

# ГЕОХАЗАРД У СРБИЈИ У 21. ВЕКУ – ЗНАЊЕ ЈЕ НАЈБОЉИ БЕДЕМ ПРОТИВ СТИХИЈЕ

ГЕОХАЗАРД У СРБИЈИ У 21. ВЕКУ  
– ЗНАЊЕ ЈЕ НАЈБОЉИ БЕДЕМ ПРОТИВ СТИХИЈЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

---

LECTURE SERIES

Book 5

GEOHAZARD IN SERBIA  
IN THE 21<sup>st</sup> CENTURY

– KNOWLEDGE IS THE BEST BASTION  
AGAINST THE NATURAL DISASTERS

Accepted at the 4<sup>th</sup> meeting of the Department of Mathematics,  
Physics and Geosciences on 24 May 2019

Editor  
VLADICA CVETKOVIĆ  
Corresponding Member of SASA

BELGRADE 2019

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

ЦИКЛУС ПРЕДАВАЊА

Књига 5

ГЕОХАЗАРД У СРБИЈИ  
У 21. ВЕКУ

– ЗНАЊЕ ЈЕ НАЈБОЉИ БЕДЕМ  
ПРОТИВ СТИХИЈЕ

Примљено на IV скупу Одељења за математику, физику и гео-науке  
од 24. маја 2019. године

Уредник  
ВЛАДИЦА ЦВЕТКОВИЋ  
дописни члан САНУ

БЕОГРАД 2019



Издаје  
*Српска академија наука и уметности*  
Београд, Кнеза Михаила 35

Лектура и коректура  
*Невена Ђурђевић*  
*Снежана Крсчић-Букарица*

Превод резимеа  
*Аутори*

Технички уредник  
*Никола Стевановић*

Тираж 350 примерака

Штампа  
ЈП *Службени гласник*

ISBN 978-86-7025-844-0

© Српска академија наука и уметности 2019

## САДРЖАЈ

|   |    |
|---|----|
| Владица Цветковић, <i>Уводна реч</i> .....  | 7  |
| Ана Младеновић, Славица Радовановић, <i>Сеизмички hazard у Србији</i> .....               | 11 |
| Ana Mladenović, Slavica Radovanović, <i>Seismic hazard in Serbia</i> .....                | 22 |
| Зоран Стевановић, <i>Процена ризика од несигурности воде за пиће у Србији</i> .....       | 25 |
| Zoran Stevanović, <i>Risk assessment of drinking water shortage in Serbia</i> .....       | 44 |
| Славиша Трајковић, <i>Просторно-временске карактеристике суша у Србији</i> .....          | 45 |
| Slaviša Trajković, <i>Spatiotemporal characteristics of droughts in Serbia</i> .....      | 64 |
| Биљана Аболмасов, <i>Hazard од клизавица у Србији у 21. веку</i> .....                    | 65 |
| Biljana Abolmasov, <i>Landslide hazard in Serbia in the 21<sup>st</sup> century</i> ..... | 87 |
| Видојко Јовић, <i>Загађење земљишта – узроци и последице</i> .....                        | 89 |
| Vidojko Jović, <i>Soil pollution – causes and consequences</i> .....                      | 97 |

|  |     |
|--|-----|
| Дејан Прелевић, <i>Да ли је вулкански хазард ђрејња<br/>за ђодручје Балканској ђолуосјрва?</i> . . . . . | 99  |
| Dejan Prelević, <i>Is volcanic hazard a threat for the area<br/>of Balkan Peninsula?</i> . . . . .       | 119 |
| Слободан Марковић, <i>Климајске ђромене – ђеојерсјекјива</i> . . . . .                                   | 121 |
| Slobodan Marković, <i>Climate changes – geoperspective</i> . . . . .                                     | 129 |

## УВОДНА РЕЧ

Зборник радова под насловом: „Геохазард у Србији у 21. веку – знање је најбољи бедем против стихије“ представља резултат истоименог циклуса предавања, који је у периоду од априла до јуна 2018. године одржан у Српској академији наука и уметности. Посебним циклусима предавања САНУ показује жељу да појача своју друштвену улогу тиме што би, поред великог броја активности у којима се промовишу искључиво врхунски научни резултати, организовала скупове посвећене неким од најважнијих проблема савременог српског друштва. Садржај предавања ових посебних циклуса подједнако је усмерен како експертима тако и широком аудиторијуму, другим речима, најсавременија научна знања пласирају се на начин да њихов значај за заједницу буде највидљивији.

У оквиру циклуса „Геохазард у Србији у 21. веку – знање је најбољи бедем против стихије“ одржано је укупно седам предавања. Њима су тематски обухваћени ако не сви, онда сигурно најважнији геолошки хазарди с којима се наш простор може суочити у овом веку. Неки од ових геохазарда су нам нажалост и „блиски“ и познати, попут земљотреса и клизишта, неки нам тек „куцају на врата“, као што су проблеми недостатка квалитетне воде или озбиљног загађења земљишта, док неке од приказаних гео-опасности доживљавамо мање узнемирујућима зато што су (само привидно) далеко од нас, било у простору, на пример вулкани, или у времену, као што су глобалне промене климе.

У првом раду Зборника, А. Младеновић и С. Радовановић приказују најважније аспекте сеизмичког хазарда у Србији. На разумљив, али научно савремен начин, у раду се објашњава зашто се код нас догађају релативно јаки земљотреси, премда подручје Србије није близу места генерисања највеће количине тектонске енергије у региону. Посебна пажња поклања се чињеници да је штета коју ови земљотреси праве несразмерно велика. Рад пружа и осврт на проблеме у дефинисању сеизмичког хазарда на територији наше земље, наглашавајући притом који се стандарди морају поштовати при прикупљању података и примењивању методологије за ваљану процену хазарда.

У раду „Процена ризика од несташице воде за пиће у Србији“ аутор З. Стевановић описује тренутно стање водних ресурса у Србији, при чему многе податке приказује и у историјском контексту. На тај начин из рада је могуће сазнати не само какав је *status preasens* већ и о каквим трендовима је реч, као што је, на пример, дуготрајно повећање капацитета централизованог водоснабдевања у последњих шездесет година или осетно смањење учешћа подземних вода у снабдевању водом у Србији. Аутор закључује да Србија „припада групи земаља Европе са довољним ресурсима подземних и површинских вода за дугорочно задовољавање потреба становништва у пијаћој води, као и потреба у области индустрије, енергетике, наводњавања пољопривредних површина.“

Вода је и у фокусу трећег прилога у овом Зборнику. У оригиналном раду „Просторно-временске карактеристике суша у Србији“ аутор С. Трајковић истиче да су штете од суше по правилу веће од оних које настају другим природним хазардима у Србији. На пример, штета од суше из 2012. године процењена је на милијарду и осамсто милиона евра, што за сто милиона евра надмашује ону изазвану колосалним поплавама из 2014. године. Аутор приказује резултате вишегодишњих истраживања на развоју хидроинформационог система за праћење и правовремену најаву суше. На основу приказаних података, у Србији су издвојена три региона: северни, западни и јужни, који се међусобно разликују према угрожености од суше, као и по мерама за ублажавање последица суше.

Четврти прилог се бави клизиштима. У свом прегледном раду под насловом „Хазард од клизишта у Србији у XXI веку“ ауторка Б. Аболмасов даје процену „да је 16–20% територије Србије под активним или умиреним процесом клижења“, при чему детаљно образлаже најважније узроке ових природних појава. У раду се даје критички осврт на тренутну праксу која се тиче уношења података у национални катастар клизишта, и изводи закључак да због незадовољавајућег стања у вези с катастром, тренутно није ни могуће дати најтачнију процену хазарда од клизишта у Србији.

