, odnosno usvajanje homogenosti analiziranih nizova**Table 3.** Values of the F statistic and criteria for adopting the null hypothesis, that is, adopting the homogeneity of the analyzed series

	Q_{sr}		F	$F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$	$F < F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$	homogenost niza
1	2	3	4	5	6	7
1931-1960	4.26	2.07	5.533	1.153	+ 2.00	ne
1961-1990	3.46	0.88				
1961-1990	3.46	0.88	2.116	1.153	+ 2.00	ne
1991-2020	3.22	1.28				

**Slika 4.** Autokorelogram srednje dnevne proticaja reke Crnice osmotrenih u profilu v. s. Paraćin**Figure 4.** Autocorrelogram of the daily values flows of the Crnica River, measured at the gauging station Paraćin

DISKUSIJA SA ZAKLJUČKOM

Na osnovu slike 2 može se zaključiti da postoji izražen negativni trend proticaja reke Crnice osmotrenih u profilu Paraćin, dok na osnovu sračunatih srednje višegodišnjih proticaja po izdvojenim periodima može se zaključiti da je u proseku 800 l/s manji proticaj bio tokom II perioda u odnosu na I,

odnosno da je za još 240 l/s manji proticaj bio upoređujući II i III period. Dakle, posmatrajući I i III period, može se konstatovati da je proticaj u proseku pao za nešto malo više od 1 m³/s (vidi sliku 2 i tabelu 2). Maksimalni srednje godišnji proticaj zabeležen je 1937. godine u iznosu 8.727 m³/s, naredni po veličini je 7.960 m³/s (1941.), treći po veličini je vezan za 1955. godinu i iznosio je 7.946 m³/s, četvrta godina po vodnosti je 1940. (7.81 m³/s), peta je 1935. (7.061 m³/s), šesta je 1940 (6.877 m³/s) i sedma je 2010. sa srednje godišnjim protokom u iznosu od 6.873 m³/s i osma 1998. sa prosečnim proticajem od 5.862 m³/s. Dakle, prvih 6 najvodnijih godina je vezano za I izdvojeni period, dok sedma i osma godina po vodnosti pripadaju III periodu. Na slici 2 jasno se mogu ispratiti ove maksimalne vrednosti kao i činjenica da tokom II perioda nisu bili prisutni ekstremne vrednosti poput navedenih vezanih za I i III period. Slična situacija je i sa malovodnim godinama. Najmalovodnija godina je bila 2016. godina kada je srednji protok bio manji od 1 m³/s (894 l/s), sledeća malovodna godina je bila 1950. (1.405 m³/s), zatim 2011. (1.574 m³/s), 2022. (1.656 m³/s), 1990. (1.659 m³/s), 2003. (1.693 m³/s) i 1994. (1.769 m³/s). Srednje godišnji proticaj ostalih godina je bio $Q_{sr} > 2$ m³/s. Ovde je pobrojano 7 najmalovodnijih u proseku godina od kojih 1 pripada I periodu, jedna pripada II periodu a preostalih 5 su vezane za III izdvojeni period. Dakle, ekstremne vrednosti su karakteristične za I i III period dok u II periodu, ako izuzmemo 1990 malovodnu godinu, vrednosti se kreću u dijapazonu od 2.512 m³/s (1967.) pa do 5.608 m³/s (1970.). Iz ovog razloga i varijanse pa samim tim i srednje kvadratno odstupanje ima najnižu vrednost kod II perioda, dok kod I perioda ima najveću vrednost (vidi tabelu 2 odnosno 3, kolone 3).

Što se tiče apsolutno maksimalnih i minimalnih proticaja (slika 3) i ovde imamo negativan trend koji je naročito izražen kod apsolutno minimalnih vrednosti. Tokom poslednjeg perioda prisutnije su i izraženije su ekstremne vrednosti što potvrđuju i podaci da su u poslednjih 10 godina zabeleženi istorijski maksimum 16. 05. 2014. godine (162 m³/s), odnosno istorijski minimum od svega 31 l/s (6. oktobar 2021. godine).

