

Regulacija karstne izdani u okviru regionalnog vodoprivrednog sistema "Bogovina" - Management of Karstic Aquifer of Regional Water System "Bogovina" (Eastern Serbia)

urednik i autor monografije Zoran Stevanović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Regulacija karstne izdani u okviru regionalnog vodoprivrednog sistema "Bogovina" - Management of Karstic Aquifer of Regional Water System "Bogovina" (Eastern Serbia) | urednik i autor monografije Zoran Stevanović || 2010 ||

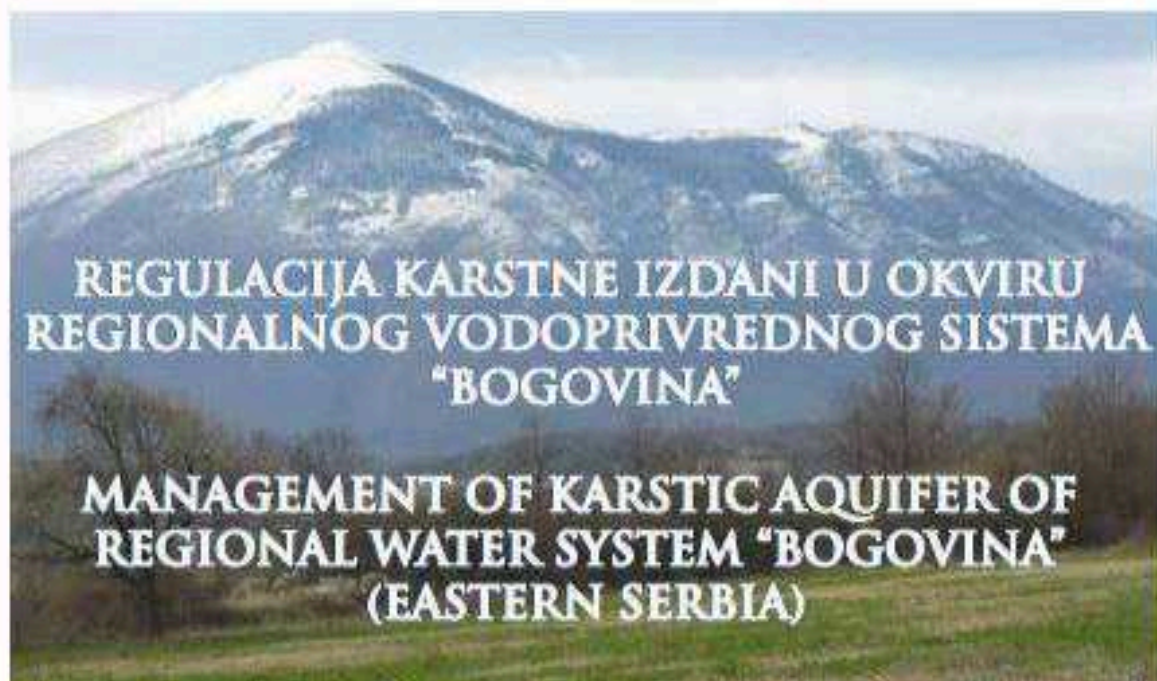
<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006174>