Рад „Загађење земљишта – узроци и последице“ академика Видојка Јовића тиче се све присутнијег проблема загађења земљишта у нашем подручју. У раду су приказане информације о основним узроцима и типовима загађења (рударство, индустрија и друго) и дати примери угроженог земљишта у различитим подручјима Србије.

У прилогу под насловом „Да ли је вулкански хазард претња за подручје Балканског полуострва?“ Д. Прелевић најпре пружа основне информације о унутрашњој динамици наше планете, а затим, без непотребних детаља, али уз излагање најважнијих научних чињеница, објашњава како вулкани настају и зашто се појављују само у (геолошки) одређено време и на одређеном месту. Из ових информација следи приказ тренутне ситуације хазарда од вулканских ерупција за подручје Србије, да би у закључном делу била описана три могућа сценарија по којима би подручје Балканског полуострва могло да буде угрожено вулканским ерупцијама.



Последњи рад у Зборнику носи наслов: „Климатске промене – геоперспектива“, а његов аутор је С. Б. Марковић, дописни члан САНУ. У свом прегледном раду аутор анализира климатске варијабилности на нашој планети у односу на концентрацију гасова који изазивају такозвани ефекат стаклене баште, и то за читав период кенозоика (последњих 65,5 милиона година). Аутор закључује да се „тренутно налазимо у последњој топлој фази (интергласијалу) квартарног леденог доба, која је још увек далеко хладнија од палеоценско-еоценског климатског максимума“. У својим закључним поглављима аутор даје и низ личних осврта на тренутне проблеме у сагледавању будућих климатских промена.

Према свему што је садржано у наведеним прилозима овај Зборник у потпуности испуњава мисију посебних циклуса предавања у САНУ. У њему су разматрана научна питања од чијих одговора не зависи само напредак једне струке нити читаве науке, већ опстанак свих нас, и зато то знање никако не сме да остане само експертима. На тај начин, САНУ доприноси путу Србије ка модерној заједници, у којој научници слушају једни друге и раде заједно на најважнијим питањима, а знање до којих они долазе бива употребљено на прави начин.

Два аспекта овог Зборника желим посебно да истакнем. Први се тиче његове актуелности. Довољан је и летимичан поглед на неко од средстава информисања да би се видело да је оно што наши најпозванији научници тематизују у овом Зборнику најтешње повезано с нашим свакодневним животом. О томе сведоче наслови, попут: „Zrenjanin: Zašto je voda žuta?“ (<https://www.danas.rs/drustvo/zrenjanin-zasto-je-voda-zuta/>), „Klimatske promene: Nivo mora porašće za dva metra“ (<https://www.bbc.com/serbian/lat/svet-48349291>) или „Italijanski vulkan Etna se ponovo aktivirao“ (<https://www.slobodnaevropa.org/a/29976226.html>). Чак и када узмемо у обзир да вести у данашњој, интернетом контролисаној медијској комуникацији, имају увек нешто драматичнији тон, остаје утисак изражене актуелности. Најзад, истовремено с приређивањем за штампу овог зборника у којем се као пример подручја угроженог клизиштима приказује карта Крупња (стр. 74, слика 2), исто подручје бива поново директно погођено бујичним поплавама, а на територији Крупња је на снази ванредна ситуација и влада непрестана опасност од активирања клизишта.

Други аспект је везан за чињеницу да се Зборник одликује високим нивоом критичког мишљења. Осим тога што се у многим радовима указује на лоше стање у Србији када је реч о предусловима за процену хазарда, Зборник доноси и контрастне погледе на једну од данас најосетљивих друштвено-научних тема као што је човеков утицај на климатске промене.

Иако ни као научници нисмо у стању да спречимо, па ни да у детаљима предвидимо велике поплаве и земљотресе, постоји велики број чињеница које су нам веома добро познате, на пример, да се не сме градити свуда и на било који начин. Знамо да ће и вода и обрадиво земљиште бити стратешки ресурси у блиској будућности и да се то мора узети у обзир у одлукама које

доносимо данас, а чије ћемо последице осетити већ сутра. Познато нам је да у Србији нема вулкана који могу бити активни у наредним миленијумима, али истовремено знамо шта се може очекивати од веома јаких ерупција у свету, које ће неминовно уследити. Од седам великих ерупција од последњег леденог доба до данас само се једна догодила када је на земљи живело више од једне милијарде људи, а постоје предвиђања да ће само до краја овог века на земљи живети 12 милијарди људи. Ако би се поновила само једна колосална ерупција, попут оне на месту данашњег језера Тоба на Суматри од пре око 74 хиљаде година, то би људску расу могло да врати на предцивизацијски ниво.

Све што знамо као научници и истраживачи мора бити што пре усвојено од стране целокупне заједнице. Овај Зборник представља само једну од многих активности Српске академије наука и уметности које имају за циљ да научна знања што пре допру до свих, а нарочито до оних који доносе најважније одлуке за читаво друштво.

Владица Цветковић,  
дописни члан САНУ

# ПРОЦЕНА РИЗИКА ОД НЕСТАШИЦЕ ВОДЕ ЗА ПИЋЕ У СРБИЈИ

ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ\*

**Апстракт.** – Оцена ризика од несташице воде у Србији у овом раду третира углавном подземне воде којима се као водом за пиће тренутно снабдева око 75% становништва. Оцена је базирана на претходно изведеним регионалним истраживањима подземних водних ресурса, подлогама водопривредних планова, студијама и докторским дисертацијама. Анализе показују да се Србија у садашњим условима, према водном билансу, не може сврстати у групу земаља сиромашних водним ресурсима ни по једном од важећих интернационалних критеријума и стандарда, иако се то у нашој пракси често чини. Пројекције указују на то да се, и поред реалног смањења расположивости воде на неким од изворишта, и могућности да се овај тренд настави и у будућности, може очекивати да ће Србија и уз побољшану демографску и економску ситуацију располагати довољним количинама воде до краја овог миленијума, па и даље. Ово потврђује чињеница да Србија у свим комуналним системима за водоснабдевање сада користи мање од 1/4 расположивих и обнављајућих подземних водних ресурса. С друге стране, много израженији проблем биће очување и спречавање даље деградације квалитета воде, која је због присуства бројних загађивача и неадекватне примене политике еколошке превенције изложена све већим притисцима.

*Кључне речи:* подземне воде, вода за пиће, водни ресурси, ризик, Србија

## 1. УВОД

Разматрајући питање сиромаштва водом у садашњим и будућим временима, морамо се пре свега позиционирати према одређеном референтном нивоу. Можемо то учинити у односу на укупне водне ресурсе у оквиру копнених маса, што би значило поређење на глобалном нивоу, или се равнати према одређеним подручјима у свету. У случају Србије, поређење са европским суседством, како на северу, тако и на југу, свакако има највише смисла.

Кратак осврт на „глобални ниво“ потврђује добро знану чињеницу о неравномерности, како водних ресурса тако и следствено пољопривредних површина, и разноврсности присутне флоре и фауне у оквиру еко-система.

---

\* Центар за хидрогеологију карста, Департман за хидрогеологију, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, имејл: zstev\_2000@yahoo.co.uk

Укупни расположиви светски водни ресурси су на нивоу од око 44.000 km<sup>3</sup>/год, при чему је водом најбогатији континент Америка, са учешћем од 45%, а следе Азија (28%), Европа (15%) и Африка (9%) [1]. Као последица климатских услова, водом најсиромашнија подручја су од 15<sup>0</sup> до 30<sup>0</sup> северне географске ширине [2]. У погледу расположивости воде по становнику, опет је на првом месту Америка са 24.000 m<sup>3</sup>/год, за њом је Европа (9.000 m<sup>3</sup>/год), а због густине популације најсиромашнија је Азија са 3.400 m<sup>3</sup>/год [3]. Према усвојеним оквирним стандардима организација Уједињених нација (УН), сматра се да су, у погледу водних ресурса, под великим стресом земље у којима је становнику доступно само око 1.000 m<sup>3</sup>/год. воде [4].

