

ЗАПИСНИЦИ СРПСКОГ ГЕОЛОШКОГ ДРУШТВА

за 2020. ГОДИНУ

COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SERBE DE GÉOLOGIE

pour les années 2020

REPORTS OF THE SERBIAN GEOLOGICAL SOCIETY

for the year 2020

Beograd, 2020.

Зоран Стевановић¹, Вељко Мариновић¹, Бранислав Петровић¹
Zoran Stevanović¹, Veljko Marinović¹, Branislav Petrović¹

ПОТРЕБА ЗА ИЗРАДОМ БИЛАНСА И ОЦЕНОМ РАСПОЛОЖИВИХ РЕЗЕРВИ ПОДЗЕМНИХ ВОДА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

THE NEED FOR BALANCING AND ESTIMATION OF AVAILABLE GROUNDWATER RESERVES OF THE REPUBLIC OF SERBIA

ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ РАД – TRAVAIL SCIENTIFIQUE – RESEARCH PAPER

Апстракт. Природне карактеристике Србије, просторна дистрибуција ресурса воде и њихових корисника, као и међусобна интеракција коришћења, заштите вода, као и заштите од вода, условиле су да се подземне воде на читавој територији морају посматрати интегрално, јединствено, комплексно и рационално. Међутим, тренутно је у Републици Србији могуће дефинисати само одлике појединих издани и/или изворишта услед непостојања довољних података за свеобухватну анализу стања ресурса. За оцену притиска на квантитет ресурса подземних вода, што је обавеза према Оквирној директиви о водама ЕУ (ОДВ) и пратеће планове управљања који су у припреми, углавном се могу користити подаци који су прикупљени и обрађени још пре четврт века (1995. године) за потребе израде Водопривредне основе Србије (ВОС), или су иновирани само за поједине делове Србије кроз израду стратешких пројеката (2007-2011) или пројекта проширења мреже за мониторинг подземних вода (2015). У пракси се водне дозволе или решења о експлоатационом праву углавном издају без увида да ли се у истом водном телу налазе и користе и друга изворишта, и какве су последице истовремене експлоатације. Стога се намеће потреба за новом евалуацијом билансних елемената и оценом резерви подземних водних ресурса на нивоу Републике у целини, као и појединих водних тела подземних вода и група водних тела, што би одговарало регионалном концепту, а према упутствима и стандардима које садрже пратећи документи и водичи за примену ОДВ, који узимају у обзир категорију расположивих резерви и потреба у води зависних екосистема.

Кључне речи: подземни водни ресурси, биланс, расположиве резерве, одрживо управљање, Република Србија

Abstract. Serbia's natural features, the spatial distribution of water resources and their users, as well as the mutual interaction of water use, water protection and protection against water, have caused groundwater throughout the territory to be considered integrally, uniquely, complexly and rationally. However, in the Republic of Serbia it is currently only possible to define the characteristics of certain number of aquifers and / or groundwater sources due to the lack of sufficient data for a comprehensive analysis of resources. For the assessment of the quantitative pressure on groundwater resources, which is an obligation under the EU Water Framework Directive (WFD) and accompanying management plans, which are under preparation, is mainly use data collected and processed as early as a quarter of a century ago (1995) for the purpose of previous Serbia's Water Management Plan, or have been innovated only for certain parts of Serbia through the

¹Центар за хидрогеологију карста, Департман за хидрогеологију, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Ђушина 7, 11000 Београд; Centre for Karst Hydrogeology, Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Djušina 7, 11000 Belgrade. E-mail: zstev_2000@yahoo.co.uk

development of some strategic projects (2007-2011) or the expansion of the groundwater monitoring network (2015). In practice, water permits or water exploitation permits are often issued without knowing whether other groundwater sources are located and used in the same groundwater body and what are the consequences of simultaneous exploitation. Therefore, there is a need for a reevaluation of the groundwater budget parameters and the assessment of groundwater reserves at the level of entire territory, and then delineated groundwater bodies (regional approach) in accordance to the guidelines and standards contained in the accompanying documents of WFD, which take into account the category of available reserves and water needs of dependent ecosystems.

Key words: groundwater resources, water budget, available reserves, sustainable development, Republic of Serbia.

