

## ХИДРОГЕОТЕРМАЛНИ ПОТЕНЦИЈАЛИ У ФУНКЦИЈИ ОБНОВЉИВЕ ЕНЕРГИЈЕ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Весна Рајчевић<sup>1</sup> и Чедомир Црногорац<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Природно-математички факултет, Универзитет у Бањој Луци, Република Српска

**Сажетак:** Ниво савремене технологије омогућава да се данас искоришћавају појаве водних тијела као што су извори топле воде/водене паре. На многим локацијама, код бушења бунара (вјештачких извора топле воде) примјењује се и технологија као при проспекцији нафте. Низ је локација у свијету гдје се топли извори користе код снабдијевања насеља, али и објеката различите намјене. На географском простору Републике Српске честе су појаве љековитих минералних, термалних и термоминералних вода. Основни проблем валоризације извора топле воде у Републици Српској је у чињеници што изучавани извори у бањама имају температуре воде, углавном, између 20 – 42оС. Изузетак је Бања Дворови са температуром од око 76оС. Позната је чињеница да се већина подземних стијена на дубини од 6 – 10000 m налазе у појасу литосфере гдје су температуре око 300оС . У случају контакта ових стијена са водом која је идеална геокомпонента, хумана цивилизација располагала би са огромним бројем извора топлоте. Нажалост, ни у XXI вијеку није пронађена адекватна технологија. Другим ријечима, истраживања путем дубоких бушотина су екстремно скупа, а за сиромашне земље су још дуго времена неизвјесна.

**Кључне ријечи:** хидрогеотермална енергија, хидрогеотермални ресурси, хидрогеотермални системи, хидрогеолошки рејони Републике Српске, обновљива енергија.

Original scientific paper

## HYDROGEO THERMAL POTENTIALS IN THE FUNCTION OF RENEWABLE ENERGY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

Vesna Rajčević<sup>1</sup> and Čedomir Crnogorac<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Sciences, University of Banja Luka, Republika Srpska

**Abstract:** The level of technology today makes the exploitation of phenomena such as geothermal springs possible. There are many well drilling locations where the same technology applied for prospecting oil is used, and there are numerous examples of hot water coming from natural springs being used for heating settlements and objects of different purpose as well. As far as the geographic area of the Republic of Srpska is concerned, there are frequent occurrences of medicinal mineral, thermal and thermo-mineral waters. The major problem of valuation of thermal water springs in the Republic of Srpska lies in the fact that the springs in the spas studied have a range of 20 – 42оC in terms of temperature, with the exception of Dvorovi spa, where the temperature is 76оC. It is well-known that the majority of rocks at the depths ranging from 6-10 thousand meters belong to the layer of lithosphere, with average temperature of 300 оC. If these rocks made contact with water, human population would have a large number of hot springs at their disposal. Unfortunately, not even the 21st century offers adequate technology to make it possible. In other words, deep drilling is extremely expensive, reserved only for few financially sound countries in the world.

**Key words:** hydrogeothermal energy, hydrogeothermal resources, hydrogeothermal systems, hydrogeological regions of the Republic of Srpska, renewable energy

## УВОД

Кружење воде у природи или водни циклус Земље спада у најсложеније процесе географског омотача. Многи хидролози сматрају да у том процесу подземне воде имају једну од најзначајнијих улога. Под топографском површином наше планете ове воде се јављају у сва три агрегатна стања: течном, гасовитом и чврстом стању. Истовремено, треба се подсетити на чињеницу да се подземне воде јављају и у различитим облицима: опнене (везивне) воде које не подлијежу сили гравитације, капиларне, активне и имобилисане (заробљене) воде. У том богатству варијетета видова и облика подземних вода огледа се и њихов значај за одређена својства стијена, стање површинских вода, затим значај за низ геоморфолошких процеса и развој вегетације. Међутим, не треба занемарити можда најбитнији значај подземних вода, а то је онај који генерише стандард и квалитет живота хумане популације и активности те исте популације, првенствено везане за водоснабдијевање становништва, развој пољопривреде, индустрије, туризма, балнеотерапије и водног саобраћаја. Стога су подземне воде фактор који детерминише рецентни развоја наше планете. Својом припадношћу хидросфери, неопходној геосфери географског омотача, подземне воде кроз своја три агрегатна стања повезују сфере тог истог омотача: литосферу, хидросферу, атмосферу и биосферу. Подземне воде преко, најчешће, јувенилних (младачких, новорођених вода) утичу и на обезбјеђење довољних количина воде на топографској површини Земље.

Геолошки значај подземних вода. Геолошки фактори су веома значајни за режим подземних вода, зависно од дужине одређене геолошке епохе. Међутим, без обзира на временски период, подземне воде обављају врло важан геолошко – петрографско – минеролошки рад. Ријеч је, у суштини, о води као агенсу, која раствара различите минерале у литосфери и може да их таложи,

## INTRODUCTION

The circulation of water on Earth, also referred to as the water cycle, is classified within the most complex processes of the geographic layer. Many hydrologists argue that ground waters have one of the most significant roles in that process. Under topographic surface, ground waters occur in all three states of matter: liquids, solids and gases. At the same time, it should be recalled that the ground waters also appear in three different forms: membranous (connective) waters that are not susceptible to the force of gravity, capillary, active and immobilized (trapped) waters. The plethora of types and forms of ground waters reflects their importance for certain characteristics of rocks, surface water, as well as for a series of geomorphological processes and vegetation development. Nonetheless, one should not disregard perhaps the most important relevance of ground waters which is embodied in the fact that they generate the standard and quality of life of human population and their activities, primarily related to the public water supply, agriculture, industry, tourism, balneotherapy and water transport. Therefore, ground waters are considered to be the factor which determines the recent development of our planet. As components of the hydrosphere, the necessary geosphere of the geographic layer, ground waters through their physical states link the spheres of the same layer: the lithosphere, the hydrosphere, the atmosphere and the biosphere. Ground waters, through their usually juvenile (younger, newly-emerged) waters, affect the provision of the sufficient quantities of water to topographic surface of the Earth.

The geological significance of ground waters. The effect of geological factors on ground waters regimes is identified mainly in certain geological epochs. Nevertheless, regardless of the time period, ground waters perform a very important geological, petrographical and mineralogical function. In fact, we speak about water as being the main

стварајући минерална лежишта. Но, исто тако, под одређеним условима, подземне воде многе минерале износе (дистрибуирају) на топографску површину. Стога можемо закључити да подземне воде представљају веома битан геолошки агенс у развоју литосфере.

Хидролошки значај подземних вода. Режим подземних вода у приобалном појасу је кохерентан са режимом нивоа вода у ријекама, природним и вјештачким акумулацијама, морима и океанима. Хидраулички значај подземних вода огледа се првенствено у чињеници да су подземне воде незамјенљив фактор у формирању, развоју и присуству површинске хидрографске мреже. Хидрауличку повезаност са језерима и Свјетским морем, А.А. Конопљанцев дефинише преко седам типова хидролошких фактора заснованих на међусобном хидрауличком дејству ријека и подземних вода, у зависности од геолошке грађе и хидрогеолошких услова (Црногорац, 2009).

Геоморфолошки значај подземних вода. Дисецираност рељефа, дубина ерозионог усјечања у зависности од доње ерозионе базе и густина ријечне мреже су основни параметри дубине простирања подземних вода, хидрауличких падова токова, дужине путева процјеђивања подземних вода и др. Од дисецираности (рашчлањености) рељефа зависи расподјела температуре зоне аерације и подземних вода. Осматрањима Н.Г. Огилви (1956) утврђено је да површина зоне аерације и подземних вода, са постојаном годишњом температуром, опонаша површински рељеф. „Познато је, из бројних досадашњих истраживања, да подземне воде вишеструко учествују у формирању подземних и површинских облика у рељефу (хемијска и механичка ерозија). Подземне воде у виду леда су такође моћан фактор изградње низа облика у рељефу“ (Црногорац, 2009).

Биолошки значај подземних вода. Утицај вегетације на подземне воде је изузетно значајан фактор режима подземних вода. Вегетација непосредно условљава храњење

agent which dissolves various minerals in the lithosphere and deposits them, forming mineral deposits. Moreover, under certain conditions, ground waters bring out (distribute) many minerals on a topographic surface. Hence, we can draw a conclusion that ground waters are very important geologic agents in the lithosphere development.

The hydrological significance of ground waters. The ground waters regime in the coastal zone is coherent with the regime of water levels in rivers, natural and artificial reservoirs, seas and oceans. The hydraulic relevance of ground waters is reflected primarily in the fact that ground waters are indispensable factors in the formation, development and the presence of the surface hydrographic network. A.A. Konopliantsev defined the hydraulic connection of ground waters with lakes and the World sea (ocean) through seven types of hydrological factors based on the mutual hydraulic effect of rivers and ground waters, in relation to the geological structure and hydrogeological conditions (Crnogorac, 2009, pp 154).

The geomorphological significance of ground waters. The basic parameters of the depth of the ground waters propagation, hydraulic falls, and the length of paths of ground waters percolation are the dissociation of the relief, the depth of erosion cutting in relation to the lower erosion base and the density of the river network.

Temperature distribution in aeration and ground waters zone is dependent upon the dissociation (dissection) of the relief. The observations by N.A. Oglivi confirmed that the surface area with a constant annual temperature mirrors the surface relief. The previous research made it well known that ground waters participated repeatedly in the formation of the ground and surface forms of the relief (chemical and mechanical erosion). Ground waters in the form of ice also stand for a powerful factor in creating a series of relief forms (Crnogorac, 2009, pp 154).

The biological significance of ground

подземних вода, односно утиче на: вриједност ваздушног притиска, влажност ваздуха и величина испаравања (транспирација), висина сњежног покривача на крунама стабала и топографској површини и др. Постојање копнене вегетације није могуће без подземних вода. Својим коријењем биљке не црпе само воду већ и бројне минерале. С обзиром на вегетациони период, утицај вегетације на подземне воде је углавном сезонски (изузев стално влажних климата). Сезонски утицај се јасно уочава код анализа режима подземних вода и објављивања података у годишњим статистичким извјештајима.

Подземне воде и хумана популација. Вода је регулатор живота те због тога има изузетну важност за хуману популацију наше планете. Због интеракције међу геосферама географског омотача, као и консистентности (постојаности, трајности) глобалног хидролошког циклуса, било која промјена или дјелимична измјена стања у било којем сегменту циклуса доводи до већих или мањих промјена у другом дијелу циклуса и водном билансу. Подземне воде у животу људи имају различит, посредан и непосредан, значај: физиолошки, здравствено – хигијенски, водоснабдијевање привреде, вода за хлађење, вода за наводњавање, рибогојство, грађевинска дјелатност и др. Међутим и човјек својим активностима утиче на режим подземних вода, односно њена квалитативна и квантитативна својства. Изградња хидротехничких објеката, изградња градских насеља или појединих градских квартава, наводњавање, одводњавање и др. утиче на трансформацију режима подземних вода, промјену услова и интензитета њиховог храњења и услова потрошње (смањивања залиха) подземних вода.