Подручје ЈИ Европе карактерише разноврсни климат – од алпског, до континенталног и медитеранског типа, и као последица тога постоје значајне разлике у распореду и обилности водних ресурса [5, 6]. Већи део ЈИ Европе, коме припада и највећи део Србије, обилује подземним водама акумулираним у карстним изданима планинских масива Алпског орогена и интергрануларним изданима широких речних долина и басена формираних у међупланинским депресијама. Шест држава овог простора посебно се издваја у погледу водообилности, што је резултат знатног распрострањења карстних терена и водом богатих карстних издани. То су Црна Гора, Босна и Херцеговина, Албанија, Словенија, Хрватска и Аустрија. По интензитету водног биланса и водним ресурсима, све се могу сматрати „богатим“ водом. С друге стране, наш јужни сусед Македонија припада групи од 40-ак држава света које се сврставају у „земље под стресом“. Ово се делом односи и на Грчку. Даље померање границе стреса према северу европског континента је врло вероватно, углавном услед климатских промена, с тим да се ово вероватно неће одвијати брзо, већ у миленијумским временским корацима, током антропоцена. Глобалне климатске промене нису упитне у геолошком времену, али их доказани утицаји антропогеног фактора значајно убрзавају [7, 8, 9, 10] и покушаји да се негативни ефекти умање смањењем емисије гасова „стаклене баште“ актуелни су задатак целокупне светске заједнице [11].

## 2. РЕСУРСИ И КОРИШЋЕЊЕ ПОВРШИНСКИХ ВОДА У ВОДОСНАБДЕВАЊУ

Дилема коришћења површинских или подземних вода је веома честа у стручној јавности, а веома је актуелизована и у нашој земљи од почетка седамдесетих година 20. века [12]. Изворишта површинских вода у Србији су акумулације на рекама или директни захвати речних вода. Предности снабдевања површинским водама огледају се, пре свега, у поузданости испорука потрошачима, односно обезбеђености капацитета, што се углавном постиже изградњом површинских акумулација на водотоковима (са могућношћу

вишенаменског коришћења: наводњавање, енергетика, поправка маловођа и спречавање поплавних таласа). Подземне воде одликује далеко бољи квалитет вода у односу на површинске, што је последица одсуства физичко-хемијских и биохемијских процеса којима су непосредно изложене површинске воде, а затим их карактеришу и повољнији услови заштите и могућности самопречишћавања у оквиру водоносне средине. Генерално, истраживачки процес за захватање подземних вода је скупљи и неизвеснији у погледу крајњих ефеката, али је експлоатација далеко јефтинија. За потребе изградње једне „осредње“ површинске акумулације и обавезне пратеће фабрике за пречишћавање воде, потребно је обезбедити око 100 милиона УСД.

Коришћењу површинских или подземних вода и креирању одговарајуће водопривредне политике прилази се на различите начине у свету, зависно од расположивих ресурса, економске моћи и низа других фактора. У принципу, преовлађује концепција да се подземне воде користе до крајњих могућности, односно ограничења [12], и ово је доследно спроведено у већини земаља чланица Европске уније [13]. Најдрастичније одступање од концепта коришћења подземних вода представљао је период НЕП (нове економске политике) у Совјетском Савезу, тридесетих година 20. века, када је преовладала „радикална“ концепција да се мора обезбеђивати поуздано снабдевање становништва и индустрије водом, што је резултирало изградњом великих површинских акумулација, канала и уопште мега водопривредних система. Слична концепција нашла је одраз у нашој земљи током седамдесетих година 20. века, када је чак и подзаконским прописима установљено да за велике вишенаменске водопривредне системе треба да се изгради чак 50 брана и акумулација у Србији. Тиме би се скоро у потпуности супституисало снабдевање становништва подземним водама и преусмерило на прерађене ујезерене површинске воде. Концепт је био базиран на нереалним пројекцијама индустријског развоја, ставу о непоузданости снабдевања подземним водама, као и енормно увећаним потребама у води. Примера ради, тада рачуната норма специфичне потрошње од преко 600 лит/становник/дан за време у коме смо данас, била је два и по пута већа од тренутно актуелне. Ова се концепција, срећом по нас, становнике Србије, није реализовала, у највећој мери из економских разлога. Ипак, изградњом неколико брана и акумулација и увођењем речних вода Саве у водоснабдевање Београда, учешће подземних вода је током последњих 30 година опало са око 90% на 75% [14, 15, 16].

Док је идеја о потреби изградње површинских акумулација за потребе енергетике, спречавања поплава, наводњавања, разумљива, дотле је несхватљиво да се инсистира на коришћењу ове воде за пиће ако постоје довољни ресурси подземних вода које су далеко бољег квалитета, и постоје у условима природне заштите од загађивања. Нажалост, то се у пракси недовољно поштује. Навешћемо три примера: 1. Акумулација „Врутци“, којом се Ужице снабдевало водом од 1987, крајем 2013. је престала да буде главно извориште града услед енормног бујања алги са цијанобактеријама (сл. 1).





Слика 1. Црвене цијанобактерије у Врутачком језеру (фото: М. Цветковић, 26. 4. 2018, *Блиц*)

Хитним радовима, фебруара 2014. на водоводни систем Ужица прикључено је карстно врело Сушице, које се и данас користи. Ово врело могло је заједно са Врутачким врелима, сада потопљеним акумулацијом, као и врелима у околини самог града, представљати поуздано извориште водоснабдевања, уместо што се градила брана на геолошки крајње неподесном сливу за квалитет воде (доминантно присуство перидотитско-серпентинитских стена).

2. Акумулација „Стубо-Ровни“ на реци Јабланици комплетирана је након више од 20 година изградње у 2017, ради снабдевања водом града Ваљева, који опет располаже са више него довољним водама бројних карстних врела у околини („Лелићки карст“). У том случају превагнула је идеја да би ове воде једног дана могле снабдевати, у плановима замишљену, термоелектрану у Лазаревцу.

3. На реци Рзав, на профилу Сврачково, гради се брана која треба да снабдева водом пет градова Западне и Централне Србије. Притом, сви са изузетком Горњег Милановца имају и користе квалитетна изворишта подземних вода са утврђеним резервама воде за дугорочно водоснабдевање: Чачак и Лучани – алувијон Западне Мораве, Пожега – алувијон Скрапежа, и Ариље – карстна врела. Карактеристичан је пример града Чачка који је за рачун тренутног снабдевања директно из речног тока Рзава (до завршетка бране) потпуно запустео изворишта подземних вода „Праменац“ (сл. 2) и „Бељина“, која су имала изграђен напредни систем вештачког прихрањивања.

Данас се са ових изворишта подземних вода користи само око 100 l/s, док је након њихове изградње капацитет био већи од 450 l/s.



Слика 2. Напуштени инфилтрациони басен на изворишту Праменац у Чачку потпуно зарастао у трави (фото аутора)

### 3. ВОДНИ БИЛАНС СРБИЈЕ – БОГАТСТВО ВОДОМ ИЛИ НЕ?

Ставу о потреби супституције подземних вода површинским у јавном водоснабдевању допринело је и тумачење података водног биланса Србије, израђеног крајем осамдесетих година 20. века. Подаци биланса уграђивани су и у водопривредне основе које су израђиване у више наврата све до 2006 [17, 18].