УВОД

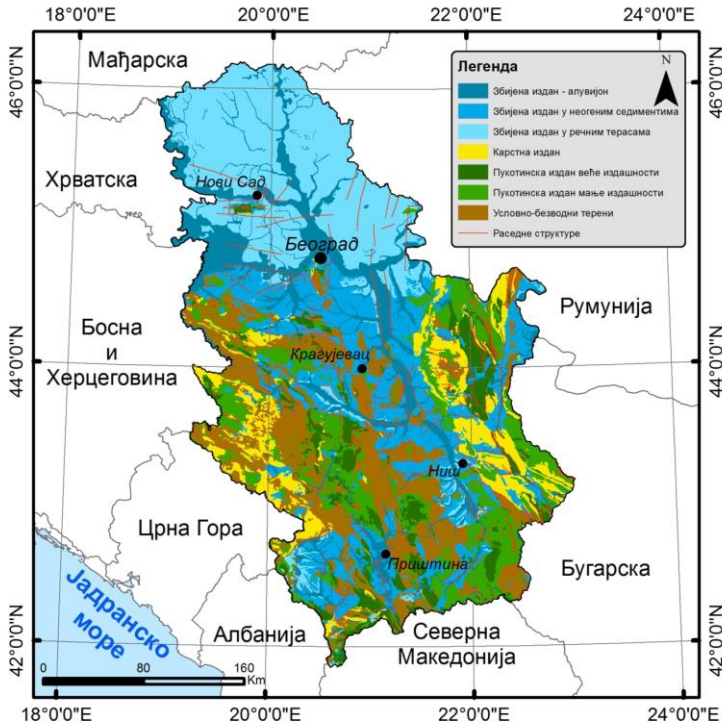
Подземне воде, као интегрални део свеукупних водних ресурса представљају важан елемент свакодневног живота становника Србије, будући да се велики део (70-75%) снабдева пијаћом водом преко бушених бунара у водоносним срединама са интергрануларном порозношћу или преко каптираних карстних врела. Са друге стране, осим експлоатације за потребе водоснабдевања и још увек мањим делом наводњавања (DIMKIĆ *et al.* 2007), подземне воде се, зависно од типа и карактеристика, користе и за флаширање или као минералне и термалне воде у балнеологији, односно геотермалне као природни извор енергије, што је посебно актуелно последњих година. Стога се намеће потреба за адекватном евалуацијом подземних водних ресурса, како би се њихово коришћење могло рационално планирати у складу са концептом одрживог развоја. У овом раду истиче се потреба за имплементацијом и завршетком започетих стратешких пројеката (GRUPA AUTORA, 2011) којима би се валоризовале маломинерализоване подземне воде са квантитативног аспекта у смислу оцене њихове потенцијалности у погледу снабдевања пијаћом водом. Сличне регионалне оцене учињене су за евалуацију геотермалног и балнеолошког потенцијала Војводине (MILENIĆ & VRANJEŠ, 2018; KRUNIĆ *et al.* 2018)

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

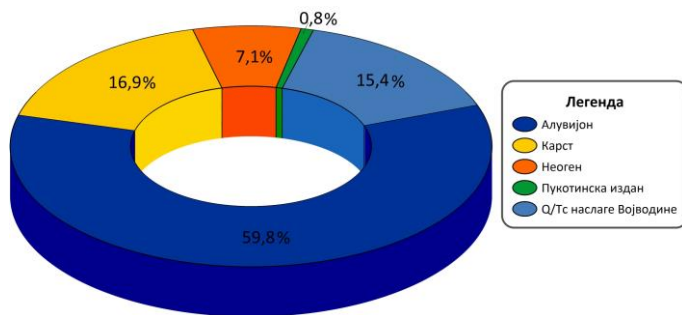
Република Србија се може сматрати земљом релативно богатом подземним водама, иако је њихова просторна дистрибуција неједнака. Најзначајније резерве подземних вода у Србији налазе се у кварталним (алувијалним и терасним) наслагама и неогеним седиментима интергрануларне порозности (северни и централни делови земље) и у планинским масивима изграђеним од карстификованих карбонатних стена мезозојске старости у западним и источним деловима (Слика 1). Са друге стране, Шумадија и јужна Србија одликују се мањим резервама подземних вода, акумулираним у оквиру стена палеозојске старости, затим магматским и метаморфним стенама, флишним наслагама јуре и креде, и дубљим седиментним комплексима (STEVANOVIĆ & DOKMANOVIĆ, 2015).

Процењује се да у целокупном водоснабдевању пијаћом водом становништва Србије, подземне воде учествују са око 75%. На подручју Војводине искључиви вид водоснабдевања становништва је коришћење подземних вода, док снабдевање водом из површинских акумулација доминира само у Косовском басену. У централној Србији учешће површинских вода (акумулације и речни токови) у водоснабдевању је око 10% (STEVANOVIĆ & DOKMANOVIĆ, 2015). За наведене потребе, највише се

користе интергрануларне издани са слободним нивоом формиране у алувијонима великих река, односно тзв. основни водоносни комплекс на подручју Војводине (POLOMČIĆ & STEVANOVIĆ, 2011), односно карстне издани у западним, југозападним (Динариди) и источним (Карпато-балканиди) деловима Србије (STEVANOVIĆ, 1995), док се поред њих користе и интергрануларне издани под притиском у неогеним басенима централне Србије (Слика 2).



Слика 1. Хидрогеолошка карта Србије (према бази података MILANOVIĆ *et al.* 2010)
 Fig. 1. Hydrogeology map of Serbia (after database MILANOVIĆ *et al.* 2010)



Слика 2. Процентуална заступљеност типова издани у водоснабдевању становништва Србије подземним водама (према подацима STEVANOVIĆ & DOKMANOVIĆ, 2015)
 Fig. 2. Participation of aquifer types (in percent) in the water supply of the population of Serbia with groundwater (after STEVANOVIĆ & DOKMANOVIĆ, 2015)

