

**UNIVERZITET PRIVREDNA AKADEMIJA
U NOVOM SADU**



DOKTORSKA DISERTACIJA

**Ekonomski i energetska efekti korišćenja
geotermalne energije u agrobiznisu Vojvodine**

Mentor

Doc. dr Radivoj V. Prodanović

Doktorand

Mr Zoran Janković

Novi Sad, 2019.

UNIVERSITY BUSINESS ACADEMY IN NOVI SAD
Faculty of Economics and Engineering Management
in Novi Sad

DOCTORAL DISSERTATION

Economic and Energetic Effects of Geothermal Energy Usage
in the Agribusiness Sector of the Vojvodina Region

Mentor

Radivoj V. Prodanović, Ph.D.

Doctoral student

Zoran Janković, M.Sc.

Novi Sad, 2019.

UNIVERZITET PRIVREDNA AKADEMIJA U NOVOM SADU
Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment u Novom Sadu

KLJUČNI PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Vrsta rada:	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora:	Mr Zoran Janković
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje, institucija)	Doc. dr Radivoj Prodanović Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment u Novom Sadu
Naslov rada:	“Ekonomski i energetske efekti korišćenja geotermalne energije u agrobiznisu Vojvodine”
Jezik publikacije (pismo):	Srpski jezik – latinica
Fizički opis rada:	Uneti broj: Stranica - 210 Poglavlja - 9 Referenci - 116 Tabela - 18 Slika - 33 Grafikona – 11 Shema - 15
Naučna/umetnička oblast:	Industrijsko inženjerstvo i inženjerski menadžment Agronomija, tehnologija i inženjerski menadžment
Predmetna odrednica, ključne reči:	Ekonomski efekti, energetske efekti, geotermalna energija, agrobiznis, agroekoturizam, balneologija, AP Vojvodina.
Izvod (apstrakt ili rezime) na jeziku završnog rada:	Geotermalna energija predstavlja jedan od najvažnijih, ali istovremeno i slabo iskorišćenih resursa. Postoji potencijal i mogućnost za eksploataciju geotermalne vode na skoro celoj teritoriji AP Vojvodine. Geotermalna energija se veoma malo koristi i pored toga što po raspoloživim potencijalima spadamo u područja sa bogatijim izvorima. Geotermalna energija može da se koristi u agrobiznisu za zagrevanje zaštićenog prostora, stajskih objekata, domaćinstava, ribnjaka, objekata za proizvodnju, preradu, sušenje, dehidraciju, obradu i čuvanje voća, povrća, cveća, gljiva, za navodnjavanje, balneološke svrhe, sportsko-rekreativne

namene i u agroekoturizmu. Primena geotermalne energije za grejanje u poljoprivredi može da dovede do povećanja prinosa, kao i do smanjenja operativnih troškova, posebno u hladnijim predelima. Primena geotermalne energije ima izuzetan značaj u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, s obzirom da je jedan od principa korišćenje obnovljivih izvora energije. Zagrevanje putem geotermalne energije dovede do redukcije potrošnje fosilnih goriva i pada cene ostalih energenata.

Geotermalna energija se u prehrambenoj industriji koristi za sušenje, isparavanje, pranje i održavanje higijene, pasterizaciju mleka, preradu mesa i ribe, sterilizaciju opreme. Sušenje voća, povrća i ribe predstavlja jednu od najšire korišćenih oblasti primene geotermalne energije u prehrambenoj industriji. Koristi se za rasvetu, hlađenje i napajanje pumpi, kompresora, transportera, ventilatora, mašina za sečenje mesa, za obradu, pakovanje i preradu vode.

Predmet istraživanja je zastupljenost geotermalne energije i ocena njene energetske i ekonomske efikasnosti u agrobiznisu AP Vojvodine.

Cilj istraživanja je da se utvrdi energetska potencijal, odnosno nivo i mogućnost korišćenja geotermalne energije u agrobiznisu Vojvodine, kao i da se predstave ekonomski i ekološki efekti.

U istraživanju se primenjuje kombinacija kvantitativno-kvalitativnih metoda, indukcija i dedukcija, analiza i sinteza, apstrakcija i generalizacija, metod deskripcije, statistički metod, komparativna analiza i dr. Primeniće se metod posmatranja sa učestvovanjem. Koristiće se i metod studije slučaja i desk-research metod.

Rezultati istraživanja pokazuju da Republika Srbija ima veliki potencijal geotermalnih izvora (preko 100 MW/m²), iako je on mnogo veći, ako se posmatra proizvodnja hrane, električne energije i dr. Republika Srbija raspolaže s 360 izvorišta termalnih i termomineralnih voda, od kojih je samo 10 % iskorišćeno.

Na teritoriji Republike Srbije postoje važna izvorišta geotermalnih voda (više od 80 geotermalnih izvora i bušotina ukupne toplotne snage oko 120 MW). Ukupne rezerve kojima Republika Srbija raspolaže jesu značajne, ali rezerve geotermalne energije nisu iskorišćene u dovoljnoj meri. One iznose oko 220 MW toplotne snage, a instalirana snaga svih kapaciteta, koji eksploatišu geotermalnu energiju iznosi oko 90 MW i koriste se u najvećoj meri za balneološko-rekreativne potrebe.

AP Vojvodina obiluje velikim bogatstvom geotermalnih izvora. U periodu 1969-1996. godine u AP Vojvodini načinjene su 72 bušotine, a u periodu od 1997. do 2008. godine izbušeno je još 6 bušotina. Ukupna toplotna snaga hidrotermalnih bušotina iznosi prema podacima "NIS Naftagas" iz 2005. godine za 54 hidrotermalne bušotine - 72,579 kW.

Uzroci minimalnog korišćenja nisu u tehničkim rešenjima i tehnologiji korišćenja, već u nedostatku finansijskih sredstava, znanja i projekata. Nedovoljna integrisanost naučnih i proizvodnih organizacija, nedostatak toplotnih pumpi, relativno veća početna ulaganja, izostanak stimulativnih mera finansijske podrške i poreske politike negativno utiče na korišćenje geotermalne energije.

Stavljanje u funkciju postojećih bušotina zahteva da se uradi konkretan tehno-ekonomski program svih instalacija, rekonstrukcije i popravke, razgovor sa ugovornim korisnicima i iznalaženje novih korisnika i investitora.

Korišćenje geotermalne vode u proizvodnji Tilapije i Afričkog soma eksperimentalno je potvrdilo da je moguće uspešno gajiti ove vrste riba u našim uslovima. Dosadašnji rezultati pokazuju da direktno grejanje vode u ribnjacima, korišćenjem različitih energenata, zbog visokih cena nije ekonomski održivo, pa se korišćenje geotermalne energije nameće kao ekonomično rešenje.

Geotermalna energija može biti veoma korisna u organskoj poljoprivredi, s obzirom da je jedan od principa korišćenje obnovljivih izvora energije. U agrobiznisu na području AP Vojvodine, korišćenje geotermalne energije skoro da i nije zastupljeno.

Potencijal geotermalnih izvora nije u celini iskorišćen, ni sa aspekta turističke tražnje. Raspoložive termomineralne vode u AP Vojvodini pružaju više mogućnosti za razvoj postojećih banja i izgradnju novih banja.

Geotermalna energija je veliki potencijal za dugoročni, sigurni razvoj održive poljoprivredne proizvodnje i prehrambene industrije, kao i drugih delatnosti.

Takođe, geotermalna energija je svojevrsan odgovor na klimatske promene, nestabilne i rastuće cene konvencionalnih goriva, koja poskupljuju proces poslovanja. Cena korišćenja geotermalnih postrojenja je značajno niža od cene sistema za korišćenje konvencionalnih

energenata. Ekonomska analiza, koja uvažava najnovije smernice ekoloških zahteva, neophodnosti bušenja i opremanja bušotine, pokazuje da su bušotine iznad 40 °C i jakog izliva oko 60 m³/h rentabilne, pod uslovom da je potrošač sposoban koristiti ceo potencijal bušotine preko 6000 ha/god.

Cene geotermalne energije su niže od mnogih drugih energenata. Visoki početni troškovi, rizik od istražnog bušenja, neujednačena politika subvencija i tražnja govore da je geotermalna energija procenjena, kao najjeftiniji izvor energije 2019. godine.

Studije o uporednim troškovima različitih izvora energije pokazuju da je geotermalna energija pristupačan izvor energije i da je cena povoljnija u odnosu na druge tehnologije (osim energije iz malih hidroelektrana), koje su trenutno dostupne.

Na području naselja Kupinovo od 1982-1985. godine izvršena su opsežna istraživanja, radi sagledavanja opravdanosti ulaganja u eksploataciju geotermalnih izvora u agrobiznisu, balneologiji i u sportsko-rekreativne namene. Najperspektivniji prostor za dobijanje termalne vode prema proceni, predstavlja potez istočno od Kupinova, u pravcu sela Progara, duž leve obale Save. Na području Kupinova napravljene su dve hidrotermalne bušotine, Kup-1/H i Kup-2/H. Finansiranje realizacije bušenja i istraživanja projekata izvršio je NIS-Naftagas iz Novog Sada. Bušotine su pokazale izvanredne rezultate. Predstavnici sela predložili su da se geotermalna enerija iskoristi za potrebe postojećeg toplog kupatila. Nedostatak finansijskih sredstava uticao je da se realizacija projekta odloži. Bušotina je konzervisana, ali se može brzo dekonzervirati i privesti nameri eksploatacije u agrobiznisu. Imajući u vidu da su pomenute bušotine konzervirane, one bi se uz mala ulaganja mogle osposobiti za eksploataciju i zagrevanje staklenika, koji bi se podigli u neposrednoj blizini. To je najekonomičnije rešenje, pod uslovom da je udaljenost plastenika do 2 km.

Povoljna lokacija za iskorišćavanje geotermalne vode nalazi se severno od Starog Bečeja (Medenjača i Veliki Rit) i severozapadno od Novog Bečeja (Ljutovo - Veliki Rit). To bi bile optimalne lokacije za bušenje novih bušotina, imajući u vidu zahteve za efikasnom i ekonomičnom stakleničkom proizvodnjom.

Geotermalna voda u Kupinovu se u skladu sa svojim karakteristikama

	<p>može koristiti i kao pijaća, dok je sa vodom u Bečeju drugačiji slučaj. Ova voda ima povećane količine rastvorenih mineralnih materija (4 g/l), rastvorene i slobodne gasove (uglavnom metan) i srednje je agresivna prema metalima. Ima veće zahteve u tehnološkom procesu i deponovanju posle iskorišćenja, a njeno korišćenje bi moglo biti u energetske svrhe. Ukoliko se pri oceni mogućnosti geotermalnog ležišta u Bečeju krene od parametara dobijenih na bušotini Bč-2/H, mogli bismo zaključiti da se sa jednom takvom bušotinom može zagrevati 2-4 ha pod staklenikom.</p> <p>Izvršena je kompleksna analiza termomineralne vode bušotine u Indiji - Ind-3/H. U skladu sa mišljenjem Medicinskog fakulteta, voda sadrži više parametara u nedozvoljenim količinama, pa se ne može koristiti kao pijaća voda. Po fizičko-hemijskim karakteristikama termomineralna voda se može koristiti kao aditivno sredstvo lečenja u oblasti medicinske rehabilitacije, isključivo kupanjem.</p> <p>Geotermalni potencijal u AP Vojvodini nedovoljno je iskorišćen, pa je vlada Vojvodine odlučila da pruži podršku geotermalnim projektima. S obzirom da raspolažemo sa značajnim izvorima geotermalne energije, imamo potencijal da njenim većim korišćenjem unapredimo poljoprivredu, akvakulturu, životnu sredinu, prehrambenu industriju, agroekoturizam, balneologiju i druge proizvodne i uslužne delatnosti. Stimulisaće se posebno staklenička i plastenička proizvodnja.</p> <p>Nedovoljna je iskorišćenost raspoložive geotermalne energije u agrobiznisu AP Vojvodine, iako je dokazano da je geotermalna energija ekonomičnija u odnosu na druge izvore energije.</p> <p>Potrebno je da država podstiče naučno-istraživački rad u oblasti proizvodnje termalnih pumpi, da daje veće subvencije za korišćenje obnovljivih izvora energije, da podstiče korišćenje već postojećih bušotina, koje su zapostavljene, kao i bušenje novih. Republika Srbija je zavisna od uvoza energenata, pa se nameće kao nužno hitno pristupiti izradi strategije, koja će pridavati značaj većem korišćenju geotermalne i ostalih izvora energije.</p>
Datum odbrane: (Popunjavanje naknadno odgovarajuća služba)	

<p>Članovi komisije: (titula, ime, prezime, zvanje, institucija)</p>	<p>Prof. dr Marko Carić, redovni profesor – predsednik komisije Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Pravni fakultet za privredu i pravosuđe u Novom Sadu. Uža naučna oblast: Multidisciplinarna ekonomska.</p> <p>Doc. dr Radivoj Prodanović – mentor Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment u Novom Sadu. Uža naučna oblast: Agronomija, tehnologija i inženjerski menadžment.</p> <p>Prof. dr Dragan Soleša, redovni profesor – član Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment u Novom Sadu, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu. Uža naučna oblast: Kvantitativne metode i informacioni sistemi.</p>
<p>Napomena:</p>	<p>Autor doktorske disertacije potpisao je sledeće Izjave:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Izjava o autorstvu, 2. Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada, 3. Izjava o korišćenju. <p>Ove Izjave se čuvaju na fakultetu u štampanom i elektronskom obliku.</p>
<p>UDK</p>	<p>502.3/.7:631(497.113)</p>

UNIVERSITY BUSINESS ACADEMY IN NOVI SAD
Faculty of Economics and Engineering Management in Novi Sad

KEY WORD DOCUMENTATION

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Mr. Zoran Janković
Menthor (title, first name, last name, position, institution)	Radivoj Prodanovic, Ph.D., Assistant Professor Faculty of Economics and Engineering Management in Novi Sad, University Business Academy in Novi Sad.
Title:	Economic and energetic effects of geothermal energy usage in the agribusiness sector of the Vojvodina region
Language of text (script):	Serbian language (latin script)
Physical description:	Enter number: Pages - 210 Chapters - 9 References - 116 Tables - 18 Figures - 33 Charts – 11 Shemes - 15
Scientific/artistic field:	Industrial Engineering and Engineering Management Agronomy, technology and engineering management
Subject, Key words:	Economic effects, energetic effects, geothermal energy, agribusiness, agroecotourism, balneology, AP Vojvodina.
Abstract (or resume) in the language of the text:	Geothermal energy is one of the most important, but at the same time, low-utilized resources. There is a potential and possibility for the exploitation of geothermal water on almost the whole territory of AP Vojvodina. Geothermal energy is very little used despite the fact that, according to available potentials, we are in areas with richer sources. Geothermal energy can be used in agribusiness for heating protected areas, farm buildings, households, ponds, facilities for production, processing, drying, dehydration, processing and storage of fruits, vegetables, flowers, mushrooms, irrigation, balneological purposes, sports and recreational purposes in agroecotourism. The application of

geothermal energy for heating in agriculture can lead to an increase in yields, as well as to a reduction in operating costs, especially in colder areas. The application of geothermal energy is of great importance in organic agricultural production, since one of the principles is the use of renewable energy sources. Heating through geothermal energy will lead to a reduction in fossil fuel consumption and a fall in the price of other fuels. Geothermal energy is used in the food industry for drying, evaporating, washing and maintaining hygiene, pasteurization of milk, processing of meat and fish, sterilization of equipment. Drying of fruits, vegetables and fish is one of the most widely used areas of application of geothermal energy in the food industry. It is used for lighting, cooling and powering pumps, compressors, conveyors, fans, machine for cutting meat, for processing, packaging and processing of water.

The subject of the research is the representation of geothermal energy and the assessment of its energy and economic efficiency in the agribusiness of AP Vojvodina.

The aim of the research is to determine the energy potential, ie the level and the possibility of using geothermal energy in Vojvodina agribusiness, as well as to present economic and environmental effects.

The research uses a combination of quantitative-qualitative methods, induction and deduction, analysis and synthesis, abstraction and generalization, descriptor method, statistical method, comparative analysis, and others. The method of observation with participation will be applied. The case study method and the desk-research method will also be used.

The results of the survey show that the Republic of Serbia has a high potential of geothermal resources (over 100 MW/m²), although it is much higher if the production of food, electricity, etc. is observed. The Republic of Serbia has 360 springs of thermal and thermal mineral waters, of which only 10% is used.

In the territory of the Republic of Serbia there are important sources of geothermal water (more than 80 geothermal sources and wells with total thermal power of about 120 MW). The total reserves that the Republic of Serbia has at their disposal are significant, but geothermal energy reserves have not been sufficiently utilized. They amount to about 220 MW of thermal power, and the installed capacity of all capacities, which exploit

geothermal energy, is about 90 MW and are used to the greatest extent for balneological and recreational needs.

AP Vojvodina is abundant with great wealth of geothermal resources. In the period 1969-1996. 72 wells were made in the AP Vojvodina, and in the period from 1997 to 2008, 6 drilled boreholes were drilled. The total heat output of hydrothermal wells is according to the data of "NIS Naftagas" from 2005 for 54 hydrothermal wells - 72,579 kW.

The causes of minimal use are not in the technical solutions and technology of use, but in the lack of financial resources, knowledge and projects. Insufficient integration of scientific and production organizations, lack of heat pumps, relatively higher initial investments, lack of stimulative measures of financial support and tax policy negatively affects the use of geothermal energy.

Putting into operation of existing wells requires a concrete techno-economic program of all installations, reconstructions and repairs, conversation with contractual users and finding new users and investors.

The use of geothermal water in the production of Tilapia and African Soma has experimentally confirmed that it is possible to successfully cultivate these fish species in our conditions. The results so far show that direct water heating in ponds, using different energy sources, due to high prices is not economically viable, and the use of geothermal energy is imposed as an economical solution.

Geothermal energy can be very useful in organic agriculture, since one of the principles is the use of renewable energy sources. In agribusiness in the area of AP Vojvodina, the use of geothermal energy is almost not represented.

The potential of geothermal sources has not been fully exploited, either from the aspect of tourist demand. The available thermomineral waters in the AP Vojvodina provide more opportunities for the development of existing spas and construction of new spa facilities.

Geothermal energy is a great potential for long-term, safe development of sustainable agricultural production and food industry, as well as other activities.

Also, geothermal energy is a unique response to climate change, unstable and rising prices for conventional fuels, which increase the process of business. The cost of using geothermal installations is significantly lower

than the price of the conventional energy system. Economic analysis, which adheres to the latest guidelines for environmental requirements, the necessity of drilling and equipping the well, shows that wells above 40 °C and a strong spillage of about 60 m³/h are profitable, provided the consumer is able to use the entire potential of the well over 6000 ha/y.

Prices of geothermal energy are lower than many other energy sources. High initial costs, exploration drilling risk, uneven subsidy policies, and demand indicate that geothermal energy is estimated as the cheapest source of energy in 2019.

Studies on comparative costs of different energy sources show that geothermal energy is an affordable source of energy and that price is more favorable compared to other technologies (other than small hydro power plants) that are currently available.

In the area of Kupinovo settlement from 1982-1985. extensive surveys were carried out, in order to examine the justification of investments in the exploitation of geothermal sources in agribusiness, balneology and for sports and recreational purposes. The most perspective area for obtaining thermal water according to the estimate, is a move east of Kupinova, towards the village of Progar, along the left bank of the Sava River. In the Kupinova area two hydrothermal wells, Kup-1/H and Kup-2/H were made. NIS-Naftagas from Novi Sad carried out the financing of drilling and project research. Bores showed excellent results. Village representatives suggested that the geothermal enrichment be used for the needs of an existing warm bathroom. The lack of financial resources has affected the realization of the project. The well is conserved, but can be quickly deconcentrated and the intentions of exploitation in the agribusiness are brought about. Bearing in mind that these drilled wells can be preserved, they could be equipped with small investments for the exploitation and heating of greenhouses, which would be built in close proximity. This is the most economical solution, provided the distance between the greenhouse is up to 2 km.