По расположивим водним ресурсима територија бивше Југославије била је на високом петом месту у Европи. Према подацима Дукића [19], заједно са површинским и подземним домицилним водама, становнику бивше Југославије на располагању је стајало просечно 11.321 м<sup>3</sup> воде годишње (од чега преко 5.000 м<sup>3</sup> домицилних вода). Резерве подземних вода биле су процењене на преко 250 км<sup>3</sup> годишње, од чега је практично искористиво било око 15%. Каснији подаци показују како се са декомпозицијом Југославије осиромашило и у водним ресурсима.

Према подацима Прохаске и др. [20, 21], постоји велика просторна хетерогеност у формирању речног отицаја на територији Србије. Просечни специфични отицај свих сливова је 5,76 l/s/km<sup>2</sup>, најнижи је у Војводини 2,42 l/s/km<sup>2</sup>, а највећи на Косову 9,48 l/s/km<sup>2</sup>. Укупна количина расположивих

вода (*ibid.*) на територији Србије износи  $5.672 \text{ m}^3/\text{s}$  или  $178.662 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Од просечних годишњих сума падавина  $734 \text{ mm}$ , само око  $181 \text{ mm}$  чини површински (и подземни) отицај, док на евапотранспирацију оде око  $553 \text{ mm}/\text{год}$ . Аутори (*ibid.*) наводе да се од укупне количине воде која протекне кроз Србију само 9% формира на овој територији, док чак 91% чине транзитне воде. Управо на овим величинама, као да су транзитне воде неискористиве, поједини аутори базирали су закључак о изразитом сиромаштву Србије водним ресурсима уопште, и предлагали су даље измене у сфери управљања и коришћења водног потенцијала са већим учешћем површинских вода из акумулација [22].

Да ситуација није тако црна у погледу квантитета и расположивости водних ресурса показале касније анализе, израђиване током 21. века. И поред могућих утицаја промена и нестабилности климе (дуготрајније суше, смањење капацитета извора и од њих зависних водотокова, поплаве), не очекују се значајнији поремећаји водног биланса на простору Србије [23]. Ово, наравно, под условом да се на водотокове не одрази неадекватно управљање њиховим режимом (сл. 3).



Слика 3. Акумулација „Увац“ код Сјенице је скоро потпуно испражњена због повећане производње струје и малог дотока (октобар 2018, фото аутора)

#### 4. РЕСУРСИ И КОРИШЋЕЊЕ ПОДЗЕМНИХ ВОДА У ВОДОСНАБДЕВАЊУ

Подземне воде су „невидљиви ресурс“ наше планете и њене литосфере, и има их око 30 пута више у односу на површинске воде река и језера. Нису све искористиве као пијаће воде, али већи део ипак јесте [12]. Подземне воде део су јединственог водног циклуса и биланса (повезане са атмосферским и површинским водама), како их сматрају водопривредни стручњаци, али су истовремено и геолошки ресурс од посебног значаја, како су третиране од стране стручњака геологије. Може се сматрати да ниједно од ова два полазишта није погрешно и да се она не искључују, што се у пракси често чини [15, 16].

Оно што подземне воде чини специфичним у односу на друге геолошке ресурсе су:

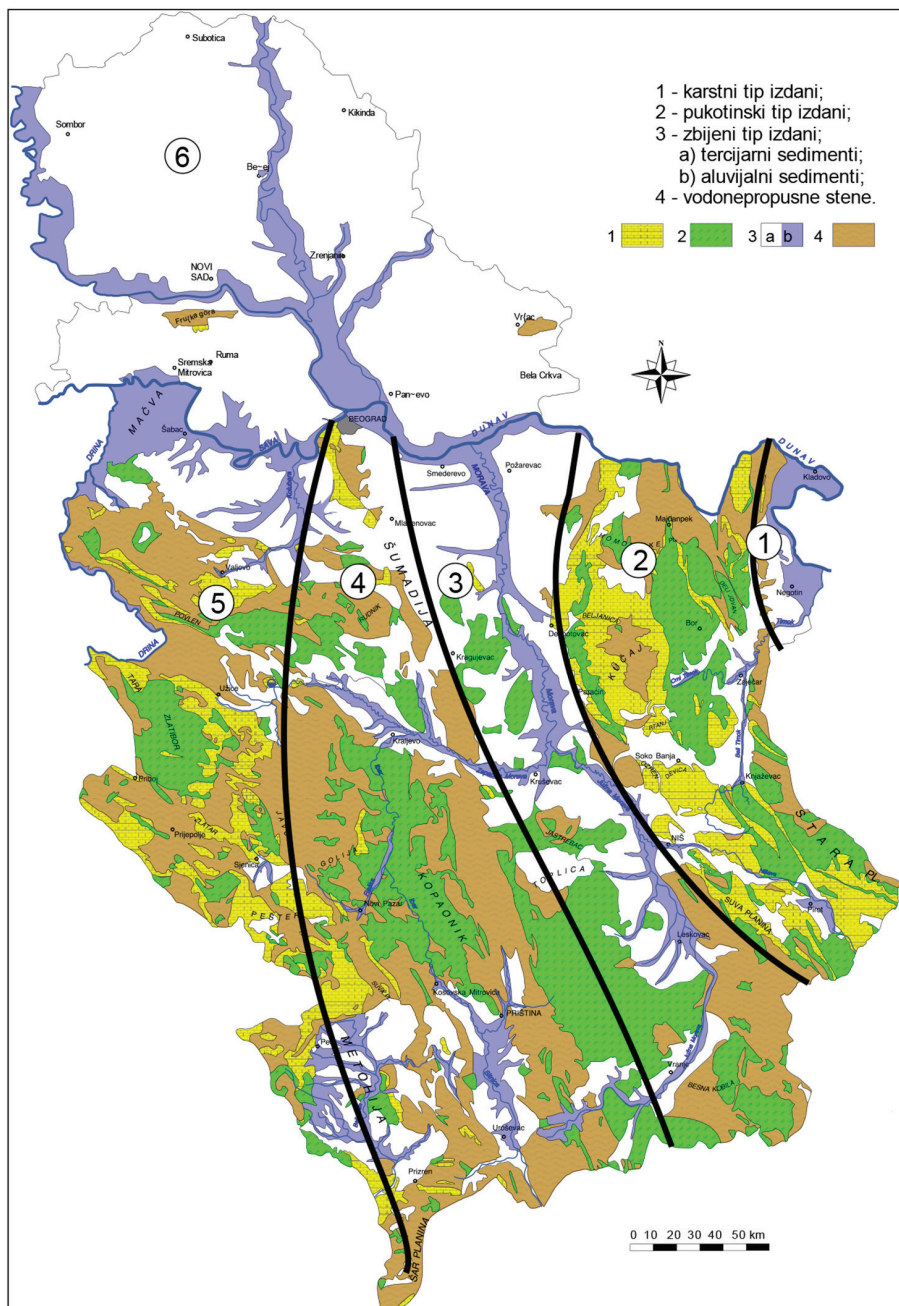
- изузетан значај (услов егзистенције еко-система, али и услов привредног развоја и урбанизације);
- тешкоће истраживања и захвата (последично и недовољна истраженост, посебно у нашој земљи);
- обновљивост ресурса (уз присутне тешкоће дефинисања његовог необновљивог и обновљивог дела).