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

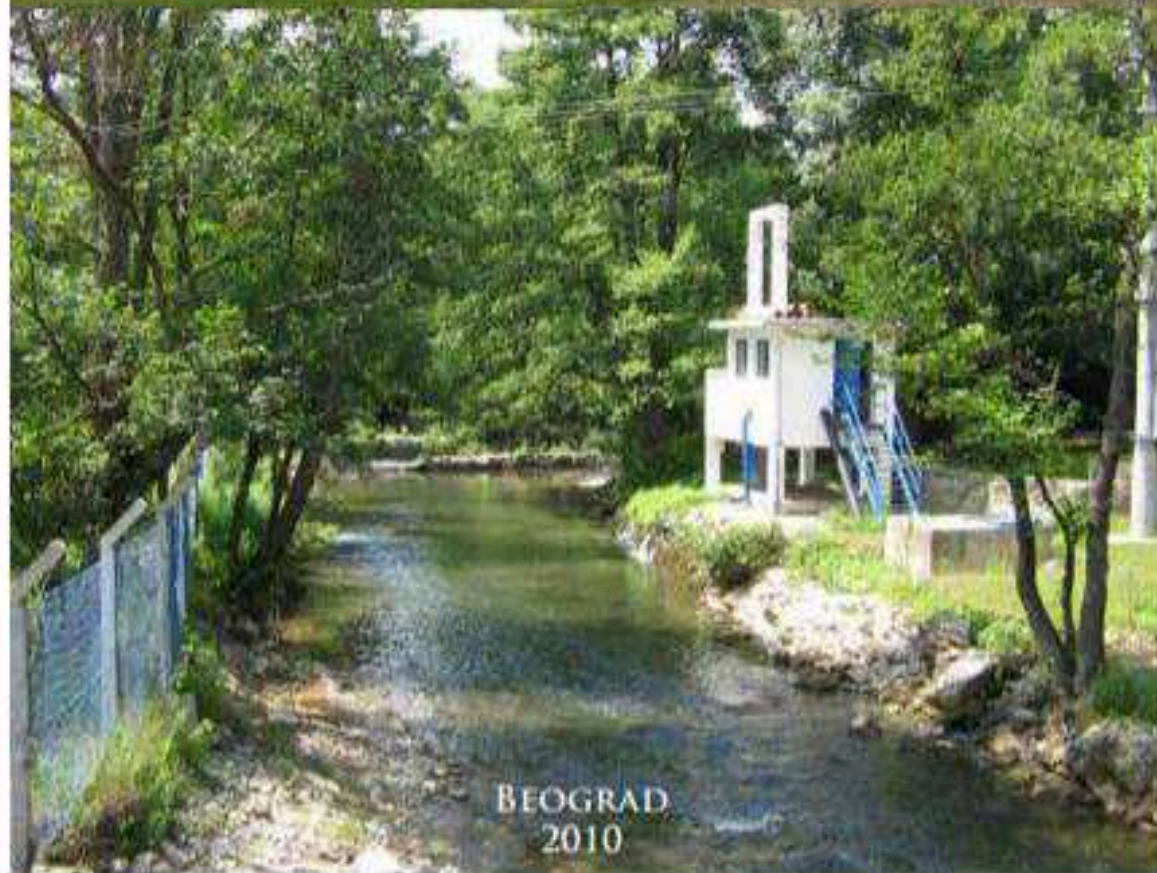


UNIVERZITET U BEOGRADU - RUDARSKO GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU
UNIVERSITY OF BELGRADE - FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
DEPARTMENT OF HYDROGEOLOGY



**REGULACIJA KARSTNE IZDANI U OKVIRU
REGIONALNOG VODOPRIVREDNOG SISTEMA
"BOGOVINA"**

**MANAGEMENT OF KARSTIC AQUIFER OF
REGIONAL WATER SYSTEM "BOGOVINA"
(EASTERN SERBIA)**



BEOGRAD
2010

- Posebno izdanje Departmana za Hidrogeologiju Rudarsko - Geološkog fakulteta u Beogradu / Special edition of the Department of Hydrogeology, University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology (DHG), Serbia

UREDNIK I AUTOR MONOGRAFIJE:

EDITOR AND AUTHOR:

ZORAN STEVANOVIĆ (Departman za Hidrogeologiju, Rudarsko Geološki fak. DHG RGF)

VODEĆI ISTRAŽIVAČI I OBRADJIVAČI, AUTORI STUDIJA I ELABORATA:

PROJECT TEAM LEADERS, AUTHORS OF STUDIES AND TECHNICAL REPORTS:

BRATISLAV ČOLIC (Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ IJČ)

DRAGOLJUB JANIĆ (IJČ)

DJULIJA BORELI ZDRAVKOVIĆ (IJČ)

BOJAN HAJDIN (DHG RGF)

PETAR DOKMANOVIĆ (DHG RGF)

IGOR JEMCOV (DHG RGF)

SAŠA MILANOVIĆ (DHG RGF)

ČLANOVI STRUČNOG SAVETA (SS), KONSULTANTI (K) I ISTRAŽIVAČI NA GEOLOŠKOM DELU PROJEKTA (I) (po azbučnom redu):

MEMBERS OF ADVISORY BOARD (SS), CONSULTANTS (K) AND RESEARCHERS ON GEOLOGICAL PART OF THE PROJECT (I) (in alphabetic order):

MLADEN BORELI (SS) BRANISLAV DJORDJEVIĆ (SS) BUDIMIR FILIPOVIĆ (SS) LAZAR

JOVANOVIĆ (SS) MIOMIR KOMATINA (SS) JELISAVETA MUŠKATIROVIĆ (SS) STEVAN

PROHASKA (SS) BORIS SIKOŠEK (SS) ANDJELKO SORO (SS) DRAGAN ZDRAVKOVIĆ (SS);

DUŠAN ARANDJELOVIĆ (K) BRANISLAV BOŽOVIĆ (K) DEJAN DIVAC (K) VESELIN DRAGIŠIĆ

(K) NIKOLA GRUJIĆ (K) LAZAR POPOVIĆ (K) BORISLAV VUKIĆEVIĆ (K); JOVAN

JANKIĆEVIĆ (I) NEVEN KREŠIĆ (I) SRDJAN LONČAR (I) BRANKO MILADINOVIĆ (I)

DRAGANA MILOVANOVIĆ (I) MIOBRAG PETROVIĆ (I) ZORAN PETROVIĆ (I) MILENKO

PUŠIĆ (I) VESNA RISTIĆ (I) ČEDA ŠEHOVAC (I) ALEKSANDAR TODOROVIĆ (I) SVETOZAR

VELJKOVIĆ (I) DEJAN VUČKOVIĆ (I) SLOBODAN ŽEGARAC (I)

RVS «BOGOVINA» AND RTB BOR TEAM

DOBRIVOJE GRUJIĆIĆ, ETHEM ORLIĆ, MIROSLAV BAČILOVIĆ, BORISLAV PETROVIĆ,

DRAGOLJUB ALEKSIC

RECENZENTI / REVIEWERS:

MILAN DIMKIĆ, PETAR MILANOVIĆ, IVAN MATIĆ

TEHNIČKA PRIPREMA:

TECHNICAL PREPARATION:

BRANISLAV PETROVIĆ, BEVERLY LYNCH

Štampano / Printed 2010. by COMPEX, Belgrade

Štampanje podržano sredstvima Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Srbije

CIP

ISBN

Posvećeno učesnicima projekta koji više nisu sa nama

Dedicated to the project members no longer with us

SADRŽAJ

PREDGOVOR

UVOD

1. OPŠTI PODACI O RVS BOGOVINA

1.1. PODRUČJE RVS BOGOVINA

- 1.1.1. GEOGRAFSKI POLOŽAJ
- 1.1.2. STANOVNIŠTVO I PRIVREDNA STRUKTURA
- 1.1.3. ZADACI I CILJEVI RVS "BOGOVINA"
- 1.1.4. IDEJNO REŠENJE I VODOPRIVREDNI PLANovi
- 1.1.5. KONCEPCIJA ISTRAŽIVANJA