A favorable location for the exploitation of geothermal water is located north of Staro Bečej (Medenjača and Veliki Rit) and northwest of Novi Bečej (Ljutovo - Veliki Rit). These would be optimal locations for drilling new wells, bearing in mind the requirements for efficient and economical greenhouse production.

	<p>Geothermal water in Kupinov can be used as a drink in accordance with its characteristics, while the water in Becej is a different case. This water has increased amounts of dissolved mineral matter (4 g/l), dissolved and free gases (mainly methane) and is medium aggressive against metals. It has greater demands in the technological process and its disposal after the exploitation, and its use could be for energy purposes. If in the assessment of the possibility of the geothermal deposit in Bečej, it starts with the parameters obtained on the well Bč-2/H, we can conclude that with such a borehole it can be heated 2-4 ha under the greenhouse.</p> <p>A complex analysis of thermomineral water of the well in Inđija - Inđ-3/H was performed. In accordance with the opinion of the Faculty of Medicine, the water contains several parameters in unauthorized quantities, so it can not be used as a drinking water. According to physical and chemical characteristics, thermo-mineral water can be used as an additive treatment in the field of medical rehabilitation, exclusively bathing.</p> <p>Geothermal potential in the AP Vojvodina has been insufficiently used, and the Vojvodina government has decided to support geothermal projects. Since we have significant sources of geothermal energy, we have the potential to improve its agriculture, aquaculture, environment, food industry, agroecotourism, balneology and other production and service activities through its increased use. Especially greenhouse and greenhouse production will be stimulated.</p> <p>The utilization of available geothermal energy in AP Vojvodina agribusiness is insufficient, although it has been proven that geothermal energy is more economical than other sources of energy.</p> <p>It is necessary for the state to stimulate scientific research in the field of thermal pump production, to provide greater subsidies for the use of renewable energy sources, to encourage the use of existing wells, which are neglected, as well as the drilling of new ones. The Republic of Serbia is dependent on energy imports, and urgently urges the development of a strategy, which will emphasize the importance of greater use of geothermal and other energy sources.</p>
<p>Defended: (The faculty service fills later.)</p>	

<p>Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)</p>	<p>Marko Caric, Ph.D., Full Professor - President of the Commission University Business Academy in Novi Sad, Law Faculty of Economics and Justice in Novi Sad. Special topics: Multidisciplinary Economics.</p> <p>Radivoj Prodanovic, Ph.D., Assistant Professor - Mentor University Business Academy in Novi Sad, Faculty of Economics and Engineering Management in Novi Sad. Special topics: Agronomy, Technology and Engineering Management.</p> <p>Dragan Solesa, Ph.D. Full Professor - Member of the Commission Faculty of Economics and Engineering Management in Novi Sad, University Business Academy in Novi Sad. Special topics: Quantitative methods and information systems.</p>
<p>Note:</p>	<p>The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Statement on the authority, 2. Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and 3. Statement on copyright licenses. <p>The paper and e-versions of Statements are held at the faculty.</p>
<p>UDC</p>	<p>502.3/.7:631(497.113)</p>

SADRŽAJ

Ključni podaci o završnom radu	3
Key Word Documentation	9
Spisak tabela, slika, grafikona i šema	17
1. U V O D	20
1.1. Predmet istraživanja	22
1.2. Cilj i značaj istraživanja	22
1.3. Hipoteze u istraživanju	23
1.4. Metodologija istraživanja i izvori podataka	23
2. PREGLED LITERATURE	25
REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA	54
3. GEOTERMALNA ENERGIJA KAO OBNOVLJIVI RESURS	54
3.1. Geološko poreklo geotermalne energije	54
3.2. Opšte geološke i hidrogeološke karakteristike AP Vojvodine	69
3.3. Geotermalne karakteristike Panonskog bazena	72
3.4. Geotermalni resursi u AP Vojvodini	73
3.5. Rejonski razmeštaj i potencijal geotermalne energije	77
3.6. Klasifikacija i karakteristike geotermalnih voda	78
3.7. Fizičko-hemijske karakteristike termomineralnih voda Vojvodine	81
3.8. Balneološke karakteristike geotermalnih voda	82
4. KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE	86
4.1. Područje Kupinova za korišćenje geotermalne energije u agrobiznisu	89
4.1.1. Osnovne hidrogeološke i geotermalne karakteristike bušotina Kup-1/H i Kup-2/H u Kupinovu	90
4.2. Područje Bečeja za korišćenje geotermalne energije	96
4.3. Fizičko – hemijske karakteristike geotermalnih voda Inđije	102
4.4. Komparativni pregled primene geotermalne energije u svetu, EU i Srbiji	115
4.5. Resursi i korišćenje geotermalne energije u Republici Srpskoj	123
4.6. Korišćenje geotermalne energije u Mađarskoj	127
4.7. Korišćenje geotermalne energije za grejanje i pripremu potrošne vode	128

5. KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE U AGROBIZNISU	139
5.1. Osvrt na stanje sektora agrobiznisa u Republici Srbiji	139
5.2. Mogućnosti korišćenja geotermalne energije u agrobiznisu	140
5.3. Korišćenje geotermalne vode u staklenicima i plastenicima u proizvodnji povrća i cveća	145
5.4. Korišćenje geotermalne energije u proizvodnji i preradi mleka i mesa.....	157
5.5. Sušenje voća i povrća korišćenjem geotermalne energije.....	160
5.6. Primeri sušenja luka i paradajza i geotermalnom energijom	162
5.7. Primer višenamenske sušare "Agrointegral" za male poljoprivrednike	167
6. PRIMENA GEOTERMALNE ENERGIJE U GAJENJU TROPSKIH RIBA	168
6.1. Gajenje tropskih riba u geotermalnim vodama AP Vojvodine	168
6.2. Izgradnja geotermalnih ribnjaka.....	174
6.3. Eksperimentalna geotermalna proizvodnja Afričkog soma i Tilapije u Mošorinu	177
7. ZNAČAJ GEOTERMALNE ENERGIJE U RAZVOJU BANJSKOG I AGROEKOTURIZMA U AP VOJVODINI.....	179
8. PREDNOSTI KORIŠĆENJA I EKONOMIKA PROIZVODNJE GEOTERMALNE ENERGIJE	182
8.1. Primena i višenamensko korišćenje geotermalne energije pri temperaturi od 20-200 °C prema Lindalovom dijagramu	185
8.2. Formiranje cene geotermalne energije	187
8.2.1. Cenovna konkurentnost geotermalne energije	188
8.3. Ekonomska analiza korišćenja geotermalne energije u AP Vojvodini.....	189
9. ZAKLJUČAK	194
10. LITERATURA	200
Biografija	210

Spisak tabela, slika, grafikona i šema

Tabele

Tabela 1. Instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora u svetu u 2007. godini	61
Tabela 2. Karakteristike geotermalnih voda u AP Vojvodini	62
Tabela 3. Osnovne karakteristike hidrotermalnih bušotina i bunara u Vojvodini	74
Tabela 4. Pregled opšte mineralizacije termomineralnih voda Vojvodine prema stratigrafskoj pripadnosti	83
Tabela 5. Maksimalne koncentracije terapijski aktivnih komponenta u vodama Vojvodine	84
Tabela 6. Pregled fizičko-hemijskih karakteristika termomineralnih voda iz hidrotermalnih bušotina Ind-1/H i Ind-3/H	103
Tabela 7. Uobičajene oblasti korišćenja potencijala geotermalne vode zavisno od njene temperature, modifikovan Lindalov dijagram.....	113
Tabela 8. Direktno korišćenje energije iz geotermalnih izvora.....	115
Tabela 9. Hemijski sastav geotermalnih voda Mačve	119
Tabela 10. Troškovi geotermalnog staklenika površine 1000 m ²	153
Tabela 11. Temperaturni zahtevi za neke od uobičajenih kultura koje se uzgajaju u plastenicima/staklenicima	153
Tabela 12. Gustina nasađivanja tilapije i afričkog soma u polikulturi	174
Tabela 13. Troškovi energije po vrstama u 2013. godini (centi po kWh)	183
Tabela 14. Usporedna procena stvaranja radnih mesta geotermalnih elektrana i elektrana na prirodni gas u Kaliforniji.....	186
Tabela 15. Otkupne cene električne energije prema Uredbi o podsticaju proizvodnje	188
Tabela 16. Polazni elementi PGTS potrebni za određivanje proizvodne cene GTV i GTE	190
Tabela 17. Rezultati proračuna proizvodne cene C _{gte} (E/kWh) i C _{gtv} (E/mv*) u zavisnosti od protoka i kursa dinara	191
Tabela 18. Utvrđivanje prodajne cene C _{gte} na osnovu pariteta cena energenata i energije iskazan preko energetske ekvivalenta (€/kWh)	192

Slike

Slika 1. Temperature u zemljinoj kori i jezgri.....	55
Slika 2. Promena temperature u zemlji u zavisnosti od dubine.....	56
Slika 3. Bogatstvo geotermalne energije u Republici Srbiji	57
Slika 4. Najstariji poznati bazen sa toplim izvorima u Kini	58
Slika 5. Geotermalna elektrana Geysers, Kalifornija, USA.....	60

Slika 6. Panonsko more pre 10 miliona godina.....	64
Slika 7. Vojvodina u vreme miocena.....	64
Slika 8. Rasprostranjenost hidrotermalnih bušotina u Vojvodini.....	87
Slika 9. Staklenička i plastenička proizvodnja povrća, voća i cveća.....	90
Slika 10. Proizvodnja jagoda i riba u Kupinovu i Obedskoj bari.....	93
Slika 11. Postupak ekstrakcije termalnih voda.....	94
Slika 12. Proizvodnja povrća i cveća.....	100
Slika 13. Proizvodnja paradajza i jagoda u staklenicima i plastenicima	101
Slika 14. Banja u Slankamenu - lečenje i rehabilitacija hroničnih reumatskih oboljenja.....	105
Slika 15. Stakleničko-plastenička proizvodnja povrća, voća i cveća na području Indije.....	110
Slika 16. Lokacije geotermalnih operacija u svetu.....	116
Slika 17. Korišćenje geotermalnih resursa Srbije.....	118
Slika 18. Geotermalni atlas Vojvodine - karta rasporeda hidrotermalnih bušotina.....	120
Slika 19. Geotermalni atlas Vojvodine - temperatura hidrotermalnih bušotina na dubini od 1000 m.....	120
Slika 20. Geotermalni atlas Vojvodine - toplotni tok.....	121
Slika 21. Geotermalni atlas Vojvodine – temperatura hidrotermalnih bušotina na dubini od 2000 m.....	121
Slika 22. Ukupna snaga geotermalnih izvora.....	122
Slika 23. Geotermalni izvori po brojnosti u Republici Srbiji.....	123
Slika 24. Banja Sečenji u Budimpešti - ulaganje u razvoj banjskog turizma donosi dobit.....	127
Slika 25. Tok fluida preko ploče izmenjivača toplote kod pasterizacije mleka	158
Slika 26. Sušać sa paradajzom	163
Slika 27. Sušeni paradajz.....	163
Slika 28. Sušara Agrointegral	167
Slika 29. Afrički som - <i>Clarias gariepinus</i>	169
Slika 30. Tilapija	171
Slika 31. Banja Kanžza - zdravstveni tretmani geotermalnom vodom	179
Slika 32. Banja Junaković-uživanje i lečenje u geotermalnoj vodi	180
Slika 33. Jodne banje i hoteli u funkciji razvoja turizma u Bečeju	181

Grafikoni

Grafikon 1. Globalni geotermički električni kapacitet.....	59
Grafikon 2. Potencijal hidrotermalnih bušotina u AP Vojvodini	63
Grafikon 3. Regionalni geološki profili Horgoš-Drmno, Srpski Miletić-Hetin.....	70
Grafikon 4. Kretanje stanja broja aktivnih sistema i proizvodnja termalne vode u AP Vojvodini.....	88
Grafikon 5. Presek hidrotermalnog gornjopontijskog ležišta na području Bečeja	99

Grafikon 6. Potrošnja obnovljive energije u Srbiji	118
Grafikon 7. Ukupna svetska proizvodnja Afričkog soma	169
Grafikon 8. Ukupna svetska proizvodnja Tilapije	171
Grafikon 9. Globalni trendovi prodaje tilapije na tržištu	172
Grafikon 10. Dinamika rasta potrošnje Tilapije u USA.....	172
Grafikon 11. Potrošnja tilapije iz domaćih i uvoznih izvora u USA	173

Šeme

Shema 1. Sistem za pripremu, transformaciju i korišćenje energije termalnih voda	114
Shema 2. Principijelne toplotne šeme toplotnog korišćenja.....	129
Shema 3. Dijagram godišnje potrošnje vode za grejanje	131
Shema 4. Principijelna šema jedne takve instalacije za direktno korišćenje termalnih voda pomoću toplotne pumpe	136
Shema 5. Podzemna zagreivna instalacija u stakleniku/plasteniku	148
Shema 6. Površinska greivna instalacija u stakleniku/plasteniku	149
Shema 7. Različito izvođenje razmenjivača toplote za slučaj površinske greivne instalacije u stakleniku/plasteniku.....	150
Shema 8. Zagreivač vazduha u stakleniku/plasteniku	150
Shema 9. Prikaz opreme u zatvorenom toku geotermalnog fluida	155
Shema 10. Pločasti razmenjivač	155
Shema 11. Dijagram toka za greivanje (Flow Diagram-Hot Water Heating system).....	156
Shema 12. Pasterizacija mleka uz primenu geotermalne energije.....	157
Shema 13. Primer primene geotermalne energije u sušari	161
Shema 14. Geotermalni sistem za sušenje paradajza	166
Shema 15. Gajenje ribe u termalnim vodama	175

1. U V O D

Geotermalna energija (GTE) je prirodna toplota Zemlje sadržana u fluidima i stenskim masama u Zemljinoj kori. Raspadanje radioaktivnih elemenata urana, torijuma i kalijuma, koji se nalaze u stenama, proizvodi toplotnu energiju (Andrić, 2014, Gando i sar., 2011). Geotermalna energija je čisti, održivi i obnovljivi resurs, koji se dobija iz utrobe Zemlje. Struktura Zemlje sastoji se od tri glavna sloja: Zemljine kore, plašta i jezgra. Kako se prodire dublje u strukturu Zemlje, temperature se povećavaju. Geotermalna energija predstavlja energetski potencijal, čijim bi se većim korišćenjem u značajnoj meri supstituisale neobnovljive energetske sirovine. Arnórsson (2004), navodi da je trenutna potrošnja geotermalne energije iznosi 0,25% godišnje potrošnje energije u svetu.

Geotermalna energija smatra se održivim izvorom energije zahvaljujući moći da održi zemljine ekosisteme. Korišćenjem geotermalne energije sadašnje generacije neće ugroziti mogućnost da i buduće generacije koriste ovaj resurs u istoj meri (Thain, 1998). Geotermalna energija je jedna od "zelenih" obnovljivih energija, čijim korišćenjem se ostvaruju prihvatljivi ekonomsko-ekološki efekti. Neke Zemlje, poput Islanda, su u vreme kada to nije bilo aktuelno, kada su fosilna goriva bila lako dostupna i jeftina, investirale u razvoj sistema za korišćenje geotermalnih izvora i proizvodnju električne energije. Obnovljivi izvori energije dobijaju na značaju tek nakon velike naftne krize, naftnih udara 70-ih godina prošlog veka i pojave problema globalnog zagrevanja.

Različita su iskustva i preferencije pojedinih zemalja, kada je u pitanju korišćenje obnovljivih izvora energije. SAD se oslanjaju na fosilna goriva, jer je naftni lobi izrazito snažan. Filipini i Meksiko su se opredelili za korišćenje obnovljivih izvora energije. Nemačka je učinila otklon od fosilnih goriva i investirala u sisteme za korišćenje energije vetra, sunca i geotermalne energije. Rusija je vodeća u istraživanju geotermalne energije, iako je bogata naftom i prirodnim gasom, koji su relativno jeftini.

Republika Srbija i AP Vojvodina nalaze se na geoprostoru, koje je strateški bogato izvorima geotermalne energije. Postoji potencijal i mogućnost za eksploataciju geotermalne vode na skoro celoj teritoriji. Republika Srbija je zemlja sa tradicionalno poznatim, ali nedovoljno iskorišćenim geotermalnim izvorima. U najvećem delu teritorije Republike Srbije gustina geotermalnog toplotnog toka je veća od njegove prosečne

vrednosti za kontinentalni deo Evrope, koji iznosi oko 60 mW/m² (Stipic i sar., 2012; 2016). Geotermalna energija se u Republici Srbiji i pokrajini Vojvodini veoma malo koristi i pored toga što po raspoloživim potencijalima spadamo u područja sa bogatijim izvorima.

Geotermalna energija je energija budućnosti. Potencijalne zalihe geotermalne energije u svetu prevazilaze energetske zalihe konvencionalnih izvora energije, koje potiču iz uglja, nafte, prirodnog gasa i uranijuma (<http://dept.uns.ac.rs>, 15.12.2018). Osnovna prednost geotermalne energije se ogleda u minimalnom negativnom uticaju na životnu sredinu (ne podstiče se efekat staklene bašte) (Glassley, 2010), eliminiše se ili smanjuje potreba za fosilnim gorivima, raspoloživ je veliki energetski potencijal, kao i mogućnost korišćenja. Geotermalna energija je u većini slučajeva ekonomična i postoji mogućnost višenamenskog korišćenja ovog prirodnog resursa. Veće korišćenje GTE obezbeđuje bolji energetski bilans, kao i manju zavisnost od uvoza energenata (Radaković, 2011).

Naše istraživanje se odnosi na primenu geotermalne energije u agrobiznisu, odnosno u poljoprivrednoj proizvodnji, preradi i agroturizmu AP Vojvodine. Geotermalna energija može biti veoma korisna u poljoprivredi, a uglavnom se koristi za grejanje objekata i zaštićenog prostora, vodosnabdevanje, navodnjavanje i sušenje poljoprivrednih proizvoda. Primena geotermalne energije ima izuzetan značaj u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, s obzirom da je jedan od principa korišćenje obnovljivih izvora energije. Sve veća ekološka degradacija, pogoršanje kvaliteta hrane i značajno ugrožavanje zdravlja ljudi, podstaklo je razvoj organske održive poljoprivrede. Geotermalna energija u poljoprivredi doprinosi stvaranju prihoda, zapošljavanju i povećanju bezbednosti hrane.

Takođe, geotermalna energija se može direktno koristiti za potrebe daljinskog grejanja, hlađenja, za zagrevanje potrošne vode, punjenje plivačkih bazena, ribnjaka i u prehrambenoj industriji. Carlos da Silva (2015) kaže: "To je izvor energije koji je obnovljiv, čist i jeftin, nakon što ste napravili početnu investiciju da biste ga iskoristili. Koristeći čist izvor energije, ne samo da se bavite troškovima, već i uticajem proizvodnje i prerade sirovina na životnu sredinu“.

Geotermalna energija ima izuzetno svetlu budućnost. Njen potencijal za proizvodnju električne energije i direktnu primenu toplote (uključujući geotermalne toplotne pumpe) je ogroman, kako za konvencionalne geotermalne sisteme, tako i za današnje poboljšane (ili inženjerske) geotermalne sisteme (EGS), koji proširuju geotermalne primene i izvan geoloških graničnih regija ploča (Bromley i Mongillo, 2008).