##### 4.1. Хидрогеолошка скица Србије

Сложени геолошки услови територије Србије условили су хидрогеолошку хетерогеност и неједнако присуство подземних вода у оквиру различитих типова издани. Подручје Србије карактерише присуство формација са малим резервама подземних вода (палеозојске формације, магматске и метаморфне стене, флишне насlage јуре и креде, као и дебели комплекси седиментних стена у басенима), али и насlage веома богате подземним водама (мезозојске карбонатне стене, квартарне алувијалне и терасне насlage, и плићи неогени водоносни седименти) (сл. 4).

За јавно водоснабдевање највише се користе издани са слободним нивоом у алувијалним равнинама великих река (Дунав, Сава, Велика Морава и Дрина). Поред њих користе се и издани под притиском у оквиру неогених басена Војводине и Централне Србије, као и карстне издани у југозападном и источном делу Србије. С друге стране, одређене делове Србије карактеришу мале резерве подземних вода (Шумадија и југ Србије).





Слика 4. Хидрогеолошка скица са хидрогеолошким регионима Србије (према Стевановић и Јецов [24]). Легенда: Дакијски басен (1), Карпато-балканиди источне Србије (2), српско кристаласто језгро (српско-македонска маса) (3), шумадијско-копаоничко-косовска зона (4), Динариди западне Србије (5), Панонски басен (6)



У области Срема, Мачве и Посаво-Тамнаве најдебљи водоносни седименти квартарне и плиоценске старости налазе се у Мачви, као и уз обалу Саве. Узводно од Београда алувијалне насlage Саве достижу дебљину од 20 до 30 метара и у оквиру њих су формирана четири изворишта за водоснабдевање главног града, са укупним капацитетом од 4–5 m<sup>3</sup>/s [25]. При томе, потенцијал ресурса подземних вода у овом региону је значајно већи од наведеног капацитета.

На подручју Бачке и Баната најзначајније су субартеске и артеске издани квартарне старости тзв. „основног водоносног комплекса“ (ОВК), на дубинама од око 100 m па до 230 m (Кикинда). Из ОВК се захвата више од 60% од укупних количина подземних вода у Војводини. Као резултат геогенетских фактора и споре водозамене, квалитет подземних вода веома је оптерећен присуством органских материја, амонијака и врло често арсена. Алувијалне издани дуж реке Дунав обезбеђују снабдевање водом становништво и индустрију Новог Сада. Из алувијалне издани овог дела терена захвата се око 2 m<sup>3</sup>/s (сл. 5).



Слика 5. Рени бунар у алувијону Дунава на изворишту Штранд новосадског водовода (фото аутора)

Хидрогеолошки најзначајније стенске масе у Западној Србији су карстификовани кречњаци средњег и горњег тријаса у оквиру унутрашњих Динарида. У овој геоструктурној јединици издвојено је укупно 14 регионалних лежишта [12]. Основна карактеристика је што су карстна лежишта изграђена од тријаских кречњака у великој мери покривена творевинама офиолитског меланжа, посебно у централном делу, између Таре и Пештерске висоравни. Карстну издан дренирају бројна карстна врела (сл. 6), од којих је значајан део каптиран за водоснабдевање (Пријепоље, Нова Варош, Прибој, Нови Пазар, Сјеница). Једанаест врела има минималну издашност већу од 1.000 l/s [26, 12].



Слика 6. Каптажа врела Сељашнице захваћеног за водоснабдевање Пријепоља (фото аутора)

Подручје Источне Србије одликује се великим распрострањењем карстификованих горњојурских и доњокредних карбонатних стена у оквиру Карпато-балканида. На овом подручју издвојено је укупно 16 лежишта регионалног значаја [27]. Регистровано је преко 70 карстних врела значајних за регионално водоснабдевање, од чега 16 има већу регистровану минималну издашност од 100 l/s (сл. 7). Већина градова ове и суседних области користи воде карстне издани (Ниш, Параћин, Бор, Пирот, Сокобања).

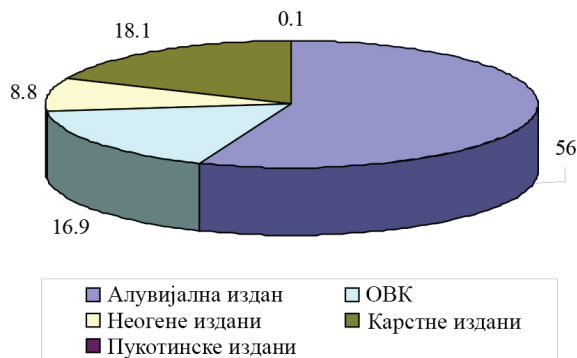


Слика 7. Бунар на карстном изворишту Боговина, који се користи за водоснабдевање Бора (фото аутора)

Централна Србија се у хидрогеолошком погледу знатно разликује од околних региона. Најважнији ресурси подземних вода овог региона везани су за дебеле алувијалне издани већих водотокова (Дунав и Велика Морава са Јужном и делимично Западном Моравом). Алувијалне наносе Велике Мораве чине квартарни пешчано-шљунковити седименти дебљине 6–60 метара. Ресурси подземних вода у седиментима неогене старости користе се за водоснабдевање Јагодине, Ђуприје и Параћина [28], а до завршетка изградње акумулације „Барје“ (2011) користиле су се и за Лесковац.

У Србији је после Другог светског рата јавним водоводима било обухваћено само око 10% становништва. До 1975. тај проценат се повећава на 55%, да би до средине осамдесетих година већ око 2/3 становништва било обухваћено централизованим водоснабдевањем [29]. За потребе водоснабдевања насеља пијаћом водом, подземне воде имају учешће од око 75% [25]. На подручју Војводине искључиви вид водоснабдевања становништва је коришћење подземних вода, док у Косовском басену доминира снабдевање водом из површинских акумулација.

Према обрађеним статистичким подацима водоводних служби, стручњаци Института за водопривреду „Јарослав Черни“ у документацији Водопривредне основе Србије [17] наводе да укупне количине вода које се користе за водоснабдевање у Србији годишње износе око  $750 \times 10^6 \text{ m}^3$ , од чега су подземне воде око  $580 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Око  $430 \times 10^6 \text{ m}^3$  су подземне воде из различитих водоносних средина (најчешће алувијалне, сл. 8) које се захватају помоћу водозахватних објеката – углавном бунара, док се око  $145 \times 10^6 \text{ m}^3$  захвата са каптажа извора. Може се констатовати да током више од последњих 20 година није дошло до значајнијих промена у погледу коришћене количине вода. Разлози су вишеструки, а међу њима су најзначајнији демографска стагнација, спорији привредни развој, мали број нових објеката водоснабдевања и смањење потрошње (табела 1).



Слика 8. Учешће различитих типова издани у Србији у водоснабдевању (према Полумчић и Стевановић [16])

Иако представљају најбогатије ресурсе подземних вода, алувијалне издани су под различитим негативним утицајима. За неке издани и локалитете проблем је релативно брзо старење експлоатационих бунара. Интензивна инфилтрација речних вода у току експлоатације на алувијалним извориштима за последицу има убрзано колмирање речног дна и смањено прихрањивање каптираних издани. Бунари су често подложни инкрустацији и механичкој и биолошкој колматацији. И један и други вид старења алувијалних изворишта за последицу има опадање нивоа подземних вода, и на крају, смањење капацитета изворишта [25].

Већину карстних изворишта карактерише нестабилан режим издашности и смањење капацитета извора током летњих и јесењих месеци, што представља проблем одређеног броја водовода.