Од подземних вода посебан значај за хуману популацију, од античког периода па до почетка XXI вијека, имају минералне, термалне и термоминералне воде. На основу појављивања ових подземних вода развила се посебна научна дисциплина – балнеологија (начна дисциплина која се бави проучавањем љековитости минералних, термалних и

waters. The vegetation impact on the ground waters is an utterly substantial factor of the ground waters regime. Vegetation conditions directly the feeding of ground waters through the parameters such as the value of air pressure, humidity and the amount of evaporation (transpiration), the depth of snow cover on the crowns of trees and topographic surface, etc. The existence of terrestrial vegetation would not be possible without ground waters. With their roots, plants not only absorb water but also various minerals. Considering the vegetation period, the impact of vegetation on ground waters is usually seasonal (except areas with permanently wet climate. Seasonal influence is clearly evident from the analysis of the ground waters regime and the publication of the accounts in the annual statistical reports.

Ground waters and human population. Water is a regulator of life and thus has a great importance for human population. Due to the interaction between the geospheres of the geographic layer, and consistency (continuity, permanence ) of the global hydrological cycle, any kind of change or a partial alteration of the conditions in any segment of the cycle results in some major or minor changes in the second part of the cycle and water balance. Ground waters have manifold, explicit or inexplicit relevance in human life which is embodied at physiological, medical and sanitary levels. Ground waters are also important for industry water supply, cooling, irrigation, fish farming, construction activities, etc. However, human beings with their activities also affect the ground waters regime and its qualitative and quantitative characteristics.

The building of hydrotechnical structures, urban areas or certain neighbourhoods, irrigation, drainage, etc. influence the transformation of the ground waters regime, the change of the conditions, the intensity of their feeding and consumption conditions (supply reduction).

From the ancient times till the beginning of the 21st century, mineral, thermal and thermo-mineral waters have had a distinguished

термоминералних вода).

Поријекло хидрогеотермалне енергије. Геотермална енергија је у непосредној вези са топлотом унутрашњости наше планете. Из унутрашњости се преноси кроз веома сложену геолошку грађу. Према Прусу (Karsten Preuss) основни извор топлоте у унутрашњости јесте радиоактивни распад нестабилних изотопа који се јављају у релативно малој концентрацији у односу на запремину Земље, посебно у кори. Ова топлота се преноси различитим механизмима према топографској поршини, укључујући топлотну кондукцију (преношење топлоте), конвекцију флуида, те непосредним помјерањем загријаних растопљених стијена према плићим хоризонтима.

Хидрогеотермални ресурси. Можемо их најлакше дефинисати као складишта у Земљиној кори из којих топлотна енергија може бити економично издвојена и искоришћена за неку погодну примјену у привреди или домаћинствима.

Геотермални системи. За њихово постојање потребни су: велики извор топлоте, резервоар који ће скупљати топлоту и постојање повлатних баријера које могу условити задржавање накупљене топлоте у резервоару. Могу се класификовати у пет различитих типова (Геотермални атлас Републике Српске, 2012):

1. Геотермални системи доминантно са паром,
2. Геотермални системи са топлотом водом,
3. Геопресирани геотермални системи,
4. Геотермални системи са топлим сувим стијенама (HDR – hot dry rocks),
5. Магма.

## МЕТОДИ РАДА

Циљ рада је да се на основу досадашњих истраживања и проучавања идентификују и вреднују хидрогеотермални потенцијали

importance for the human population. On the basis of the ground waters occurrence, a special discipline called balneology (a scientific discipline that studies the healing effect of mineral, thermal and thermo-mineral waters) has emerged.

The origin of geothermal energy. Geothermal energy is directly related to the heat of the Earth's interior. It is transported from the Earth through a very complex geographic structure. According to Karsten Preuss, the main source of the Earth's heat is the radioactive decay of variable isotopes which appear in relatively low concentrations in relation to the Earth's volume, especially in the crust. Various mechanisms such as thermal conduction (heat transfer), convection of fluids, and direct movement of heated dissolved rocks towards the shallower horizons are used for the conveyance of this heat towards topographic surface.

Geothermal resources. They can be easily defined as depositories in the Earth's crust from which thermal energy can be economically extracted and used for convenient purposes in industry or households.

Geothermal systems. The existence of these systems is dependent upon a huge thermal energy source, a reservoir that accumulates the heat and the presence of the overlying barriers that may cause retention of the accumulated heat in the reservoir. They can be classified into five different types (The Geothermal Atlas of the Republic of Srpska, 2012, pp 3).

1. Geothermal systems with steam,
2. Geothermal systems with hot water,
3. Geopressured geothermal systems
4. Geothermal systems with hot dry rocks (HDR),
5. Magma.

## RESEARCH METHODS

Based on the past research and studies, the aim of the research is to identify and evaluate geothermal potentials in the Republic of Srpska.

Републике Српске. Сходно постављеним циљевима коришћени су сљедећи методи истраживања:

1. Географски (просторни) метод односи се на анализу простора и природних фактора (ресурса) у простору. Његове битне одлике су величина простора и географски размјештај хидрогеотермалних потенцијала у Републици Српској, те зона истраживаних ниско и средње енталпијских хидрогеотермалних потенцијала.

2. Историјско-географски метод, представља комбиновани метод историјског (временског) и географског (просторног). Њиховом примјеном се утврђује међузависност између „времена“ и просторних садржаја.

3. Компаративни метод је коришћен у процесу анализе општих геолошких и хидрогеолошких карактеристика територија Републике Српске, затим код утврђених и прогнозних изотерми на различитим дубинама истраживања и др.

4. Статистички метод, коришћен као квантитативни метод одређивања структурних односа статистичких параметара (снага хидрогеотермалних бушотина, извори термалних и термоминералних вода).

5. Методом систематизације, извршено је груписање и рангирање свих релевантних фактора хидрогеотермалног потенцијала на посматраном простору.

6. Метод анализе, указује на организацију простора, а истовремено омогућује спознају последица промјене структуре која настаје као последица одређених интервенција у простору. Анализа структуре изучава распоред, везе и односе унутар једног и између више фактора, док анализа садржаја, само показује присуство појединих елемената у датом систему.

7. Метод синтезе, омогућује повезивање елемената појава и процеса и спознају средине као универзалне целине.

Осим наведених метода, приликом истраживачког рада, примјењиване су и остали методи као нпр. индуктивни, дедуктивни и дескриптивни метод, метод системске анализе и метод антиципације.

In accordance with the given objectives and goals, the following research methods were applied:

1. Geographical (spatial) method deals with the analysis of space and natural factors (resources) in the space. The main characteristics of this method are the size of the area and the geographic distribution of geothermal resources in the Republic of Srpska, and the studied area of low and medium enthalpy hydrothermal resources.

2. Historical and geographical method consists of historical (temporal) and geographical (spatial) method. By applying this method, interdependences between “time” and spatial contents are determined.

3. Comparative method was used in the process of the analysis of the general geologic and hydrogeological characteristics of the territory of the Republic of Srpska, as well as in the analysis of identified and foreseen isotherms at different depths, etc.

4. Statistical method was used as a quantitative method for determining the structural relation between the statistical parameters (hydrothermal wells power, thermal and thermo-mineral springs).

5. Grouping and ranking of all relevant factors of geothermal potential of the area studied was done by systematization method.

6. Method of analysis indicates the space organization, and also enables the recognition of the consequences due to the change in the structure which arises as an outcome of certain interventions in the area. Structure analysis studies schedules, connections and relations within one factor and between more factors, whereas content analysis only displays the presence of certain elements in a given system.

7. Method of synthesis facilitates the linkage of the elements of phenomena and processes, and the acknowledgment of the environment as a universal totality.

Aside from the above mentioned methods, inductive method, deductive, descriptive, the method of system analysis and the method of anticipation were also applied during the research.

## РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

### *Историјат истраживања хидрогеотермалне енергије у Републици Српској*

Оно што несумњиво дефинише протекли период истраживања јесте напор да се дође до што квалитетнијих сазнања о геотермалним карактеристикама (својствима) Земљине коре на географском простору Републике Српске. Фокус је био на хидрогеотермалним системима, на данашњем технолошком нивоу најприхватљивијем виду искоришћавања геотермалних потенцијала. Уважавајући чињеницу да је географском простору Републике Српске својствена комплексност геолошко – тектонских односа разумљиво је да досадашњим истраживањима нису ријешена многа питања од значаја за комплексније сагледавање и искоришћавање геотермалног потенцијала. Ипак, не треба занемарити чињеницу да мултидисциплинарна истраживања, која трају од шездесетих година прошлог вијека, у многим сегментима указују на оправданост интензивнијих инвестирања у геотермална истраживања на овим просторима. Познато је да је геотермална енергија, у садашњем вредновању извора енергије, чист и обновљив извор енергије. По томе се она јасно разликује од фосилних горива и нуклеарних сировина, чије су резерве у Босни и Херцеговини и Републици Српској ограничене и необновљиве.

Босну и Херцеговину и Републику Српску одликује веома сложена геолошка грађа. На досадашњим истраживањима геолошке грађе извршена је хидрогеолошка рејонизација која представља битну претпоставку за оцјену геотермалних потенцијала Републике Српске. Издвојено је укупно 13 хидрогеолошких рејона (Геотермални атлас Републике Српске, 2012):

1. Пространи артески басен сјеверног дијела Републике Српске,
2. Зона палеогених флишева,
3. Централни офиолитски појас,
4. Масив киселих плутонита и контактних

## RESEARCH FINDINGS

### *The history of geothermal energy research in the Republika Srpska*

It is undoubtedly true that the previous research period was defined by the effort to gain better knowledge about geothermal characteristics of the Earth's core in the geographic area of the Republic of Srpska.

The focus was set on hydrothermal systems, on today's technological level considered as the most convenient form of exploitation of geothermal resources.

Bearing in mind the fact that the geographic area of the Republic of Srpska is characterized by the complexity of geologic and tectonic relations, it is clearly evident that the previous research failed to address many issues relevant for the comprehensive understanding and utilization of geothermal potentials. Nonetheless, one should not overlook the fact that many multidisciplinary researches, lasting from the sixties, point out the fact that the intensive investments in geothermal research of this area are reasonable.

It is well known that geothermal energy, in the current constellation of energy source, is a renewable energy source. This characteristic of geothermal energy is something that differentiates it from fossil fuels and nuclear materials whose reserves are limited and non-renewable in the territory of the Federation of Bosnia and Herzegovina and the Republic of Srpska. The Federation of Bosnia and Herzegovina and the Republic of Srpska have a very complex geologic structure. Based on the past research on geologic structure, a hydrogeologic zone division was carried out, making it an important factor in the valuation of geothermal potentials in the Republic of Srpska. There are 13 different hydrogeologic zones (The Geothermal Atlas of the Republic of Srpska, 2012, pp 9-22):

1. The spacious artesian basin of the northern part of the Republic of Srpska,
- 2 The Paleogene flysch zone,
3. The central ophiolite belt

метаморфита Просаре,

5. Масив киселих плутонита и контактних метаморфита Мотајице,

6. Комплекс кредних базичних и киселих ефузива сјеверозападног дијела Републике Српске,

7. Масив шкриљаца унско-санског палеозоика,

8. Зона јурско-кредних флишева,

9. Масив интермедијарних вулканита и пратећих туфова,

10. Палеозоик источног дијела Републике Српске,

11. Масив карбонатних тријаских стијена у офиолитској зони,

12. Дурмиторски блок источног дијела Републике Српске,

13. Масив карбонатних мезозојских стијена (зона спољашњих Динарида).

Простор источне Херцеговине и сјеверозападни дио Републике Српске (подручје око Отоке, Срнетица, Клековача, Димитор, Лисина, Виторог, Подови и Јањ) доминантно изграђују кречњаци и подређено доломити мезозојске старости. Кречњак је типичан представник стијена подложних корозији тако да је испресијецан многобројним пукотинама којима се крећу подземне воде. Можемо закључити да изражена порозност кречњака у зони спољашњих Динарида и интензивна циркулација падавинских вода и ваздуха са топографске површине представља један од главних узрока непостојања термалних вода у овом дијелу Републике Српске.