1.2. KLIMATSKE KARAKTERISTIKE

- 1.2.1. PADAVINE
- 1.2.2. TEMPERATURA VAZDUHA
- 1.2.3. VLAŽNOST VAZDUHA I DRUGI ELEMENTI
KLIME

1.3. HIDROGRAFSKE I HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

- 1.3.1. HIDROGRAFSKE KARAKTERISTIKE
- 1.3.2. HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE

1.4. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

- 1.4.1. DOSADAŠNJA IZUČAVANJA I
STEPEN ISTRAŽENOSTI
- 1.4.2. LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE
- 1.4.3. TEKTONSKE KARAKTERISTIKE
 - 1.4.3.1. Ranija tektonska istraživanja
 - 1.4.3.2. Tektonske karakteristike

1.5. GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE

- 1.5.1. DOSADAŠNJA GEOMORFOLOŠKA
PROUČAVANJA
- 1.5.2. GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA
- 1.5.3. RAZVOJ I DINAMIKA KARSTNOG PROCESA
 - 1.5.3.1. Evolucija pećinskog karstnog sistema Bogovina
- 1.5.4. POVRŠINSKI KARSTNI OBLICI
- 1.5.5. PODZEMNI KARSTNI OBLICI

2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

2.1. REZULTATI RANIJIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

2.2. OCENA STEPENA PRETHODNE ISTRAŽENOSTI I SLOŽENOSTI HIDROGEOLOŠKE PROBLEMATIKE

2.3. KONCEPT REGULACIJE IZDANI I OBIM IZVEDENIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

- 2.3.1. PROJEKTNJA REŠENJA PROCESA HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA
- 2.3.2. KONCEPT REGULACIJE I KORIŠĆENJA IZDANSKIH VODA

2.4. HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA STENA I TIPOVI IZDANI

- 2.4.1. HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA NEKARBONATNIH STENA
 - 2.4.1.1. Zbijeni tip izdani
 - 2.4.1.2. Pukotinski tip izdani

- 2.4.1.3. Uslovno bezvodni tereni
- 2.4.2. HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA KARBONATNIH STENA
 - 2.4.2.1. Uslovi prihranjivanja karstne izdani
 - 2.4.2.2. Kretanje podzemnih voda
 - 2.4.2.3. Dreniranje karstne izdani

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA ZA REGULACIJU IZDANI U OKVIRU RVS BOGOVINA

- 3.1. DALJINSKA DETEKCIJA
- 3.2. TERENSKA ISPITIVANJA PUKOTINSKIH SISTEMA
 - 3.2.1. OCENA HIDROGEOLOŠKE FUNKCIJE RUPTURA I DISLOKACIONIH SISTEMA
- 3.3. HIDROGEOLOŠKO KARTIRANJE
- 3.4. GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA
 - 3.4.1. VRSTE I OBIM RADOVA
 - 3.4.2. REZULTATI ISPITIVANJA
- 3.5. OPITI OBELEŽAVANJA IZDANSKIH VODA
 - 3.5.1. OPITI OBELEŽAVANJA SPROVEDENI TOKOM HIDROGEOLOŠKOG KARTIRANJA
 - 3.5.2. OPITI OBELEŽAVANJA U ZONI VRELA MRLJIŠ
 - 3.5.3. OPIT OBELEŽAVANJA BUŠOTINA AKUMULACIONOG PODRUČJA
 - 3.5.4. OPIT OBELEŽAVANJA IZDANSKOG TOKA NA PONORU PLOPLJE U SLIVU SUVE REKE
 - 3.5.5. OPIT BOJENJA U BUNARU IB-5
 - 3.5.6. OPITI OBELEŽAVANJA IZDANSKIH VODA U BOGOVINSKOJ PEĆINI
- 3.6. HIDROLOŠKA ISTRAŽIVANJA
 - 3.6.1. HIDROMETEOROLOŠKA IZUČENOST RAZMATRANOG SLIVA
 - 3.6.2. SIMULTANA HIDROMETRIJSKA MERENJA
 - 3.6.3. REALIZACIJA JEDNOGODIŠNJIH MERENJA U SLIVU CRNOG TIMOKA
 - 3.6.4. REŽIM PROTICAJA NA RAZMATRANOM DELU SLIVA U PERIODU ISTRAŽIVANJA III.1991 – IX.1992.
 - 3.6.5. OCENA VODNOSTI PODRUČJA U PERIODU IZVRŠENIH ISTRAŽIVANJA
 - 3.6.6. OCENA ASINHRONOSTI IZMEĐU PADAVINA I REČNOG OTICAJA U SLIVU CRNOG TIMOKA
- 3.7. ISTRAŽNO BUŠENJE
 - 3.7.1. REZULTATI ISTRAŽNOG BUŠENJA I KAROTAŽA BUŠOTINA
 - 3.7.2. PETROGRAFSKE I PALEONTOLOŠKE ANALIZE
 - 3.7.3. ER - LIFT ISTRAŽNIH BUŠOTINA
- 3.8. REŽIM KARSTNE IZDANI
 - 3.8.1. IZDAŠNOSTI VRELA
 - 3.8.2. REŽIM PODZEMNIH VODA U ISTRAŽNIM BUŠOTINAMA (PIJEZOMETRIMA)
- 3.9. CRPENJE VRELA MRLJIŠ
 - 3.9.1. USLOVI IZVOĐENJA TESTA
 - 3.9.2. OBRADA PODATAKA TESTA – HIDROGEOLOŠKI PARAMETRI I BILANS VODA
- 3.10. TERMOMETRIJSKA MERENJA I MODEL
- 3.11. IZRADA I OPITI CRPENJA BUNARA
 - 3.11.1. IZRADA ISTRAŽNO - EKSPLOATACIONIH BUNARA
 - 3.11.2. CILJ IZRADA I LOKACIJE BUNARA
 - 3.11.3. IZRADA BUNARA IEBOG - 1 I IEBOG - 2
 - 3.11.4. IZRADA BUNARA IEBOG – 3
 - 3.11.5. IZRADA BUNARA IEBOG - 4
 - 3.11.6. IZRADA BUNARA IEBOG - 5