Табела 1. Начин водоснабдевања 15 већих градова у Србији (према Dimkić et al. [25])

| Град       | Бр ст.    | Количина воде (l/s)    |     |       |       |     |                           |      |                     |                      |
|------------|-----------|------------------------|-----|-------|-------|-----|---------------------------|------|---------------------|----------------------|
|            |           | Порекло подземних вода |     |       |       | ВП  | Површ. воде / акумулације |      | Учешће подз. вода % | Учешће површ. вода % |
|            |           | Q                      | Ng  | K     | Max   |     | Сред.                     | Max  |                     |                      |
| Београд    | 1.638.643 | 4.700                  |     |       | 5.500 |     | 2000                      | 5000 | 70                  | 30                   |
| Нови Сад   | 306.306   | 1.200                  |     |       | 1.500 |     | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Ниш        | 240.734   |                        |     | 1.052 | 2.432 | 600 | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Крагујевац | 180.796   | 191,5                  |     |       | 300   |     | 616,5                     | 650  | 24                  | 74                   |
| Лесковац*  | 161.086   |                        | 320 |       | 400   |     | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Суботица   | 152.278   | 162,5                  |     |       | 505   |     | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Панчево    | 131.938   | 475                    |     |       | 600   |     | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Краљево    | 126.364   | 165                    |     |       | 440   | 165 | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Чачак      | 119.378   | 90                     |     |       | 100   |     | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Сомбор     | 99.949    | 130                    | 30  |       | 200   |     | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Ваљево     | 99.208    |                        |     | 142   | 585   |     | 80                        | 180  | 64                  | 36                   |
| Врање      | 89.591    | 44                     |     |       | 200   |     | 30                        | 50   | 60                  | 40                   |
| Ужице**    | 84.086    | -                      |     |       | -     |     | 250                       | 300  | -                   | 100                  |
| Пожаревац  | 83.097    | 210                    |     |       | 275   |     | -                         | -    | 100                 | -                    |
| Трстеник   | 51.925    | 70                     |     |       | 200   | 40  | -                         | -    | 100                 | -                    |

Легенда: Q – квартарни седименти, алувијон; Ng – неогени басени; K – карстна издан;  
\*/податак пре завршетка изградње акумулације „Барје“; \*\*/податак пре прекида снабдевања водом са акумулације „Врутци“

#### 4.2. Квалитет подземних вода Србије

Санитарна контрола квалитета воде за пиће у надлежности је Министарства здравља и Републичког завода за јавно здравље и њених регионалних

завода. Према важећим законским актима, сви водоводи су у обавези да контролишу хемијски и бактериолошки квалитет сирових, као и узорака воде у водоводној мрежи.

Неадекватна заштита алувијалне издани на неким локацијама је резултирала променом квалитета воде. Типичан пример негативних антропогених утицаја су алувијални наноси доњег тока Велике Мораве који су угрожени високим концентрацијама нитрата услед неконтролисаног испуштања отпадних вода и пољопривредне активности.

Основни водоносни комплекс представља главни извор за водоснабдевање становништва и индустрије у Војводини. Изнад овог комплекса налази се плића издан подложна антропогеном утицају, која се уопште не користи за водоснабдевање. Подземне воде основног водоносног комплекса у Војводини имају високе основне концентрације органских материја и појединих микрокомпоненти хемијског састава. Посебно је угрожено подручје средњег и северног Баната где неповољни хидрогеохемијски услови лимитрају употребљивост подземних вода [30].

Подземне воде неогених издани карактерише спорија водозамена, и као резултат тога често повишена минерализација воде, док је садржај гвожђа и мангана нижи него у алувијалним изданима. Изузеци се могу наћи само у областима где је успостављена хидрауличка веза између неогене издани и повлатних кварталних издани.

Воде карстне издани карактеришу се веома повољним физичким и хемијским својствима. Карстне изданске воде су по правилу без боје, мириса и укуса. Повремено замућење вода неких карстних врела (најчешће не дуже од једног до два дана) представља један од највећих проблема при њиховом искоришћавању за потребе водоснабдевања. Иако генерално слабо заштићена издан од могућег загађења, повољна околност је да су подручја карста по правилу слабо насељена. Карстне воде су маломинерализоване, а садржај основних јона, као и микрокомпоненти, по правилу је у границама законских норматива за пијаће воде [12].

Највећи градови у Србији, попут Београда и Новог Сада, имају изворишта лоцирана дуж обала Саве и Дунава. Нажалост, постоји конфликт између потреба градова да урбанизује обале река и императива да се ова изворишта заштите од загађења. Зоне санитарне заштите су успостављене само за већа изворишта, али се у пракси ретко среће активна и систематска заштита изворишта од загађења.

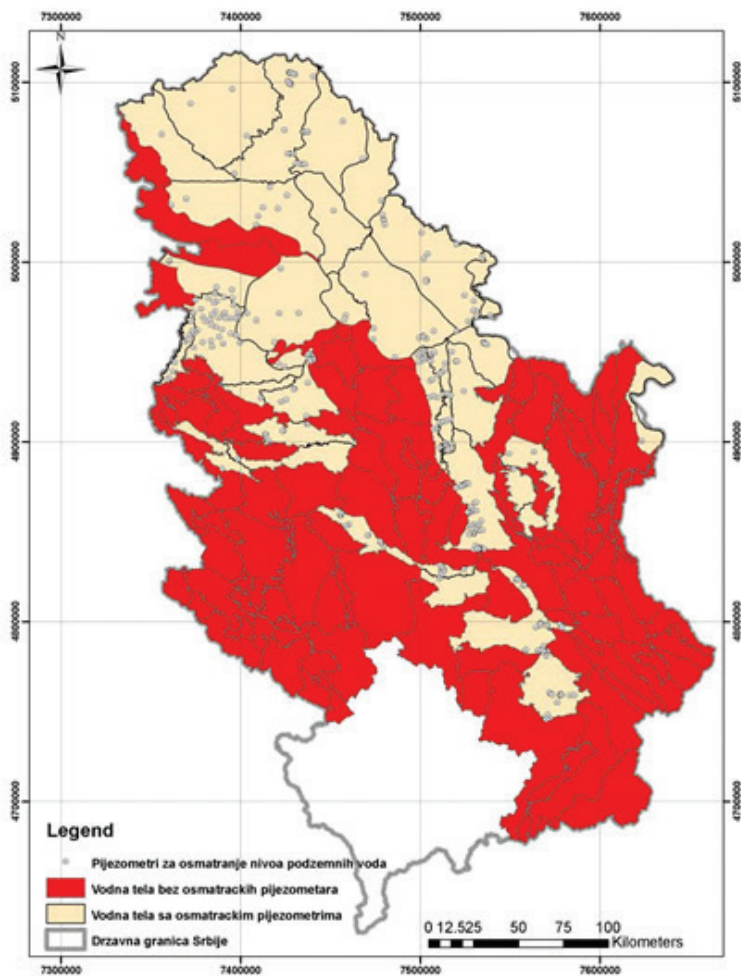
### *4.3. Приписци на квантитет и квалитет подземних вода*

Србија је још од 2004, као чланица Дунавске комисије за заштиту реке Дунав [31], кренула у примену Оквирне директиве о водама Европске уније [32]. У више наврата вршене су експертизе које су резултирале делинеацијом



водних тела [33], израдом новог водопривредног информационог система, реорганизацијом система праћења режима водних ресурса и анализом притисака на квантитет и квалитет вода.

Оцена квантитативног притиска на поједина водна тела подземних вода (ВТ) дата је према критеријуму који подразумева однос постојеће експлоатације и процењених експлоатационих резерви на конкретном водном телу [29].



Слика 9. Водна тела подземних вода и покривеност пијезометарском осматрачком мрежом

Када је у питању оцена притисака на квантитативни статус издвојених тела подземних вода и групе водних тела (укупно 91, сл. 9), закључено је (*ibid.*) да:

- 71 ВТ није под притиском,
- 12 ВТ је потенцијално под притиском,
- 8 ВТ је под притиском.