Имајући у виду значај подземних вода у водоснабдевању становништва Србије, неопходна је адекватна валоризација ресурса, како би се они могли успешно и рационално експлоатисати у складу са концептом одрживог развоја. С тим у вези, неколико пројеката је имплементирано претходних деценија у циљу оцене ресурса подземних вода. У пројекту израђеном 1995. године од стране стручњака Института за водопривреду „Јарослав Черни“ под називом „*Информације о снабдевању водом становништва Србије – стање и непосредни задаци*”, наводи се да укупне количине вода које се користе за водоснабдевање у Србији износе годишње око $750 \times 10^6 \text{ m}^3$, од чега су подземне воде око $580 \times 10^6 \text{ m}^3$ (GRUPA AUTORA, 1995). Око $430 \times 10^6 \text{ m}^3$ су подземне воде из различитих водоносних средина (најчешће алувијалне) које се захватају помоћу водозахватних објеката - углавном бунара, док се око $145 \times 10^6 \text{ m}^3$ захвата са каптажа извора (STEVANOVIĆ & DOKMANOVIĆ, 2015). Поменути пројекат и подаци коришћени су као основна подлога за израду Водопривредне основе Србије из 2001. године која је садржала податке о потенцијалним резервама подземних водних ресурса у износу од $108 \text{ m}^3/\text{s}$ са вештачким прихрањивањем, односно $67,5 \text{ m}^3/\text{s}$ без вештачког прихрањивања, од чега су две трећине воде из алувијона, тј. интергрануларног типа издани, око 20% су подземне карстне воде, нешто испод 10% су воде основног водоносног комплекса Војводине, док остатак од 5% чине подземне воде неогених комплекса и пукотинских система (GRUPA AUTORA, 2002).

Прилог билансу карстних издани и потенцијалности експлоатације даје STEVANOVIĆ (1995) у монографији „*Водни минерални ресурси литосфере Србије*“. Даљи рад на оцени биланса подземних водних ресурса Републике Србије настављен је у периоду 2007 – 2011 кроз групу стратешких пројеката, међу којима је био и пројекат „*Оцена резерви регионалних изворишта подземних вода за водоснабдевање – регулација издани и повећање капацитета*“, који су за потребе Министарства рударства и енергетике и Дирекције за воде Министарства за пољопривреду, трговину, шумарство и водопривреду Републике Србије заједнички имплементирали стручњаци Департамента за хидрогеологију Рударско – геолошког факултета, Института за водопривреду „Јарослав Черни“ и Геолошког института Србије. Главни циљ овог пројекта био је адекватна оцена ресурса и стања експлоатације изворишта водоснабдевања, дефинисање ресурса потенцијалних изворишта, затим оцена квалитета подземних вода и евидентирање постојећих и потенцијалних загађивача, као и њихов могући утицај на подземне воде. Главни резултат пројекта требало је да омогући свеукупно познавање статуса подземних водних ресурса на територији Србије.

Пројекат је извођен фазно уз анкетање и теренске обиласке изворишта подземних вода, формирање базе података, евалуације европске регулативе и хармонизације и усаглашавање домаћих правних прописа у области вода са европским правом и конципирања методологије прорачуна биланса подземних вода. Концепт је подразумевао делинеацију билансних јединица подземних вода према унапред одређеним критеријумима. Нажалост, имплементација пројекта није доведена до краја, будући да је пројекат прекинут у завршној фази имплементације, те на тај начин није заокружен прорачун биланса свих билансних јединица на територији Србије. Ипак, према подацима и резултатима пројекта, процена је да 31 билансна јединица колико их је укупно издвојено на територији Републике Србије (без АП КиМ), акумулира $470 - 570 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{год}$, што је само онај природно обновљиви део ресурса подземних вода, док је количина вода коју је могуће захватати из алувијона значајно већа (GRUPA AUTORA, 2011). Усвојена *Стратегија*

управљања водама на територији Републике Србије коју је за потребе Министарства пољопривреде и заштите животне средине израдио Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ током 2015. године (GRUPA AUTORA, 2015), такође користи податке пратених пројеката када је реч о билансу подземних вода.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Управљање подземним водним ресурсима подразумева процес коме мора претходити адекватна и што је могуће прецизнија валоризација ресурса, односно прорачун расположивих количина подземних вода. Иако звучи парадоксално, планирање стратегије коришћења подземних вода без прецизног знања о расположивим количинама, је чест случај не само у нашој земљи. То је оправдано само у ситуацији када не постоје систематска осматрања на основу којих би се могао прорачунати биланс подземних вода. Другим речима, одсуство адекватног мониторинга квантитета подземних вода у нашој земљи, условљава низак степен познавања реалних количина подземних вода којима се располаже. Мониторинг квантитета подземних вода обавеза је Републичког хидрометеоролошког завода (РХМЗ), који на око 20% издвојених водних тела подземних вода (PRAVILNIK, SL. GLASNIK 96/2010) врши мерења нивоа подземних вода и одређује њихов квантитативни статус. Међутим, сва водна тела подземних вода чији је мониторинг у надлежности РХМЗ су интергрануларног или сложеног типа, тј. реч је о осматрањима нивоа подземних вода у бунарима, док се осматра свега неколико карстних врела. Праћење квалитета вода у надлежности је Агенције за животну средину (око 60-70 објеката у интергрануларним изданима), као и регионалних Завода за јавно здравље када су у питању водоводи.