1.1. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja je zastupljenost geotermalne energije u Vojvodini i ocena energetske i ekonomske efikasnosti njenog korišćenja u agrobiznisu Vojvodine. Istražiće se geotermalna energija kao obnovljivi resurs, poreklo, opšte geološke i hidrogeološke karakteristike, mogućnosti korišćenja geotermalne energije, energetske i ekonomske efekti korišćenja, kao i komparativne prednosti u odnosu na ostale vidove energije. Razmotriće se mogućnost korišćenja geotermalne energije u poljoprivredi, prehrambenoj industriji, ribarstvu i nastojati predložiti rešenja za njeno veće i višenamensko korišćenje, posebno u konvencionalnoj i organskoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Prezentovaće se geotermalne karakteristike, geotermalni resursi, razmeštaj i potencijal, podela i fizičko-hemijske karakteristike termomineralnih voda.

Predmet istraživanja je i korišćenje geotermalne energije za proizvodnju električne energije i grejanje. Izračunaće se ekonomski efekti i definisati komparativne prednosti u odnosu na druge vidove energije. Istražiće se Bušotine u Kupinovu, Bečeju i Indiji, te prikazati njihove namene, prednosti i nedostaci.

1.2. Cilj i značaj istraživanja

Cilj istraživanja je da se utvrdi energetske potencijal, odnosno nivo i mogućnost korišćenja geotermalne energije u agrobiznisu Vojvodine, kao i da se prikaže ekonomski i ekološki efekat.

S obzirom da je u svetu, kao i kod nas, evidentan energetske problem, to obnovljivi izvori energije imaju sve veći značaj. Geotermalna energija, kao obnovljivi izvor energije, je jedno od rešenja u strategijama većine država za bolje snabdevanje energentima. Manja zavisnost od uvoza energenata, očuvanje ekosistema, otvaranje novih radnih mesta u sistemu eksploatacije geotermalne energije su neke od prednosti ovog vida energije.

Geotermalna energija je čista i nepresušna, pa svako istraživanje koje će rezultovati efikasnijim korišćenjem GTE i podstaći na neki način društvo da se usmeri kao obnovljivim energentima, može smatrati značajnim.

1.3. Hipoteze u istraživanju

Hipoteza je misaona pretpostavka o nepoznatim činjenicama u vezi predmeta istraživanja, koja će se naučnim istraživanjem prihvatiti ili odbaciti. Hipoteza treba da je usaglašena sa ciljevima istraživanja i da je teorijski obrazložena i empirijski proverljiva.

Na osnovu predmeta i cilja istraživanja kreira se logički jasno formulisana, teorijski i iskustveno obrazložena i anticipativno postavljena hipoteza. Empirijska provera se vrši tako što se dedukuje logička posledica - činjenički iskaz iz nje i pomoćnih iskaza, postavlja pitanje da li je logička posledica istinita ili lažna, utvrđuje se istinska vrednost empirijskim istraživanjem i zaključuje o validnoj vrednosti hipoteze.

U agrobiznisu na području pokrajine Vojvodine korišćenje geotermalne energije skoro da i nije zastupljeno, iako istraživanja govore u prilog konstataciji da je područje Vojvodine solidno obezbeđeno geotermalnim izvorima.

Na osnovu primenjenih istraživačkih metoda i komparativnog pregleda cena geotermalne energije, kod nas i u svetu u odnosu na cene konvencionalnih energenata prezentiraće se dokazi o ekonomičnijem korišćenju geotermalne energije u odnosu na druge vidove energije.

Dakle, u hipotetičkoj strukturi istraživanja testiramo dve ravnopravne hipoteze:

H1: Nedovoljna je iskorišćenost raspoložive geotermalne energije u poljoprivredi Vojvodine;

H2: Korišćenje geotermalne energije u Vojvodini je ekonomičnije u odnosu na korišćenje drugih energija.

Na osnovu postavljenih hipoteza očekuju se pragmatična rešenja za veće i racionalnije korišćenje geotermalne energije u agrobiznisu - proizvodnji, preradi, prometu i agroekoturizmu. Poboljšanja treba da idu u pravcu kreiranja rešenja da se geotermalni izvori energije ekonomski efikasnije koriste i u značajno većoj meri.

1.4. Metodologija istraživanja i izvori podataka

U istraživanju će se koristiti više naučno-istraživačkih metoda i njihovih kombinacija, radi objektivne ocene energetske i ekonomske efekata korišćenja geotermalne energije u agrobiznisu Vojvodine.

U izučavanju će se primeniti kvantitativno-kvalitativna metoda, opšte i pojedinačne metode naučnog istraživanja, induktivna i deduktivna metoda, metod analize, sinteze, apstrakcije i generalizacije, dokazivanja i osporavanja, deskripcije, kompilacije i statističke metode, komparativna analiza i druge analitičke metode. Koristiće se metoda naučnog studiranja i sagledavanja problematike ranijih istraživanja. Izučiće se dostupni rezultati iz relevantne naučno stručne literature, radi objektivnog dolaženja do konkretnih zaključaka.

Primeniće se specijalistička metoda i metoda posmatranja sa učestvovanjem. Metoda posmatranja koristiće se u sagledavanju nivoa i kvaliteta upotrebe raspoloživih tehnologija i resursa. Koristiće se i metoda studije slučaja i desk-research metoda. Desk istraživanje podrazumeva pregled, sređivanje i sintezu postojećih istraživanja, validnih razvojnih dokumenata i strategija, kao i analizu postojećih i savremenih anticipativnih strategija i legislativa i tehno-ekonomskih rešenja.

Konsultovaće se raspoloživa naučna literatura o pogledima na dosadašnji i budući razvoj primene geotermalne energije u agrobiznisu i drugim delatnostima. Korišćeni izvori će biti ilustrovani u popisu literature na kraju disertacije.

Koristiće se metode, koje se koriste u istraživanju geotermalne energije u razvijenim zemljama i zemljama koje su bogate geotermalnom energijom i modelima njihovog korišćenja.

2. PREGLED LITERATURE

U istraživanju se polazi od vladajućih stavova i rezultata publikovanih u naučno-stručnim časopisima od strane eminentnih inostranih i domaćih istraživača. Korišćene su studije i projekti o geotermalnoj energiji, njenoj primeni u agrobiznisu i drugim delatnostima. Proučene su knjige i monografije o geotermalnoj energiji, te prikazani rezultati svetskih organizacija, koje se bave istraživanjem i primenom geotermalne energije. Korišćena su interna istraživanja i tehničko-tehnološke i ekonomske analize NIS-a u dužem vremenskom periodu. Izučena je dostupna literatura o geološkom poreklu geotermalne energije, raspoloživim resursima, fizičko-hemijskim karakteristikama, rejonskom razmeštaju, korišćenju geotermalne energije u agrobiznisu i drugim delatnostima, energetske, ekološke i ekonomske efekta, kao i prednostima u odnosu na konvencionalne izvore energije.

Andrić, N. M. (2014). *Geotermalna energija i mogućnosti njene primene u Srbiji*: Geotermalna energija predstavlja prirodnu toplotu Zemlje akumuliranu u fluidima i stenskim masama u Zemljinoj kori. Prirodno raspadanje radioaktivnih elemenata (urana, torijuma i kalijuma), koji se nalaze u stenama, proizvodi termičku energiju (Gando i sar., 2011). Najjednostavnija upotreba geotermalne energije za grejanje je pomoću otvorenog sistema. Geotermalna voda se koristi direktno za grejanje, a posredno pomoću toplotne pumpe. Geotermalna energija može se koristiti i za proizvodnju električne energije, gde se koristi vrela voda i vodena para za pokretanje generatora turbine. Republika Srbija ima značajne mogućnosti za korišćenje geotermalne energije, s obzirom da po potencijalu spada u bogatije zemlje. Korišćenjem geotermalnih resursa moglo bi da se zameni 500.000 tona uvoznih tečnih goriva godišnje. Ukupna količina akumulirane toplote u geotermalnim izvorima do dubine 3 km oko 2 puta je veća od ekvivalentne toplote, koja bi se mogla dobiti sagorevanjem svih vrsta uglja iz svih njihovih nalazišta u Republici Srbiji. Ukupna izdašnost svih geotermalnih izvora u Republici Srbiji je 4000 l/s. Najčešća vodoizdašnost bušotina u AP Vojvodini je 10-20 l/s, a izlazna temperatura je od 40 do 60 °C. Potencijal geotermalnih izvora u Mačvi mogli bi da koriste gradovi sa 150.000 stanovnika. Najbogatiji hidrogeotermalni resursi nalaze se u Mačvi, Vranjska i Jošanička Banja. Pomoću toplotnih pumpi moguće je eksploatirati geotermalne vode na skoro celoj teritoriji Republike Srbije. Iako smo veliki proizvođač voća i povrća, dobrim delom uvozimo kako sezonsko, tako i vansezonsko voće i povrće. Izgradnjom staklenika i plastenika, koji bi se

grejali na geotermalnu energiju, Republika Srbija bi mogla da postane zemlja izvoznik, pre svega povrća, a onda i drugih poljoprivredno-prehrambenih proizvoda.

Andritsos, N., Dalampakis, P. and Kolios, N. (2003). *Use of geothermal energy for tomato drying*: Nova direktna upotreba geotermalne energije pokazana je u: N. Erasmio, u polju Ksanthi, na primeru dehidracije paradajza. Geotermalna energija koristi se za grejanje 140 ha plastenika sa paradajzom i krastavcima sa temperaturom vode od 60 °C. Pokazano je da se niskotemperaturna geotermalna energija može efikasno i pouzdano koristiti u zagrevanju vazduha za sušenje, koji je potreban u procesu dehidracije. Sa geotermalnom dehidracijom proizvod zadržava duboko crvenu boju, proizvode se hranljive materije i zadržava visok kvalitet i ukus svežeg paradajza. Uspeh sušenja paradajza sigurno će dovesti do proširenja jedinice u pogledu kapaciteta, perioda sušenja i sušenja drugih proizvoda. Sušenje voća i povrća može se postići sa temperaturama vode od samo 55 °C, što je ispunjeno kod najnižih entalpija geotermalnih resursa u Grčkoj. Postoji veliki niskotemperaturni geotermalni potencijal na nekoliko Egejskih ostrva, koji se mogu koristiti za sušenje lokalno proizvedenog voća i povrća. Naročito, sušenje geotermalnom energijom luka i paradajza čini se održivim procesom na Kikladskim ostrvima, gde se ovi proizvodi uzgajaju i služe kao specijalitet. Ostale vrste povrća i plodovi koji mogu biti geotermalno dehidrirani su paprike, kajsije, šljive, smokve i špargle i dr.

Appasamy, A. (2017). *Addressing Food Insecurity with year-round Geothermally Run Greenhouse in Canada*: Istraživanje preporučuje korišćenje geotermalne energije tokom cele godine u staklenicima širom Kanade, kako bi se rešili problemi nesigurnosti hrane i potisnula zavisnost od uvoza. Uvezena hrana putuje hiljadama kilometara od farmera do potrošača i često je skupa za udaljene severne zajednice. Troškovi za redovno održavanje staklenika su često visoki, što usložnjava proizvodnju tokom cele godine. Zato se geotermalna energija može koristiti za zamenu visokih troškova za toplotnu energiju, da se osigura kvalitet proizvodnje, snabdevanje lokalne zajednice organskim i odgovarajućim svežim povrćem. Staklenici mogu pružiti sinergijske lokalne ekonomske pogodnosti, kao što je zajednica vrtova, farmi pilića, kompostiranje i rasadnike kulturnih biljaka. Staklenička proizvodnja može stvoriti nova radna mesta, podstaći pripadnike zajednice na proizvodnju hortikulturnih biljaka, te biti od koristi za školske programe. Profit od pokretanja staklenika, kao socijalnog preduzeća, može pomoći povećanju društvenog kapitala, izgradnji adaptivnog kapaciteta za povećanje otpornosti zajednice i podsticanje socijalnih inovacija, preduzetništva, kao i ekonomske diversifikacije. Održivost ovog

projekta odraziće se na veće korištenje geotermalne energije, uz minimalnu produkciju otpada i uticaj na životnu sredinu, kroz prikupljanje i recikliranje otpada i više namenske upotrebe staklenika, kao laboratorije za studente. Izazovi projekta su intenzivni, operativni i kapitalni troškovi. Međutim, mreža socijalne koristi ovog projekta nadmašuje kapitalne troškove. Zbog toga, ovaj projekat zaslužuje da se kvalifikuje za državne subvencije. Dobit od proizvodnje u staklenicima može biti podsticaj za dalji ekonomski razvoj lokalnih zajednica.

Arason, S. (2003). *The drying of fish and utilization of geothermal energy-The icelandic experience:* Rad se bavi industrijskom primenom geotermalne energije za sušenje ribljih proizvoda. Da bi se osušila hrana, potreban je spoljni izvor energije, da bi se voda iz nje izvukla. U ribarskoj industriji, geotermalna energija se uglavnom primenjuje na sušenje u zatvorenim prostorima usoljene ribe, bakalara, sitne ribe i drugih proizvoda. Islandske ribarske laboratorije eksperimentišu sa različitim metodama sušenja, a nekoliko sušionica je dizajnirano za unutrašnje sušenje ribljih proizvoda. Na Islandu postoji dvadesetak kompanija, koje u zatvorenom prostoru koriste geotermalnu energiju. Diskusija se uglavnom fokusira na korišćenje geotermalne energije u regionima sa niskom temperaturom. Industrija ribljeg brašna će verovatno koristiti geotermalnu paru u preradi i, nadamo se, za nekoliko godina, geotermalna para će se transportovati kroz cevi od Svartsengija do Grindavika, gde se nalaze mnoga postrojenja za preradu ribe. Može se očekivati da će se cena nafte u budućnosti povećati više nego lokalna energija i stoga je vredno obratiti pažnju na korišćenje lokalno dostupnih izvora energije za ribarsku industriju. Korišćenje geotermalne energije u preradi ribe (sušenje) je zamena za naftu i električnu energiju, odnosno determinisano je cenama sirove nafte i električne energije, kao i tržišnim cenama sušenih ribljih proizvoda. Postoje neistražene mogućnosti korišćenja geotermalne energije u regionima u kojima su luke locirane u geotermalnim područjima. Upotreba geotermalne energije za sušenje ribe i bakalara verovatno će se povećati u budućnosti. Nova, izvodljiva alternativna upotreba geotermalne energije je u vidokrugu, kao što je sušenje i zamrzavanje hrane. Jedan pilot projekat je pokazao da je moguće dalje raditi na optimizaciji tehnike liofilizacije i razraditi studije izvodljivosti. Oprema za sušenje ribe može se koristiti i za sušenje drugih industrijskih proizvoda.

Arabadži, M. S., Miljunićuk, V.S. (1998). *Tajna zemljinih dubina:* Radijus Zemlje iznosi oko 6370 km i on je na polovima nešto manji, a na ekvatoru nešto veći. Unutrašnjost Zemlje ne može se direktno posmatrati. Saznanja o Zemljinoj unutrašnjosti dostupna su

zahvaljujući bušotinama, ali i praćenju seizmičkih talasa. Danas najveće bušotine idu 10-12 km u dubinu i to je dovoljno samo za konstatovanje rudnog blaga i energetskih resursa. Ukoliko želimo više da saznamo o građi unutrašnjosti Zemlje, moramo analizirati seizmičke talase. Merenja su pokazala da na dubini većoj od sloja stalne temperature dolazi do stabilnog i stalnog povišenja temperature sa dubinom. Temperatura unutrašnjosti Zemlje raste za 1 °C na svakih 20–40 m. Ipak, stvarne vrednosti ovog zagrevanja mogu se razlikovati od oblasti do oblasti, čak i do 10–20 puta i više. Unutrašnjost naše planete Zemlje je topla. Međutim, postoje različite hipoteze o nastanku Zemlje i poreklu te toplote, ali ta pitanja ni do danas nisu sa sigurnošću razrešena. Izvesno je da toplota Zemlje ima dve komponente: površinsku i dubinsku. Površinska komponenta toplote potiče od sunčevog zračenja. Iako se jedna trećina sunčevog zračenja, koje dospe na Zemlju reflektuje od atmosfere i Zemljine površine, to zračenje je dovoljno da zagreva površinu kontinenta i okeana, kao i atmosferu i utiče na klimu naše planete. Zbog toga je temperatura gornjeg sloja Zemljine kore izložena sezonskim i dnevnim promenama. Na izvesnoj dubini, koja zavisi od sastava zemljišta i srednje godišnje temperature, ne oseća se uticaj sunčevog zračenja i ta dubina ne prelazi nekoliko desetina metara. Taj porast temperature je posledica dubinske komponente toplote. Radioaktivni raspad je glavni izvor dubinske toplote Zemlje. Prema današnjim saznanjima, glavnu ulogu u tom radioaktivnom raspadu imaju uran (U), torijum (Th) i radioaktivni izotop kalijuma (K).

Babović i sar. (2013). *Production and Economic Effects of Using Geothermal Energy in Agribusiness*: Predmet istraživanja je izučavanje zastupljenosti geotermalne energije u autonomnoj pokrajini Vojvodini-Republika Srbija, proizvodni i ekonomski efekti korišćenja u agrobiznisu. Cilj je da se ustanovi koliko je geotermalna energija iskorišćena u pojedinim delatnostima proizvodnje, prerade i drugim delatnostima u agrobiznisu. Mala debljina kore do 29 km i litosfere do 100 km istraživano područje čini najperspektivnijim geotermalnim područjem u Evropi. Prosečna vrednost temperaturnog gradijenta za Vojvodinu iznosi 0,0526 °C/m, što je više od prosečne vrednosti Evrope, koji iznosi 0,03 °C/m. Kod 78 bušotina prosečna dubina iznosi 891 m, temperatura 42 °C, protok 8 l/s i termalna snaga 0,9 MWt. Opšta mineralizacija kreće se od 0,8 do 38 g/l. GTV se koristi za zagrevanje staklenih bašti, toplih leja, brojlara, štala, ribnjaka, objekata za proizvodnju, preradu, sušenje, obradu i čuvanje voća, povrća, u balneološke svrhe i agroekoturizmu. Tilapija i Afrički som prepoznati su kao riblje vrste najpogodnije za introdukciju u konvencionalnu i organsku akvakulturu. Definisana je model utvrđivanja cene, povoljni

paritet cena i prikazana ekonomska prednost korišćenja GTE u odnosu na ostale izvore energije.

Bloomquist, R.G. (1999). *Geothermal Heat Pumps, Fuor Plus Decades of Experience:* Tehnologija je postala popularna u Švedskoj zbog Svetske naftne krize 1973. godine i postepeno je počela da dobija na svetskoj popularnosti. Godine 1979. je razvoj polibutilenskih cevi značajno povećao ekonomsku isplativost toplotnih pumpi.

Bakos, C. G., Fidanidis, D., Tsagas, F. N. (1999). “*Greenhouse heating using geothermal energy*”: Rad opisuje upotrebu geotermalnog izvora niske entalpije u Severnoj Grčkoj za zagrevanje staklenika, gde se mogu uzgajati cveće, posebno ruže. Opisani su različiti delovi razvijenog staklenika, proračun toplotnih gubitaka i sistem grejanja. Daje se analiza različitih pristupa zagrevanju staklene bašte i opis postupka odabira, prema kriterijumima niske cene i visoke efikasnosti. Analiza je napravljena od produženog sistema za grejanje, koji koristi vodu niske temperature ili direktnu geotermalnu tečnost za zagrevanje drugog staklenika sličnog prvom. Drugi staklenik se može koristiti za uzgoj jagoda, gde je potrebna unutrašnja temperatura od 15 °C.