За потребе оцене притиска на квалитет подземних вода и тиме одређивања приоритетних локација за мониторинг подземних вода (*ibid.*), најпре је формирана Карта хазарда, а потом, комбинацијом ове и раније израђене Карте угрожености подземних вода Србије 1 : 500.000 [34], добијена је и Карта ризика од дифузног загађивања подземних вода. Дошло се до следећег резултата:

- 57 ВТ није под притиском,
- 31 ВТ је потенцијално под притиском,
- 3 ВТ су под притиском.

## 5. РАСПОЛОЖИВОСТ ПОДЗЕМНИХ ВОДНИХ РЕСУРСА И УПОРЕДНА АНАЛИЗА СРБИЈЕ СА ЗЕМЉАМА У ОКРУЖЕЊУ

У склопу реализације стратешког пројекта: „Истраживање, оптимално коришћење и одрживо управљање подземним водним ресурсима Србије” (2006–2011) извођена су истраживања за оцену резерви регионалних изворишта подземних вода за водоснабдевање – регулацију издани и повећање капацитета, мониторинг и заштиту подземних водних ресурса, као и оцену ресурса геотермалне енергије и минералних вода [35]. Нажалост, реализација пројекта није окончана како је планирано, па подаци о расположивим резервама подземних вода још увек нису комплетирани и базирају се на ранијим подацима водопривредних основа [17, 36] или новијих студија [29]. Разлике у проценама нису велике, у границама су око 10%. Док је у првонаведеним радовима оцењено да Србија располаже са 67 m<sup>3</sup>/s природно обновљивих (динамичких) резерви подземних вода, а уз реализоване пројекте вештачког прихрањивања и до 108 m<sup>3</sup>/s, Стевановић и Докмановић [29] су закључили да су природне обновљиве резерве у издвојеним ВТ око 72 m<sup>3</sup>/s. Ако се има у виду да Србија у области комуналног водоснабдевања користи око 23 m<sup>3</sup>/s, од чега око 17,5 m<sup>3</sup>/s представљају подземне воде, јасно је да су природне обновљиве резерве око четири пута веће од тренутно коришћених. Наравно, дистрибуција ресурса подземних вода није равномерна и нема их довољно свуда, али је за већину активних изворишта осигурана дугорочна перспектива водоснабдевања. Велики број потенцијално значајних изворишта није искоришћен и оне представљају значајну резерву за будућност. Најзначајнија лежишта подземних вода у Србији су на подручјима Мачве, долине Саве до ушћа у Дунав, приобаља Дунава до Голупца, Кучајско-Бељаничког масива, Суве планине, Таре, Метохијске котлине, долине Велике Мораве. Резерве подземних вода појединих лежишта омогућују и њихов трансфер у водом

сиромашнија подручја. Према проценама, уз услов вештачке инфилтрације, односно регулације режима истицања, из појединих значајних лежишта би се могло захватити:

- из подручја Мачве до  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  подземних вода,
- из алувијона Саве до  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- из карстне издани Карпато-балканида преко  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- из алувијона Велике Мораве у зони ушћа (Годомин) око  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ако упоредимо ресурсе подземних вода и њихово актуелно коришћење у земљама региона ЈИ Европе, закључићемо да је Србија сиромашнија од њих, али свакако не сиромашна, већ само нешто мање богата.

Тако су, на пример, у Аустрији обновљиве резерве воде оцењене на око  $9.000 \text{ m}^3/\text{год.}$ , од чега се корисити само око  $4,7\%$  [3]. На другом крају ЈИ Европе, у Албанији, сваком становнику је доступно чак око  $13.000 \text{ m}^3/\text{год.}$  (*ibid.*). Две државе Динарског карста користе мање од  $1\%$  својих обновљивих резерви вода, Хрватска  $0,6\%$  и Босна и Херцеговина  $0,9\%$  (*ibid.*; [37]).

## 6. ЗАКЉУЧАК

Србија, сразмерно територији коју заузима, припада групи земаља Европе са довољним ресурсима подземних и површинских вода за дугорочно задовољавање потреба становништва у пијаћој води, као и потреба у области индустрије, енергетике, наводњавања пољопривредних површина. Ресурси, као уосталом и на глобалном плану, нису равномерно распоређени, најбогатије водом су долине великих речних токова и планинске области Источне и Западне Србије, а водом најсиромашнија подручја Шумадије и горњег дела слива Јужне Мораве.

Резерве подземних вода којима се као водом за пиће снабдева око  $75\%$  становништва Србије, нису још увек довољно поуздано дефинисане. То је у првом реду последица недовољног обима хидрогеолошких истраживања и непостојања адекватног мониторинга подземних вода (пре свега карстних и дубоких издани у терцијарним басенима). Због непотпуне истражености режима подземних вода мора се истаћи да се ради о експертској процени. Процена да Србија располаже са око  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  подземних вода у просечној хидролошкој години, а уз вештачко прихрањивање потенцијално и преко  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , базира се на ранијим анализама, подлогама водопривредних планова, истраживачким регионалним студијама и докторским дисертацијама. Ове количине су око четири пута веће од тренутно коришћених подземних вода и око три пута веће од укупно искоришћених вода (површинских и подземних) у комуналним системима и пружају солидну гаранцију за будућност водоснабдевања, наравно уз услов њиховог оптималног коришћења.

С друге стране, квалитет наших вода, укључујући делом и подземне водне ресурсе, није на задовољавајућем нивоу, и ту леже много већи ризици могуће несташице вода за пиће за будуће генерације. Воде наших река, и посебно канала и акумулација, изложене су значајним притисцима на квалитет услед улива непрерађених индустријских и комуналних отпадних вода, недостатка савремених регионалних депонија чврстог отпада, неконтролисаног одлагања отпада на дивљим депонијама, или и ван њих. Где год су у директном контакту и хидрауличкој вези са водотоцима, постоје могућности уноса загађујућих материја у издани и даљег преноса загађења подземним водама.

Мониторинг квантитета и квалитета водних ресурса, и посебно подземних вода, најважнији је задатак стручњака у овој области, а још више државе Србије, јер се систематским праћењем водног режима не само остварују циљеви примене стандарда и принципа који су већ широко у употреби у ЕУ, већ обезбеђују и подлоге за израду прогностичких модела и нових решења у области управљања водама.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] FAO, 2018. World water resources by country, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/docrep/005/y4473e/y4473e08.htm> / Accessed on [2018/10/21].
- [2] Margat, J., Gun van der, J., 2013. *Groundwater around the World. A geographic synopsis*. CRC Press/Balkema, Taylor & Francis Group, London, p. 348.
- [3] FAO Aquastat. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [www.fao.org/nr/aquastat/](http://www.fao.org/nr/aquastat/) Accessed on [2017/11/21].
- [4] UN Water, 2018. <http://www.unwater.org/water-facts/scarcity/> Accessed on [2018/10/20].
- [5] Zektser, S. I., Everett, G. L., 2004. *Groundwater resources of the world and their use*. IHP-VI, Series on Groundwater No. 6. UNESCO, Paris, p. 346.
- [6] Stevanović, Z., Ristić-Vakanjac, V., Milanović, S. (eds) 2012. *Climate changes and water supply*. Monograph. SE Europe Cooperation Programme. University of Belgrade, Belgrade, p. 552.
- [7] IPCC, 2016. The Intergovernmental Panel on Climate Change, [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch); [www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf) Accessed on [2016/08/12].
- [8] World Bank Group, 2016. *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy*. World Bank, Washington, DC. © World Bank. License: CC BY 3.0 IGO. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665> Accessed on [2016/10/09].
- [9] EU project. *CCWaterS - Climate Changes and Water Supply*. <http://www.ccwaters.eu/>. Accessed on [2017/09/29].
- [10] UNESCO project, 2017. *GRAPHIC*. [www.graphicnetwork.net](http://www.graphicnetwork.net). Accessed on [2017/09/29].
- [11] UNFCCC, 2015. *Paris Agreement* (<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>) Accessed on [2018/10/20].