Помак у броју осматрачких објеката квантитативног статуса подземних вода учињен је од стране Рударско – геолошког факултета, чији су стручњаци у склопу пројекта „*Оперативни мониторинг нивоа подземних вода Републике Србије*“ (STEVANOVIĆ *et al.* 2020) у програм мониторинга квалитета и квантитета подземних вода укључили и одређени број карстних врела, али који се због ограничених материјалних средстава и временских оквира ипак не осматрају адекватном фреквенцијом какву захтева карстна издан. Треба навести и улогу локалних изворишта у прикупљању података о количинама захваћених подземних вода, односно о количини вода које се не користе за потребе водоснабдевања. Наиме, иако су сви водоводи у обавези да прецизно воде евиденцију о захваћеним количинама подземних вода и водама које се у виду прелива (некаптирани део) изливају низводно од места захватања, и ажурно достављају податке ресорном министарству и Дирекцији за воде, то међутим није увек ситуација у пракси. Највећи број изворишта подземних вода, која су каптирана за потребе водоснабдевања, врши дневно осматрања укупних количина захваћених или дистрибуираних вода на водомерима, међутим мали је број оних који воде евиденцију о свим објектима и достављају ове податке надлежним институцијама. Такође, још је мањи број изворишта који нпр. каптирају карстна врела и осматрају количине подземних вода које одлазе низводно од каптаже, што би био драгоцен податак за оцену биланса тих издани.

У случају ажурног праћења и достављања података о количинама захваћених подземних вода, тј. нивоима и преливним количинама подземних вода, програм мониторинга би се могао рационалисати. Такође, база података која би похрањивала ове податке била би од суштинског значаја за прорачуне билансних параметара одређене издани. Са друге стране, функција јединственог водног информационог система (ВИС) који би објединио квалитативне и квантитативне карактеристике подземних вода које се експлоатишу, као и податке о експлоатацији у реалном времену, би била кључна при издавању дозвола за коришћење подземних вода новим корисницима. Наиме, у пракси се водне дозволе или решења о експлоатационом праву издају често без увида да ли се у истом водном телу налазе и користе и друга изворишта, и какве су последице истовремене експлоатације. Ради се заправо о избегавању преклапања експлоатационих простора суседних изворишта, али не и о ефектима које интерференција радијуса дејства изазива. То значи да може доћи до преклапања радијуса дејства бунара, уколико се ради о изворишту подземних вода у оквиру збијеног типа издани, односно снижавању нивоа подземних вода нпр. израдом бунара у залеђу врела или применом одређених регулационих мера карстних издани, а без да је извршена процена утицаја на већ постојећа изворишта. То може довести и до нарушавања функционисања зависних екосистема, чије одржавање често директно зависи од подземних вода.

Адекватна валоризација ресурса подземних вода такође је веома важна приликом оцене квантитативног статуса подземних вода. Статус подземних вода представља једну од тековина Оквирне директиве о водама коју је Европска комисија усвојила 2000. године (WFD, 2000). Оцена хемијског и квантитативног статуса подземних вода дефинише правац и стратегију хидрогеолошких фундаменталних истраживања на националном нивоу, чији је циљ побољшање тренутног статуса и будуће рационално коришћење подземних вода у складу са концептом одрживог развоја, на чему инсистира ЕУ. С обзиром на чињеницу да је Србија у процесу преговора о чланству у ЕУ и тренутно тежи испуњењу критеријума за приступ Унији, национална правна регулатива такође тежи хармонизацији и усклађивању са правном регулативном Европске уније на свим пољима, па тако и у погледу водног права. Самим тим, Србија је у обавези да примењује упутства и стандарде Европске уније за оцену статуса подземних вода. Ови стандарди садржани су у самој Директиви и њеним пратећим документима – Водичима тј. *Заједничкој стратегији имплементације за Оквирну Директиву о Водама* (енгл. *Common Implementation Strategy – CIS*) који су израђени у циљу дефинисања јединствених критеријума при процесу карактеризације, делинеације и оцене статуса водних тела подземних вода у Европи. Ови документи, иако имају за циљ успостављање генералног методолошког концепта, морају бити прилагођени сваком конкретном случају у коме се примењују, имајући у виду разноликост (хидро)геолошких карактеристика простора целокупне Европе.

Најзначајнији водичи у домену подземних вода су они који се односе на идентификацију водних тела, анализу притисака и утицаја, мониторинг и методологију билансирања водних тела у циљу адекватне имплементације Директиве. Водичи имају за циљ да ближе дефинишу концепт који је потребно употребити за оцену биланса подземних вода, што је важан корак у оцени квантитативног статуса. Другим речима, методологија дефинисања квантитативног статуса подземних вода заснива се на односу тренутно захваћених количина вода и процењених билансних (расположивих) резерви подземних вода у оквиру једног

водног тела. Предложене методологије и анализе обично се приказују у националним плановима управљања водним ресурсима, који се тренутно израђују и у Србији. Стога, имајући у виду наведене обавезе према ЕУ у циљу испуњавања критеријума за чланство, намеће се потреба за новом евалуацијом билансних елемената и оценом резерви подземних водних ресурса, а према упутствима и стандардима које садрже пратећи документи и водичи за примену ОДВ, који узимају у обзир категорију расположивих резерви и потребе у води зависних екосистема.