За коришћење геотермалних ресурса географског простора Републике Српске евидентно је да се користе углавном хидрогеотермални ресурси нижих температура (до 75°C), несразмјерно постојећим капацитетима и квалитативним својствима подземних вода. Досадашња истраживања показују да коришћење термалних и термоминералних вода није у складу са нивоом резултата истраживања проучаваног ресурса. Геотермални ресурси су након 1992. године истраживани, у мањем или већем обиму, за појединачне инвеститоре;

4. The massif of acid plutonite and contact metamorphite of Prosara mountain,

5. The massif of acid plutonite and contact metamorphite of Motajica mountain,

6. The complex of Cretaceous and acid effusives of the northwestern part of the Republic of Srpska,

7. The massif of shales of the paleozoic of Una-Sana region,

8. The Jurassic and Cretaceous flysch zone

9. The massif of intermediate volcanic rocks and related tuffs,

10. The Paleozoic of the eastern part of the Republic of Srpska

11. The massif of triassic carbonate rocks in the ophiolite zone

12. The Durmitor block of the eastern part of the Republic of Srpska

13. The massif of Mesozoic carbonate rocks (zone of the external Dinarides)

The eastern part of Herzegovina and the northwestern part of the Republic of Srpska (area around mountains Klekovaca, Dimitor, Vitorog, villages of Sretica, Otoka, Podovi, Lisa and the area of Janj) are composed predominately of limestone and subordinate dolomites of the Mesozoic age. Limestone is a type of rock susceptible to corrosion, thus it is intersected by numerous crevices through which ground waters circulate.

We can assume that the pronounced porosity of limestone in the area of the external Dinarides and intensive circulation of precipitation and air from a topographic surface are the main causes of the lack of thermal waters in this part of the Republic of Srpska.

Hydrothermal resources of lower temperatures (to 75°C) are mainly used for geothermal resources in the Republic of Srpska, which is disproportionate to the existing capacities and qualitative characteristics of ground waters. The previous research points out that the usage of thermal and thermo-mineral waters does not correspond to the level of the research findings of the studied resource. After 1992, geothermal resources have been explored more or less for individual investors; mainly



углавном за потребе обезбјеђења допунских величина воде за балнеолошке, рекреативне и индустријске потребе (бушотина SB-4 у Слатини - општина Челинац и бушотине TGP-1 и TGP-2 у Сочковцу - „Терме Озрен“, планина Озрен). Континуитет истраживања геотермалних ресурса Републике Српске имао је за циљ поливалентно коришћење термалних вода. Резултат тога је бушотина у Слобомиру код Бијелине дубине од око 1800 m, са температуром воде од 73°C.

*Потенцијал и садашња искоришћеност геотермалних ресурса географског простора Републике Српске*

Обим и садржај досадашњих истраживања хидрогеотермалних потенцијала показују да се они могу непосредно користити у: балнеологији, рекреацији, загријавању земљишта, узгоју рибе и сточарству (загријавање животињских фарми), али и у топлификацији (загријавање простора, пластеника) и сл. На географском простору Републике Српске, условно говорећи, честе су појаве љековитих минералних, термалних и термоминералних вода. Око извора љековитих вода и мјестима љековитих блата изградила су се временом мања или већа насеља – бање. Археолошки остаци код низа бања бивше СФРЈ показују да њихово коришћење датира у период античке Грчке и Рима. Данас су многи извори минералних, термалних и термоминералних вода постали афирмисани бањско – љечилишни и рекреативни центри са савременом дијагностичком опремом и опремом за физикалну терапију. Република Српска има око 200 регистрованих минералних, термалних, термоминералних, слабо радиоактивних појава, кисељака и љековитих блата и девет бањских центара за лијечење и рехабилитацију, односно одмор и рекреацију.

Бањски центри су:

*А) Термалне воде*

- „Вилина Влас“ (Вишеград), са

for the additional water supply for balneologic, recreational and industrial purposes ( borehole SB-4 in the locality of Slatina ( Municipality of Celinac) and borehole TGP TGP-1 and-2 in the locality of Sockovac ( Thermal spring “Ozren”, Mounatin Ozren ).

The objective of the continuous research on geothermal resources in the Republic of Srpska was the polyvalent usage of thermal waters. The result of this was a borehole in the town of Slobomir near Bijeljina with the depth of 1800meters and temperature of 73°C.

*Potentials and the current exploitation of geothermal resources in the Republic of Sprska.*

The scope and the content of the previous studies of hydrothermal resources suggest that they can be used in: balneology, recreation, soil warming, fish and animal farming (animal farm heating), and the heating system (room and polythene greenhouse heating), etc. Occurrences of medicinal mineral, thermal and thermo-mineral waters are common for the area of the Republic of Srpska. Over time, smaller or bigger settlements called spas have been built around the springs of medical waters and the places with medicinal mud. Archaeological remains in a number of spas in the former Yugoslavia show that their usage dates back to the time of ancient Greece and Rome.

Today, many mineral, thermal and thermo-mineral springs have become renowned spas, medical and recreational centers with modern diagnostic equipment and equipment for physical therapy. In the Republic of Srpska there are about 200 registered mineral, thermal, thermo-mineral, and scarce radioactive phenomena, mineral water springs, medicinal mud and nine spa centers for medical treatment and rehabilitation or recreation.

These are the spa centers:

*А) Thermal waters*

Vilina Vlas (Municipality of Visegrad), with a water temperature over 31oC; the thermal waters in this spa have radioactive, carbonate

ВЕСНА РАЈЧЕВИЋ И ЧЕДОМИР ЦРНОГОРАЦ  
VESNA RAJČEVIĆ AND ČEDOMIR CRNOGORAC

температуром воде преко 31оС; термалне воде бање „Вилина Влас“ имају карактеристике радиоактивне, карбонатне хомеотерме; основна лековита својства потичу од њене радиоактивности, чији је носилац радон и његови продукти распадања;

and homoeothermic characteristics; the basic medicinal characteristics originate from their radioactivity, with radon and its decay products as the major agents;

*Таб. 1. Преглед хидрогеотермалних бушотина у функцији на територији Републике Српске са расположивим капацитетом*

*Tab. 1. Summary of hydrothermal drills and the available capacities in the territory of the Republic of Srpska*

Редни број	Локалитет и коришћење	Град/ Општина	Бушотина	Дубина бу – шотине (m)	Температура воде (°C)	Прогицај (l/s)
No.	Locality and usage	City/ Municipality	Borehole	The depth of a drill (m)	Temperature (°C)	Flow rate (l/s) <sup>9</sup>
1	2	3	4	5	6	7
1	Љешљани <i>рекреација recreation</i>	Нови Град Novi Grad	БЛ – 1 BL - 1	672	31	+ 7
2	Српске Топлице (Шехер) <i>рекреација recreation</i>	Бања Лука Banja Luka	ГШ – 1 GS - 1 Б- 1 В- 1	47 74	30 30	-28 -12
3	Слатина парк  Слатина поток <i>топлификација балнеологија Slatina stream heating system and balneology</i>	Лакташи  Laktasi	КБ-1, СБ-1, СЛ-1, СБ-4, КВ-1, СБ-1, СЛ-1, СБ-4  СЛ-2, СЛ -3 SL-2, SL-3	- , 165, 280,200  95, 81	43  22	- 25  +0.1, +0.3
4	Лакташи <i>балнеологија рекреација Laktasi balneology and recreation</i>	Лакташи  Laktasi	Л-1 Л-3  L-1 L-3	120 171	30 30	-22 +13
5	Кулаши <i>балнеологија Kulasi balneology</i>	Прњавор  Prnjavor	Б-5  В-5	40	30	-12
6	Теслић <i>балнеологија Teslic balneology</i>	Теслић  Teslic	В-Е  V- E	128	38	+24
7	Какмуж, <i>екстракција CO2 gasa Kakmuz extraction of carbon dioxide</i>	Петрово  Petrovo	ГБ-6 ТГП-1 ТГП-2 GB-6 TGP-1 TGP-2	200 346 471.3	38 38 38	+50 -22 -100

8	Дворови топлификација балнеологија рекреација Dvorovi heating system balneology and recreation	Бијељина  Bijeljina	C-1  S-1	1345	75	+7.5
9	Слобомир Slobomir	Бијељина Bijeljina	ГД-2 GD-2	1800	73	-43
10	Вишеградска Бања балнеологија Visegrad spa balneology	Вишеград  Visegrad	СБ-1 СБ-2  SB-1 SB-2	181 160	31 31	-15 -15

(Извор: Геотермални атлас Републике Српске, 2012)  
(Source: The Geothermal Atlas of the Republic of Srpska, 2012)

- „Бања Лакташи“ (Лакташи), са температуром воде од 30°C; купање у води доприноси побољшању стања организма код следећих група болести: болести очију, болести срца и крвотока, болести локомоторних апарата, рекреације и ревитализације;

- „Бања Кулаши“ (Прњавор), са температуром воде од 30°C; термалне воде ове бање постизале су видне резултате у лијечењу псоријазе и смањењу тегоба и ублажавању клиничких потреба код псоријатичара и других хроничних кожних обољења;

#### Б) Термоминералне воде

- „Бања Дворови“ (Бијељина), са температуром воде од 75°C (в. Табелу 1); термоминерална лековита вода ефикасно лијечи, између осталог: реуматска обољења у смиреној клиничкој и лабораторијској фази, дегенеративна реуматска обољења, стања након повреда, стања након оперативних захвата на локомоторном апарату, обољења периферних артеријских крвних судова, блага кожна обољења, обољења желуца, жучи и жучних путева путем пијења воде и др;

- „Бања Шехер“/Српске Топлице (Бањалука), са температуром од 30°C; термоминерални извори помажу у лијечењу кожних, реуматских и срчаних обољења. Завод за физикалну медицину и рехабилитацију „Др Мирослав Зотовић“ из Бање Луке је

#### В) Thermo-mineral waters

- Dvorovi spa (Municipality of Tuzla) with a water temperature of 75°C (see Table 1); medicinal thermo-mineral water effectively treats, inter alia, rheumatic diseases in a mild clinical and laboratory phase, degenerative rheumatic diseases, post-injury conditions, conditions after the surgical intervention at the locomotor apparatus, diseases of the peripheral arteries, mild skin diseases, stomach disease, gallbladder and bile duct caused by water consumption, etc;

- Seheri/Srpske Toplice spa (The city of Banja Luka) with a water temperature of 30°C; thermo-mineral springs facilitate the treatment of skin, rheumatic, and cardiac diseases. From August 2013, Department of Physical Medicine and Rehabilitation “Dr Miroslav Zotović” from Banja Luka gained a permission to use the hot springs. The plan is to build a modern spa in the area of the spa. The modern spa would be designed for the prevention and the treatment of diabetes, infertility, obesity and cardiovascular disease. The project is estimated to be around 4.5 million euros;

#### С) Carbon – mineral thermal waters

- Vrucica spa (Municipality of Teslic) with a water temperature of 38°C;

#### Д) Mineral water containing carbon

преузео (август 2013. године) концесију за коришћење термалних извора. Планирано је да се на локалитету бање изгради модерно, врхунско лјечилиште, намијењено прије свега превенцији и лијечењу дијабетеса, стерилитета, гојазности и кардиоваскуларних обољења. Вриједност пројекта се процјењује на око 4.5 милиона евра;

*В) Угљично – киселе термалне воде*

• „Бања Врућица“ (Теслић); температура воде 38°C;

*Г) Арсено – жељезна минерална вода*

• Бања „Губер“ (Сребреница), са температуром воде од 14°C;

*Д) Сумпорасто – минерална вода*

• Бања „Мљечаница“ (Козарска Дубица), са температуром воде од 14.2°C;

*Ђ) Угљично – кисела минерална вода*

• „Бања Слатина“ (Лакташи), са температуром воде на изворима од 22 – 43°C; вода дјелује на слједећа обољења: запаљенски реуматизам у мирној фази, дегенеративни реуматизам, посљедице траума, извјесни облици стерилитета и др. У оквиру бањског комплекса саграђени су и блатни базени у којима се природним путем производи љековито блато (пелоид). Највеће богатство Бање Слатина представљају извор термоминералне воде и пелоид који се, као главни балнео фактори, користе у превенцији, лијечењу и медицинској рехабилитацији. Природним падом вода се из термоминералног извора доводи до три терапијска, затворена базена. Термоминерална вода припада категорији калцијум – магнезијум, хидрокарбонатних, сулфатно угљенокиселих хипертерми са рН 6.2. Завод за физикалну медицину и рехабилитацију „Др Мирослав Зотовић“ у Бањој Луци покренуо је пројекат реконструкције постојећег објекта на локалитету у Слатини (вриједан око пет милиона евра), гдје ће бити смјештено одјељење за ортопедску хирургију.