Boyd, T., J. W. Lund (2006): *Geothermal Heating of Greenhouses and Aquaculture Facilities:* U Sjedinjenim Američkim Državama postoji najmanje 37 parcela i 58 akvakultura, koje koriste geotermalnu energiju. Instalirani kapacitet je 119 i 140 MW, respektivno. Godišnja potrošnja energije je 1.132 i 3.000 TJ (315 i 833 GWh / god). Akvakultura ima najveću upotrebu geotermalne energije u SAD - na 35%, a staklenici iznose nešto više od 13% od ukupne potrošnje energije, ako se ne razmatraju geotermalne toplinske pumpe. Ove industrije su povećane za 60 i 120% u potrošnji energije u proteklih pet godina, što iznosi 10 i 17% godišnjeg rasta. Geo-Heat centar u Klamath Falls ima program tehničke pomoći za pružanje saveta i preliminarne inženjerske i ekonomske analize projekata za potencijalne programere staklenika i akvakulture. Kancelarija za geotermalne i vetroelektrane, odeljenje za energiju SAD, finansira ovaj program.

Cvijanović, D. i sar. (2017). *Upotreba alternativnih izvora energije u poljoprivredi u cilju zaštite životne sredine:* Geotermalna energija predstavlja prirodnu toplotu Zemlje akumuliranu u fluidima i stenskim masama u Zemljinoj kori. Prirodno raspadanje radioaktivnih elemenata (urana, torijuma i kalijuma), koji se nalaze u svim stenama, proizvodi ogromnu termičku energiju. Najjednostavnija upotreba geotermalne energije za grejanje je pomoću otvorenog sistema. U takvom sistemu geotermalna voda se koristi

direktno za grejanje, posredno pomoću toplotne pumpe. Geotermalna energija može se iskoristiti i za proizvodnju električne energije. Tu se koristi vrela voda i para iz Zemlje za pokretanje generatora turbine. Republika Srbija ima značajne mogućnosti za korišćenje geotermalne energije, s obzirom da po potencijalu spada u bogatije zemlje. Razvojem geotermalnih resursa, moglo bi da se zameni najmanje 500.000 tona uvoznih tečnih goriva godišnje. Ukupna količina akumulirane toplote u geotermalnim izvorima do dubine od 3 km oko 2 puta je veća od ekvivalentne toplote, koja bi se mogla dobiti sagorevanjem svih vrsta uglja iz svih njihovih nalazišta u Republici Srbiji. Ukupna izdašnost svih geotermalnih izvora u Republici Srbiji je 4000 l/s. Najčešća vodoizdašnost bušotina u AP Vojvodini je 10-20 l/s, a izlazna temperatura je od 40 do 60 °C. Potencijal geotermalnih izvora u Mačvi mogli bi da koriste gradovi sa ukupno 150.000 stanovnika. Najbogatiji hidrogeotermalni resursi su Mačva, Vranjska i Jošanička Banja. Pomoću toplotnih pumpi moguće je eksploatisati geotermalne vode na skoro celoj teritoriji Republike Srbije. Iako je veliki proizvođač, Republika Srbija uvozi sezonsko i vansezonsko voće i povrće. Izgradnjom staklenika, koji bi se grejali geotermalnom energijom, Republika Srbija bi mogla da postane zemlja izvoznik povrća.

Carella, R. and Sommaruga, C. (1999). *Italian agricultural uses of geothermal energy:* Neelektrična upotreba geotermalne energije u Italiji uglavnom je povezana sa banjskim biznisom, ali veliki deo se, pored grejanja stambenih jedinica, odnosi i na poljoprivredne aktivnosti, uključujući i uzgoj ribe. Glavne primene u agrobiznisu su zagrevanje staklenika, a najvažniji objekti su Amiata (Toskana) i Puntani (pored Rima) i uzgoj ribe u Orbetelu (obala Toskane) i obali Apulije. Mali, ali zanimljiv integrisani projekat, koji kombinuje zagrevanje staklenika i akvakulture, radi u Rodigou (Lombardija). Što se tiče neposredne budućnosti, neki staklenici se grade ili planiraju u blizini novih geotermalnih elektrana u Severnom Lacijumu. Faktori koji ograničavaju primenu geotermalne energije u italijanskoj poljoprivredi (kao i u drugim sektorima) uključuju nisku cenu energije, rizik od rudarstva, tehnološku potrebu, birokratske prepreke, nedostatak informacija i nedovoljnu podršku na različitim nivoima vlasti i, na kraju, ali ne i najmanje važno, zdravstvena bezbednost agroindustrije potpomognute toplotom u celini.

Cutler, J. Cleveland, Christopher, G. Moris (2015). *Dictionary of Energy:* Godine 1892. u USA došlo je do prvog korišćenja sistema grejanja u jednom kvartu u mestu Boyse u državo Ajdaho. Grad je grejan direktno iz izvora geotermalne energije, što je brzo iskopirano u gradu Klamat Folz u Oregonu 1900. godine.

Direct Use Geothermal for Agricultural Applications (2011): Geotermalna voda je veoma korisna u poljoprivredi. Poljoprivredne organizacije direktno koriste geotermalnu vodu, koriste je za grejanje i vodosnabdevanje, za zagrevanje staklenika ili za sušenje useva. U poljoprivredi se geotermalna voda koristi uglavnom, kao izvor toplote i vlage. Cevi za navodnjavanje mogu dovesti toplu vodu u hladnu zemlju, što omogućava proizvodnju useva, koji bi inače uginuli. Takođe se može odvoditi u staklenike, kako bi ih održali toplim i održavali vlažnost. Kao i kod većine drugih primena geotermalne energije, geotermalna poljoprivreda je praktična samo u područjima koja imaju geotermalne resurse. Međutim, u poljoprivredi je moguće koristiti geotermalnu vodu, koja je previše hladna za proizvodnju električne energije ili čak za grejanje stambenog prostora. Glavne poljoprivredne upotrebe geotermalne vode uključuju grejanje i navodnjavanje otvorenih polja, zagrevanje i vlaženje plastenika i sušenje useva. Geotermalna voda se može koristiti za održavanje zemljišta na otvorenim poljima pri stalnoj temperaturi. Poljoprivrednici vode cevi za navodnjavanje ispod zemljišta, kako bi osigurali vodu i toplotu za useve. Korišćenje geotermalne vode za navodnjavanje produžava sezonu rasta i sprečava oštećenje biljaka, zbog niskih temperatura vazduha. Geotermalna voda takođe može sterilisati zemljište da bi ubila štetočine, gljivice i bolesti, koje mogu da ugroze useve. Sterilizacija zahteva vrlo vruću vodu, tako da se para može nanositi direktno na zemljište. Farmeri ili zagrevaju zemlju iz cevi ispod nje ili paru nanose iznad zemlje i pokrivaju je plastičnom folijom, kako bi zadržali toplotu unutra. Grejanje staklenika sa geotermalnom vodom pomaže u održavanju konstantne temperature, što dovodi do pouzdanije i brže proizvodnje useva. Voda u cevima se može ispustiti u vazduh unutar staklenika, podižući vlažnost ako je potrebno. Postoji nekoliko tehnika, koje se koriste za zagrevanje staklenika s geotermalnom vodom. Tu spadaju plastične cevi, orebrene cevi, orebrene zavojnice, grejači za zemljište ili jedinice grejača. Ovi delovi se mogu kombinovati prema temperaturi vode i preferencijama uzgajivača i biljaka. Na primer, uzgajivač ruža bi želeo da napravi grejni sistem sa dobrom cirkulacijom vazduha i niskom vlagom. Uzgajivač tropskih biljaka mogao bi prilagoditi sistem tako da stvara visoku vlažnost i visoke temperature zemljišta. Kineski uzgajivači gljive šitake u provinciji Fujian koriste geotermalnu toplotu u stakleniku, kako bi ubrzali proizvodnju. Dva velika staklenika u projektu La Carrindanga u Bahia Blanci, Argentina, koriste geotermalne cevi za zagrevanje svojih objekata. Ovi staklenici imaju klizne staklene bočne ploče, koje se mogu otvoriti i zatvoriti kako bi regulisale vlažnost i toplotu i sisteme za maglu koje zalivaju biljke i održavaju vlagu u vazduhu. Geotermalna voda teče kroz cevi zakopane ispod površine tla,

gde toplina iz vode lako doseže korenje biljaka. Kutije koje sadrže prljavštinu i semenke mogu sesti na vrh ovih cevi tako da primaju toplotu odozdo. Na proizvodnim stolovima se uzgaja povrće, cveće, te biljke iz semena i reznica. Bahia Blanca ima nepouzdanu klimu i nije jako dobra lokacija za proizvodnju na otvorenom, ali geotermalno zagrejani staklenici su veoma produktivni i pouzdani. Toplota iz geotermalne vode može se koristiti i za sušenje useva i drva. Na primer, od sredine 1980-ih kompanija Broadlands Lucerne na Novom Zelandu koristi geotermalnu paru za sušenje lucerke. Geotermički zagrejani staklenici posebno su korisni u rubnim područjima, gde je klima nepouzdana. One čine proizvodnju biljaka i povrća efikasnijom, a smanjuju vreme potrebno za klijanje semena i rastu do zrelosti. Pored toga, oni omogućavaju uzgoj useva u vansezoni, kada takva postrojenja obično ne bi rasla i kada bi se mogla prodati po višim cenama. Poljoprivrednici mogu uzgajati biljke pod gušćim i kontrolisanim uslovima. Oni gube manje biljaka i mogu napraviti preciznije obaveze prema kupcima za buduće isporuke useva. Međutim, geotermalna voda nije dostupna svuda. Ne može svaka poljoprivredna proizvodnja koristiti geotermalne resurse, jer u regionu ih nema ili ih je teško iskoristiti. Instaliranje opreme za cevovod geotermalne vode na farmi može biti skupo i dugotrajno. Upotreba geotermalne vode za poboljšanje poljoprivrede uzrokuje nekoliko ekoloških problema. Ne zagađuje zemljište zato što se emituje samo voda. Ako je voda zagađena teškim metalima, kao što je živa, to može izazvati zabrinutost za javno zdravlje. Upotreba geotermalne vode potencijalno bi mogla rezultirati izgradnjom farmi u područjima, koja inače ne bi bila prikladna za poljoprivredu, koja bi mogla uništiti prirodnu okolinu i životinjska staništa. Ekonomski, korišćenje geotermalne vode u poljoprivredi može biti prilično jeftino. Ako geotermalne bušotine već postoje, onda farmeri moraju ulagati samo u čelične ili plastične cevi za transport pare ili tople vode.

Dye, S. T. (2012). *Geoneutrinos and radioactive power of the Earth*: Termalna energija je određuje temperature materije, a geotermalna energija zemljine kore. Ona potiče od originalnih formacija, koje su nastale tokom formiranja planete i usled radioaktivnog raspada materijala (u ovom trenutku razmera ova dva porekla je nejasna i neodrediva, ali se estimacijom dolazi do grubog odnosa da su proporcije jednake).

Dickson, M. H., Fanelli, M. (2002). *What is Geothermal Energy*: Prva zgrada u svetu, koja je koristila sistem geotermalne energije, kao osnovni izvor energije bila je Hot Lake Hotel u Junion Katriju u Oregonu. Konstrukcija hotela završena je 1907. godine. Duboki

geotermalni izvor je takođe korišćen da se greju staklene bašte u Bojzu i Ajdahu 1926. godine, a gejzeri su se koristili u istu svrhu na Islandu i u Toskani u isto vreme.

Dragović, N.J. (2015). *Opravdanost upotrebe geotermalnih resursa u proizvodnim procesima i za zagrevanje objekata:* Toplota koja se nalazi pod zemljom prenosi se na stene, a u kontaktu sa tečnim fluidima stvara vrelu vodu ili paru, koja izlazi na površinu. Da bi se iskoristila energija koja postoji u dubinskim slojevima utvrđena su pravila, koja su regulisana zakonima, a koja su potkrepljena različitim studijama. Jedan od argumenata za upotrebu geotermalnih resursa je opravdanost eksploatacije u cilju ekološke, ekonomske i socijalne održivosti sistema. Rad je sačinjen od nekoliko analitičkih studija, koje potenciraju primenu u industrijskom sektoru, kao i za potrebe grejanja i hlađenja objekata. Podrazumeva se da se u proizvodnoj delatnosti geotermalni resursi direktno mogu koristiti za zagrevanje objekata, ali se fokus stavlja na industriju koja u hemijskom, termalnom i procesnom tretmanu geotermalnih voda ili vruće pare prolazi kroz proizvodne faze različitih grana industrije, od poljoprivrede i ribarstva do hemijsko-tehnoloških i rudarskih procesa.

Đajić, N., Soleša, M. (2016). *Stanje i problemi intenzivnijeg korišćenja geotermalne energije:* Geotermalna energija predstavlja značajan energetske potencijal, čijim bi se intenzivnijim korišćenjem u značajnoj meri supstituisale neobnovljive energetske sirovine. To može da ima poseban značaj u našoj zemlji, s obzirom na njen geotermalni potencijal. Međutim, za veće korišćenje geotermalne energije neophodno je rešiti mnoge tehn-ekonomske probleme, čijim bi se zapostavljanjem mogla naneti značajna šteta razvoju tehnologije i korišćenja geotermalne energije, odnosno dovesti do njenog minimiziranja i zapostavljanja u energetici naše zemlje. U tom pogledu razrešavanje problema hidrogeološkog istraživanja, razrade ležišta, efikasnog bušenja, racionalnih toplotnih terena i smanjenje investicionih i eksploatacionih troškova daje suštinski doprinos boljoj ukupnoj valorizaciji geotermalne energije.

Đajić, N. (2006). *Studija sa idejnim rešenjem mogućnosti korišćenja geotermalne energije na području Kikinde:* Ekonomičnost geotermalnog sistema, koji uključuje dopunski toplotni izvor, je u prvom redu vezana za dužinu rada toga izvora, odnosno za godišnje davanje toplote iz njega. U istraživanju je prikazana mogućnost korišćenja geotermalne energije za balneološko-rekreativne potrebe. Za geotermalnu bušotinu VS-2/H u Velikom Selu je projektovan sistem nisko temperaturnog grejanja i pripreme tople vode za potrebe banjskog kompleksa. Izvršena je tehn-ekonomska analiza predloženog rešenja.

Erkan, K., Holdmann, G., Benoit, W., Blackwell, D. (2008). *Understanding the Chena Hot flore Springs, Alaska, geothermal system using temperature and pressure data:* Binarna ciklična elektrana je prvi put demonstrirana u Rusiji 1967. godine i kasnije je uvedena u USA 1981. godine. Tehnologija omogućava da se generiše električna energija sa mnogo nižom temperaturom resursa nego što je bio slučaj ranije. Godine 2006. napravljena je binarna ciklična elektrana na geotermalni pogon u Čena Hot Springsu na Aljasci, koja proizvodi struju iz vode, koja je prilično mlaka i iznosi svega 59 °C.

Fridleifsson, I. B., Bertani, R., Huenges, E., Lund, J.W., Ragnaresson, A., Ryback, L. (2008). *The possible role and contribution of geothermal energy to the mitingation of climate change:* Geotermalna energija se smatra obnovljivom zbog toga što se bilo koja ekstrakcija geotermalnog izvora, odnosno tople vode, smatra minornom u odnosu na ukupne zalihe koje ima naša planeta. Zemlja ima unutrašnju toplotu 3.10^{15} TWh/g što je oko 100 milijardi više od tekuće godišnje potrošnje energije na svetskom nivou.

Van Nguyem i sar. (2015). *Uses of Geothermal Energy in Food and Agriculture Opportunities for Developing Countries:* Geotermalna energija predstavlja protok toplotne energije, koja zrači iz Zemljinog jezgra, pruža mogućnosti za ekonomičnu, održivu poljoprivrednu proizvodnju, kao i preradu sirovina. Korišćenje toplotne energije za sušenje hrane i sterilizaciju mleka utiče na bezbednost hrane. Sušenje hrane može produžiti rok trajanja hranjivih namirnica, kao što su riba i povrće i učiniti ih dostupnim tokom cele godine. Geotermalna energija je takođe glavni izvor za zagrevanje staklenika, zemljišta i vode za uzgoj ribe. Carlos da Silva ističe: "To je izvor energije koji je obnovljiv, čist i jeftin nakon što ste napravili početnu investiciju da biste ga iskoristili. Koristeći čist izvor energije, ne samo da se bavite troškovima, već i uticajem proizvodnje i prerade sirovina na životnu sredinu". Korišćenje geotermalnog grejanja u staklenicima smanjuje gljivične infekcije i smanjuje troškove goriva za 80 %. Geotermalna energija u poljoprivredi može u malim razmerama doprineti stvaranju prihoda, osiguravajući zapošljavanje i poboljšanje prehrambene sigurnosti. Većina zemalja u razvoju primenjuje GTE u prostorijama za grejanje i rekreaciju, kao što je kupanje. Geotermalni poljoprivredni projekti se primenjuju u akvakulturi, poljoprivredi i preradi. Proizvodi se Afrički som, Tilapija i suši riba i omogućava proizvodnja hrane za kućne ljubimce.

Gannon, R. (1978). *Ground-Water Heat Pumps-Home Heating and Cooling from Your Own Well:* Profesor Karl Nilson sa Ohajo Stejt Univerziteta prvi je primenio sistem otvorene petlje u svojoj kući 1948. godine.

Janković, Z. (2013). *Potencijal i korišćenje GTE u agrobiznisu Vojvodine: AP Vojvodina* je bogata geotermalnim izvorima energije. Geotermalna voda može se koristiti u balneološke svrhe, za zagrevanje objekata, staklenika i plastenika, za sušenje proizvoda, u rasadnicima, kao i u preradi. Korišćenje geotermalne energije je veoma poželjno, s obzirom da se radi o čistoj i obnovljivoj energiji, čija bi primena na ovom plodnom području dala izvanredne rezultate u agrobiznisu, uslužnim i drugim privrednim delatnostima. Veliki broj bušotina se ne koristi. Bušotine u Kupinovu, Bečeju i Indiji nedovoljno se koriste, iako postoji energetki potencijal za korišćenje u poljoprivredi, balneologiji i uslužnim delatnostima. Korišćenje geotermalne vode u proizvodnji Tilapije i Afričkog soma eksperimentalno je potvrdilo da je moguće uspešno gajiti ove vrste riba u AP Vojvodini. Izostalo je korišćenje geotermalne vode u organskoj proizvodnji hrane. Prmena geotermalne energije zahteva više znanja, investiranje, finansijske podstice u aktiviranju postojećih i izgradnju novih bušotina, u proizvodnji i opremanju sa toplotnim pumpama i pratećom opremom.