ЗАКЉУЧАК

Подземне воде Републике Србије представљају веома важан ресурс за свакодневни живот становништва наше земље. Стога се брига о овом ресурсу намеће као обавеза у будућем периоду, не само због одређења светске заједнице садржаног у концепту одрживог развоја животне средине, већ и због очигледног неповољног тренда расположивости водних ресурса. Прогнозе су да ће утицај климатских промена, демографске миграције и други геополитички и еколошки фактори негативно утицати на процесе прихрањивања издани, самим тим и на количине акумулираних подземних вода, док ће са друге стране потреба за водом бити у порасту. Разлике ових контрастних величина могу се амортизовати адекватним управљањем подземним водним ресурсима, тј. рационалном експлоатацијом, а имајући у виду и будуће кориснике. Ипак, да би то уопште било могуће, неопходно је прецизно утврдити количине подземних вода којима се располаже, затим дефинисати идејна решења алтернативних изворишта подземних вода за водоснабдевање и разрадити могућности даљег регионалног водоснабдевања становништва Србије подземним водама. Први корак у овим анализама и решењима, свакако је дефинисање биланса подземних вода на регионалном нивоу што је већ започето током протекле деценије. Како тај пројекат није окончан, досадашњи резултати би се морали ревидовати и допунити недостајућим подацима, у циљу нове евалуације билансних параметара и оцене резерви подземних вода.

Иако се може констатовати да у последњих двадесетак година није дошло до значајнијих промена са аспекта коришћења вода, највише услед стагнирајућег привредног развоја и депопулације одређених делова Србије, то не сме заварати научну јавност и становништво да водних ресурса има у изобиљу и да им не треба придавати посебну пажњу. *Стратегија управљања водама на територији Републике Србије* процењује да тренутна експлоатација подземних вода износи око 30% процењених билансних резерви подземних вода. Самим тим, даља експлоатација подземних вода може бити значајно повећана, што мора бити праћено и верификовано неопходним детаљним хидрогеолошким истраживањима. Стога се намеће потреба за планским сталним мониторингом квантитета подземних вода уз праћење квалитета подземних вода и ефеката експлоатације на животну средину. Такође, равномерни распоред мониторинг објеката којима ће се осматрати сви типови издани је неопходан за дефинисање биланса подземних вода и оцену њихових резерви. У наредном периоду потребно је довршити активности на стратешким пројектима за потребе билансирања подземних вода, у циљу добијања поузданих вредности укупно расположивих количина за потребе јавног водоснабдевања, као и других видова експлоатације вода. Ово ће помоћи и у будућем додељивању експлоатационих права и водних дозвола за постојећа и нова изворишта.

Такође, поред евалуације постојеће делинеације водних тела подземних вода, и њене евентуалне корекције, израда биланса и оцена расположивих ресурса подземних вода на нивоу државе и по појединим водним телима, био би значајан корак ка истицању потенцијала и одрживом управљању подземним водним ресурсима у Србији, и учвршћивању позиције у предстојећим преговорима са ЕУ везаним за поглавље 27 - Животна средина. Остали истраживачки кораци у националном програму за подземне воде који би допринели реалном познавању ресурса подземних вода и равномерној хидрогеолошкој истражености наше земље били би: Одређивање граничних вредности појединих компоненти хемијског састава подземних вода за водна тела подземних вода; Израда Карте рањивости подземних вода у Србији у размери 1:200.000; Оцена притисака на квантитет и квалитет водних тела подземних вода; Обезбеђивање континуитета и проширивање Националне мреже за мониторинг подземних вода.

THE NEED FOR BALANCING AND ESTIMATION OF AVAILABLE GROUNDWATER RESERVES OF THE REPUBLIC OF SERBIA

INTRODUCTION

Groundwater, tapped by drilled wells in aquifers with intergranular porosity or captured karst springs, is an important constituent of everyday life of the population of Serbia, which ensures drinking water supply of about 70-75% of population.. On the other hand, besides to exploitation for water supply and still a small part for irrigation (DIMKIĆ et al. 2007), groundwater, depending on its type and characteristics, is used for bottling or as mineral, thermal (in balneology), or geothermal water (as natural energy source), which is especially relevant in recent years. Therefore, there is a need for adequate evaluation of groundwater resources, so that their use can be rationally planned in accordance with the concept of sustainable development. This paper emphasizes the need for implementation and completion of initiated national strategic projects (GROUPS OF AUTHORS, 2011) which would quantitatively valorise low-mineralized groundwater in terms of assessing their potential for drinking water supply. Similar regional assessments have been made in order to evaluate the geothermal and balneological potential of Vojvodina (MILENIĆ & VRANJEŠ, 2018; KRUNIĆ et al. 2018)

MATERIALS AND METHODS

The Republic of Serbia can be considered a country relatively rich in groundwater, although their spatial distribution is uneven. The most significant groundwater reserves in Serbia are located in Quaternary (alluvial and terrace) deposits and Neogene sediments of intergranular porosity (northern and central parts of the country) and in mountain massifs built of karstified carbonate rocks of Mesozoic age in the western and eastern parts (Fig. 1). On the other hand, central part (Šumadija) and southern Serbia are characterized by smaller groundwater reserves accumulated within Paleozoic rocks, igneous and metamorphic rocks, flysch deposits of Jurassic and Cretaceous age, and deeper sedimentary complexes (STEVANOVIĆ & DOKMANOVIĆ, 2015).