- 3.11.7. IZRADA BUNARA IEBOG - 6
- 3.12. KVALITET VODA
 - 3.12.1. REZULTATI ISPITIVANJA DHG RGF
 - 3.12.2. REZULTATI ISPITIVANJA INSTITUTA "JAROSLAV ČERNI"
 - 3.12.3. REZULTATI ISPITIVANJA DRUGIH INSTITUCIJA
 - 3.12.4. REZULTATI ISPITIVANJA MIKROBIOLOŠKIH KARAKTERISTIKA VODA
- 3.13. USLOVI ZAŠTITE KARSTNIH IZDANSKIH VODA
 - 3.13.1. OPŠTI USLOVI I PRETPOSTAVKE ZAŠTITE KARSTNOG VODNOG POTENCIJALA
 - 3.13.2. REGISTROVANI POTENCIJALNI ZAGAĐIVAČI IZDANSKIH VODA
 - 3.13.3. ZONE SANITARNE ZAŠTITE IZVORIŠTA

4. RASPOLOŽIVI RESURSI I TEHNIČKO REŠENJE IZVORIŠTA

- 4.1. OCENA BILANSA I RASPOLOŽIVIH VODA IZVORIŠTA
- 4.2. HIDRODINAMIČKI MODEL
 - 4.2.1. MODELIRANJE KARSTNE IZDANI I PRIMENA MATEMATIČKOG MODELA
 - 4.2.2. KONCEPCIJA (KARAKTERISTIKE) MODELA
 - 4.2.3. ULAZNI PODACI ZA FORMIRANJE MATEMATIČKOG MODELA ("PROJEKTNI ZADATAK")
 - 4.2.4. TARIRANJE MATEMATIČKOG MODELA KARSTNE IZDANI
 - 4.2.5. PROGNOZA EFEKATA EKSPLOATACIJE
 - 4.2.6. REZULTATI PROGNOZA
 - 4.2.7. PREDLOG KONCEPTA KORIŠĆENJA VODNIH RESURSA ZA RVS "BOGOVINA"
- 4.3. USLOVI I MOGUĆNOSTI ZAHVATANJA IZDANSKIH VODA U FUNKCIJI VODOPRIVREDNIH OGRANIČENJA
- 4.4. SPREGNUTI TEST CRPENJA BUNARA
 - 4.4.1. REŽIM CRPENJA I OSCILACIJA NIVOA IZDANI
 - 4.4.2. REŽIM KVALITETA VODE TOKOM CRPENJA
- 4.5. TEHNIČKO REŠENJE IZVORIŠTA
 - 4.5.1. USVOJENO FAZNO REŠENJE KORIŠĆENJA PODZEMNIH VODA
 - 4.5.2. ELEMENTI REGULACIJE IZDANI OD POSEBNOG ZNAČAJA
- 4.6. ISTRAŽIVANJA U FAZI EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA IZDANSKIH VODA (MONITORING)
 - 4.6.1. REŽIM EKSPLOATACIJE U PERIODU 2005 – 2007.
 - 4.6.2. UTICAJ REGULACIJE NA REŽIM PROTICAJA CRNOG TIMOKA
 - 4.6.3. REŽIM KVALITETA VODE TOKOM EKSPLOATACIJE
- 4.7. BUDUĆA BRANA KAO OKOSNICA RVS «BOGOVINA»
 - 4.7.1. ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE IZGRADNJE BRANE
 - 4.7.2. REZULTATI ISPITIVANJA VDP
 - 4.7.3. DOPUNSKA HIDROGEOLOŠKA I SPELEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA U CILJU UTVRĐIVANJA USLOVA IZGRADNJE I UTICAJA BRANE I AKUMULACIJE NA ŽIVOTNU SREDINU
 - 4.7.4. USVOJENO PROJEKTNO REŠENJE I TEHNIČKE KARAKTERISTIKE BRANE

ZAKLJUČAK

LITERATURA

Version in English :