Е) Бањско-рекреативни центар „Слатина – Љешљани“; по савременој класификацији вода из бање спада у натријумхлоридне хидрокарбонатне хипертермалне високо алкалне воде, са температуром од 31°C.

and arsenic

• Guber spa (Municipality of Srebrenica), with a water temperature of 14°C;

Е) Sulphurous mineral water

• Mljecanica spa (Municipality of Kozarska Dubica), with a water temperature of 14.2°C;

Ф) Carbonic - acid mineral water

• Slatina spa (Municipality of Laktasi), with a water temperature of 22-43°C; the water has effect on the following diseases: early stage inflammatory rheumatism, degenerative rheumatism, trauma consequences and certain forms of infertility, etc. Within the spa resort complex, pools with mud have been built where medicinal mud (peloid) is produced in a natural manner. The thermo-mineral springs and peloid as main balneotherapy factors used for prevention, treatments and medicinal rehabilitation are regarded as the treasure of Slatina spa. Through its natural water fall, the water from the thermo-mineral springs enters the three indoor therapeutic pools. The thermo-mineral water of the spa is classified within the category of waters containing calcium, magnesium, hydrocarbon, sulfate carbonic-acid hyperthermes with a pH of 6.2.

Department of Physical Medicine and Rehabilitation “Dr Miroslav Zotović” from Banja Luka has launched a reconstruction project of the existing facilities in the locality of Slatina (worth about five million euros), where Department of Orthopaedic Surgery is to be situated.

Г) According to the contemporary classifications of the spa waters, spa and recreational center Slatina-Ljesljani is classified within hyperthermal high alkaline waters containing sodium chloride and hydrocarbon and with the temperature of 31°C.

When it comes to the usage of geothermal resources in the Republic of Srpska for heating, with the usage of heat

Када је у питању коришћење хидрогеотермалних ресурса у Републици Српској у сврху топлификације, уз коришћење топлотних измјењивача, користе се воде у Слатини (општина Лакташи), Дворовима (општина Бијељина), Кулашима (општина Прњавор) и Вилиној Власи (општина Вишеград). Нажалост, не постоје верификовани резултати о директном коришћењу у сврху топлификације и укупној количини произведене топлотне енергије и колико је на овај начин замијењено учешће фосилних горива (осим прорачуна који су дати за референтну температуру  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ). У рекреативне сврхе користе се слједеће термалне и термоминералне воде у Републици Српској: Топлице/Шехер (Бања Лука), Лакташи, Сочковац и Дворови. У погледу производње електричне енергије из хидрогеотермалних извора у Републици Српској, можемо само говорити о реалним очекивањима на појединим локалитетима. Број од 24 државе у свијету које производе електричну енергију из геотермалних извора у периоду од 2005. до 2009. године није се промијенио, али су повећани инсталирани капацитети са 8933 MW на 10715 MW, односно за око 20%.

Расположиве снаге на термалним и термоминералним природним изворима на географском простору Републике Српске презентирају се у Табели 2.

exchangers, the waters in Slatina (the Municipality of Laktasi), Dvorovi (the Municipality of Bijeljina), Kulasi (the Municipality of Prnjavor), and Vilina Vlas (the Municipality of Visegrad) are utilised. Unfortunately, there are no verified results of the direct usage for heating and the total amount of the thermal energy produced, as well as results showing to what extent it replaced the input of fossil fuels (except for the estimates given for the reference temperature  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ). For recreational purposes, the following thermal and thermo-mineral waters in the Republic of Srpska are used: Toplice/Seher (Banja Luka), Laktasi, Sockovac and Dvorovi. When it comes to the production of electrical energy from geothermal springs in the Republic of Srpska, we can only talk about the realistic expectations in particular localities. There are 24 countries in the world that produce electrical energy from geothermal springs and that number did not change in the period between 2005 and 2009, but there was an increase in installed capacities from 8933 MW to 10715 MW, which is around 20%.

The available capacities of thermal and thermo-mineral natural springs in the geographic area of the Republic of Srpska are presented in Table 2.

ВЕСНА РАЈЧЕВИЋ И ЧЕДОМИР ЦРНОГОРАЦ  
VESNA RAJČEVIĆ AND ČEDOMIR CRNOGORAC

*Таб. 2. Преглед извора термалних и термоминералних вода Републике Српске са расположивим термалним капацитетима*

*Tab. 2. The list of thermal and thermo-mineral springs in the Republic of Srpska with their available capacities*

Редни број Number	Локалитет Locality	Општина Municipality	t (°C)	Издашност извора (l/s) Flow rate	Термална снага Thermal capacity (MWt)	J/god x10 <sup>13</sup>	Текв.угља годишње Toil equiv. per year
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Српске Топлице Srpske Toplice	Бањалука Banjaluka	30	25.0	1.05	3.31	1124.0
2	Слатина Поток Slatina stream	Лакташи Laktasi	22	0.3	0.0026	0.008	2.7
3	Лакташи Laktasi	Лакташи Laktasi	30	16.0	0.67	2.11	720.0
4	Чараково The village of Carakovo	Приједор Prijedor	21	1.0	0.0042	0.013	4.4
5	Кулаши Kulasi	Прњавор Prnjavor	29.6	2.0	0.08	0.25	86.0
6	Бања Врућица Vrucica spa	Теслић Teslic	29	1.0	0.038	0.12	41.7
7	Перин град Дрињача Perin Grad, on the Drinjaca river	Шековићи Sekovici	27.8	2.0	0.065	0.20	68.8
8	Медош испод Удрча The village of Medos below the Udrč	Милићи Milici	23	4.0	0.05	0.15	51.6
9	Вишеградска бања Visegrad spa	Вишеград Visegrad	31 24	7.2 1.5	1.04 0.10	1.04 0.10	356.0 34.0

(Извор: Геотермални атлас Републике Српске, 2012)  
(Source: The Geothermal Atlas of the Republic of Srpska, 2012)

У Табели 1. и 2. су исказане утврђене резерве на неким експлоатационим бушотинама и изворима. Према неким ауторима (Геотермални атлас Републике Српске, 2012) утврђене резерве/залихе су много веће. Овакав став није поткријепљен одговарајућим образложењем, тако не можемо

Table 1. and 2. show the established reserves in some exploitation boreholes and springs. According to some authors (: The Geothermal Atlas of the Republic of Srpska, 2012, pp 9-22), the reserves/supplies determined are much greater. However, since there is no adequate explanation to support

дефинисати потенцијалну снагу постојећих и нових бушотина (Слатина – Лакташи, Дворови – Бијељина, као и нове бушотине на подручју између Бијељине и Дворова: БИЈ-2, БИЈ-3).

Под резервама подземне воде на извориштима термоминералних вода Републике Српске, подразумејева се она количина воде која се налази у издани формираној у мезозојским карбонатним стијенама, највјероватније кречњацима одређене старости. Резерве подземних вода на лежиштима термоминералних вода истраживаног простора, могу се сезонски и стално допуњавати и издвојене су као (Геотермални атлас Републике Српске, 2012) :

а) Сталне (статичке и геолошке) резерве; налазе се у резервоару подземних вода у зони статичких резерви. Горња граница ове зоне је најнижи водостај подземних вода у датој издани посматран за вишегодишњи период. Доња граница ове зоне је непропустљива подлога. У цјелини ова зона се налази испод најнижег ерозионог базиса преко кога се врши дренарање подземних вода.

б) Регулационе (динамичке) резерве; формирају се у зони динамичких резерви, дио изданске воде обухваћен колебањем нивоа издани у току времена. Регулационе резерве представљају количину воде која протекне на датом профилу изданског тока за одређени временски период у јединици времена или у току календарске године. За изворишта термоминералних вода Републике Српске, највећи удио регулационих резерви издани акумулираних у тријаским кречњацима формира се на рачун падавина у сливном подручју преко расједа и пукотинских система у хипсометријски вишим теренима и бочног дотицаја воде из издани хладне воде у мезозојским аквиферима пукотинске и пукотинско - карстне порозности и неогених издани хладне воде на ширем простору. Иначе, регулационе резерве се у основи одређују мјерењем укупно исцрпљених количина преко експлоатационих бушотина, тј. бунара и издашности свих извора у испитиваној зони и корелацијом на основу прорачуна

these assertions, we shall not analyse in this paper the potential force of the existing and new boreholes (Slatina – Laktasi, Dvorovi – Bijeljina nor the new ones in the area between Bijeljina and Dvorovi: BIJ-2, BIJ-3).

The reserves of ground water in the thermo-mineral springs in the Republic of Srpska refer to the amount of water in the aquifer formed in the Mesozoic carbonate rocks, most probably limestones of a certain age. The ground water reserves in the thermo-mineral water deposits of the area explored can be seasonally and constantly refilled and can be divided into (The Geothermal Atlas of the Republic of Srpska, 2012):

a) Permanent (static and geological) reserves; located in the ground water reservoirs in the zone of static reserves. The upper boundary of this zone is the lowest water level of the ground waters in a given aquifer observed for a perennial period and the lower boundary is an impermeable surface. This whole zone is set below the lowest base of erosion over which the ground waters are drained.

b) Regulatory (dynamic) reserves; formed in the zone of dynamic reserves. They are a part of the aquifer water enclosed with the fluctuation of the level of the aquifer over a period time. The regulatory reserves represent the amount of water that floats through the given profile of the aquifer's flow in a certain time period per unit of time or during a calendar year. When it comes to the thermo-mineral springs in the Republic of Srpska, the major part of the regulatory reserves of aquifers accumulated in Triassic limestones is formed by precipitation in the catchment area through faults and fractures in hypsometrically higher grounds and lateral water inflow from a cold water reservoir in the Mesozoic aquifers of fracture and karst-fracture porosity and the Neogene cold water aquifers in the wider area. Usually, the regulatory reserves are basically determined by measuring the total amount drained by drilling and the flow rate of all the springs in the zone examined and a correlation

инфилтрације падавина за површину издвојених категорија.