It is estimated that in the drinking water supply system of the population of Serbia, groundwater participates with about 70-75%. Groundwater is the only source of water supply to the population of Vojvodina, while the water supply from surface reservoirs prevails only in Kosovo area. In central Serbia, the share of surface waters (reservoirs and rivers) in water supply is about 10% (STEVANOVIĆ & DOKMANOVIĆ, 2015).

Intergranular unconfined aquifers formed in the alluvium of large rivers, and in so-called Basic Aquifer Complex in Vojvodina (POLOMČIĆ & STEVANOVIĆ, 2011), karst aquifers in the western, southwestern (Dinarides) and eastern (Carpathian-Balkanides) parts of Serbia (STEVANOVIĆ, 1995), and intergranular confined aquifers in Neogene basins of central Serbia are mostly used in water supply (Fig. 2).

Bearing in mind the importance of groundwater in the water supply of the population of Serbia, it is necessary to adequately valorise resources, so that they can be successfully and rationally exploited in accordance with the concept of sustainable development. For that purpose, several projects have been implemented in previous decades. A project developed by experts from the "Jaroslav Černi" Institute for the Development of Water Resources in 1995 entitled *"Information on water supply of the population of Serbia - situation and direct tasks"*, states that the total amount of water used for water supply in Serbia is about $750 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$, out of which groundwater is about $580 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ (GROUP OF AUTHORS, 1995). About $430 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ are groundwater from various aquifers (mostly alluvial) which are captured by wells, while about $145 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ is collected from the tapped karst springs (STEVANOVIĆ & DOKMANOVIĆ, 2015). This project and data were used as the basis for the Water Management Plan of Serbia (2001), which contained data on potential reserves of groundwater resources in the amount of $108 \text{ m}^3/\text{s}$ with artificial recharge, or $67.5 \text{ m}^3/\text{s}$ without artificial recharge, out of which two thirds are water from alluvium, i.e. intergranular aquifers, around 20% is karst groundwater, less than 10% belong to the Basic Aquifer Complex of Vojvodina, while the remaining of 5% is groundwater of Neogene complexes and fissure systems (GROUP OF AUTHORS, 2002).

A contribution to the balance of karst aquifers and its potential exploitation was given by STEVANOVIĆ (1995) in the monograph *"Water mineral resources of the lithosphere of Serbia"*. Further work on the assessment of the balance of groundwater resources of the Republic of Serbia continued in the period 2007-2011 through a group of national strategic projects, including the project *"Assessment of reserves of regional groundwater sources for water supply - regulation of aquifers and capacity increase"*, which were jointly implemented by experts from the Department of Hydrogeology of the Faculty of Mining and Geology, the "Jaroslav Černi" Institute for the Development of Water Resources and the Geological Institute of Serbia for the Ministry of Mining and Energy and the Water Directorate of the Ministry of Agriculture, Trade, Forestry and Water Management of the Republic of Serbia. The main goal of these projects was to adequately assess the resources and state of exploitation of water supply sources, define the resources of potential groundwater sources, then assess the quality of groundwater and locate existing and potential pollutants, as well as their possible impact on groundwater. The main result of the project was to improve an overall knowledge of the status of groundwater resources in Serbia.

The project was carried out in phases including surveys and field visits of groundwater sources, creation of a database, evaluation of European legislative and harmonization of national legal regulations in the water sector with European law and conceptualization of groundwater balance methodology. The concept implied delineation of groundwater balance units according to predetermined criteria. Unfortunately, the implementation of the project was not completed, since the project was interrupted in the final phase of implementation, so the budget of all balance units in the territory of Serbia was not completed. However, according to the data and results of the project, it is estimated that 31 balance units, in total delineated in the Republic of Serbia (without AP Kosovo & Metohija), accumulate $470 - 570 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$, which is only the naturally renewable part of

groundwater resources, while the amount of water that can be extracted from alluvium is significantly larger (GROUP OF AUTHORS, 2011). The *Water Management Strategy on the territory of the Republic of Serbia*, developed in 2015 by the “Jaroslav Černi” Institute for the Development of Water Resources, for the needs of the Ministry of Agriculture and Environmental Protection, also uses data from strategic projects when it comes to groundwater balance (GROUP OF AUTHORS, 2015).