**MANAGEMENT OF KARSTIC AQUIFER OF REGIONAL WATER SYSTEM
"BOGOVINA" (EASTERN SERBIA)**

PREFACE

BACKGROUND

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE REGION

PHYSIO GEOGRAPHY, POPULATION AND ECONOMY

PROJECT RWS „BOGOVINA“

CLIMATE AND HYDROGRAPHY

GEOLOGY

GENERAL HYDROGEOLOGY

CONCEPT OF KARST AQUIFER REGULATION

RESULTS OF CONDUCTED SURVEY FOR RWS BOGOVINA

GEOMORPHOLOGY AND SPELEOLOGY

Karstification development

REMOTE SENSING

GEOPHYSICAL SURVEY

Spontaneous potential method and electrofiltration field

Other geoelectrical methods

HYDROLOGY

HYDROGEOLOGICAL RESEARCH AND SETTING

Tracing tests

Drilling and testing investigation boreholes

Spring pumping test

Hydrogeological mapping, observing drainage regime and creating conceptual model

Wells - development and testing

GROUNDWATER BALANCE AND RESERVES

HYDRODYNAMIC MODEL

WATER QUALITY SURVEY

GROUNDWATER PROTECTION SURVEY

FINAL DESIGN AND MONITORING OF THE TRANSITIONAL SOLUTION

LONG-TERM PUMPING TEST OF THE WELLS

WELL FIELD DESIGN

GROUNDWATER PROTECTION ZONES

MONITORING EXPLOITATION AND WATER QUALITY REGIME

Monitoring aquifer regulation effects

BASELINE SURVEY FOR DAM AND RESERVOIR CONSTRUCTION

PROBLEMS OF CONSTRUCTING RESERVOIRS IN KARST AND CONDUCTED SURVEY

PROPOSED SOLUTION FOR DAM HEIGHT AND DESIGN

TRANSLATED CONTENT OF THE FULL SERBIAN VERSION

PREFACE
INTRODUCTION

1. GENERAL DESCRIPTION OF RWS BOGOVINA

- 1.1. STUDY AREA OF RWS BOGOVINA
 - 1.1.1. LOCATION OF RWS "BOGOVINA"
 - 1.1.2. POPULATION AND ECONOMY
 - 1.1.3. PROJECT OBJECTIVES AND TASKS
 - 1.1.4. PRELIMINARY CONCEPTION AND WATER MASTER PLANS
 - 1.1.5. RESEARCH CONCEPTION
- 1.2. CLIMATE
 - 1.2.1. RAINFALL
 - 1.2.2. AIR TEMPERATURE
 - 1.2.3. HUMIDITY AND OTHER CLIMATIC ELEMENTS
- 1.3. HIDROGRAPHY AND HYDROLOGY
 - 1.3.1. HIDROGRAPHY
 - 1.3.2. HIDROLOGY
- 1.4. GEOLOGY
 - 1.4.1. PREVIOUS RESEARCH AND LEVEL OF KNOWLEDGE
 - 1.4.2. LITOSTRATIGRAPHY
 - 1.4.3. TECTONICS
 - 1.4.3.1. Earlier tectonics research
 - 1.4.3.2. Tectonics elements
- 1.5. GEOMORPHOLOGY
 - 1.5.1. PREVIOUS RESEARCH
 - 1.5.2. GEOMORPHOLOGY ELEMENTS
 - 1.5.3. DEVELOPMENT AND DYNAMIC OF KARST PROCESS
 - 1.5.3.1. Evolution of cave system of Bogovina
 - 1.5.4. SURFICIAL KARSTIC FEATURES
 - 1.5.5. UNDERGROUND KARSTIC FEATURES

2. HYDROGEOLOGY

- 2.1. RESULTS OF PREVIOUS HYDROGEOLOGICAL SURVEY
- 2.2. BASIC KNOWLEDGE AND COMPLEXITY OF HYDROGEOLOGY PROBLEMS
- 2.3. AQUIFER CONTROL CONCEPT AND REQUIRED HYDROGEOLOGICAL SURVEY
 - 2.3.1. DESIGN SOLUTIONS AND CONTENT OF HYDROGEOLOGICAL SURVEY
 - 2.3.2. AQUIFER CONTROL AND GROUNDWATER UTILIZATION
- 2.4. HYDROGEOLOGICAL CHARACTERIZATION AND AQUIFER SYSTEMS
 - 2.4.1. HYDROGEOLOGY OF NON-CARBONATE ROCKS
 - 2.4.1.1. Intergranular aquifer
 - 2.4.1.2. Fissured aquifer
 - 2.4.1.3. Aquiclude systems
 - 2.4.2. HYDROGEOLOGY OF CARBONATE ROCKS
 - 2.4.2.1. Karstic aquifer recharge
 - 2.4.2.2. Groundwater circulation
 - 2.4.2.3. Drainage of karstic groundwater

3. RESEARCHES FOR AQUIFER CONTROL OF RWS BOGOVINA

- 3.1. REMOTE SENSING
- 3.2. FIELD SURVEY OF FISSURE SYSTEMS
 - 3.2.1. FAULTS ROLE IN HYDROGEOLOGY OF THE TERRAIN
- 3.3. HYDROGEOLOGICAL MAPPING
- 3.4. GEOPHYSICAL EXPLORATION
 - 3.4.1. METHODS APPLIED
 - 3.4.2. SURVEY RESULTS
- 3.5. TRACING TESTS
 - 3.5.1. TRACING TESTS DURING THE MAPPING
 - 3.5.2. TRACING TESTS IN MRLJIŠ SPRING AREA
 - 3.5.3. TRACING TESTS WITHIN THE BOREHOLES OF RESERVOIR AREA