Janković, V. (2009). *Geotermalna energija - Kako iskoristiti skriveni potencijal Srbije:* Istraživanje ima za cilj da ukaže na nedovoljnu iskorišćenost potencijala geotermalne energije u Republici Srbiji i predloži mere za rešavanje ovog problema. Sadašnja energetska strategija Republike Srbije ne tretira geotermalnu energiju, kao važan i značajan resurs, koji je nekoliko puta veći od ukupnih rezervi uglja i koji je prisutan na svakom mestu u svakom trenutku. Procenjena snaga svih postojećih geotermalnih bušotina u Republici Srbiji je oko 160 MW, od čega se trenutno koristi oko 100 MW. Upotrebom toplotnih pumpi može se iz zemlje preuzeti onoliko potpuno čiste energije koliko nam je potrebno. Tako na primer, instalacijom 20.000 toplotnih pumpi snage 20 kW za zagrevanje stambenih objekata možemo iz zemlje da preuzmemo energije koliko nam daje i termoelektrana snage 300 MW. U Evropi su postavljeni veoma visoki ciljevi u pogledu primene obnovljivih izvora energije i smanjenja emisije štetnih gasova. Geotermalna energija je najpogodnija za ostvarenje tih ciljeva i zbog toga je jedini od svih obnovljivih izvora energije u nekoliko evropskih zemalja ušao u zakonsku obavezu korišćenja za zagrevanje novih zgrada. Pridruživanjem Evropskoj uniji nas očekuju obaveze u pogledu korišćenja obnovljivih izvora energije i smanjenja emisije štetnih gasova. Neophodno je da Republika Srbija što brže pristupi ostvarivanju svog potencijala na ovom polju, čime bi se postigli višestruki efekti: uz minimalnu investiciju postiže se maksimum instalisane snage u vrlo kratkom roku, investiciju sprovode građani, a ne država, postiže se maksimalna

energetska efikasnost, jer se ulaže samo 25% električne energije, ne postoji zagađenje niti emisija štetnih gasova, povećava se naučno i tehnološko znanje, kao i zaposlenost. Programi koji imaju za cilj veće korišćenje geotermalne energije na području Republike Srbije podeljeni su u tri oblasti: *Efikasnije korišćenje postojećih geotermalnih izvora i bušotina*. Prilikom korišćenja geotermalnih voda u banjama, lečilištima i sportsko-rekreativnim centrima energija iz vode se samo delimično koristi, dok je temperatura vode na dovoljno visokom nivou. Primenom toplotnih pumpi moguće je iskoristiti raspoloživu energiju sve do temperaturnog nivoa od 10 °C. To znači da se na nekim mestima može iskoristiti dva do tri puta veći kapacitet geotermalnog izvora, nego što se sada koristi. *Aktiviranje zapečaćenih bušotina*. Povećanjem cena fosilnih goriva i električne energije mnoge zapečaćene bušotine će postati atraktivne i pokazaće se potreba za njihovim aktiviranjem. Ukoliko vlasnik NIS-a ponudi na prodaju svoje bušotine, sigurno će se pojaviti kupci, koji će racionalizacijom korišćenja iskoristiti maksimum postojećeg kapaciteta. *Intenzivno korišćenje geotermalnih toplotnih pumpi*. Država svojim podsticajnim merama treba da stane na čelo projekta za masovno korišćenje toplotnih pumpi za zagrevanje zgrada, jer računica pokazuje da je dobit i za državu i za korisnika velika. Projekat može brzo da se realizuje finansijskim učešćem budućih korisnika i to bez bilo kakvih dugotrajnih priprema. Potrebno je samo pokrenuti promociju, a podsticajne mere će služiti prvenstveno za skretanje pažnje na značaj projekta.

Jubaedah, E. et al. (2015). *Study of Geothermal Utilization for Milk Pasteurization in Pangalengen, Indonesia*: Indonezija ima mnogo potencijalnih geotermalnih resursa od niske do visoke entalpije i uglavnom se nalaze u planinskim područjima sa poljoprivrednim zemljištima. Jedna od njih su geotermalni izvori u Vaiang Vindu - Pangalengan, regiji koja je poznata po farmama mlečnih proizvoda. Do sada se proces pasterizacije mleka u seoskim mlekarskim industrijama u Pangalenganu, Zapadna Java još uvek koristi parom proizvedenom iz kotlova, koji koriste dizel gorivo. Kako se tržišna cena dizel goriva povećava, troškovi pasterizacije mleka su sve veći. Iz tog razloga je sprovedena studija da bi se procenila mogućnost korišćenja Vaiang Vindu geotermalnog slanog rastvora za proces pasterizacije mleka u mlekarskoj industriji u Pangalenganu. Analiza ove studije obuhvata analizu energetskeg bilansa, osnovnog procesa projektovanja i termalne opreme. Projektovanjem specifičnog i jednostavnog izmenjivača toplote i korišćenjem oko 27 kg/s slanog vodom može se generisati para, koja je dovoljna za pasterizaciju 6.000 litara mleka.

Kiruja, J. (2013). *Direct use of geothermal energy in USA:* Država Oregon, u kojoj se nalazi Tehnološki institut u Oregonu i Geo-toplotni centar, ima geotermalni resurs, koji je uglavnom niske entalpije. Ovaj resurs je pogodan uglavnom za aplikacije za direktnu upotrebu. Većina direktnih upotreba u SAD su malog obima. Primeri istaknuti u ovom radu su pivarstvo, grejanje staklenika, pranje odeće, uzgoj ribe i dehidracija luka. Sve aplikacije za direktnu upotrebu obuhvaćene ovim radom nalaze se u Oregonu, osim u postrojenju za dehidraciju crnog luka, koje se nalazi u Nevadi.

Koroneos, J. C., Fytikas, M. (1999). *Energy potential of geothermal energy in Greece:* Geotermalna toplota u Grčkoj mogla bi se iskoristiti za zadovoljenje velikog dela postojeće i energetske tražnje. Raspoloživi potencijal je izuzetno važan faktor u određivanju stepena do kojeg geotermalna energija može imati važnu ulogu u razvoju Grčke, posebno ekonomskog i društvenog razvoja zemlje. Postojeći geotermalni potencijal je veoma visok zbog povoljnih geoloških uslova. Visoka entalpija geotermalna pare je locirana na ostrvima Nisiros i Milos. Srednje-entalpijski geotermalni resursi pare su određeni u severnoj Grčkoj i na ostrvima Lesvos, Chios i Santorini. Sredstva niske entalpije su širom Grčke. Geotermalne tečnosti sa temperaturama do 95 °C su locirane u ekonomski iskoristivim dubinama. Hemijske karakteristike su od dobrog do veoma dobrog. Postoje mnoge geotermalne bušotine, koje se potencijalno mogu koristiti za proizvodnju električne energije i niske entalpijske toplote. Potencijal geotermalne energije u Grčkoj mogao bi se dramatično povećati, ako se uloži napor da se sisematski počnu koristiti neki od već poznatih resursa.

FTN, Novi Sad (2005). *Korišćenje energetskeg potencijala bušotine geotermalne vode u bečeju za energetske potrebe lokalnog konzuma:* Bečejska bušotina Bč-2/H je jedna od energetskeg najpovoljnijih na teritoriji AP Vojvodine. Ima prirodni, eruptivni izliv između 17.2 - 28.3 kg/s. Temperatura na izlivu je 65 °C, gasni faktor oko 1.85 m³ / m³ izlivena GTV. Projektovani izliv ima toplotnu snagu 4,153 kW, ako se računa sa hlađenjem vode do 25 °C. Ugradnjom toplotne pumpe ova snaga GTV se može povećati na 5,192 kW. Na ove snage treba dodati i snagu, koja se može ostvariti standardnim sagorevanjem separisanog gasa i to je 1,425 kW sa oko 90% efikasnosti u procesu sagorevanja. Već duže vreme koristi se sa između 25 – 40% zavisno sa kojim se protokom GTV računa. Veliki je broj uspešnih bušotina van upotrebe, bez obzira što je geotermalna voda već negde iznad 45 °C konkurentna klasičnim energetskeg izvorima. Na ovoj bušotini može se sagraditi toplotno postrojenje bazne snage grejanja od 7 MW, uz dodatnu funkciju zagrevanja

plivačkih bazena i bazena za uzgoj ribe. Ne treba zanemariti ni postojanje nešto slabije, ali još uvek prihvatljive bušotine Bč-1/H, koja se lako može pridružiti detaljno analiziranoj Bč-2/H i značajno povećati ovaj resurs. Da bi bušotine bile isplative, potrebno je definisati ekonomsko-tehnološki program namenskog korišćenja, angažovati strane investiture i aktivirati dosadašnje i iznaći nove potrošače.

Kroeker, J. D., Chewning, R. C. (1958). *Heat Pump in an Office Building*: D. Kreker je dizajnirao prvu komercijalnu geotermalnu pumpu da bi zagrejao zgradu Komonvelta u Portlandu u Oregonu i demonstrirao je njenu upotrebu 1946. godine.

Lund, J.W. (1997). *Milk pasteurization with geothermal energy*: Geotermalna topla voda može da se koristi za pasterizaciju mleka i sušenje proizvoda, a geotermalna para za evaporaciju mleka i UHT proces. Sveže mleko temperature od 3 °C se zagreva na temperature od 7°C u izmenjivaču toplote, a putem vrelog mleka iz homogenizatora. Zagrejano mleko prolazi kroz geotermalnu ploču izmenjivača toplote B za pasterizaciju, gde se greje na 78 °C tokom perioda od najmanje 15 sekundi. Posle pasterilizacije, vruće mleko prolazi kroz homogenizator i onda ponovo kroz ploču izmenjivača toplote A, kada se hladi na 12 °C. Na kraju se hladi na 3 °C hladnom vodom u izmenjivaču toplote C pre pakovanja i smeštanja. Temperatura ulazne geotermalne vode je 87 °C, a na izlazu 87 °C.

Lund, J. W. (1996). *Lectures on direct utilization of geothermal energy*: Kod proizvodnje mesa, važan korak u pakovanju jeste sterilizacija. I kod pakovanja ribe ovo je važan korak, jer kao i u slučaju mleka i ovde se razvijaju mikroorganizmi, koji mogu imati fatalne posledice kao *Clostridium botulinum*. Da bi se eliminisale opasnosti od botulizma i ostale opasnosti, primenjuje se zagrevanje mesa da bi se uništile bakterije *Clostridium botulinum*. Temperatura iznosi 121 °C i traje 3 minuta. Geotermalna para se ovde koristi, ali se geotermalna voda od 105-120 °C ili vodena para, mogu koristiti za sterilizaciju opreme, koja nam služi za procesiranje mesa ili pakovanje mesa.

Lund, W. J. (1986). *Agriculture and aquaculture applications of geothermal energy*: Primene geotermalne energije u poljoprivredi i akvakulturi posebno je atraktivna, jer se zahteva grejanje na donjem kraju temperaturnog raspona, gde postoji obilje geotermalnih resursa. Korišćenje otpadne toplote ili kaskadno geotermalna energija iz elektrana ili drugih upotreba na visokim temperaturama, takođe ima odlične mogućnosti. Može se razmotriti niz aplikacija za poljoprivredu, kao što su staklenici, akvakultura, stočarstvo, zagrijavanje zemljišta i navodnjavanje, proizvodnja gljiva i biogasa.

Lund, W. J. i sar. (1997, 2010, 2016). *Direct Utilization of Geothermal Energy:* Pregledana je direktna primena geotermalne energije u svetu. Ovaj izveštaj se zasniva na dokumentima ažuriranim u zemlji pripremljenim za VGC2010 i podacima iz drugih izvora. Konačni dokumenti za ažuriranje su dobijeni iz 70 zemalja, od kojih je 66 prijavilo direktno korišćenje geotermalne energije za VGC2010. Dvanaest dodatnih zemalja je dodato na listu na osnovu drugih izvora informacija. 78 zemalja koje imaju direktnu upotrebu geotermalne energije, predstavlja značajno povećanje u odnosu na 72 prijavljene 2005. godine, 58 prijavljenih u 2000. godini i 28 prijavljenih 1995. godine. Procena instalirane toplotne snage za direktno korišćenje na kraju 2009. godine, izveštaj sa VGC2010 je 48.493 MWt, skoro 72% veći u odnosu na podatke iz 2005. godine, rastući po složenoj stopi od 11.4% godišnje sa faktorom kapaciteta 0.28. Iskorištena toplotna energija iznosi 423.830 TJ/god. (117.740 GWh/god.), što je za 55% više u odnosu na 2005. godinu, rastući po složenoj stopi od 9,2% godišnje. Distribucija potrošene toplotne energije po kategorijama je oko 47,2% za zemaljske toplotne pumpe, 25,8% za kupanje i plivanje (uključujući balneologiju), 14,9% za grejanje prostora (od čega 85 % za daljinsko grejanje), 5,5 % za plastenike i grejanje na otvorenom zemljištu, 2,8 % za grejanje industrijskih procesa, 2,7% za akvakulturu i grejanja trkališta, 0,4% za sušenje u poljoprivredi, 0,5% za topljenje snega i hlađenje i 0,2% za druge namene. Ušteda energije iznosila je 250 miliona barela (38 miliona tona) ekvivalentne nafte godišnje, sprečavajući 33 miliona tona ugljenika i 107 miliona tona CO₂ da se ispuštaju u atmosferu, što uključuje uštede u hlađenju geotermalne toplotne pumpe (u poređenju sa korištenjem loživog ulja za proizvodnju električne energije).

Matić, I. (2018). *Geotermalne vode u Srbiji najveći neiskorišćeni resurs:* U Republici Srbiji registrovano je 160 prirodnih izvora preko 15 °C. Pojave sa najvišom temperaturom su: Vranjska banja 96 °C, Jošanička 78 °C, Sijarinska 72 °C, Kuršumlijska 68 °C, Novopazarska 54 °C. Ukupni kapacitet svih izvora iznosi $Q = 4\ 000$ l/s, od toga je najveći deo registrovan u okviru krečnjaka mezozojske starosti, a manji u granitoidima i vulkanogenim sedimentima. Postoji 60 hidrogeotermalnih sistema. Moguća realizacija projekata za kompleksno i integralno korišćenje geotermalne energije u Mačvi sa procenom troškova investicije: Proizvodnja struje binarnim procesima 150 mil. eura; Zagrevanje prostora u Bogatiću, Šapcu i Sremskoj Mitrovici 70 mil. eura; Staklenici, površine 25 ha 70 mil. eura; Geotermalno sušenje 3 mil. eura; Ribnjaci 50 mil. eura; Akva centri 50 mil. eura.

Konduktivna geotermalna anomalija u neogenim sedimentima u centralnom delu Mačve i ispod nje, hidrogeotermalna konvektivna anomalija u veoma karstifikovanim trijaskim krečnjacima su najveće takve anomalije u Panonskom basenu. Hemijski sastav geotermalne vode je povoljan za direktno korišćenje. Sadašnje prognoze dobijene na osnovu hidrogeotermalnog modela pokazuju da je moguća intenzivna eksploatacija i korišćenje geotermalne energije za proizvodnju hrane, cveća i primenu u poljoprivrednoj proizvodnji sa termalnom snagom od najmanje 150 MW.

Moloko, M. P., Mathew, K. D., Yongming, Y. (2013). *Production and marketing systems of farmed tilapia in China:* Tilapija je postala jedna od glavnih akvakulturnih vrsta sve interesantnija na domaćim i međunarodnim tržištima. Kina je bila daleko najveći proizvođač i izvoznik tilapije, bez obzira na neka ograničenja, kao što su rastući troškovi proizvodnje, cene i vremenske prilike fluktuacije. Održivi razvoj tilapije zavisi od tržišne cene proizvoda, kontrole bolesti, kvaliteta vode, klime, ponude semena i kvaliteta semena. Trend tilapije u Kini se promenio zbog rasta tržišta, povoljne proizvodne i izvozne politike odobrene od strane kineske vlade. Tilapija proizvedena u Kini i prerađevine stigli su do krajnjih potrošača putem sistema marketinga unutar proizvodnog lanca. Veće količine tilapijskih proizvoda iz Kine se izvoze na Američko tržište. Bez obzira na neka ograničenja, proizvođači tilapije u Kini se trude da prate potrebe komercijalnog tržišta, usvajanjem međunarodnih propisa o osiguranju kvaliteta. Nalazi u radu mogu biti interesantni za potencijalne investitore i konkurente tilapije. Treba izučiti mogu li i drugi proizvodi tilapije, kao što je riblje ulje imati tržište i da li izvozni agenti mogu da ponude proizvode direktno potrošaču.

Miloradović, N. (2013). *O poreklu i primeni geotermalne energije:* Geotermalna energija pripada obnovljivim izvorima energije. Ona sadrži površinsku i dubinsku komponentu, a poreklo toplote dubinske komponente leži u radioaktivnom raspadu teških elemenata. Temperatura u unutrašnjosti Zemlje izuzetno je visoka. Geotermalna energija se može koristiti za proizvodnju električne energije. Za te potrebe primenjuju se tri različita postupka: postupak sa suvom parom, postupak sa separacijom vlažne pare i binarni ciklus. Takođe, geotermalna energija se može direktno koristiti za potrebe daljinskog grejanja, hlađenja, za zagrevanje potrošne vode, plivačkih bazena i ribnjaka, staklenika i u industriji. Komponente postrojenja geotermalnog daljinskog grejanja su razmenjivači toplote, dubinske pumpe koje crpe tople podzemne vode iz dubina i cevovodi. Indirektno korišćenje geotermalne energije se ogleda u primeni toplotnih pumpi.

Ćirković, M., Malović, B., Jurakić, Ž., Maletin, S. (2007). *Gajenje konzumnih kategorija afričkog soma:* Afrički som kao vrsta sa visokim uzgojnim potencijalom našao je svoje mesto u akvakulturi u velikom broju zemalja, a od skora i kod nas. *Clarias gariepinus* je omnivora vrsta, najčešće se hrani biljem, vodenim beskičmenjacima, mladom ribom itd. Preživljava i pri niskim koncentracijama kiseonika, jer izlazi na površinu i udiše atmosferski vazduh kada njegova koncentracija u vodi padne ispod neophodnog minimuma. Ograničavajući faktor za intenzivnije širenje jeste temperatura vode. Gajenjem u klasičnim ribnjacima, afrički som u toku letnjih meseci postiže odličan prirast, hraneći se srebrnim karašom i dodatnom hranom. *Clarias gariepinus* zahteva relativno visoku proteinsku ishranu, koja predstavlja preduslov za intenzivnu monokulturu afričkog soma. Najbolje stope rasta i konverzije hrane postižu se hranom koja sadrži 35–42% sirovih proteina. Afrički som nasaden je u objekat veličine 0,1 ha i to u količini 100 komada prosečne mase 950 g. Zajedno sa afričkim somom nasaden je i srebrni karaš u količini 200 kg prosečne težine 60 g. Prosečna temperatura vode u vreme nasađivanja iznosila je 22 °C, a u vreme izlova 23 °C.

Ćirković, M., Jurakić, Ž., Maletin, S. (2007). *Gajenje konzumnih kategorija Tilapije:* Tilapija je danas doživela izuzetnu ekspanziju i kao komercijalna vssta gaji se na svim kontinentima i u svim klimatskim pojasevima. Osnovu savremene proizvodnje čini nekoliko desetina hibrida, koji se gaje u praktično svim sistemima gajenja – ekstenzivnim, poluintenzivnim i intenzivnim. Objekti koji su korišteni za ogled isušeni su tokom zimskog perioda, kada su sprovedene i sve mere neophodne u pripremi klasičnih šaranskih objekata. Gustina nasada za proizvodnju konzumne tilapije izuzetno varira i zavisi od veličine ribe i sistema gajenja. U objekat veličine 0,125 ha naseljeno je mladunaca tilapije mase 30 g u gustini 5 000 kom/ha. Na objekat je to iznosilo 650 mladunaca. S obzirom na prosečnu telesnu masu nasadnog materijala, u ogledni objekat je nasađeno 19,5 kg tilapije. Prosečna temperatura vode u vreme nasađivanja iznosila je 23 °C, a u vreme izlova 24 °C. Ishrana riba delimično je bila zasnovana na prirodnoj hrani. Uglavnom je hranjena standardnom hranom za ishranu šarana sa 32 % proteina. Dobijeni rezultati pokazuju da je tilapija ostvarila visok nivo preživljavanja od 95 % u klasičnom ribnjaku u našim klimatskim uslovima tokom letnjeg perioda. Tilapija je ostvarila izuzetan porast i visoke prosečne priraste, koji su se kretali u rasponu od 2 do 6,43 g na dan.