RESULTS AND DISCUSSION

Management of groundwater resources is a process that must be preceded by adequate and as precise as possible valorisation of resources, i.e. the calculation of the amount of available groundwater. Although it sounds paradoxical to plan a strategy for the use of groundwater without precise knowledge of the available reserves, such cases are common not only in Serbia. This is reasonable only in a situation where there is no systematic monitoring which would provide the basis for the calculation of the groundwater balance. In other words, the absence of adequate quantitative groundwater monitoring causes a low level of knowledge of the actual available quantities of groundwater. Monitoring of groundwater quantity is under the competence of the Republic Hydrometeorological Survey of Serbia (RHSS), which monitors groundwater levels in about 20% of all delineated groundwater bodies (RULEBOOK, 2010) and determines their quantitative status. However, all groundwater bodies monitored by RHSS are of intergranular or complex type, which means that only groundwater level in wells are monitored, while only a few karst springs are observed. Qualitative groundwater monitoring is under the competence of the Serbian Environmental Protection Agency (SEPA), which monitors groundwater on about 60-70 piezometers in intergranular aquifers of large rivers and basins, while Regional Public Health Institutes are responsible to follow raw water quality of water utilities.

A progress in the number of monitoring objects for the quantitative status of groundwater was made by the Faculty of Mining and Geology, whose experts expanded the monitoring program under the frame of the project "Operational groundwater monitoring of the Republic of Serbia" (STEVANOVIĆ *et al.* 2020). The role of local water supply companies on the collection of data on the quantities of captured groundwater, and the quantity of water that is not used for water supply (overflow), should also be mentioned. Although all water utilities are obliged to keep accurate records of the captured quantities of groundwater and overflow waters downstream of the tapping structure and promptly provide data to the relevant Ministry and the Water Directorate, this is not always the practice. The largest number of water supply companies that have captured groundwater for the needs of water supply, perform daily observations of the total quantities of captured or water distributed to consumers on the water meter, while a small number of them keep records of all objects and submit this data to the authorities. Also, there is an even smaller number of companies that, for example, capture karst springs and observe the quantities of groundwater that flows downstream from the tapping structure, which would be a valuable information when assessing the water budget of these aquifers.

In the case of permanent monitoring and submission of data on the quantities of captured groundwater, i.e. groundwater levels and overflows, the monitoring program could be expanded and rationalized. Also, a database would be essential in the more realistic calculation of the balance parameters of a particular aquifer. On the other hand, the function of a single Water Information System (WIS) that would combine the qualitative and quantitative characteristics of exploited groundwater, as well as exploitation

data in real time, would be crucial in issuing water permits to new groundwater users. However, in practice, water exploitation permits are often issued without insight into the situation whether other groundwater sources are located and actively used in the same groundwater body, and what are the consequences of simultaneous exploitation. It is actually about avoiding the overlap of exploitation areas of neighbouring groundwater sources, but not about the effects that the interference of the cone of depression causes. This means that there may be an overlap in the radius of well influence if it is groundwater source within the intergranular aquifer, or lowering the groundwater level, for example by drilling wells in the hinterland of the spring or by applying certain regulatory measures of karst aquifer without assessing their impact on already existing springs. This can also lead to the disruption of the functioning of ecosystems, which often depend directly on groundwater discharge.

Adequate valorisation of groundwater resources is also very important when assessing the quantitative status of groundwater. Groundwater status assessment is one of the requirements of the Water Framework Directive adopted by the European Commission in 2000 (WFD, 2000). The assessment of the chemical and quantitative status of groundwater defines the direction and strategy of hydrogeological fundamental research at the national level, which aims to improve the current status and future rational use of groundwater in accordance with the concept of sustainable development, which the EU insists on. Given the fact that Serbia is in the process of negotiations on EU membership and is currently striving to meet the criteria for accession to the Union, national legislation also seeks for being harmonized with EU regulations in all fields, including Water Law. Therefore, Serbia is obliged to apply the instructions and standards of the European Union for the assessment of groundwater status. These standards are contained in the Directive and its accompanying documents - Guides, i.e. Common Implementation Strategy (CIS) developed in order to define uniform criteria in the process of characterization, delineation and assessment of the status of groundwater bodies in Europe. These documents, although aimed at establishing a general methodology, must be adapted to each specific case in which they are applied, having in mind the diversity of (hydro)geological characteristics of the entire European area.

The most important guides - CIS concerning groundwater are those relating to the identification of groundwater bodies, the analysis of pressures and impacts, the monitoring and balancing methodology of groundwater bodies. The guides aim to further define the concept for assessing the groundwater budget, which is an important step in evaluating quantitative status. The methodology for defining the quantitative status of groundwater should be based on the comparison of current exploitation rate of groundwater and estimated available groundwater reserves within one groundwater body. The proposed methodologies and analyses are usually presented in national River Basin Management Plans, which are currently being developed in Serbia, as well. Therefore, the new evaluation of water budget parameters and groundwater reserves, according to the instructions and standards within the documents and guidelines of WFD is needed, and they should include categorization of available groundwater reserves and demands of groundwater dependent ecosystems.

CONCLUSIONS

Groundwater of the Republic of Serbia is a very important resource for the daily life of the population. Therefore, the care of this resource is imposed as an obligation in the future, not only because of the commitment of the world community contained in the concept of sustainable development, but also because of the obvious unfavourable trend of availability of water resources. It is forecasted that the impact of climate change, demographic migration and other geopolitical and environmental factors will negatively affect the aquifer recharge processes, and thus the amount of accumulated groundwater, while on the other hand the water demands will increase. These contrasting processes can be amortized by adequate management of groundwater resources, i.e. rational exploitation of only the amount of water that is necessary to meet real demands. However, in order to make that possible, it is necessary to precisely determine the available reserves of groundwater, then define conceptual solutions for alternative groundwater sources for regional water supply of the population of Serbia with groundwater. The first step in these analyses and solutions is certainly the definition of groundwater budget at the regional level, which has already begun over the past decade. As this project is not completed, the previous results would have to be revised and supplemented with missing data, in order to perform a new evaluation of groundwater reserves.