- 3.5.4. TRACING TESTS OF SWALLOW HOLE PLOPLJE IN SUVA REKA CATCHMENT
 - 3.5.5. TRACING TESTS OF BOREHOLE IB-5
 - 3.5.6. TRACING TESTS OF BOGOVINA CAVE
 - 3.6. HYDROLOGICAL MEASUREMENTS
 - 3.6.1. HYDROMETEOROLOGY OF THE CATCHMENT (STATIONS AND DATA)
 - 3.6.2. SIMULTANEOUS HYDROMETRY OF THE RIVERFLOW
 - 3.6.3. ONE-YEAR OBSERVATION PROGRAMME WITHIN CRNI TIMOK BASIN
 - 3.6.4. REGIME OF RIVERFLOW DURING PERIOD III-1991 - IX-1992.
 - 3.6.5. WATER AVAILABILITY ASSESSMENT
 - 3.6.6. INCOMPATIBILITY OF THE RAINFALL AND RUNOFF IN CRNI TIMOK BASIN
 - 3.7. EXPLORATORY DRILLING
 - 3.7.1. RESULTS OF BOREHOLES DRILLING AND LOGGING
 - 3.7.2. PETROGRAPHY AND PALAEONTOLOGY ANALYSES
 - 3.7.3. AIR - LIFTING OF THE BOREHOLES
 - 3.8. KARST GROUNDWATER REGIME
 - 3.8.1. SPRINGFLOWS
 - 3.8.2. GROUNDWATER TABLE FLUCTUATIONS (PIEZOMETERS)
 - 3.9. SPRING PUMPING TEST
 - 3.9.1. TEST CONDITIONS
 - 3.9.2. EVALUATION OF THE RESULTS – PARAMETERS AND WATER BUDGET
 - 3.10. THERMOMETRY – MEASUREMENTS AND MODEL
 - 3.11. WELLS DRILLING AND TESTING
 - 3.11.1. DESIGN AND DRILLING OF EXPLORATORY WELLS
 - 3.11.2. TASKS AND LOCATIONS OF THE WELLS
 - 3.11.3. DRILLING OF WELLS IEBOG - 1 AND IEBOG - 2
 - 3.11.4. DRILLING OF WELL IEBOG – 3
 - 3.11.5. DRILLING OF WELL IEBOG - 4
 - 3.11.6. DRILLING OF WELL IEBOG - 5
 - 3.11.7. DRILLING OF WELL IEBOG - 6
 - 3.12. WATER QUALITY
 - 3.12.1. RESULTS OF ANALYSES OF DHG
 - 3.12.2. RESULTS OF ANALYSES OF IJČ
 - 3.12.3. RESULTS OF ANALYSES OF OTHER INSTITUTIONS
 - 3.12.4. RESULTS OF MICROBIOLOGICAL ANALYSES
 - 3.13. KARST GROUNDWATER PROTECTION
 - 3.13.1. GENERAL PRECONDITIONS FOR PROTECTING THE KARSTIC WATERS
 - 3.13.2. REGISTERED POTENTIAL POLLUTANTS
 - 3.13.3. SANITARY PROTECTION ZONES
- 4. AVAILABLE WATER RESOURCES AND TECHNICAL SOLUTION OF THE SOURCE**
- 4.1. WATER BUDGET AND AVAILABILITY ASSESSMENT
 - 4.2. HYDRODYNAMICAL MODELING
 - 4.2.1. MODELING OF KARST AQUIFER AND MATHEMATICAL MODELS APPLICATION
 - 4.2.2. CONCEPTION (CHARACTERISTICS) OF THE MODEL
 - 4.2.3. MODEL INPUT DATA ("PROJECT TASK")
 - 4.2.4. MODEL CALIBRATION
 - 4.2.5. FORECASTING THE EXPLOITATION EFFECTS
 - 4.2.6. RESULTS OF FORECASTING
 - 4.2.7. PROPOSAL OF GROUNDWATER USE IN ACCORDANCE WITH MODEL RESULTS
 - 4.3. GROUNDWATER TAPPING UNDER THE WATER MANAGEMENT RESTRICTIONS
 - 4.4. SIMULTANEOUS PUMPING TEST OF EXPLORATORY WELLS
 - 4.4.1. PUMPING REGIME AND GROUNDWATER FLUCTUATIONS
 - 4.4.2. WATER QUALITY DURING THE PUMPING TEST
 - 4.5. TECHNICAL SOLUTION OF THE GROUNDWATER SOURCE (TRANSITIONAL SOLUTION)
 - 4.5.1. PHASE SOLUTION FOR GROUNDWATER TAPPING
 - 4.5.2. ESSENTIAL ELEMENTS FOR GROUNDWATER CONTROL
 - 4.6. EXPLORATIONS DURING GW EXCTRACTION AND MONITORING PHASE
 - 4.6.1. EXPLOITATION REGIME DURING PERIOD 2005 – 2007.

- 4.6.2. IMPACT OF GROUNDWATER EXTRACTION ON CRNI TIMOK REGIME
- 4.6.3. REGIME OF WATER QUALITY DURING EXPLOITATION
- 4.7. THE DAM “BOGOVINA” AS CORE ELEMENT OF RWS
 - 4.7.1. SURVEY PROGRAMME FOR THE DAM
 - 4.7.2. RESULTS OF PERMEABILITY TESTS
 - 4.7.3. ADDITIONAL PROGRAMME IN HYDROGEOLOGY AND SPELEOLOGY
AIMING TO OPTIMIZE DESIGN AND ASSESS ENVIRONMENTAL IMPACT OF
FUTURE DAM AND RESERVOIR “BOGOVINA”
 - 4.7.4. FINAL SOLUTION AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE DAM

CONCLUSION

REFERENCES

SKRAĆENICE / ABBREVIATIONS

Predgovor

Prošlo je dvadeset godina od kako je realizacija projekta «Bogovina» započela. I više od osam od kako je u praksi primenjeno takozvano «prelazno rešenje» i nove količine vode potekle ka Boru, jednom od gradova Timočkog regiona kojima je regionalni vodoprivredni sistem (RVS) «Bogovina» namenjen.

Šta je ostvareno tokom više od decenije istraživačkog rada? Bile su to verovatno najteže godine u profesionalnoj karijeri većine afirmisanih istraživača angažovanih na ovom projektu. Oni mlađi, koji su ovde doživeli «vatreno krštenje», verovatno će ih takodje dobro pamtili. Teškoće u finansiranju, obezvređivanje odobrenih sredstava, otežana nabavka opreme i neophodnog materijala, ometali su realizaciju postavljenih ciljeva. Prisutne stručne dileme o opravdanosti investiranja u «neizvesno» rešenje kaptiranja podzemnih voda takodje su imale uticaja na usporavanje dinamike projekta. S druge strane, predstavljale su i izazov i dodatni motiv većini angažovanih stručnjaka. Na kraju, velikim naporima i entuzijazmom, i istraživača i investitora, tehničko rešenje je usvojeno i vodozahvatni objekti izvorišta «Mrljiš» uspešno izgrađeni. Da li će ostati u funkciji za duže vreme, biti uklopljeni u novo rešenje vodosnabdevanja ili ubrzo potopljeni budućim akumulacionim jezerom sa višenamenskom funkcijom, zavisice od ekonomskih, demografskih i društvenih uslova.