- [12] Стевановић, З., 1995. *Водни минерални ресурси литосфере Србије*. У: Водни минерални ресурси литосфере Србије (ед. З. Стевановић). Пос. изд. ИХГ РГФ, Београд, стр.3–30.
- [13] EurEau, 2017. *Europa's water in figure*, 2017 edition. Brussels, p. 22.
- [14] Dimkić, M., Stevanović, Z., Djurić, D., 2007. *Utilization, protection and status of groundwater in Serbia*. Keynote paper, Proceedings of IWA conf. Groundwater Management in Danube River Basin and other Large Basins, Belgrade, pp. 83–102.
- [15] Стевановић, З., Докмановић, П., 2010. *Актуелно стање и перспективе хидрогеолошке делатности у Србији*, Зборник радова 15. конгреса геолога Србије, Београд, стр. 609–614.
- [16] Поломчић, Д., Стевановић, З. и др., 2011. *Водоснабдевање подземним водама у Србији – стање и перспективе*. У: Наших 40 година, Пос. изд. Депт. за хидрогеол. РГФ, Београд, стр. 49–77.
- [17] Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, 1987: Нацрт Водопривредне основе Србије. Изд. „Ј. Черни“, Београд.
- [18] Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, 1996: Нацрт Водопривредне основе Србије. Изд. „Ј. Черни“, Београд.
- [19] Дукић, Д., 1984. *Хидрологија коина*. Научна књига, Београд, стр. 498.
- [20] Прохаска, С. и др., 1994. *Расположиви ресурси површинских вода на територији Србије*, Збор. рад. 14. Југосл. саветовања „Водовод и канализација“, Котор, стр. 17–20.
- [21] Prohaska, S., Ristić, V., Srna, P., Petković, T., Marčetić, I., 2000. *Water Resources of Serbia*. In: Stevanović Z. & Polomčić D. (eds.): Hydrogeological Research of Lithosphere of Serbia, Inst. Hydrogeol. Fac. Min. & Geol. Belgrade, pp. 5–11. (Reprinted from: Proceedings of the XVIII Conference of Danube countries “Hydrological Forecasting and Hydrological Bases for Water Management”, Graz).
- [22] Перишић, Д. и др., 1994. Просторни план Републике Србије, Нацрт, Министарство за урбанизам, Београд.
- [23] Dimkić, D., 2017. *Reliability question in forecasting future mean runoff*. Proceedings of the Conference: Changes of Earth's Climate – Science and Impacts; SASA, Belgrade.
- [24] Стевановић, З., Јемцов, И., 1996. Дигитална хидрогеолошка карта Југославије, Збор. рад. XI Југослов. Симп. о ХГ и ИГ, Књ. 1, Хидрогеологија, Будва, стр. 163–170.
- [25] Dimkić, M., Stevanović, Z., Djurić, D., 2011. *Progress and improvement of the status of groundwater in Serbia*, Proceedings of IWA Specialist Groundwater Conference, Belgrade pp. 81–101.
- [26] Крешић, Н., 1984. *Хидрогеологија карстних шера на сливу Дрине узводно од Бајине Башће на територији СР Србије*. Магистарски рад, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [27] Стевановић, З., 1991. *Хидрогеологија карста Карпаио балканида источне Србије и могућности водоснабдевања*. Пос. изд. Рударско-геолошки факултет, Београд, стр. 245.
- [28] Докмановић, П., 1997. *Хидрогеолошке карактеристике шерицијарних басена у Србији јужно од Саве и Дунава*. Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Београд.

- [29] Стевановић, З., Докмановић, П., Милановић, С., Ристић-Вакањац, В., Хајдин, Б., Мариновић, В., 2015. Пројекат проширења мреже станица подземних вода у Србији, Рударско-геолошки факултет, Департман за хидрогеологију, фондовска документација РХМЗ, Београд.
- [30] Стевановић, З., Петровић, Б., Мариновић, В., Васић, Љ., Милановић, С., 2018. Оперативни мониторинг површинских и подземних вода Републике Србије, Партија 2. Оперативни мониторинг подземних вода Републике Србије, Завршни извештај, Рударско-геолошки факултет, Департман за хидрогеологију, фондовска документација Мин. Жив. сред., Београд.
- [31] ICPDR, 2014. *Danube River Basin Management Plan*, Vienna Austria, [www.icpdr.org/](http://www.icpdr.org/) Accessed on [2014/10/20].
- [32] Оквирна директива о водама (ОВД), 2000. Water Frame Directive 2000/60, Official Journal of EU, L327/1.
- [33] Правилник о утврђивању водних тела површинских и подземних вода, 2010. „Сл. Гласник РС“ бр. 96/2010, Београд.
- [34] Милановић, С., Стевановић, З., Ђурић, Д., Петровић, Т., Миловановић, М., 2010. Регионални приступ изради карте угрожености подземних вода србије – нова метода „ИЗДАН“, Зборник радова 15. конгреса геолога Србије, Београд, стр. 585–590.
- [35] Стевановић З. и група аутора Инст. „Ј. Черни“, РГФ и „Геоинститута“, 2011. *Мониторинг подземних водних ресурса Србије*, Годишњи извештаји (2006–2011), Група Стратешких пројеката Министарства за рударство и енергетику: *Истраживање, оптимално коришћење и одрживо управљање подземним водним ресурсима Србије*, (Институт „Јарослав Черни“, Рударско-геолошки факултет у Београду и Геолошки институт Србије), Београд.
- [36] Dimkić, M., Stevanović, Z., Djurić, D., 2007. *Utilization, protection and status of groundwater in Serbia*, Keynote paper, Proceedings of IWA conf. Groundwater Management in Danube River Basin and other Large Basins, Belgrade, pp. 83–102.
- [37] Stevanović, Z., 2018. *Global distribution and use of water from karst aquifers*. In: (Parise M., Gabrovsek F., Kaufmann G. & Ravbar N., eds.) *Advances in Karst Research: Theory, Fieldwork and Applications*, Geological Society, London, Special Publications, 466, pp. 217–236.

*Zoran Stevanović*

RISK ASSESSMENT OF DRINKING WATER SHORTAGE  
IN SERBIA

S u m m a r y

The risk assessment of drinking water shortage given in this article mainly considers groundwater, which currently supplies around 75% of the population focusing on Serbia. The assessment is based on the earlier regional hydrogeological projects focusing on groundwater resources, water master plans, studies and doctoral dissertations. The analyses show that given the actual circumstances Serbia cannot be declared as a “water poor” or even “water stress” country according to existing international criteria and standards, although in national water practice such tendencies can be found. The projections show that despite the depletion of water at some sources, and possible further decreasing of groundwater resources, the country will possess sufficient reserves of drinking water up to the end of this millennium. This could be confirmed by the ratio of the total volume of water pumped for public waterworks and the total amount of available and renewable groundwater reserves. The latter is at present three times bigger than the former: groundwater reserves have been estimated at 70 m<sup>3</sup>/s, while current potable water use is around 23 m<sup>3</sup>/s. A much larger problem is to preserve existing water quality and to ensure protection from further water degradation, which is caused by many existing pollutants and inadequately applied preventive ecological policy.