Iako trend srednje godišnjih proticajaukazuje da je došlo do primetnog smanjenja proticaja, analize homogenosti serije primenom Studentovog *t*-testa su ukazale na to da nije došlo do statistički značajnijih promena srednjih višegodišnjih vrednosti proticaja reke Crnice (vidi tabelu 2). Međutim, zbog prisutnih i sve učestalijih pojava ekstremnih vrednosti, Fišerov *F*-test je pokazao da je došlo do statistički značajnih promena varijansi sračunatih za izdvojene periode. Da je osmatrački niz bio znatno kraći i da smo imali samo dva izdvojena perioda (1961-1990 i 1991-2020), mogao bi da se donese zaključak da su prisutne klimatske promene u značajnoj meri uticale na sve prisutnije ekstremne vrednosti. Međutim, izdvojeni period od 1931-1960. godine ukazuje da postoji još uvek prisutna cikličnost vlažnijih i sušnijih perioda. Ovim ne negiramo činjenicu da su ipak dva apsolutna ekstrema koja su zabeležena u poslednjih 10 godina najverovatnije rezultat klimatskih promena.

Autokorelaciona analiza primenjena za svaki period ponaosob (slika 4) ukazuje da su memorije sliva različite. Preciznije, ukoliko uzmemo da je reporna vrednost za memoriju sistema (sliv reke Crnice) 0.2 (Mangin 1984), II serija srednje dnevnih proticaja ima najdužu memoriju odnosno ova serija je najduže uslovno zavisna (period 1961-1990) i u ovom slučaju iznosi 43 dana. Period I ima nešto kraću memoriju sliva i iznosi 37 dana, dok kod perioda III ona je najkraća i iznosi 32 dana. Dakle, zbog češće prisutih i izraženijih ekstremnih vrednosti proticaja reke Crnice, serije srednje dnevnih proticaja brže postaju nezavine, odnosno memorija sistema (sliva) kraće trajanje. U budućnosti možemo očekivati još kraće memorije sistema zbog očekivanih učestalih ekstremnih događaja.

LITERATURA

- Dolić D., Kalenić M., Marković B., Dimitrijević M., Radoičić R., Lončarević Č. 1978: *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Paraćin K 34-7*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Kresic N., Stevanovic Z., 2010: *Groundwater hydrology of springs: engineering, theory, management and sustainability*, Amsterdam, Boston, Butterworth-Heinemann, 573p
- Mangin A., 1984: Pour une meilleure connaissance des systemes hydrologiques a partir des analyses correlative et spectrale. *Journal of Hydrology*, v. 67, pp. 25-43
- Marković J. 1954: *Reljef sliva Crnice i Grze*. In: Dakić, Lj., Branimir, Srpska akademija nauka, Zbornik radova. Beograd: Geografski institut, knjiga 7, str. 19-81
- Prohaska S., 2006: *Hidrologija II*, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 596 str.
- Ristić Vakanjac V., Čokorilo Ilić M., Milanović M., Jovanov K., Vasić Lj. 2016: *Autocorrelation analyses of karst spring discharges regimes*, III Congres of geologist of Republic Macedonia with international participant, (ed Sonja Lepitkova and Blažo Boev), Macedonia, Struga, pp. 85-92.

- Ristić Vakanjac V., Marinović V., Milanović S., Vasić Lj., Petrović B., Vojnović P., Golubović R., 2023: *Primena autokorelacione analize izdašnosti vrela sa ciljem razumevanja karstnih hidrogeoloških sistema*, SymOpIs 23, Tara, pp 789 – 794.
- Ristić Vakanjac V., Milanović S., Vasić Lj., Vakanjac B., Bakrač S., Banković R., Marinović V., 2023. *Uticaj klimatskih promena na vodne resurse: primer sliv Mlave*, Kongres geologa BiH, Neum 2023. pp 1-11
- Stevanović Z. 1991: *Hidrogeologija karsta karpato-bakanida istočne Srbije i mogućnost vodosnabdedavnja*. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, , str. 1-245.
- Veselinović M., Antonljević I., Milošaković R., Mičić I., Krstić B., Čičulić M., Divljan M., Maslarević Lj. 1970: *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Boljevac K 34-8*. Beograd: Savezni geološki zavod