Ćirković, M., Jurakić, Ž., Milašinović, M. (2006). *Izgradnja ribnjaka na geotermalnim vodama:* Gajenje tropskih riba u klimatskim uslovima naše zemlje moguće je na klasičnim

ribnjacima samo u letnjim mesecima. U hladnijim periodima kada temperatura vode na otvorenom pada značajno ispod optimalne, pa i ispod letalne temperature, gajenje tropskih riba moguće je grejanjem vode, korišćenjem industrijskih toplih voda (termo elektrane) i korišćenjem geotermalnih voda. U tehnologiji proizvodnje riba jasno se pokazalo da direktno grejanje vode bilo kojim energentom ne dolazi u obzir, jer poskupljuje proizvodnju. Geotermalna energija je rešenje kao čist, pouzdan i obnovljiv izvor energije. U našoj zemlji još uvek ne postoje ribnjaci na geotermalnim vodama. Međutim, potrebe tržišta, veliki broj geotermalnih izvora (preko 200) i postojanje naučnih centara i stručne radne snage nameće potrebu razmatranja ekonomske opravdanosti izgradnje ribnjaka na geotermalnim vodama. Zbog svojih pozitivnih osobina, a pre svega zbog prilagodljivosti *Tilapia nilotica* i *Clarias gariepinus* prepoznati su kao vrste najpogodnije za introdukciju u našu akvakulturu.

Milošević, A. (2018). *Geotermalna energija u Srbiji*: U Republici Srbiji se pokazalo da u poslednje vreme raste ekološka svest. Naročito u poslednjih godina, kada su se različitim transformacijama u sferi upravljanja i nadležnosti, počeli da stiču uslovi za realizaciju projekata iz oblasti primene geotermalne energije. Cela Evropa teži da smanji energetske zavisnosti i pokušava da poveća proizvodnju energije, a jedina mogućnost je znatno povećanje udela obnovljivih izvora energije u ukupnom energetske bilansu. Republika Srbija se nalazi u sličnoj situaciji, odnosno energetske zavisnosti od uvoza i zbog toga je veoma važno povećati korišćenje geotermalne energije. U narednom periodu od desetak godina primenom geotermalne energije može se obezbediti preko 10 % potreba za toplotnom energijom uz najniže investicije u poređenju sa drugim izvorima energije. Cena ove investicije može u celosti da se obezbedi ulaganjem stanovništva bez dodatnog zaduživanja države. Razlog više da dobre primere sledimo i doprinesemo sami svojoj zemlji ekonomski i ekološki. Budući da je procenjena totalna količina geotermalne energije, koja bi se mogla iskoristiti znatno veća nego sveukupna količina energetskih izvora baziranih na nafti, uglju i prirodnom gasu, trebalo bi geotermalnoj energiji svakako pridati veću važnost. Naročito ako se uzme u obzir da je reč o jeftinom, obnovljivom izvoru energiju, koji je uz to i ekološki prihvatljiv. Iako geotermalna energija nije svuda lako dostupna, trebalo bi iskoristiti barem mesta na kojima je ta energija lako dostupna i tako malo smanjiti pritisak na fosilna goriva i time pomoći Zemlji da se oporavi od štetnih gasova.

FTN, Novi Sad (2005). *Mogućnost korišćenja energetskog potencijala GTV u Vojvodini:* Na teritoriji AP Vojvodine istražene su hidrotermalne vode bušenjem na 75 mesta od kojih je 65 bilo aktivno. Svega 27 buština tehnički je opremljeno hidrotermalnim sistemima za eksploataciju, a 15 izvora se koristilo. Istraženi resursi su sa energetskog stanovišta skromni, naročito u pogledu temperatura geotermalne vode na izlivu. Ima ih nekoliko sa preko 60 °C na dubinama oko 1 000 m, a svega 3 su između 70-82 °C. Potencijal je ispod 90 °C, što je donja granica na opšteprihvaćenom Lindal-ovom dijagramu za primenu u proizvodnji mehaničke (električne) energije i znatno ispod 150 °C za primenu u termoenergetskim postrojenjima. Postoji mogućnost korišćenja ovakve geotermalne vode transformacijom u toplotnu energiju za zagrevanje i to na relativno niskom nivou temperature, kod većine ispod 60 °C. Proizilazi da će ova primena biti rentabilna kod potrošača koji bi radili 7,000 h / punim kapacitetom. Najveći broj potrošača ovakve niske temperature energije je za zagrevanja objekata sezonskog karaktera. One se koriste u zimskom periodu sa standardnim prekidima noću, što obezbeđuje eksploataciju postrojenja do 3 200 h u baznoj snazi grejanja. Proizilazi da je pre odluke o izgradnji neophodno temeljno ekonomski (i ekološki) razmotriti razne varijante toplotnih šema svakog konkretnog slučaja. U sadašnjem momentu sagledivi resursi za produženje sezone korišćenja ovakvih geotermalnih izvora su plivački bazeni, ribnjaci, staklenici i plastenici u poljoprivredi. Za ovakve objekte su potrebne male investicije, koje bi u eksploataciji imale relativno niske troškove energije. Dakle, na teritoriji AP Vojvodine postoje geotermalni potencijali respektabilni sa stanovišta malih i osrednjih potrošača. Potrebno je za svaki izgledan projekat uraditi tehno-ekonomski program namenskog korišćenja, pronaći potrošače i investitore, ekonomski podsticati sistemom subvencija proizvodnju povrća i cveća u zaštićenom prostoru.

Ećim-Đurić, O., Tomić, V., Milanović, P. (2008). *Energetska optimizacija za korišćenje geotermalne energije za grejanje plastenika:* Određivanje unutrašnjih parametara u plastenicima i staklenicima zahteva kompleksno razmatranje u cilju određivanja optimalnih sistema grejanja prostora u zimskom periodu i ventilacije u letnjem periodu. U cilju povećanja energetske efikasnosti objekta razmatrano je grejanje objekta energijom geotermalnog izvora, kao i modeliranje potrošnje geotermalne vode u uslovima nedovoljne količine, pri izuzetno niskom temperaturama spoljašnjeg vazduha. Numeričke simulacije toplotnog opterećenja plastenika sprovedene su u cilju povećanja efektivne upotrebe izvora geotermalne energije i konceptualnih tehničkih rešenja. U radu je definisano termičko

ponašanje objekta. Konačno, potreba za daljim istraživanjem i inženjerskim razvojem je naglašena.

Pavićević, V. (2018). *Neiskorišćenje hidroloških i GT mogućnosti Mačve: Geotermalna energija treba da se koristi višenamenski.* U zavisnosti od temperature podzemne vode iz stena može se koristiti za dobijanje električne energije, zagrevanje industrijskih, komercijalnih, javnih i stambenih prostora, staklenika i plastenika, banjsko lečenje, rekreaciju i turizam. Izgradnja geotermalnih elektrana je finansijski vrlo zahtevna, tako da je u Mačvi mnogo realnija primena, pre svega, u poljoprivredi, zbog rastuće potražnje za kvalitetnom organskom hranom, sa vrlo kvalitetnog (još uvek nezagađenog) zemljišta, pomenutog kvantiteta i kvaliteta površinskih i podzemnih voda, pogodne klime, izuzetnog geografskog položaja.

Povarov, O. A. (2003). *Achievements and Prospects of Geothermal Power Engineering Development in Russia:* Posebnu ulogu ima geotermalna energija, koja je veoma pristupačna u vezi sa upotrebom toplotnih pumpi. Upotreba Zemljine toplote u Rusiji će biti blizu 20 % u ukupnom bilansu snabdevanja toplotom. U nekim regionima Rusije, geotermalna električna energija i snabdevanje toplotom mogu činiti do 50-90 % ukupne potrošnje energije. Sve oblasti energetske opremljenosti u svetu praćene su uvođenjem modernih automatizovanih sistema kontrole, koji omogućavaju da elektrane rade praktično bez učešća operativnog osoblja i da kontrolišu energetske blokove na velikim udaljenostima od kontrolora kroz prostor i druga sredstva komunikacije.

Milanović, P. D., Ećim, O. D., Jelić, M. B., Tomić, V. V. (2012). *Dinamic modeling of a heating system using geothermal energy and storage tank:* Primena geotermalne energije u poljoprivredi, posebno u plastenicima, ima mnoge prednosti: poboljšanje energetske efikasnosti postrojenja, smanjenje emisije CO₂ supstitucijom fosilnih goriva obnovljivom energijom i uspostavljanje održivog lanca hrane. Postavljanje odgovarajućih radnih parametara u stakleniku je podložno složenim zahtevima. Zbog toga se u ovim analizama toplotni zahtevi staklenika tokom grejnog perioda dinamički opisuju na osnovu podataka dobijenih iz tipične meteorološke godine za datu lokaciju (Debrč, R. Srbija) kako bi se pronašao optimalni odnos između željene temperature u objektu i geotermalne energije-potencijal izvora. Rezultati numeričkih simulacija su validirani podacima dobijenim eksperimentalnim merenjima u objektu. Rezultati ovih analiza omogućavaju proračun kapaciteta skladišnog prostora, tako da se energetska efikasnost sistema grejanja staklene bašte sa geotermalnom energijom može značajno poboljšati. Modeliranje spremnika

toplote pokazuje da bi sistem mogao pokriti gotovo celu toplotnu energiju potrebnu za vreme sezone. Takođe, može se zaključiti da je zapremina rezervoara do 30 m³ racionalno rešenje. Obim rezervoara veći od predloženog bi izazvao nepotrebne troškove. Analiza sistema grejanja staklenika sa rezervoarom od 30 m³ pokazuje da omogućava uštedu od oko 10.000 EUR po grejnoj sezoni, tako da je povratni period investicije manji od jedne godine. Sa ekološke tačke gledišta, emisija CO₂ je smanjena za oko 60 t.

Ružičić, L. i sar. (2013). *The application of geothermal energy in agriculture:* Geotermalna energija je sve pod nama. Negde je lako pristupačana ili dolazi na površinu sama po sebi u obliku tople vode ili pare, a negde je na visokoj dubini i praktično nepristupačna. Znajući da se procenjuje ukupna količina geotermalne energije, ona koja se može koristiti, ona je znatno veća od ukupne količine energetske izvora po osnovu nafte, uglja ili gasa, te geotermalnoj energiji treba posvetiti više pažnje. Pogotovo ako se uzme u obzir da je to jeftin, obnovljiv izvor energije, koji je istovremeno ekološki prihvatljiv. Znajući da geotermalna energija nije uvek i svugde lako dostupna, treba je koristiti barem na mestima, gde je lako dostupna (rubovi tektonskih ploča). Primena geotermalne energije u poljoprivredi smanjuje pritisak na troškove goriva i tako pomaže Zemlji da se oporavi od štetnih gasova, koji prouzrokuju efekat staklene bašte i izazivaju globalno zagađenje i klimatske promene. Geotermalna energija u Republici Srbiji se simbolički koristi, samo sa 86 MW, iako se prema geotermalnom potencijalu spadamo u bogatije zemlje. Istraživanja su pokazala da mi imamo značajne mogućnosti za korišćenje geotermalne energije i da u budućnosti treba planirati njeno veće učešće u energetskom bilansu. Postojeći rezultati pokazuju da bi se intenzivnim programom razvoja geotermalnih resursa moglo do 2015. godine povećati dovoljno da se zameni najmanje 500.000 tona uvezenih tečnih goriva godišnje.

Ragnarsson, A. and Ágústsson, M. (2014). *Geothermal energy in Horticulture:* Grejanje staklenika geotermalnom energijom se praktikuje u mnogim zemljama tokom dugog vremenskog perioda, posebno u Evropi. Pristup geotermalnoj vodi omogućava održavanje klime u staklenicima, što je moguće bliže optimalnim uslovima za rast biljke. Osim grejanja, uobičajena je rasveta i obogaćivanje CO₂ u staklenicima. To omogućava održavanje optimalnih uslova za uzgoj u staklenicima tokom cele godine, nezavisno od klimatskih uslova na otvorenom. Geotermalna energija zahteva relativno jednostavne instalacije za grejanje, iako su moderni staklenici opremljeni naprednim kompjuterskim instalacijama za kontrolu klime. U radu se opisuju aktivnosti na Fridheimar stakleničkoj

farmi u Islandu. Tamo pored ugoja različitih sorti paradajza i drugih kultura u staklenicima ukupne površine od 200 m², turističke usluge igraju važnu ulogu u svakodnevnom poslovanju.

Richter, A. (2018). *The utilisation of geothermal energy in the agricultural sector of Greece:* Geotermalna energija je toplota Zemlje, blagi obnovljivi izvor energije sa zanemarljivim negativnim uticajem na životnu sredinu. Može se koristiti za proizvodnju energije (> 90 °C) ili "direktno". Direktno kao toplota, u različitim primenama kao što su kupanje, industrijska upotreba, poljoprivreda, grejanje prostora, daljinsko grijanje (> 25 °C). U slučaju nižih temperatura (< 25 °C), korišćenje Zemljine toplote postiže se pomoću geotermalnih toplotnih pumpi (GHG). "Plitka geotermalna energija" se u poslednjim decenijama primenjivala u velikoj meri, uglavnom za grejanje i hlađenje prostora, ali i u primarnom sektoru. U 2017. godini, prva investicija u tom području odnosila se na izgradnju standardne jedinice staklenika od 35 ha, koja proizvodi ukorenjene reznice ukrasnog bilja.

Richter, A. (2018). *Utilisation on geothermal in food production – a study for North Iceland:* Geotermalna energija se može koristiti za dehidraciju paradajza gajenog u staklenicima, koji se zagrevaju geotermalnim energijom na sjeveroistoku Islanda. Paradajz prirodno raste na višim temperaturama, nego što je klima Islanda. Zato poljoprivrednici koriste geotermalnu energiju, kao izvor toplote za uzgoj paradajza i krastavaca u plastenicima. Ideja je sada da se ta operacija proširi dehidracijom paradajza u sušarama. Tako se korišćenje geotermalne energije pored grejanja, širi na preradu prehrambenih sirovina. Sušenje voća i povrća različitih vrsta je prikladan način za smanjenje rasipanja hrane i očuvanje trajnosti pokvarljivih prehrambenih proizvoda. Područje niske temperature ispod 150 °C se najčešće koristi u sušenju hrane, jer na toj temperaturi možete dobiti najviše iz procesa sušenja. Toplota se može koristiti u obliku vode ili pare, ali i otpadne vode koje su previše hladne za upotrebu u geotermalnim postrojenjima mogu se koristiti u tu svrhu. Velika prednost korišćenja geotermalne energije u uzgoju paradajza, a ne fosilnih goriva ili električne energije, je u tome što smanjuje troškove. Geotermalna toplota se koristi za sušenje širokog spektra poljoprivrednih proizvoda širom sveta, uključujući pirinač, brašno, paradajz, luk, pamuk, čili i beli luk. Sušenje paradajza u Nea Kessani u Grčkoj počelo je 2001. godine. Plodovi se suše geotermalnom vodom na 59 °C u pravougaonim sušačima dužine 14 m, širine 1 m i visine 2 m. Paradajz se sortira i pere, kako bi se uklonila prašina, prljavština. Zatim se režu na pola i postavljaju na nosače od

nerđajućeg čelika. Svaka paleta od 25 komada u peći se suši 45 minuta, sa oko 7 kg paradajza na svakoj posudi. Osušeni paradajz se potom uranja u maslinovo ulje i priprema se za transport i prodaju. Na Islandu se geotermalna energija koristi za sušenje ribe, a ista oprema može se koristiti za sušenje paradajza. Vazduh se ispušta ventilatorima kroz sistem tople vode, kroz koji teče topla voda. Paradajz bi bio postavljen na pladnjeve na hrpe na vrhu dasaka u prostor kroz koji prolazi topli vazduh. Geotermalna toplota se koristi za zagrevanje plastenika na Islandu od 1924. godine i jedan je od najvećih tipova direktne upotrebe geotermalne energije.

Ragnarsson, A. (2014). *Geothermal energy aquaculture*: Sektor poljoprivrede je potrošač energije i odašiljač Green House gasa, koji mora biti održiviji, konkurentniji i osigurati prehrambenu sigurnost. To daje specifičan i hitan energetska izazov: potrebno je pronaći stabilnu, jeftinu i lokalnu obnovljivu energiju, te smanjiti negativan doprinos klimatskim promenama. Veliki deo energije koju koristi industrija je za nizak i srednji nivo toplote (manje od 200 °C), koja je potrebna u mnogim fazama proizvodnje i obrade. Tradicionalno su korištena fosilna goriva, ali fluktuirajuće cene energije također izlažu agro-prehrambenu industriju riziku. Geotermalna energija je deo rešenja. Geotermalna energija se sve više koristi u agro-prehrambenoj industriji, jer zadovoljava mnoge zahteve sektora. Geotermalna toplota niske ili srednje temperature dostupna je svuda u svetu, a sistemi koji omogućavaju njenu upotrebu su jednostavni i laki za održavanje. Geotermalni projekti se instaliraju lokalno i pružaju grejanje i hlađenje po konkurentnim cenama. Oni stvaraju direktne i indirektno poslove širom lanca vrednosti.

U kavezu za uzgoj ribe stopa rasta može se povećati za 50 do 100 % kontrolisanjem temperature uzgoja. Kvalitet vode i kontrola bolesti su važni u uzgoju ribe i treba ih uzeti u obzir kada se direktno koriste geotermalne vode. Ukupno 22 zemlje prijavile su upotrebu geotermalne energije u akvakulturi 2010. godine. Vodeće zemlje su Kina, SAD, Italija, Island i Izrael. Najčešća vrsta su tilapija, losos i pastrmka. Na Islandu postoji oko 70 ribnjaka, od kojih 15-20 koristi geotermalnu vodu. Ukupna proizvodnja u 2013. godini iznosila je oko 7.000 tona, uglavnom losos i arktički čar. Važan deo ovog sektora na Islandu je stalni razvoj ribogojilišta, koja koriste višak tople vode iz geotermalne elektrane Reikjanes da se uzgaja 2.000 tona senegalskog đona godišnje.

Radičević, B., Vukić, Đ. (2014). *Pregled potencijala obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije u Srbiji*: Republika Srbija se nalazi na prostoru sa vrlo

povoljnim geotermičkim potencijalom (toplotni fluks na znatnom delu teritorije > 60 MW/m²). Potencijal postojećih geotermalnih izvora (bušotina, mahom u vlasništvu NIS-a) iznosi oko 0.2 Mten. Temperatura najvećeg broja izvorišta je ispod 80 °C, što nije povoljno za proizvodnju električne energije. Praktično, samo izvorište u Vranjskoj banji ima odgovarajuće kapacitete za izgradnju geotermalne elektrane. U Vranjskoj Banji postoje bušotine sa protokom od 27 l/s i temperaturom od 111 °C, bušotina sa protokom 21 l/s i temperaturom od 98 °C i izvor sa protokom od 44 l/s i temperaturom od 85 °C. Trenutna upotreba geotermalne energije u Republici Srbiji je daleko ispod realnih mogućnosti. Najčešće se koristi u balneološke svrhe, a i tu su moguća velika unapređenja. Ima desetak primera upotrebe geotermalne energije od strane privatnih investitora. Subvencionisana cena električne energije iz geotermalnih elektrana je 7.5 evrocenti po kWh. U zavisnosti od kapaciteta i karakteristika izvorišta, investicioni troškovi iznose od 5 do 15 evra po instalisanom W na već postojećem izvorištu. Prosečna godišnja iskoristivost instalisanih kapaciteta nije ispod 90 %. Izuzetno je značajna mogućnost supstitucije energenata putem klimatizacije prostora upotrebom toplotnih pumpi sa geotermalnim sondama, pogotovo u cilju rasterećenja EES. Upotreba toplotnih pumpi je već sada ekonomski opravdana i investicije u takve sisteme se isplate u periodu od 3 do 10 godina. Imajući u vidu da bi se upotrebom toplotnih pumpi u potpunosti mogle pokriti potrebe Republike Srbije za klimatizacijom prostora, ovaj potencijal ima izuzetno veliki značaj. Potencijal obnovljivih izvora energije (OIE) u Republici Srbiji, sa teoretskog i tehničkog stanovišta, mogao bi u potpunosti podmiriti potrebe za energijom. Kroz inicijativu za širu upotrebu OIE trebalo bi ostvariti sledeće: definisati investicije u energetskom sektoru, pri čemu su neophodne stimulatивne mere, zakonska regulativa; forsirati domaće investicije u OIE, prvenstveno sisteme male snage; racionalnije koristiti postojeće i nove energetske sisteme; investirati u obrazovanje i razvoj domaćih tehnologija, prilagođenih sopstvenim potrebama; izbeći stihijski i безусловni prelazak na OIE sa previsokim cenama subvencija, već raditi planski i u skladu sa sveukupnim domaćim interesima i mogućnostima; stvarati ambijent preduzetničkog duha za nastup na drugim tržištima, baziran na stečenim znanjima, razvijenim proizvodima i domaćim investicijama.