Ovaj projekat okupio je naše vodeće stručne i inženjerske organizacije u sektoru voda i geologije. Institut za vodoprivredu «Jaroslav Černi» bio je nosilac celokupnog projekta i koordinator svih istraživačkih aktivnosti. One su nastavljene i do danas u domenu buduće brane i vodovodne infrastukture. Projekat i realizaciju hidrogeoloških istraživanja izveo je Departman (ranije Institut) za hidrogeologiju Rudarsko - Geološkog fakulteta iz Beograda. U izradi istražno-eksploatacionih bunara i terenskim geološkim ispitivanjima učestvovali su stručnjaci Geološkog Instituta Srbije (ranije «HIG Geozavod») iz Beograda, dok je dva bunara izradila «Hidrogradnja» iz Sremske Mitrovice. Geofizička istraživanja i karotaž bušotina izveli su «Geoinstitut» Beograd i Seizmološki zavod Srbije. «Istražni radovi» RTB Bor izvodili su radove na istražnom bušenju, er-liftovanju bušotina i ispitivanju vodopropustljivosti. Reviziju projekta i stalni stručni nadzor vršio je «Energoprojekt – Hidroinženjering» iz Beograda, dok je Stručni savet projekta formiran od naših eminentnih eksperata pored stalne konsultativne uloge, vršio i usmeravanje radova kroz «reviziju u hodu». Neposredni investitor projekta je JP «Bogovina» formirano uz podršku sredstava RTB Bor i vodoprivrede Srbije.

O rezultatima pojedinih istraživačkih aktivnosti, posebno iz hidrogeologije, objavljeno je više naučnih i stručnih radova u internacionalnim i domaćim časopisima ili zbornicima naučnih konferencija. Tako je i međunarodna stručna javnost delom upoznata sa uspešnim rezultatima projekta, a do danas je više inostranih posetilaca obišlo objekte izvorišta «Mrljiš». Kao okosnica sadašnje faze izgrađenosti RVS «Bogovina» ono predstavlja dobar primer uredjenog i uspešno održavanog izvorišta, u svemu reprezentativnog u domenu korišćenja podzemnih voda. Sve to, uprkos brojnim teškoćama koje prate rad komunalne službe kao dela RTB Bor koji se upravo u vreme izrade ove monografije nalazio u fazi restrukturiranja.

Monografija o «Bogovini» je odavno planirana. I njenu izradu pratili su slični problemi kao i ceo projekat. Najzad je kompletirana i postaje dostupna stručnoj javnosti koja će moći bolje da oceni ukupne rezultate istraživanja i ostvarene efekte. Za hidrogeološke stručnjake ili studente može predstavljati dokumentovani primer jedne uspešne regulacije izdani i putokaz za moguće slične poduhvate. Za one koji su u tome direktno učestvovali, ona je svedočanstvo

o uloženom velikom trudu i znanju. Stoga umesto formalne zahvalnosti svima koji su svojim zalaganjem doprineli uspešnom završetku projekta, podsećanje na zajednički rad, dobar rezultat i ostvarena prijateljstva. A svi zajedno zahvalnost dugujemo pre svega onima koji su pomogli da se ova monografija pripremi, recenzira i odštampa. Ipak izdvajamo trud i pomoć Dr Petra Milanovića, Branislava Petrovića, Beverly Lynch, kao i Borislava Petrovića iz JP “Bogovina”.

U Beogradu,

April, 2010

Zoran Stevanović

UVOD

Poziv za saradnju na projektu "Bogovina" upućen je u proleće 1990. tadašnjem Šefu Katedre za hidrogeologiju Rudarsko-Geološkog fakulteta (RGF) u Beogradu profesoru Budimiru Filipoviću. Kao tada mladom, tek izabranom docentu bila mi je čast da prihvatim profesorov poziv da mu se pridružim na sastanku u Institutu za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (JČ) na koji ga je pozvao tadašnji direktor Lazar Jovanović. Bilo je to i malo iznenadjenje s obzirom da se krajem 80-tih godina XX-veka vodila žustra polemika o prioritetima budućeg vodosnabdevanja Beograda i Srbije, dilemi površinske ili podzemne vode, u kojoj su ove dve institucije stajale prilično suprotstavljeno jedna drugoj, bez mnogo želja za kompromisnim rešenjima.

Verovatno je pozivu doprineo i pozitivan rezultat koji je naš fakultet ostvario na regulaciji karstne izdani na području Beljevine i Zlota za potrebe Bora koji je bio predviđen i za najvećeg i najbližeg korisnika budućeg sistema "Bogovina". Razgovor je bio konkretan i dogovor o zajedničkom nastupu i prikupljanju dokumentacije za izradu projekta istraživanja vrlo brzo postignut. Na čelu tima Instituta bio je profesor Bratislav Čolić, iskusni teoretičar i ništa manje izvrstan operativac i praktičar kada je u pitanju realizacija projekata za visoke brane i višenamenska vodoprivredna rešenja. Naš tim sa RGF nije bio veliki, pored profesora Filipovića u početnoj fazi angažovao se i prof. Veselin Dragišić sa kojim sam učestvovao i u prethodnom projektu za Bor i koji je jako pomogao da se naše ideje o regulaciji izdani u karstu afirmišu i dobiju šansu za realizaciju.