в) Експлоатационе резерве; налазе се у издани и могу се економски експлоатисати, а да се квалитет не погорша. Ове резерве су разврстане по категоријама, на основу истражености лежишта и проучености подземних вода.

г) Индустијске резерве; одређују су на основу минималних издашности ( $Q_{min}$ ) лежишта термоминералне воде и у будућности су условљене ревитализацијом постојећих и формирањем нових бунара термоминералне воде.

## ДИСКУСИЈА

Опште увјерење је, у најави „еколошког колапса“ наше планете, да ћемо врло брзо моћи да се ослободимо зависности од фосилних горива. Римски клуб је, прије више од четрдесет година објавио апокалиптично предвиђање под насловом „Границе раста“. Специфичност „Граница раста“ је садржана у идеји да ће хумана популација остати без сировина. Суштина идеје сублимише закључак да мало људи на нашој планети троши много сировина. Данас је „мало“ више људи на Земљи, троше се и даље несмањеним интензитетом сировине, тако да се порука о дефициту сировина и енергије показала погрешном. Римски клуб је у „Границама раста“ предвидио да ће наша планета у овој години (2013. год; оп. а) доживјети несташицу алуминијума, бакра, злата, олова, живе, молибдена, цинка, нафте, сребра и др. Треба се, такође, подсетити песимистичког предвиђања за нафту и природни гас, чије су несташице прогнозиране у задњој декади XX вијека, а данас у другој декади трећег миленијума њихове резерве су далеко веће, иако их трошимо много више него прије 1970. године.

Извјештај „Границе раста“ је, у суштини погрешно процјенио пројекцију колапса хумане популације, јер су аутори „предвидјели

based on estimates of precipitation infiltration for the area studied.

с) Exploitable reserves; located in aquifers and can be exploited economically, without reducing the quality. These reserves are classified into categories, based on the exploration of deposits and the examination of ground waters.

д) Industrial reserves; determined based on the minimal flow rate ( $Q_{min}$ ) of the thermo-mineral water deposits and conditioned in the future by revitalisation of the current and potential construction of the new thermo-mineral water wells.

## DISCUSSION

With the announcement of the “ecological collapse” of the planet, it has become a common belief that we will soon be able to free ourselves from the dependence on fossil fuels. The Club of Rome published a book, *The Limits to Growth*, over forty years ago, based on an apocalyptic forecast that the human population will face resource depletion. The essential idea leads us to conclude that a small number of people on the planet spend a considerable amount of resources. Nowadays, there are “a few” more people on Earth, and the resources are still spent with unabated intensity. Thus, the message about the deficit of resources proved wrong. In *The Limits to Growth*, the Club of Rome predicted that this year (2013) our planet would experience the shortages of aluminium, copper, gold, lead, mercury, molybdenum, zinc, oil, silver, etc. We should remind ourselves of a pessimistic prediction that oil and natural gas would become scarce in the last decade of the twentieth century. Nonetheless, today, in the second decade of the third millennium, their reserves are far greater, despite the higher expenditure than before the seventies.

The book basically miscalculated the projection of the human population collapse, because the authors “overlooked our greatest



наш највећи ресурс: нашу сналажљивост и иновативност“. Према Бјорну Ломборгу, четири деценије од објављивања извјештаја „Границе раста“ показале су да нам треба више, а не мање свега.

Несхватљиво је да се занемарује чињеница да је сиромаштво на глобалном нивоу један од највећих узрока морталитета на нашој планети; годишње узима приближно 15 милиона живота или око 25% свих смртних случајева. Према Б. Ломборгу (2013), године 1900, када је број становника наше планете био око 1.5 милијарди, скоро три милиона људи – око један на 500 – умирало је сваке године од загађења ваздуха, углавном због лошег ваздуха у затвореном простору. Данас је тај ризик смањен на један у 2000 људи. Стопа морталитета, упркос медијској промоцији глобалне опасности од загађеног атмосферског комплекса, не расте већ опада.

Друга заблуда, ако је уопште заблуда, на глобалном нивоу је условљавање и инсистирање на обновљивим изворима енергије. Лајтмотив релативно агресивне и организоване акције за употребу обновљивих извора енергије, усмјерен је на елиминисање зависности од фосилних горива. Међутим, иоле садржајнија анализа коришћења извора енергије у данашњем свијету, упућује нас на сасвим друкчији приступ овој, глобално и локално, актуелној теми. Године 1971. из обновљивих извора енергије долазило је 13.12% свјетске енергије, а у 2011. години тај удио је био 12.99%. У тој анализи, соларна и енергија од вјетра учествују у коришћењу обновљивих извора енергије са „око једне трећине једног процентног поена“ (Б. Ломборг, 2013). За 2035. годину предвиђа се ниво од 14.5%. Највећи дио обновљиве енергије добија се коришћењем биомасе. Она јесте обновљива, али нити је добра, нити одржива. У анализи Међународне агенције за енергију не спомиње се хидрогеотермална енергија.

Чињеница је да нисмо ни близу „зацртаних глобалних циљева“ на супституцији фосилних горива. Без навођења појединачних примјера низа држава савременог свијета,

resource – our own resourcefulness and ingenuity”. According to Bjorn Lomborg, the four decades after publishing *The Limits to Growth* showed that we need more, not less, of everything.

It is beyond comprehension that we ignore the fact that poverty worldwide is one of the main causes of mortality, taking annually close to 15 million lives, which is around 25% of all mortal cases. According to Bjorn Lomborg (2013), in 1900, when the Earth had around 1.5 billion inhabitants, almost three million people – roughly one in 500 – died each year from air pollution, mainly due to foul air in closed spaces. Nowadays, that risk has been reduced to one in 2,000 people. The mortality rate is not increasing, but decreasing, despite the media’s propaganda of the global threat from atmospheric pollution.

Another misconception on the global level, if misconception at all, is conditioning by and insistence on the renewable sources of energy. The leitmotif of a relatively aggressive and organized action for the use of renewable sources of energy is directed towards the elimination of dependence on fossil fuels. However, any more exhaustive analysis of the usage of energy sources today is directing us towards a completely different approach to this, both globally and locally, burning issue. In 1971, from the renewable sources came 13.12% of the world’s energy, and in 2011, the number fell to 12.99%. It is predicted that by 2035 the number will have risen to 14.5%. In that analysis, solar and wind energy form the total of “about one-third of one percentage point” of the renewable sources (B. Lomborg, 2013). The largest part comes from biomass, which is renewable, but neither is it good, nor sustainable. In the analysis of International Energy Agency there is no mention of geothermal energy.

The fact is that we are nowhere even near “the targeted global aims” of substituting fossil fuels. At the global level, in 1949, renewable sources produced around 9.3% of the total energy, and an increase to 10.8% is expected

општи закључак гласи: садашња политика заштите животне средине на глобалном нивоу, као и на локалном/државном нивоу, доживјела је неуспјех, а разлог је више него убједљив: обновљиви извори енергије су, за данашње економске параметре, прескупи. Многи тврде да су обновљиви извори јефтинији. Заборављају чињеницу колике су бенефиције за те изворе и колики је утицај тзв. „еколошке политике“. Другим рјечима, да би обновљиви извори омогућили постепено одустајање од фосилних горива потребно је снизити цијене обновљивих извора енергије или када обновљиви извори енергије постану јефтинији од фосилних горива, постаће доминантни у глобалној потрошњи енергије. Када? Не знамо. Закони економије, као једног од постулата развоја наше планете, говоре да треба да инвестирамо у истраживање и развој таквих извора.

#### САДАШЊА ИСКОРИШЋЕНОСТ И ПРИОРИТЕТНА ПОДРУЧЈА ЗА НАСТАВАК ИСТРАЖИВАЊА ГЕОТЕРМАЛНИХ РЕСУРСА ГЕОГРАФСКОГ ПРОСТОРА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

Зоне истраживаних ниско и средње енталпијских хидротермалних потенцијала на географском простору Републике Српске.

- Подручје Семберије; премарезултатима досадашњих резултата представља најперспективније подручје за коришћење геотермалне енергије на географском простору Републике Српске;

- Термалне и термоминералне воде бањалучког региона; хидрогеотермални потенцијал је несумњив, без обзира што до данас дубоке бушотине нису дефинисале положај примарног слоја термалних вода;

- Брчанско шамачка Посавина; ово подручје је донедавно било предмет сложених и свеобухватних геолошких истраживања, а циљ је био откривање лежишта нафте и гаса;

- Подручје Петрова (Сочковац) - појава

by 2040. Without listing the individual examples of a series of the modern world countries, the general conclusion is that the current global environmental policy, as well as the local and state ones, has failed, the reason being more than convincing – renewable sources of energy are overly expensive for the present-day economic parameters. Many claim that renewable sources are cheaper, forgetting how big the benefits are for those sources and how big the influence of the so-called “ecological policy” is. In other words, in order for the renewable sources to gradually replace the usage of fossil fuels and to become dominant in the global expenditure of energy, it is necessary to lower the price of energy gained from them. When? We do not know. The laws of economy, as one of the development postulates of our planet, suggest the investment in research and development of such sources.

#### CURRENT UTILISATION AND AREAS OF PRIORITY FOR THE CONTINUATION OF RESEARCH ON GEOTHERMAL RESOURCES IN THE GEOGRAFIC AREA OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

The zones of the explored low and medium enthalpy hydrothermal potentials in the Republic of Srpska.

- The area of Semberija; according to the past results, this is the most promising area for the utilisation of geothermal energy in the Republic of Srpska;

- Thermal and thermo-mineral waters of the Banja Luka region; hydro-geothermal potential is unquestionable, regardless of the fact that the position of the primary layer of thermal waters has not yet been defined by deep drilling.

- The area of Posavina lying between the towns of Brcko and Samac: until recently, this area was the subject of the complex and comprehensive geological researches aiming to find oil and gas deposits.

термоминералних вода Сочковца везује се за постојање, већ одаво дефинисане, познате Спречанске расједне зоне;

- Термалне воде Вишеграда; воде су са највећом радиоактивношћу у Босни и Херцеговини; воде се експлоатишу за потребе балнеологије и топлификације бањског центра;

- Термоминералне воде Љешљана; ове воде су хипералкалне (pH = 11.7) и користе се у рекреативне сврхе; хемијски геотермометри (SiO<sub>2</sub>, Na – K – Ca) указују на повишену температуру, вишу од 50°C, а према неким ауторима (Геотермални атлас Републике Српске, 2012, стр. ) вишу и од 70°C;

- Термалне воде Кулаша - према физичко-хемијским карактеристикама воде у Бањи Кулаши постоје три врсте вода: термалне (29-30°C, pH > 11.0); нискотермалне (извор Смрдељ, 15°C, pH > 11.0) и мијешане воде (18-19°C, са pH = 6.0 – 8.9); истраживања вода од краја IX вијека до новије истражености термалних вода наводи назакључак да би се, поред постојеће термалне воде (29-30°C), бушењем испод хиљаду метара могле захватити воде виших температура (60 – 80°C);

- Термоминералне воде Теслића; ријеч је заправо о појави термоминералне воде у Бањи Врућици (бушотина „Е“); њена специфичност огледа се у томе што је то једина значајна акумулација воде повишене температуре која се јавља у средишњем дијелу офиолитске зоне; по нашем мишљењу спорна је оправданост значајнијих улагања у даља истраживања (добивање воде веће температуре и издашности), јер је бушотина „Е“ смјештена изван основних регионалних расједа и „далеко од контакта великих литофацијалних и тектонских структура у којима се иначе јављају остала лежишта оваквих вода“ (Геотермални атлас Републике Српске, 2012).