Stipić, Z., Vidović, S., Spasojević, M. (2012). *Potentials of renewable energy sources in the Republic of Serbia with a detailed review of the exploitation of geothermal resources in the autonomous province of Vojvodina: Geotermalna energija se u Republici Srbiji malo koristi, iako naša država po geotermalnom potencijalu spada u bogatije zemlje. Za*

mineralne i termomineralne vode u Panonskoj niziji se znalo od davnina. Zapisi ukazuju da su ih koristili još stari Rimljani, a kasnije Turci. Prva bušenja arterskih bunara, u novijoj istoriji, započeta su u Banatu. Još 1848. godine pominje se bušenje arterskih bunara u Pavlišu kod Vršca. Dubine prvih bunara su dostizale do 400 m, a neki su i danas u upotrebi. Celovitija saznanja o geotermalnom potencijalu su sticana nakon 1949. godine. U periodu od 1969. do 1996. godine izbušene su 73 hidrotermalne bušotine ukupne dubine 62.678,60 m. Najintenzivnija istraživanja su obavljena 80-tih godina prošlog veka, kada je izbušeno 45 bušotina ukupne dubine 34.840 m ili oko 56 % svih bušotina. Teritorija AP Vojvodine, pripada velikoj evropskoj geotermalnoj zoni, koja ima povoljne uslove za istraživanje i korišćenje geotermalne energije (Aksin i sar., 1998). Republika Srbija je zemlja sa tradicionalno poznatim, ali nedovoljno iskorišćenim geotermalnim izvorima. Najveći broj geotermalnih izvora, skoncentrisan je u AP Vojvodini i Centralnoj Srbiji, pri čemu se daleko najveći broj toplih izvora ne koriste ili se koriste isključivo u sportske i rekreativne svrhe, u banjskim turističkim centrima, bez posebnog iskorišćavanja i pretvaranja energije tople vode u neke druge oblike enegije. Gustina geotermalnog toka je glavni parametar na osnovu kojeg se procenjuje milivojevnekog područja, a predstavlja količinu geotermalne toplote koja svakog sekunda kroz površinu od 1 m² dolazi iz Zemljine unutrašnjosti do njene površine. Na većem delu teritorije Republike Srbije gustina geotermalnog toplotnog toka je veća od njegove prosečne vrednosti za kontinentalni deo Evrope, koji iznosi oko 60 mW/m². Najveće vrednosti, od preko 100 mW/m² su u Panonskom bazenu, u centralnom delu južne Srbije i u centralnoj Srbiji. Na teritoriji Republike Srbije, izvan Panonskog bazena, nalazi se 160 prirodnih izvora geotermalnih voda sa temperaturom većom od 15 °C. Najveću temperaturu imaju vode izvora u Vranjskoj Banji (96 °C), zatim u Jošaničkoj Banji (78 °C), Sijerinskoj Banji (72 °C) itd. Ukupna izdašnost svih prirodnih geotermalnih izvora je oko 4.000 l/s. Ukupna količina toplote koja se nalazi akumulirana u nalazištima geotermalnih voda u Republici Srbiji do dubine od 3000 m, oko dva puta je veća od ekvivalentne toplotne energije, koja bi se mogla dobiti sagorevanjem svih vrsta uglja iz njihovih ukupnih nalazišta u Republici Srbiji. Izdašnost 62 geotermalne bušotine, na području Vojvodine je oko 550 l/s, a toplotna snaga oko 50 MW, a na ostalom delu Republike Srbije iz 48 bušotina 108 MW. Na teritoriji Republike Srbije pored povoljnih mogućnosti za eksploataciju toplotne energije i ostalih geotermalnih resursa iz geotermalnih voda, postoje i povoljne mogućnosti za eksploataciju geotermalne energije iz "suvih" stena.

Sircar, A., Yadav, K., Sahajpal, S. (2015). *Overview on Direct Applications of Geothermal Energy*: Sa ograničenim resursima fosilnih goriva moderno društvo mora da se usmeri ka raznim drugim prirodnim resursima. Geotermalna energija je oblik energije, koja se dobija iz unutrašnjosti Zemlje. Ljudi iz Rima, Kine i Japana koriste geotermalnu energiju od davnina, a koristi se na površini zemlje uglavnom za kupanje i terapijske svrhe. U zavisnosti od dubine geotermalnog izvora i njegove temperature, koristi se u različite svrhe, kao što su kupanje i plivanje, poljoprivreda, akvakultura, prerada meda i sl. Geotermalna energija ima potencijal da obezbedi dugoročnu i sigurnu baznu energiju za poljoprivrednu i prehrambenu industriju. Geotermalna energija se već koristi u industrijama u mnogim zemljama, ali trend korišćenja je u većini zemalja spor. Glavna ograničenja i izazovi koji ometaju korišćenje geotermalne energije u poljoprivrednoj proizvodnji i prehrambenoj industriji su političke, regulatorne, tehničke i finansijske barijere. Kada se ograničenja reše, u budućnosti se može očekivati umereno povećanje direktnog korišćenja. Geotermalna energija ima tehnički i ekonomski potencijal da olakša razvoj niza poljoprivrednih proizvoda sa dodatnom vrednošću.

Supply Chain for geothermal aquaculture - Feasibility study (2012). Akvakultura je uzgoj ribe i drugih akvatičnih životinja (školjki i drugih životinja) u kontrolisanom okruženju. Upotreba geotermalne vode u akvakulturi pomaže u održavanju temperature vode što povećava stope preživljavanja i omogućava brži rast gajenih riba. Niskotemperaturni geotermalni izvori, koji nisu dovoljno topli za proizvodnju električne energije korisni su za uzgajivače ribe. Ribe koje se uzgajaju u vodi odgovarajuće temperature rastu brže i veće su od onih gajenih u hladnoj vodi ili vodi sa promenljivim temperaturama. Otporne su na bolesti i ređe uginu. Ribari koji imaju pristup geotermalnoj vodi mogu je koristiti za regulaciju temperature njihovih ribnjaka. Obim primene geotermalnih ribnjaka u svetu raste. Glavne vrste koje se uzgajaju u geotermalnim vodama su som, bas, pastrmka, tilapija, jesetra, džin, slatkovodne kozice, aligatori, puževi, korali i tropske ribe. Tako, temperature u kojima napreduju su: som i račići rastu oko 50 % na temperaturama između 20 i 26 °C, rastu najbrže na oko 32 °C, ali opadaju na višim temperaturama. Trout napreduje na oko 15.5 °C, ali ne voli niže ili više temperature. Geotermalni izvori omogućavaju snabdevanje ribnjaka stabilno i po povoljnoj ceni. Korišćenje geotermalne energije za zagrevanje vode za akvakulturu može imati mnoge ekonomske prednosti. Termalna voda koja se već koristi za grejanje ili proizvodnju električne energije ili grejanje može da greje ribnjake bez troškova. Ušteda na toplotnoj

energiji prema različitim izvorima varira od 75 do 85 %. Uticaj na opšte troškove poslovanja može biti od 20-40 %, a ako je jeftina radna snaga efikasnost tekućih troškova može biti i veća. Grejana voda omogućava uzgoj ribe u zimskim mjesecima. Geotermalna energija omogućava plasman egzotičnih vrsta svežih riba na tržištu tokom cele godine. Farma koja koristi geotermalnu vodu ne sagoreva fosilna goriva ili druge izvore toplote za regulaciju temperature vode i stoga ne emituje zagađenje.

Tester, J. (2016). *Flowers In Iceland: The Green-Power Of Geothermal Energy*. Espiflot je farma cveća koja se nalazi na jugozapadu Islanda. Rast cvećaje omogućen geotermalnom energijom, veštačkom svetlošću, slatkom vodom i prirodnom kultivacijom štetočina i oprašivanjem. Ceo sistem je u potpunosti automatizovan. Nakon zagrevanja kuća, staklenici su jedna od najvažnijih upotreba islandske geotermalne energije. Prvi staklenici na Islandu izgrađeni su oko 1924. godine, koristeći prirodnu toplotu Zemlje za uzgoj krompira. Staklenici su napravljeni od stakla i neizolirani. Od 2012. godine staklenici pokrivaju 194.000 m², od čega se oko 50 % koristi za uzgoj povrća, krompira, paradajza, krastavaca, paprika, a ostatak se koristi za cveće i biljke u saksiji (izreka: “Uvek ima mesta za više cveća”). Od 2011. godine staklenici proizvode oko 18.000 tona povrća godišnje, pri čemu se 75% paradajza i 90% krastavaca proizvodi u zemlji. U plastenicima se koristi oko 100.000 tona vode, što odgovara godišnjem korišćenju vode od 130 porodičnih kuća. Električna energija za veštačko osvetljenje takođe dolazi iz obnovljivih izvora: hidroenergije i geotermalne energije.

Tiwari, G.N., Ghosal, M.K. (2005). *Renewable Energy Resources: Basic Principles and Applications*: U 20. veku je potražnja za električnom energijom dovela do uzimanja u razmatranje geotermalnih izvora, kao izvora za proizvodnju električne energije. Knez Pjero Đinori Konti testirao je prvi geotermalni generator električne struje 1904. godine, na istom polju u Lardarelu, gde su počele geotermalne ekstrakcije borne kiseline. Uspeo je da upali 4 sijalice.

Toth, A. (2016). *Geothermal Energy in Hungary*: Odličan geotermalni potencijal Mađarske je dobro poznat. Tradicionalno, geotermalna energija u zemlji se koristi za direktno snabdevanje toplotom, pri čemu se većina termalne vode koristi u banjama. Do sada, u Mađarskoj ne postoji razvijeno tržište toplotnih pumpi ili geotermalne elektrane. Postoje mnogi projekti koji se pripremaju. Oni se fokusiraju na geotermalne elektrane,

CHP¹, daljinsko grejanje i GSHP² podsticaje. Potrebna je povećana finansijska podrška, kao i pojednostavljeni, transparentni i pouzdani zakonodavni okviri. Mađarska tradicionalno ima snažno obrazovanje o geotermalnim resursima i uprkos recesiji, takvi kursevi se i dalje daju. Ovaj rad daje kratku istoriju geotermalne energije u Mađarskoj i razmatra sadašnje stanje proizvodnje i korišćenja geotermalne energije u zemlji. U 2015. godini 877 aktivnih termalnih bunara proizvelo je oko 79,46 miliona m³ termalne vode u Mađarskoj, što predstavlja 863,80 MWt / 12,819 TJ/god. Većina proizvedene vode korišćena je za balneologiju (295 aktivnih bunara sa 41,18 miliona m³ 287 MWt / 6,149 TJ / godišnje) u Bükküörd, Hévíz, Harkány, Zalakaros i drugim banjskim gradovima. Za direktno korišćenje toplote, glavni sektor je bio poljoprivreda, gde je ukupno 181 bunar proizveo 10,97 miliona m³ termalne vode, što predstavlja instalisani kapacitet od 307 MWt i procenju upotrebu od 3,350 TJ/god. Od toga, oko 75% se koristilo za zagrevanje plastenika i plastičnih šatora, a ostatak za stočarstvo. Na 23 lokacije postoji grejanje termalnom vodom, kao na primer u Hódmezővásárhely, Szeged, Miskolc i Szentlőrinc. U 2015. godini ukupno grejanje putem termalnih voda koristilo je 11,67 mil. m³ termalne vode, što predstavlja procenjeni instalirani kapacitet od 229,66 MWt i 2.496 TJ/god. u smislu stvarne upotrebe. U 2015. godini industrijska upotreba bila je relativno niska (8,52 MWt / 174,53 TJ/g.). U kategoriji „ostalo“ ili „razno“ (uključujući javno vodosnabdevanje) ta brojka je iznosila 14,10 miliona m³ (47,37 MWt / 650 TJ/g.). Između 2010. i 2015. godine više od 25 dubokih geotermalnih projekata je podržano bespovratnim sredstvima u iznosu od 29,2 miliona eura, kao na primjer u bolnici Szolnok, termalnom kupalištu i Makó i termalnim kupkama Gyopárosfürdő. Od 2010. godine, u Szentlőrinc i in Miskolc, u toku su dva velika projekta daljinskog grejanja kojima upravlja PannErgy Ltd. Prema odluci Brisela, EGG konzorcijum u Mađarskoj je suvlasnik mađarske firme EU-FIRE i islandske firme Mannvit. Dodeljena sredstva u iznosu od 39,3 miliona evra za razvoj plana projekta od 116 miliona evra pod nazivom "Elektrana u južnoj Mađarskoj sa poboljšanim geotermalnim sistemom". Ovo je prvi projekat geotermalnog sistema za poboljšanje efikasnosti u jugoistočnoj Mađarskoj. Ostali tekući projekti fokusiraju se na geotermalne elektrane, CHP, daljinsko grijanje i GSHP podsticaje, kao na primer u Mosonmagyaróvár, Szolnok and Győr.

¹ CHP - combined heat and power plants (kombinovane toplane i elektrane).

² GSHP - ground Source Heat Pump (velike toplotne pumpe).

Zogg, M. (2008). *History of Heat Pumps-Swiss Contributions and International Milestones:* Lord Kelvin je izumeo toplotne pumpe 1852. godine, a Hajnrih Celi je patentirao ideju korišćenja ove pumpe za izvlačenje toplote iz zemlje 1912. godine. Sve do 40-ih godina 20. veka geotermalne toplotne pumpe nisu u potpunosti implementirane. Najranija implementacija je ona koju je sproveo Robert Veber kada je sam instalirao sistem od 2,2 kW u direktni sistem za razmenu toplote.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

3. GEOTERMALNA ENERGIJA KAO OBNOVLJIVI RESURS

3.1. Geološko poreklo geotermalne energije

Geotermalna energija pripada grupi toplotnih energija i stvara se i čuva unutar Zemljine kore. Ona potiče od originalnih formacija, koje su nastale tokom formiranja planete i usled radioaktivnog raspada materijala. Termalna energija određuje temperaturu materije, a geotermalna energija temperaturu Zemljine kore (Radaković, 2011).

Geotermalna energija vodi poreklo od nastanka Zemlje, pre 4,5 miliona godina. Temperatura u središtu planete je 6.000 °C, gde se odigravaju različite termonuklearne reakcije. Iz ovih o reakcija toplota se kreće ka površini Zemlje. Značajan deo ove energije doživi disipaciju, a mali deo energije je na raspolaganju, na nekoliko kilometara ispod Zemljine površine.

Geotermalna energija se nalazi u Zemljinoj kori - u stenama, podzemnoj vodi i vodenoj pari i magmi. Geotermalna energija se deli na hidro geotermalnu, petro geotermalnu i magmo geotermalnu.

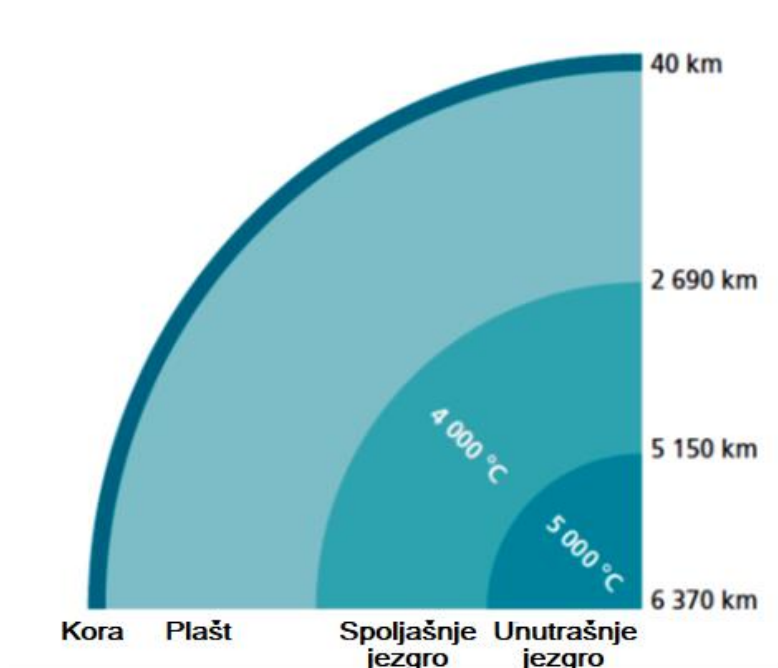
Hidrogeotermalna energija je akumulirana u podzemnim termalnim vodama, čija je temperatura veća od 10 °C. Eksploatacija se obavlja iz izvora i bušotina. Petro geotermalna energija je sadržana u suvim stenama, koje ne sadrže slobodnu podzemnu vodu. Pre izvesnog vremena počela je komercijalna proizvodnja električne energije iz elektrana koje koriste energiju vrelih stena. Za primenu potrebna je temperatura stena veća od 100 °C. Magmo geotermalna energija je akumulirana u usijanoj magmi i eksperimenti za eksploataciju se permanentno sprovode.

Geotermalni gradijent, predstavlja razliku u temperaturi između jezgra i površine planete. On dovodi do prenosa geotermalne energije u oblik toplote iz jezgra do površine zemlje.

Zemljina unutrašnja toplota je termalna energija, koja se generiše iz radioaktivnog raspada i konstantnog gubljenja toplote i to od trenutka formiranja Zemlje (Turcotte i Schubert,

2002.) Temperature na granici između Zemljine kore i spoljašnjeg sloja mogu biti preko 4000 °C (Lay i sar., 2008).