Projekat istraživanja koji je obuhvatio istovremeno istraživanje potencijala i podzemnih i površinskih voda nije bio nimalo jednostavan, ali smo ga uspešno i u kratkom roku pripremili. Radio sam sa velikim entuzijazmom jer sam se u svom doktoratu bavio mogućnostima regulacije izdani upravo u karstu istočne Srbije. Shvatio sam da je to velika prilika za afirmaciju ne samo te ideje, već i naše hidrogeološke škole, pa i struke, i da je moramo iskoristiti na najbolji način.

Vodoprivredni dokumenti predviđali su za hidrogeologe realno nedostižni cilj, obezbediti iz prostora Bogovine 1000 l/s za regionalno vodosnabdevanje. Ali bilo je jasno da se sredstva za branu koja jedino omogućava takvo rešenje, ne mogu obezbediti lako i odmah, te da je interes drugih korisnika za Regionalni vodoprivredni sistem (RVS) sa izuzetkom Bora smanjen, što zbog dovoljnih količina vode kojom raspolažu (u to vreme završena je i brana "Grlište" za Zaječar), a što zbog udaljenosti od izvorišta. Tako je prihvaćeno od strane ubrzo formiranog Stručnog saveta projekta da se razmotri rešenje sa podzemnim vodama u prvoj fazi, ali pod uslovom da se utvrdi da njih ima u dovoljnim količinama za privremeno korišćenje. "Dovoljno" je tek trebalo kvantifikovati, a naravno potom i dokazati.

Ubrzo (u jesen 1990.) započinju terenska istraživanja koja će anagažovati veliki broj istraživača i organizacija. Za glavnog koordinatora projekta ubrzo biva postavljen Dragoslav Janić iz Instituta JČ (kasnije Djulija Boreli Zdravković), a za projektanta brane Dejan Divac sa saradnicima. Priliku da na ovom projektu steknu dragoceno istraživačko iskustvo dobija i niz mlađih saradnika i asistenata sa RGF, a takodje i inženjera "Geozavoda" i drugih već pomenutih institucija. Spisak učesnika naveden na potkoricama sigurno nije kompletan i autor se unapred izvinjava onima koji sebe u njemu ne pronadju, a ulagali su trud da zajednički dodjemo do uspešnih rezultata. Prednost je data istraživačima i konsultantima hidrogeološkog dela projekta jer se njime i bavi ova monografija.

U radu su prikazani rezultati primene pojedinih metoda i njihove uloge u definisanju vodnog potencijala i mogućnosti kaptiranja i praktičnog iskorišćavanja voda. Malo je projekata istraživanja podzemnih voda u nas koji su imali ovakav multidisciplinarni pristup. Stoga su poneki od rezultata prikazani u širem obimu koji mnogima može ličiti na formu elaborata o istraživanjima. Pristup je odabran svesno, rukovodjen idejom da monografija posluži onima koji budu učestvovali u sličnim projektima ili žele da saznaju nešto više o mogućnostima praktične primene i dostignućima pojedinih metoda. Akcenat je naravno stavljen na podzemne vode i regulaciju izdani. Rezultati su prikazani prema stanju dostignutom do otvaranja izvorista 2002. Ipak, učinjen je i pokušaj da se prikaže i deo monitoringa koji se sprovodi na izvorištu. Takodje i uticaj koji primenjeno rešenje ima na prirodno okruženje i posebno vodni režim, što spada u domen menadžmenta podzemnih vodnih resursa.

Zadovoljni uspešnim rezultatima predajemo široj publici ovu monografiju, ali istovremeno očekujući da čujemo i primedbe i sugestije koje će nam pomoći u daljem radu.

Monografija Prof. Dr Zorana Stevanovića „Regulacija karstne izdani u okviru regionalnog vodoprivrednog sistema „Bogovina“ dokumentovano prikazuje kompleksni pristup jednoj tako složenoj i obimnoj materiji kao što je rešavanje vodoprivrednih problema u karstu.

...polazeći od regionalne hidrogeološke, strukturne i geomorfološke analize bilo je moguće da se uspešno locira, analizira i postavi optimalni koncept vodozahvata... Ispravnost ovakvog pristupa potvrđuje činjenica da je sistem uspešno operativan već više godina. Time je afirmisan primenjeni koncept pa on može da predstavlja svojevrsno uputstvo i model za rešavanje budućih sličnih zahvata. I sama monografija je koncipirana tako da, između ostalog, ima i edukativni karakter.

Monografija pruža obilje novih stručnih i naučnih podataka pre svega iz oblasti hidrogeologije i speleologije, odnosno karstologije, ali i hidrologije i strukturne geologije. Ona predstavlja značajan doprinos u poznavanju karsta ne samo istočne Srbije već i Karpato-balkanida u celini. Istraživački postupci i krajnji rezultat, koji su prikazani u monografiji, ohrabruju dalja istraživanja u cilju rešavanja vodosnabdevanja i na drugim lokacijama u karstu Karpato-balkanida primenom postupka regulisanog crpenja statičkih rezervi karstne izdani.

...Sigurno je da je ova monografija predstavlja značajan doprinos i stručno i naučno i edukativno. Istovremeno ona je izuzetan dokument koji sadrži detaljne podatke svih faza, od geoloških i hidrogeoloških istraživanja pa do finalne realizacije objekata. Premda u njoj dominira hidrogeološka problematika ona će biti od koristi svima koji se bave problematikom voda, pre svega praktičarima koji se bave rešavanjem vodosnabdevanja u složenim uslovima karsta.

izvod iz recenzije Dr Petra Milanovića