Појаве истицања термалних вода на географском простору Републике Српске које до сада нису биле предмет детаљних хидрогеолошких истраживања и приоритетне зоне за наставак геотермалних истраживања. У Табели 3. наведени су локалитети који могу да представљају перспективна подручја у

- The Municipality of Petrovo (Sockovac); the occurrence of thermo-mineral waters in Sockovac pertains to the existence of a well-known Spreca fault zone, defined long time ago.

- Thermal waters of Visegrad; the waters with the highest level of radioactivity in Bosnia and Herzegovina, exploited for balneology and the heating of a spa centre.

- Thermo-mineral waters of Ljesljani; these are hyper alkaline waters (pH = 11.7) used for recreation. Chemical geothermometers (SiO<sub>2</sub>, Na – K – Ca) indicate elevated temperature, higher than 50°C, and according to some authors (The Geothermal Atlas of the Republic of Srpska, 2012, pp. 9 - 19) even higher than 70°C;

- Thermal waters of Kulasi; based on the physicochemical properties of the water in Kulasi spa, there are three types of waters: thermal (29-30°C, pH > 11.0), low thermal (Smrdelj spring, 15°C, pH > 11.0) and mixed water (18-19°C, ca pH = 6.0 – 8.9);

- Thermo-mineral waters of Teslic; it is actually in Vrucica spa that thermo-mineral water occurs (borehole “E”). It is specific for being the only significant accumulation of water with the elevated temperature in the central part of the ophiolite zone. In our opinion, the justification for the more significant investments in further research (gaining water of higher temperature and flow rate) is debatable because the borehole “E” is located outside the basic regional faults and “far from the contact of great lithofacial and tectonic structures in which other deposits of such waters usually appear” ((The Geothermal Atlas of the Republic of Srpska, 2012, pp. 19).

- Thermal waters of Kulasi; the research of waters since the end of the 19th century until the more recent period lead to a conclusion that, beside the existing thermal waters (29-30°C), drilling bellow 1,000 meters could reach waters of higher temperatures (60 – 80°C);

The phenomena of the thermal waters drainage in the geographic area of the

будућој валоризацији термалних вода.

Анализа зона приоритета геотермалних истраживања на географском простору Републике Српске јасно показује да преглед појава које до сада нису биле предмет истраживања нису приоритет у наставку хидрогеотермалних истраживања. Према Б. Јоловићу (Геотермални атлас Републике Српске, 2012) приоритети су прије свих:

- Пространи артески басени сјеверног дијела Републике Српске (подручје Семберије: Дворови, Слобомир, Бијељина);

- Централни офиолитски појас (Сочковац, Теслић/Бања Врућица, Кулаши, Слатина, Љешљани и др.).

Republic of Srpska that have not yet been subjected to detailed hydrogeological research and the priority zones for the continuation of geothermal research. Table 3. shows the localities that may be considered as promising areas in future valuation of thermal waters.

The analysis of the zones of geothermal research priorities clearly indicates that the review of phenomena that have not previously been a subject of research is not the priority in the continuation of geothermal research. According to B. Jolovic (The Geothermal Atlas of the Republic Srpska, 2012), the priorities are:

- The spacious artesian basins in the north of the Republic of Srpska (the area of Semberija: Dvorovi, Slobomir, Bijeljina);

- The central ophiolite belt (Sokovac, Teslic/Vrucica Spa, Kulasi, Slatina, Ljesljani, etc.).

Таб. 3. Табеларни преглед појава вода ( $t > 150\text{C}$ ) које до сада нису биле предмет истраживања  
Tab. 3. The list of water phenomena ( $t > 150\text{C}$ ) that have not been a subject of previous research

Редни број Number	Локалитет Locality	Град/Општина Town/Municipality	$t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$Q$ (l/s)
1	2	3	4	5
1	Перин град Дрињача Perin grad on the Drinjaca river	Шековићи Sekovici	27.8	2.0
2	Рашево (Медош) Дрињача The village of Rasevo (Medos), Drinjaca	Милићи Milici	23.0	4.0
3	Кнежина/The village of Knezina	Соколац/Sokolac	17.5	15.0
4	Топлик/Toplik	Рогатица/Rogatica	17.0	15.0
5	Зова/ The Zova springs	Рудо/ Rudo	15.0	>50.0
6	Балкана/Lake Balkana	Мркоњић Град Mrkonjic Grad	17.0	3.0
7	Чараково The village of Carakovo	Приједор Prijedor	21.0	1.0
8	Влајићка вода Vlajicka voda	Теслић Teslic	18.0	0.1

У мањој мјери приоритети су:

- Зона јурско – кредних флишева (подручје Шехера – Топлице; зона јужно од Бање Луке);

- Унско – сански палеозоик;

Other priorities, but to a lesser extent, are:

- The zone of Jurassic and Cretaceous flysch (the area of Seher – Toplice; a zone south of Banja Luka);

- The Una-Sana Palaeozoic;

- Дурмиторски блок југоисточног дијела Републике Српске;

- Палеозоик источног дијела Републике Српске са масивом интермедијарних вулканита и пратећих туфова.

Можемо констатовати да су на географском простору Републике Српске релативно честе појаве љековитих минералних, термалних и термоминералних вода. У контексту валоризације хидрогеотермалних потенцијала Републике Српске, након комплексне анализе коришћења тих извора у свијету и на географском простору Републике Српске, суочавамо се са слједећим чињеницама:

- хидрогеотермална енергија данас у свијету представља чист и обновљив извор енергије, али у, до сада, проведеним истраживањима у Републици Српској/Босни и Херцеговини нису ријешена бројна питања од функционалног значаја за свеобухватније дефинисање и искоришћење поменутог ресурса:

- Приоритет коришћења хидрогеотермалних ресурса фокусиран је данас у свијету у смислу могућности производње електричне енергије; објективно, Република Српска је далеко од тога да њена енергетска производња хидрогеотермалне енергије има доминантније учешће у укупној производњи електричне енергије у Републици Српској;

- Анализом основних геотермалних параметара, геотермалног градијента и терестичког топлотног тока, на основу којих се одређује потенцијал неког простора у погледу могућности коришћења геотермалне енергије, за географски простор Републике Српске можемо закључити : а) геотермални мјерни градијенти неравномјерно прекривају простор Републике Српске, тако да досадашње карте геотермалних градијената (претпостављене изолиније) треба узети са одређеном резервом; б) дефинисана изолинија топлинског тока карактеристична је само за простор Републике Српске сјеверно од линије Нови Град – Бања Лука – Добој – Зворник (80 – 90 mW/m<sup>2</sup>); претпостављена изолинија топлонског тока иде линијом Приједор – Бања Лука – Зворник

- The Durmitor block in the south-east of the Republic of Srpska;

- The Palaeozoic in the east of the Republic of Srpska with a massif of intermediate volcanic rocks and tuffs

We can say that in the geographic area of the Republic of Srpska the occurrence of medicinal mineral, thermal and thermo-mineral waters is relatively frequent. In the context of valuation of geothermal potentials of the Republic of Srpska, after a complex analysis of the utilisation of such springs in the world and in the geographic area of the Republic of Srpska, we face the following facts:

- Today, geothermal energy represents a clean (environmental) and renewable source of energy. However, in researches conducted so far in the Republic of Srpska/Bosnia and Herzegovina, numerous issues of functional significance for a more comprehensive definition and utilisation of the resource have not been resolved;

- The priority of the utilisation of geothermal resources in the world today is focused upon the possibilities for the production of electrical energy. Objectively, the Republic of Srpska is far from having its production of geothermal energy take a bigger share in the total production of electric energy in the Republic of Srpska;

- By analysing the basic geothermal parameters, geothermal gradient and terrestrial heat flow, based on which the potential of an area for the utilisation of geothermal energy is determined, for the geographic area of the Republic of Srpska it can be concluded that: а) geothermal gradients cover the area of the Republic of Srpska unevenly, hence the past geothermal gradient maps are to be taken with a certain reservation; б) defined heat flow isoline is typical only of the area of the Republic of Srpska north of the railway line Novi Grad – Banja Luka – Doboј – Zvornik (80 – 90 mW/m<sup>2</sup>); a supposed heat flow isoline goes along the line Prijedor – Banja Luka – Zvornik and further south (20 – 70 mW/m<sup>2</sup>). In this case as well, the isolines should be taken with a certain

и јужније (20 – 70 mW/m<sup>2</sup>). И у овом случају претпостављене изоленије треба узети са одређеном резервом.

- Коришћење хидрогеотермалних ресурса Републике Српске везано је углавном за хидрогеотермалне ресурсе нижих температура (до 75°C), а то није одговарајуће садашњој носивости и вриједностима термалних и термоминералних вода. Истраживања, чији је циљ поливалентно коришћење термалних вода настављена су на простору Семберије (БИЈ – 1, 2479 m, Бијелина).

- При садашњим капацитетима термоелектрана у Републици Српској и Босни и Херцеговини (ТЕ „Гацко“, ТЕ „Угљевик“, ТЕ „Какањ“ и ТЕ „Тузла“) и хидроелектрана (ХЕ „Бочац“, ХЕ „Вишеград“, ХЕ на Требишњици (Требиње I, Требиње II, ХЕ „Јабланица“ и ХЕ на Неретви: Грабовица, Салаковац и Мостар и ХЕ „Чапљина“) електрична енергија представља један од најважнијих извозних артикала Уз развој мреже МХЕ (малих хидроелектрана), поставља се оправдано питање инвестирања у скупе технологије производње електричне енергије из хидрогеотермалних ресурса. На територији Босне и Херцеговине регистровано је око 1000 сталних водотока, од чега већина спада у мале водотоке. На њима, али и на средњим водотокима могуће је изградити више стотина МХЕ. Процијењена снага са оваквих енергетских објеката износи и до 700-800 MW, а могућа производња и до 2400 GWh. Влада Републике Српске је, од 2002. године, потписала 107 уговора са 47 концесионара о градњи МХЕ на сливовима ријека Врбаса, Босне и Дрине. Изграђене су МХЕ „Дивич“, на ријеци Врбањи и МХЕ „Новаквићи“ на ријеци Угру (International Finance Corporation – IFC, 2009).

Колика је производња електричне енергије у МХЕ у Републици Српској, у појединим временски периодима, зависи првенствено од вриједности падавина. Према извјештају Регулаторне комисије за енергетику Републике Српске, за 2012. годину, МХЕ су имале половичну производњу струје (Табела 4).

doubt.

- The utilisation of geothermal sources of the Republic of Srpska refers mainly to hydrothermal resources of lower temperatures (up to 75°C), which does not match the current capacity and value of thermal and thermo-mineral waters. The researches, whose aim is the polyvalent utilisation of thermal waters, have been continued in the area of Semberija (BIJ – 12479 meters, Bijeljina).