Although it can be stated that in the last twenty years there have been no significant changes in terms of water use, mostly due to stagnant economic development and depopulation of certain parts of Serbia, it must not deceive the scientific community and the population that water resources are abundant and should not be given to them special attention. *The Water Management Strategy on the Territory of the Republic of Serbia* estimates that the current exploitation of groundwater is about 30% of the estimated groundwater reserves. Therefore, further exploitation of groundwater can be significantly increased, which must be monitored and verified by the necessary detailed hydrogeological research. Thus, there is a need for planned continuous monitoring of groundwater quantity and quality and the effects of exploitation on the environment. Also, the equal distribution of monitoring points that will monitor all aquifer types is crucial in defining the groundwater balance and assessing groundwater reserves at regional level, but also concerned water bodies. In the following period, it is necessary to complete activities on strategic projects for the needs of groundwater budgeting, in order to obtain reliable values of the total available reserves for the needs of public water supply, as well as other types of water exploitation. This will also help in the future allocation of water exploitation permits for existing and new sources.

Also, in addition to the evaluation of the existing delineation of groundwater bodies, and its eventual correction, assessment of available groundwater resources at the national level, would be a significant step towards strengthening position of Serbia in the forthcoming negotiations with the EU on Chapter 27 - Environment. Other research steps in the national groundwater program that would contribute to the more accurate knowledge of groundwater resources and uniform hydrogeological research of our country would be: Determining the thresholds of groundwater chemical parameters; Creation of a Groundwater Vulnerability Map in Serbia in the scale of 1: 200.000; Assessment of pressures on the quantity and quality of groundwater bodies; Ensuring continuity and expanding the National Groundwater Monitoring Network.

ЛИТЕРАТУРА - REFERENCES

- 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, pp. 83-102, Belgrade
- WFD 2000: *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Groundwater Summary Report*, Directorate General Environment of the European Commission, Brussels, Belgium
- GRUPA AUTORA (Institut „Jaroslav Černi“), 1995: *Informacije o snabdevanju vodom stanovništva Srbije – stanje i neposredni zadaci*; Institut „Jaroslav Černi“, Beograd
- GRUPA AUTORA, 2002: *Vodoprivredna osnova Republika Srbije*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd
- GRUPA AUTORA (Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu, Institut „Jaroslav Černi“ i Geološki institut Srbije), 2011: *Godišnji izveštaji po Projektu Ocena rezervi regionalnih izvorišta podzemnih voda za vodosnabdevanje – regulacija izdani i povećanje kapaciteta (2006-2011)*, u okviru Grupe Strateških projekata Ministarstva za Rudarstvo i Energetiku: Istraživanje, optimalno korišćenje i održivo upravljanje podzemnim vodnim resursima Srbije, Beograd
- GRUPA AUTORA, 2015: *Strategija upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije*, Institut „Jaroslav Černi“, Beograd
- KRUNIĆ, O., VRANJEŠ, A., MILENIĆ, D., 2018: *Balneološki potencijal AP Vojvodine*; Univerzitet u Beogradu, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd
- MILANOVIĆ, S., STEVANOVIĆ, Z., ĐURIĆ, D., PETROVIĆ, T., MILOVANOVIĆ, M., 2010: *Regionalni pristup izradi karte ugroženosti podzemnih voda Srbije – nova metoda “IZDAN”*; In: Zbornik radova XV Kongresa geologa Srbije, str. 585 – 590, Beograd
- MILENIĆ, D. & VRANJEŠ, A., 2018: *Geotermalni potencijal AP Vojvodine*; Univerzitet u Beogradu, Rudarsko – geološki fakultet, Beograd
- POLOMČIĆ D. & STEVANOVIĆ Z. 2011: *Vodosnabdevanje podzemnim vodama u Srbiji – Stanje i perspektive*, Monografija „Naših 40 godina“, Pos. izd. Departmana za hidrogeologiju RGF, Beograd
- Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda*, „Sl. Glasnik RS“ br. 96/2010, Beograd
- STEVANOVIĆ Z. 1995: *Karstne izdanske vode Srbije - korišćenje i potencijalnost za regionalno vodosnabdevanje*, Monografija: Vodni mineralni resursi litosfere Srbije, Monograf. Pos.izd. RGF (ed. Z. Stevanović), str.77-119, Beograd
- STEVANOVIĆ Z. & DOKMANOVIĆ P., 2015: *Projekat proširenja mreže stanica podzemnih voda*, fondovska dokumentacija RGF, Beograd
- STEVANOVIĆ Z., PETROVIĆ B., MARINOVIĆ V., VASIĆ LJ., MILANOVIĆ S. 2020: *Operativni monitoring podzemnih voda Republike Srbije, Završni izveštaj trogodišnjeg projekta (2017-2020)*, Ministarstvo zaštite životne sredine, Beograd.