- With the current capacities of thermal power plants in Bosnia and Herzegovina (TPP “Gacko”, TPP “Ugljevik”, TPP “Kakanj”, and TPP “Tuzla”) and hydropower plants (HPP “Bocac”, HPP “Visegrad”, HPP on the Trebisnjica river (Trebinje I, Trebinje II, HPP “Jablanica”, and HPP on the Neretva river (Grabovica, Salakovac and Mostar) and HPP “Capljina”), electrical energy is one of the most important export products. Considering the development of a network of small hydropower plants (SHPP), a reasonable question comes to mind of the legitimacy of investing in expensive technology for the production of electrical energy out of geothermal resources. On the territory of Bosnia and Herzegovina, there is about 1,000 constant watercourses registered, most of which are classified as small watercourses, and it is possible to build over a hundred SHPP on them, as well as on medium watercourses. The estimated force of these facilities amounts to 700-800 MW, and potential production even up to 2400 GWh. Since 2002, the Republic of Srpska Government has signed 107 contracts with 47 concessionaires for the construction of SHPPs on the Vrbas, Bosna and Drina rivers. And SHPP “Divic” on the Vrbanja river and SHPP “Novakovici” on the Ugar river have been built (International Finance Corporation – IFC, 2009).

The amount of electrical energy production in the SHPPs in the Republic of Srpska in particular time intervals is dependent primarily on precipitation values. According to the reports of the Regulatory Commission for Energy of Republic of Srpska for 2012, SHPPs produced half of the electricity planned (Table 4).

Таб. 4. Производња електричне енергије у МХЕ у Републици Српској (у GWh) у 2012. години  
 Tab. 4. The production of electrical energy in SHPPs in the Republic of Srpska (in GWh) for 2012

МХЕ SHPP	ПЛАН Plan	ОСТВАРЕЊЕ Realisation	%
Месићи/Mesici	18.122	13.089	72.22
Богатићи/Bogatici	22.002	10.736	48.79
Тишча/Tisca	4.17	3.92	94.00
Власеница/Vlasenica	5.35	3.90	72.89
Штрпци/Strpci	0.25	0.21	84.00
Сућеска 1 и 2 Suceska 1 and 2	11.65	3.78	32.44
Дивич/Divic	4.43	3.08	69.52
Бистрица/Bistrica	14.45	4.3	29.75
Новаковићи/Novakovici	---	1.03	---
<b>УКУПНО/TOTAL</b>	<b>80.424</b>	<b>44.045</b>	<b>54.76</b>

У поређењу са подацима производње електричне енергије МХЕ, у Републици Српској у 2012. години најбољи резултати евидентирани су у ТЕ „Гацко“ и ТЕ „Угљевик“, гдје је произведено 3251.70 GWh електричне енергије, односно 98.45% плана. Није испуњен ни укупни план у ХЕ на Требишњици, Дрини и Врбасу. На ове три ХЕ, у 2012. години, је произведено 1836.22 GWh електричне енергије, односно 86.37% од 2126.11 GWh, колико је било планирано.

Остале значајне појаве (Табела 3.). Поред наведених појава термалних и термоминералних вода на територи Републике Српске, неопходно је поменути термоминералне воде које су регистроване током бушења нафтне бушотине (1275 метара) у подручју Домаљевца (насеље лоцирано између Шамца и Орашја). Према подацима Катастра минералних, термалних и термоминералних вода температура воде, у бушотини која је завршила у слојевима тријаске старости, је износила око 86.1°C.

Појаве термалних вода регистроване су такође у подручју Перин-града, у кањону ријеке Дрињаче, између ниских планина Вис (763m н.в.) и Лемино брдо (613 m н.в.) . Температура воде је износила око 27°C. На локацији Рашева, између коте Удрч (1042m н.в.) и коте Соколина (507 m н.в.) на подручју општине Милићи, на десној обали ријеке

In comparison to the data of the energy production of the SHPPs, the best results in the Republic of Srpska for 2012 have been recorded in TPP “Gacko” and TPP “Ugljevik”, which produced 3251.70 GWh of electric energy, that is 98.45% of the planned production. Neither have HPPs on the Trebisnjica, Drina and Vrbas rivers produced the entire planned amount. In 2012, these three HPPs produced 1836.22 GWh of electrical energy, that is 86.37% out of the planned 2126.11 GWh.

Other important occurrences (Table 3.). Besides the aforementioned occurrences of thermal and thermo-mineral waters on the territory of the Republic of Srpska, it is necessary to mention thermo-mineral waters registered during oil drilling (1275 meters) in the area of Domaljevac (located between Samac and Orasje). According to the data provided by the Cadastre of Mineral, Thermal and Thermo-mineral Waters, the water temperature in the borehole that reached the Triassic layers was around 86.1°C.

The occurrences of thermal waters have also been registered in the area of Perin-grad in the canyon of the Drinjaca river between the low mountains Vis (763 m above sea level) and Lemino brdo (613 m above sea level), with the water temperature around 27°C. In the locality of Rasevo, between the elevations of Udrc (1042 meters) and Sokolina (507 meters) in the area of

Дрињаце, регистроване су појаве вода од око 23°C. На подручју општина Мркоњић Град, Рогатица, Соколац и Рудо регистроване су воде са температуром од 15 – 18°C.

the municipality of Milici, on the right bank of the Drinjaca river, the occurrences of waters with the temperature around 23°C have been registered. Whereas the waters with a temperature between 15 and 18°C have been registered in the area of the municipalities of Mrkonjic Grad, Rogatica, Sokolac and Rudo.

#### ЗАШТИТА ТЕРМАЛНИХ И ТЕРМОМИНЕРАЛНИХ ВОДА И МОГУЋНОСТИ ЊИХОВЕ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ

#### THE PROTECTION OF THERMAL AND THERMO-MINERAL WATERS AND THE POSSIBILITIES OF THEIR VALUATION

Један од најактуелнијих и најакутнијих проблема животне средине је загађивање хидросферног комплекса. Хумана популација је све више свјесна чињенице да будућност наше планете зависи од количине, али и од квалитета воде. Присутна вода (PV) на неком простору/подручју је искључиво геофизичка категорија, која се дефинише као:  $[PV = (L, Q, K)]$ , односно матричким структурама које дефинишу: L – локацију воде, Q – количину воде и K – квалитет воде. Термалне, термоминералне и минералне воде представљају значајан водни ресурс Републике Српске. Водни ресурс је у суштини социјална, економска и енвайронментална/еколошка категорија. Наиме водни ресурс подразумијева постојање услова за експлоатацију и заштиту квалитета вода, чиме јасно долазимо до кључне синтагме употребљива вода. Уколико само један од геогених или антропогених параметара не задовољава стандарде и мјерила квалитета и квантитета за безбједно коришћење вода на одређеном подручју, тешко да се може реализовати адекватан водопривредни систем. Најважнији услови који дефинишу обим и вријеме коришћења вода су : геолошки, петрографски, физичкогеографски, економскогеографски, хидрографевински, као и услови заштите хидросферног комплекса. Сваки од наведених услова се може евалуирати у складу са националним и међународним оквирима за стратешка опредјељења у области вода, односно у области геосфера и геокомпоненти географског омотача.

One of the most burning and acute environmental problems is the pollution of the hydrosphere. The human population is becoming increasingly aware of the fact that the future of our planet depends on the amount and, even more so, the quality of the water which will be at our disposal in the future. The water presence (WP) in an area is an exclusively geophysical category, defined as:  $[WP = (L, Q, K)]$ , that is, by the matrix structures that define: L – water location, Q – the amount of water, and K – the quality of water. Thermal, thermo-mineral and mineral waters are considered a valuable water resource of the Republic of Srpska. The water resource is basically a social, economic and environmental/ecological category, and implies the potential for the exploitation and preservation of the quality of water, which brings us to the key phrase – the usable water. If there is just one of the geogenic and anthropogenic parameters that does not satisfy the standards and measurements of the quality and quantity for the safe utilisation of waters in a certain area, it will be difficult to create an adequate water management system. The most important conditions which define the scope and time of the utilisation of waters are: geological, petrographic, physico-geographical, economic and geographical, hydro-constructional, as well as the conditions for the hydrosphere protection. Each of these conditions can be evaluated in accordance with the national and international frameworks for the strategic decisions in the domain of waters, that is, in the domain of the geospheres and geocomponents of the geographic



Логично је да се услови за коришћење вода мијењају, зависно од природних и људских активности, зависно од потреба и намјене.

Проблем воде се на почетку трећег миленијума посебно наглашава, и то из два разлога: притисак на воду као природни ресурс је све интензивнији а преко ње се добрим дијелом преламају проблеми и у осталим сферама географског омотача. Заштита квалитета водених станишта и заштита од штетног дјеловања вода (спровођење активности и мјера у циљу смањења или спречавања угрожености људи и материјалних добара од штетног дјеловања вода и отклањања посљедица њиховог дјеловања – поплаве, лед на водотоцима, заштита од ерозије и бујица и др.) је један од приоритетних задатака. Имајући у виду наведене чињенице један од најбитнијих закључака Даблинске конференције (Development issues for the 21st century, Dublin, 1992) био је да је „одрживост /усклађеност постала базни принцип свих развојних стратегија, посебно у домену развоја водних ресурса“.

Могућа загађења термалних и термоминералних вода. Термалне и термоминералне воде имају изузетан значај за привредни развој Републике Српске, тако да свако загађење ових вода има дугорочне посљедице. Загађеност у првом реду погађа фреатске издани гдје се ефлуенти релативно лако инфилтрирају и могу да задрже дужи временски период.

Наиме, развој канализационе инфраструктуре и санитације насеља (изградња неопходних просторија у којима се одржава лична хигијена) у Републици Српској је знатно каснио иза водоснабдијевања становништва и водоснабдијевања привреде тих истих насеља. Посљедице су за многа насеља биле катастрофалне: инфраструктуром којом се обезбједило водоснабдијевање енормно је повећана количина отпадних вода у тим насељима због непостојања савремених система за одвођење отпадних вода. То је, наравно, доводило и доводи до излијевања отпадних вода из септичких јама и њима

mantle.

It is logical that the conditions for the utilisation of waters change, depending on the natural and human activities, as well as on the needs and purposes. The problem of water is particularly emphasised at the beginning of the third millennium for two reasons: the pressure on water as a natural resource is becoming more and more intensive, and it partly entails the problems in the other spheres of the mantle. One of the priority tasks is the protection of the aquatic habitat quality and the protection from the harmful effects of water (the implementation of the activities and measures with the purpose of reduction and prevention of the endangerment of people and the material goods from harmful effects of water and the elimination of the consequences of their effects – the floods, ice on watercourses, protection from erosion and torrents, etc.). Taking these facts into consideration, one of the most important conclusions of the Dublin conference (Development issues for the 21st century, Dublin, 1992) was that “the sustainability/compatibility became a basic principle of all development strategies, especially in the domain of the water resources development“.

The possible pollution of thermal and thermo-mineral waters. Thermal and thermo-mineral waters are very significant for the economic progress of the Republic of Srpska, therefore, every form of pollution of these waters has long-term consequences. The pollution primarily affects the phreatic aquifers into which the effluents are infiltrated easily and in which they can stay for a longer period of time.

Namely, the development of sewage infrastructure and sanitation of the communities (the construction of the necessary premises for the maintenance of personal hygiene) in the Republic of Srpska came much later than the water supply for the inhabitants and the economy of those very communities. The consequences were disastrous for many communities: with the infrastructure that provided the water supply, the amount of wastewater increased because there were no modern wastewater disposal systems. That of course led and still leads to the wastewater

сличних импровизованих рецепијената, а одатле до подземних вода пут ефлуентима није био далек.

Подземне воде угрожавају и дисперзивни (расути) извори загађења, прије свега они из пољопривреде (вјештачка ђубрива). Дисперзивна загађења из пољопривреде су пропорционална са настојањима да се повећају приноси многих култура уз употребу све већих количина хемијских средстава. Њихова употреба је масовна, посебно пестицида и хербицида. Стални раст хумане популације, уз истовремено смањење обрадивих површина (урбанизација, индустријализација и миграције село – град) детерминишу нови приступ у пољопривредној производњи, односно трансформацију екстензивне пољопривредне производње у интензивну производњу. Ништа мања опасност нису ни лоше лоцирана сеоска ђубришта (стајско ђубриво) и пољски WC-и, који су често извор заразних обољења, првенствено домицилног становништва.

Бројни индустријски објекти, мала и средња предузећа, занатске радионице, али и неке активности домаће радиности испуштају отпадне/загађене воде у бројне површинске токове, ријечне канале и вјештачке и природне акумулације. У сушном периду, при ниском стању подземних вода, из споменутих водних тијела се наводњава издан а могући ефлуенти инфилтрирају се у издан и загађују је. Овај утицај је посебно изражен код акумулација које се формирају на алувијалним ријекама, са ниским приобаљем. Режији подземних вода у зони ниских приобаља долинских ријека морају се контролисати заштитним системима који обезбјеђују максималну заштиту од загађивања. Системе за заштиту приобаља треба рјешавати вишенамјенски.

Водни ресурси се могу непромишљеним акцијама минимизирати а понекад и обезвриједити за одређене намјене. Посебно се то односи на подземне воде у одређеним алувијумима, јер су то стационарне хидролошке компоненте, и могу се користити само на мјесту формирања. Услов за њихово коришћење у одређеном временском периоду

discharge from the cesspits and similar improvised recipients, and from there it is a short way for the effluents to reach ground waters.

Ground waters are also endangered by the dispersed sources of pollution, primarily those coming from agriculture (fertilisers). The dispersed agricultural pollution is proportional to the endeavours to increase the yield of numerous crops by the utilisation of an increasing amount of chemicals. Their usage is widespread, particularly that of the pesticides and herbicides. The ever-growing human population, along with the simultaneous reduction of arable land (urbanisation, industrialisation and country-to-city migrations) determine a new approach in the agricultural production, that is, the transformation of the extensive agricultural production to the intensive one. The poorly located rural dungyards (manure) and the field toilets, which are often a source of the infectious diseases for the domiciled inhabitants mainly, present no lesser danger.

Numerous industrial facilities, small and medium-size enterprises, craft stores and households discharge waste/contaminated waters into numerous surface waters, rivers canals and artificial and natural reservoirs. During drought, when the state of ground waters is at a low level, the above mentioned water bodies irrigate the aquifer, while the potential effluents are infiltrated, thus causing the contamination of the aquifer. This effect has been especially pronounced in reservoirs that are formed at the alluvial rivers with low bank areas. The ground waters regime in the low bank area of lowland rivers should be controlled by the protection systems that provide the maximum protection from pollution. The systems for bank protection should be addressed in versatile ways.

Careless activities may lead to the water resources reduction or to their misuse for certain purposes. This is particularly applied to the ground waters in certain alluvia since they are stationary hydrological components, and can only be used at the place of their formation. By preventing the usurpation of the area and the construction of the aforementioned facilities/ contents that will diminish the quality of ground

јесте њихова заштита од узурпације тог простора и спречавање изградње оних објеката/ садржаја који ће (евентуалним) испуштањем ефлуената обезбриједити квалитет подземних вода.

У циљу заштите изворишта термалних и термоминералних вода од свих врста загађења, те других штетних утицаја, потребно је успоставити одговарајући режим заштите изворишта вода. Услови за успостављање режима заштите прописани су Правилником о мјерама заштите, начину одређивања и одржавања зона и појасева санитарне заштите, подручја на којима се налазе изворишта, као и водних објеката и вода намијењених људској употреби (Службени гласник РС 07/03), те утемељени на новом Закону о водама (Сл. Гласник РС 50/06), чланови 70 до 75. У складу са наведеним Правилником потребно је успоставити следеће зоне санитарне заштите изворишта термалних, термоминералних и минералних вода:

- Зона непосредне санитарне заштите
- Зона уже санитарне заштите
- Зона шире санитарне заштите

Заштитне зоне одређене су у складу са Законом о водама (Сл. Гласник РС бр. 50/06), Законом о заштити вода (Службени гласник РС 53/02) Законом о заштити животне средине (службени гласник РС 53/02), Законом о управљању отпадом (Службени гласник РС 53/02) и Правилником о мјерама заштите, начину одређивања и одржавања зона и појасева санитарне заштите, подручја на којима се налазе изворишта, као и водних објеката и вода намијењених људској употреби (Службени гласник РС 07/03), а сходноведеној геолошкој, тектонској, хидрогеолошкој и геоморфолошкој анализи терена истраживања.

Одлуком о заштити изворишта утврђују се мјере заштите. Те мјере дефинишу заштиту и очување квантитативних и квалитативних карактеристика вода изворишта.

Могућности коришћења термалних и термоминералних вода у Републици Српској. Непосредно коришћење хидрогеотермалне енергије на нашим просторима је ограниченог

waters by the effluents infiltration, we generate a requirement for their usage in a given period.

In order to protect thermal and thermo-mineral springs from any kind of pollution and other harmful effects, it is necessary to establish an adequate spring protection regime.

Requirements for the protection regime establishment are stipulated by the Rulebook on protection measures, the manner of identifying and maintaining the zones and localities of sanitary protection, areas with water springs, water facilities and water intended for human usage (the Official Gazette of the Republic of Srpska, No. 07/03), and are based on the Law on Water (the Official Gazette of the Republic of Srpska No. 50/06), Articles 70-75. Pursuant to the aforementioned Rulebook, it is necessary to define the following zones of sanitary protection for thermal, thermo-mineral and mineral springs:

- The zone of close sanitary protection
- The zone of restricted sanitary protection
- The zone of wider sanitary protection

The protection zones are determined in accordance with the Law on Water (the Official Gazette of the Republic of Srpska, No. 50/62), the Law on Water Protection (the Official Gazette of the Republic of Srpska, No 53/02), the Law on Environmental Protection (the Official Gazette of the Republic of Srpska, No. 53/02), Waste Management Act (the Official Gazette of the Republic of Srpska, No. 53/02) and by the Regulations on the protection measures, the manner of identifying and maintaining the zones and localities of sanitary protection, areas with water springs, water facilities and water intended for human usage (the Official Gazette of the Republic of Srpska, No. 07/03), and in accordance with the geological, tectonic, hydrogeological and geomorphological analysis of the area studied. The protection measures are determined by the Decision on the spring protection. Those measures define protection and preservation of the quantitative and qualitative spring characteristics.

The possibilities of thermal and thermo-mineral water usage in the Republic of Srpska. The direct usage of geothermal energy in our regions is of limited intensity and usually within

интензитета и у оквиру је индивидуалних пројеката. Нагласак је на коришћењу тих вода у пољопривреди, првенствено гријање стакленика. Евидентно је да се користе хидрогеотермални ресурси температура до 75°C. Може се констатовати да степен коришћења термалних и термоминералних вода није у складу са обимом досадашњих истраживања тог водног ресурса.

Хидрогеотермални потенцијал се, за сада, користити за потребе:

- узгоја рибе, балнеологије, рекреације, загријавања земљишта, сточарства и сл.
- топлификације, уз коришћење топлотних измјењивача, рекреативне сврхе и издвајање гаса CO<sub>2</sub>.

Постоје одређене индикације да се на појединим локалитетима термалне воде могу искористити и за производњу електричне енергије (путем бинарних система). У том контексту прихватљиве су температуре термалних вода у распону од 140 – 200°C (подручје Семберије). У будућности, може се говорити о оправданости улагања и коришћења хидрогеотермалне енергије, с обзиром на главне стратешке одреднице: енергетика, туризам, индустрија и пољопривреда (Геотермални атлас Републике Српске, 2012).

## ЗАКЉУЧАК

Термалне, термоминералне, минералне и изворске воде појављују се на великом броју, до сада, утврђених локација у Републици Српској. Те воде су значајан физиогени природни ресурс, који још није у потпуности истражен и примјенљив, у складу са квалитетом и потенцијалом. Број и диверзитет генетских типова условљени су комплексом геолошко – хидрогеолошких својстава географског простора Републике Српске и Босне и Херцеговине. Република Српска, према свим релевантним показатељима досадашњих истраживања, располаже са минералним, термоминералним водама и термалним водама, које се по низу параметара

the individual projects. The emphasis is on the usage of these waters mainly in agriculture, primarily for heating greenhouse facilities. It is clearly evident that the hydrothermal resources with the temperature of 75 oC are used. It could be ascertained that the level of thermal and thermo-mineral water usage is not consistent with the scope of the past research on that water resource. The hydrothermal potential, at least for now, is used for the following purposes:

- pisciculture, balneology, recreation, soil warming , livestock, etc.
- heating system, the usage of heat exchangers, recreation and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) extraction.

There are some indications that the thermal waters in certain areas can be used for the generation of electricity (via binary systems). In that sense, the temperatures of the thermal waters ranging from 140- 200 °C are acceptable (the area of Semberija).

In the future, we can discuss the viability of investments and the usage of geothermal energy, apropos of the main strategic guidelines: energy, tourism, industry and agriculture (The Geotermal Atlas of the Republic of Srpska).

## CONCLUDING REMARKS

Thermal, thermo-mineral and mineral spring waters appear in a large number locations identified so far in the Republic of Srpska. These waters present an important natural resource that is not fully explored and applied in relation to its quality and potential. The number and diversity of the genetic types are conditioned by a series of geologic and hydrogeologic characteristics of the geographic area of the Republic of Srpska and the Federation of Bosnia and Herzegovina. According to the relevant indicators of the previous research, the Republic of Srpska has thermal, thermo-mineral and mineral waters at its disposal, which, according to some parameters, are classified as an important resource for the

могу сврстати у важан ресурс одрживог развоја Републике Српске. За сада, наведене воде имају вишеструку примјену у балнео терапији, за флаширање, за развој туристичких центара (аква паркови, wellness центри, итд.), интензивну повртарску у стакленицима, за гријање стамбених и других просторија, као конверзија за друге видове енергената.

sustainable development of the Republic of Srpska. For the time being, the above stated waters have multiple purposes: balneotherapy, bottled water, development of tourist centers (aqua parks, and wellness centers, etc), the use in greenhouse facilities heating system in residential objects, as well as the substitute for other forms of energy.

#### ЛИТЕРАТУРА/BIBLIOGRAPHY

1. Министарство индустрије, енергетике и рударства Републике Српске (2012). *Геотермални атлас Републике Српске*, Зворник: Вадком
2. Црногорац, Б. Ч. (2009). *Хидрологија I – подземне воде*. Бања Лука: Природно-математички факултет
3. Дукић, Д., Гавриловић, Љ. (2006). *Хидрологија*. Завод за уџбенике и наставна средства
4. Коматина, М. (1984). *Хидрогеолошка истраживања I – Методе истраживања*. Београд: Геозавод
5. Крешић, Н. (1991). *Квантитативна хидрогеологија карста са елементима заштите подземних вода*. Београд: Научна књига
6. Леко, А. (1936). Хемиска анализа минералних вода. *Бање – морска и климатска места у Југославији*, стр. 47 – 57. Београд
7. Николић, П. (1988). *Основе геологије*, Научна књига, Београд
8. Сребреновић, Д. (1986). *Примијењена хидрологија*. Загреб: Техничка књига
9. Влада Републике Српске, (2006). Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, Републичка дирекција за воде – Бијелина, Оквирни план развоја водопривреде Републике Српске