Slika 1. Temperature u zemljinoj kori i jezgru

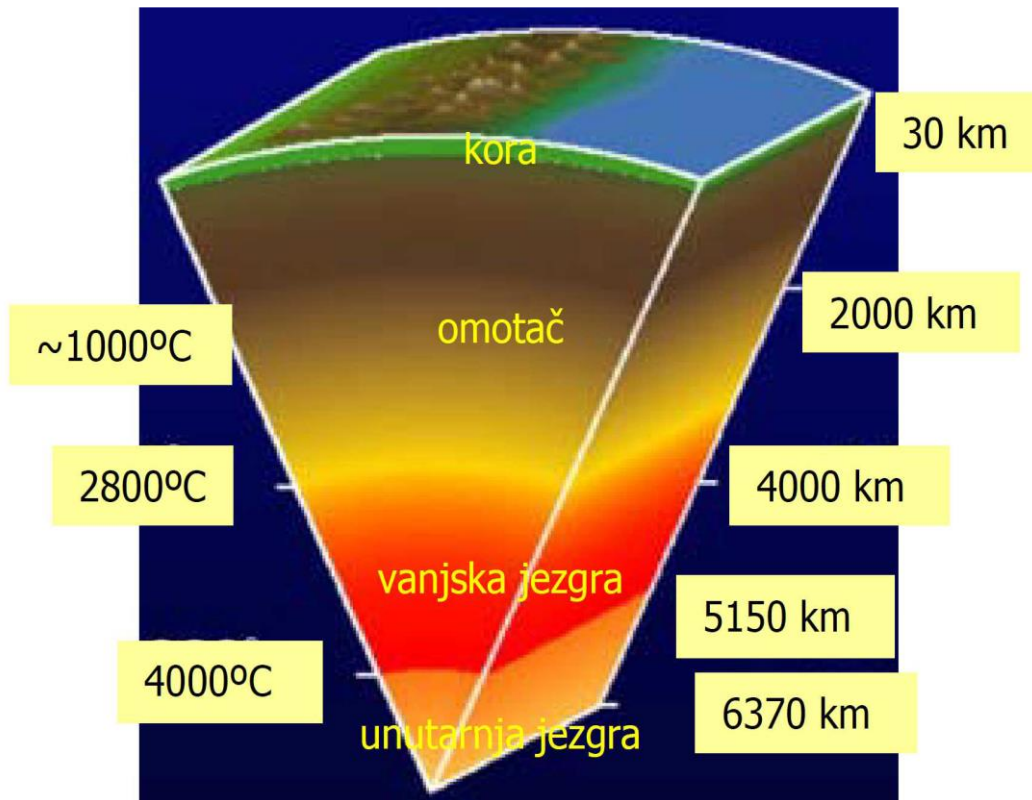


Izvor: Nguyen i sar., 2015.

Visoka temperatura i pritisak u Zemljinoj unutrašnjosti mogu uticati da se neke stene istope, da se ponašaju na plastičan način i da se kreću ka površini Zemlje. To se dešava zato što su, tako istopljene, lakše od stena koje ih okružuju. Stene i voda koja ih okružuje se greju u kori i temperatura pređe i 370 °C (Nemzer, 2012).

Iz vrelih izvora, geotermalna energija se koristi za razne potrebe još od paleolita, a za grejanje prostora još od rimskog doba. Danas se najčešće koristi za stvaranje elektriciteta. U svetu se nekih 11.700 MW geotermalne energije pretvori u električnu energiju svake godine (podatak je iz 2013. godine). Dodatnih 28 GW se dobija od direktnog korišćenja geotermalne energije putem grejanja, budući da su ovi kapaciteti iskorišćeni za grejanje prostorija, banje, grejanje čak i trotoara (u Rejkjaviku, na primer), za industrijske procese, desalinaciju i primenu u poljoprivredi. Ovi podaci datiraju iz 2010. godine (Fridleifsson i sar., 2008).

Slika 2. Promena temperature u zemlji u zavisnosti od dubine



Izvor: Milovanović i sar., 2018.

Geotermalna energija je visoko produktivna u *cost - effective* analizi, održiva je, pouzdana, i dobra je za životnu sredinu, ali je vremenski bilo ograničeno njeno korišćenje samo tamo, gde se sudaraju tektonske ploče (Glassley, 2010).

Skoriji tehnološki napredak je dramatično proširio spektar korišćenja geotermalne energije, kao i veličinu dostupnih i iskoristivih izvora, posebno za primene kao što su grejanje kuća, otvarajući time potencijal za širu eksploataciju.

Geotermalni izvori izbacuju gasove staklene bašte, koji se nalaze duboko u površini zemljine kore i to nije dobro, ali je dobro to što je ta emisija mnogostruko manja, nego kod one izazvane fosilnim gorivima (Radaković, 2011) Ryba.

Slika 3. Bogatstvo geotermalne energije u Republici Srbiji



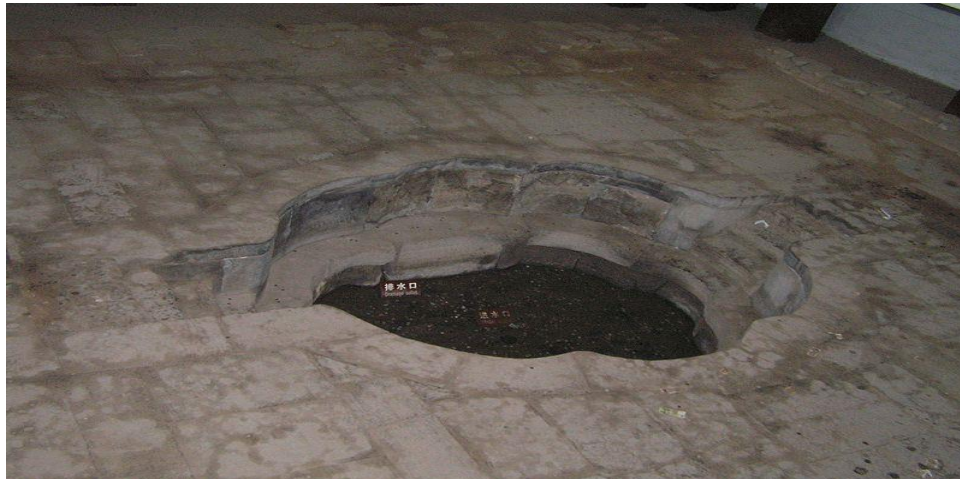
Preuzeto sa (30.11.2018): <https://www.telegraf.rs/vesti/2422444-najvece-bogatstvo-srbije-za-koje-niko-ne-zna-da-ovo-stranci-imaju-zaradjivali-bi-ogromne-pare>

Geotermalni resursi Zemlje teoretski su odgovarajući da se zadovolje energetske potrebe čovečanstva. Međutim, mali deo raspoloživih potencijala se može tehnološki, ekonomski i komercijalno koristiti. Bušenje i eksploatacija resursa, koji se nalaze duboko unutar Zemlje je veoma skupo. Prognoze kažu da će korišćenje geotermalnih potencijala zavisiti od razvoja tehnologije, cena energije, podrške države, pomeranja granica tektonskih ploča i kamatne politike. Programi zelene energije pokazuju da bi korisnici bili spremni da plate više za električnu energiju, koja se proizvodi iz obnovljivih izvora, kao što je geotermalna energija (Twidely i Weir, 1986).

Međutim, zbog izostanka podrške države ovim programima u poslednje dve decenije trošak proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora energije opao je za oko 25%. Godine 2001. geotermalna energija je koštala između dva i deset centi američkog dolara po kWh.

Geotermalna energija se ne koristi samo za proizvodnju električne energije, već za kupanje još od paleolitskog vremena. Najstariji termalni bazen je banja od stenja ispunjena vodom na planini Lisan u Kini. Sagrađena je u vreme dinastije Čin u 3. veku pre nove ere, na istom mestu, gde je kasnije sazidana Huaćing Či palata.

Slika 4. Najstariji poznati bazen sa toplim izvorima u Kini



Izvor: <https://www.pinterest.com/>

U I veku nove ere, Rimljani su osvojili Britaniju i formirali grad na toplim izvorima nazvavši ga Aqua Sulis (danas Bat (Bath)) u Somersetu. Koristili su tople izvore da napune javna kupatila i da obezbede podno grejanje. Ulaznice koje su se plaćale su i prva komercijalna upotreba geotermalnih izvora na svetu.

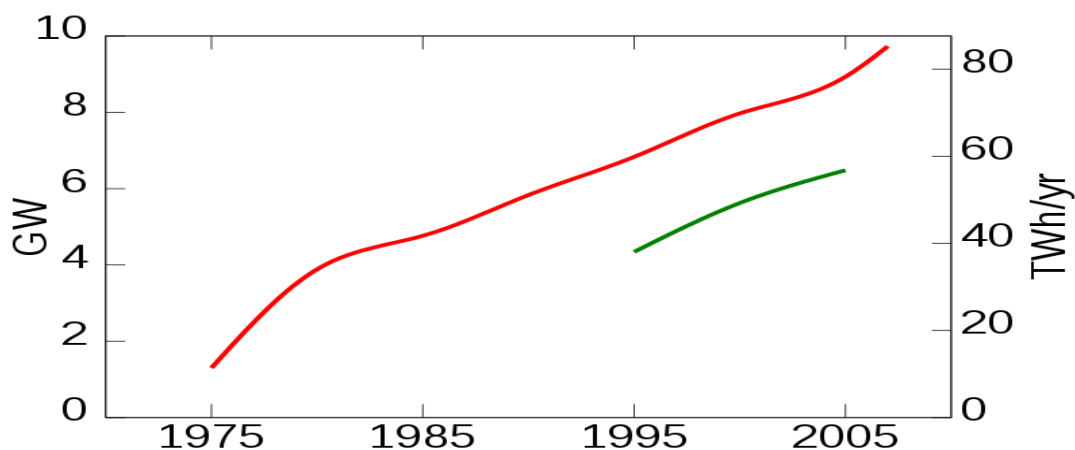
Najstariji geotermalni sistem grejanja u celom naselju zabeležen je u mestu Šod-Eg (Chaudes-Aigues - Tople Vode) u Francuskoj i radi od 14. veka. (Lund, J., 2007; 2008). Najranija industrijska eksploatacija je počela 1827. godine u Italiji, u mestu Lardarelo, kada je korišćena snaga gejzirnog toka, da se izvuče (ekstrahuje) borna kiselina iz vulkanskog blata.

Godine 1892. u Sjedinjenim Američkim Državama došlo je do prvog korišćenja sistema grejanja u jednom kvartu u mestu Bojzi (Boyse) u državi Ajdaho. Grad je grejan direktno iz izvora geotermalne energije, a to je brzo iskopirano u gradu Klamat Folz u Oregonu, 1900. godine (Cuttler, J. i sar., 2015).

Prva zgrada u svetu koja je koristila sistem geotermalne energije, kao osnovni izvor energije bila je Hot Lake Hotel u Junion Katriju u Oregonu. Konstrukcija hotela završena je 1907. godine (Dickson, M., Fanelli, M., 2002).

Duboki geotermalni izvor je takođe korišćen da se greju staklene bašte u Bojzu u Ajdahu 1926. godine, a gejziri su se koristili u istu svrhu na Islandu i u Toskani u isto vreme. Čarli Lib je izumeo prvi izmenjivač toplote 1930. godine, da bi probušio rupu u zemlji i zagrejao svoju kuću. Gejziri su sprovedeni u kuće da bi se koristili za kupanje i kuhinje 1943. na Islandu.

Grafikon 1. Globalni geotermički električni kapacitet



* Crvena linija je instalirani kapacitet, a zelena je proizvodnja energije.

Izvor: Fridleifsson i sar., 2008.

U XX veku je tražnja za električnom energijom dovela do izučavanja geotermalnih izvora u svrhu proizvodnje električne energije. Knez Pjero Đinori Konti testirao je prvi geotermalni generator električne struje 4. jula 1904. godine, na istom polju u Lardarelu, gde su počele geotermalne ekstrakcije borne kiseline. Uspeo je da upali 4 sijalice (Tiwari i Ghosal, 2005). Tokom 1911. godine izgrađena je prva komercijalna geotermalna elektrana na istom mestu. To je bila jedina geotermalna elektrana. Zatim je na Novom Zelandu izgrađena još jedna elektrana 1958. godine, koja je 2012. godine proizvodila 594 MW (Moore i Simmons, 2013).

Lord Kelvin je izumeo toplotne pumpe 1852. godine, a Hajnrih Celi je patentirao ideju korišćenja pumpe za izvlačenje toplote iz zemlje 1912. godine. Sve do 40-ih godina XX veka geotermalne toplotne pumpe nisu u potpunosti implementirane. Najraniju implementaciju napravio je Robert Veber, kada je instalirao sistem od 2,2 kW u direktni sistem za razmenu toplote (Zogg, 2008).

Donald Kreker je dizajnirao prvu komercijalnu geotermalnu pumpu da bi zagrejao Zgradu Komonvelta u Portlandu u Oregonu (Bloomquist, R. G., 1999) i demonstrirao je njenu upotrebu 1946. godine (Kroeker i Chewning, 1958).

Profesor Karl Nilsen sa Ohajo Stejt Univerziteta prvi je primenio sistem otvorene petlje u svom domu 1948. godine (Gannon, 1978). Tehnologija je postala popularna u Švedskoj zbog Svetske naftne krize 1973. godine i postepeno je počela da dobija na svetskoj popularnosti. Godine 1979. je razvoj polibutilenskih cevi značajno povećao ekonomsku isplativnost toplotnih pumpi (Bloomquist, R., G., 1999).

Godine 1960. kompanija Pacific Gas and Electric počela je da vrši prve uspješne radove na novim geotermalnim električnim centralama širom SAD, i to u području Gejzira (The Geysers) u Kaliforniji (Lund, J., 2004). Originalna turbina je trajala preko 30 godina i proizvela je 11 MW neto snage (McLarty, L; Reed, M., J., 1992).

Slika 5. Geotermalna elektrana Geysers - Kalifornija, USA



(instalirani kapacitet 1.360 MW, a proizvodi 750 MW geotermalne energije (San Francisko)

Preuzeto sa (22.10.2018): <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/1828/820/geotermalna-energija-osnovni-pojmovi>

Binarna ciklična elektrana je prvi put demonstrirana u SSSR 1967. godine i kasnije je uvedena u SAD 1981. godine (Lund, J., 2004). Ova tehnologija omogućava da se generiše električna energija sa mnogo nižom temperaturom resursa, nego što je to bio slučaj ranije. Godine 2006. napravljena je binarna ciklična elektrana na geotermalni pogon u Čena Hot Springsu na Aljasci, koja proizvodi električnu energiju iz vode koja je prilično mlaka, svega 59 °C (Erkan i sar., 2008).

Možemo reći da je geotermalna energija ekonomski i energetski najefikasniji sistem za grejanje i hlađenje prostora. Toplotna energija može da se uzme iz podzemnih voda, koje su na temperaturi od oko 14 °C tokom cele godine. Iz izbušenog bunara voda se prepumpava u razmenjivač toplote u kome se deo toplote iz podzemne vode prenosi u freon koji tada isparava. Takav sklop (pumpa + toplotni izmenjivač) naziva se toplotna pumpa. Delimično ohlađena voda vraća se u drugi bunar, koji je iste dubine kao i prvi, tako da se tokovi podzemnih voda ne remete.

Tabela 1. Instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora u svetu u 2007. godini

Instalirani kapacitet geotermalne energije				
Zemlja	Kapacitet (MW) 2007	Kapacitet (MW) 2010	Procenat nacionalne proizvodnje električne energije	Procenat globalne geotermalne proizvodnje
SAD	2687	3086	0.3	29
Filipini	1969.7	1904	27	18
Indonezija	992	1197	3.7	11
Meksiko	953	958	3	9
Italija	810.5	843	1.5	8
Novi Zeland	471.6	628	10	6
Island	421.2	575	30	5
Japan	535.2	536	0.1	5
Iran	250	250		
El Salvador	204.2	204	25	
Kenija	128.8	167	11.2	
Kostarika	162.5	166	14	
Nikaragva	87.4	88	10	
Rusija	79	82		
Turska	38	82		
Papua-Nova Gvineja	56	56		
Gvatemala	53	52		
Portugal	23	29		
Kina	27.8	24		
Francuska	14.7	16		
Etiopija	7.3	7.3		
Nemačka	8.4	6.6		
Austrija	1.1	1.4		
Australija	0.2	1.1		
Tajland	0.3	0.3		
TOTAL	9,981.9	10,959.7		

Izvor: Bertani, 2007; Holm i sar., 2010.

Freon koji je sada u gasovitom stanju sabija se kompresorom i tada otpušta latentnu prenetu toplotu i predaje je vodi, koja cirkuliše kroz kondenzator i sistem radijatorskog i/ili

podnog sistema cevi u zgradi. Prednosti ovakvog sistema za grejanje i hlađenje su sledeće: Preko 70 % energije potrebne za grejanje prostora dobija se iz podzemne vode besplatno u toku celog veka eksploatacije toplotne pumpe.

U Republici Srbiji, u Panonskoj niziji mineralne i termo mineralne vode poznate su od davnina. Istorijski izvori kazuju da su ih koristili stari Rimljani i Turci. Prva bušenja arteskkih bunara započeta su u Vojvodini, u Banatu. Godina 1848. pominje se za bušenje arteskkih bunara u mestu Pavliš kod Vršca. Prvi bunari bili su dubine do 400 m, a mnogi od njih i danas se upotrebljavaju: Jodna banja u Novom Sadu, Temerin, Bezdan, Bečej, Zmajevo, Ada, Senta i drugi. Početkom prošlog veka nastupa zastoj u bušenju bunara, ali se od 1910. do 1914. godine bušenje intenzivira, dok procvat doživljava u međuratnom periodu. Tada je izbušeno 600 bunara, od toga u Banatu 384, u Bačkoj 153 i u Sremu 54. Glavna svrha bunara je snabdevanje pijaćom vodom i za korišćenje u banjske svrhe.

Posle 1949. godine došlo se do potpunijih saznanja o potencijalu geotermalnih bušotina. U periodu od 1969-1996. izbušeno je 73 hidrotermalne bušotine sa ukupnom dubinom 62,7 km. Realizator bušenja bio je "Naftagas". Intenzivnija istraživanja nastala su 80-tih godina prošlog veka i tada je izbušeno 45 bušotina sa ukupnom dubinom 34,8 km, što je 56 % svih bušotina. U tabeli 2. ilustrujemo opšte karakteristike geotermalnih voda u Vojvodini.

Tabela 2. Karakteristike geotermalnih voda u AP Vojvodini

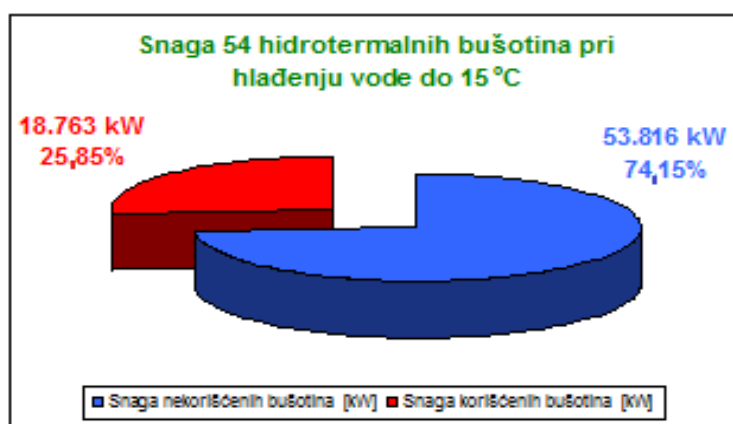
R. br.	Parametri			Podaci
1.	Bušotine imaju najčešću vodoizdašnost			10-25 l/s
2.	Izlazna temperatura je najčešće			40-60°C
3.	Geotermijski gradijenti su			4,5-7,5 °C/100 m
4.	Skoro sve vode sadrže izvesne količine gasova			najčešće metan
5.	Vode sadrže rastvorene minerale			0,42-13,94 g/l
6.	Sadržaj minerala u bušotinama na naftu i gas je			0,40-40,18 g/l
7.	Izbušeno:	73 bušotine	Pozitivno:	65 bušotina
8.	Najdublja:	2.520 m	Vrbica, Banat	82 °C sa dubine 1.749-1.854 m
9.	Najplića:	305,5 m	Novi Sad	25 °C

Izvor: Ilin i Brkić, 2014.

Sa povećanjem dubine raste i temperatura geotermalnih voda u Zemlji. Temperatura vode iznosi 40 do 60 °C. Pored temperature, sa dubinom se povećava i mineralizacija vode. Vode koje imaju višu temperaturu u većoj meri su mineralizovane. Izdašnost izvora (bunara) GTV je u rasponu od 10 do 25 l/s.

Ukupna toplotna snaga hidro termalnih bušotina, hlađenjem vode do 15 °C, po podacima iz 1997. godine, koji uključuju 65 bušotina, iznosi 85,6 MW, dok podaci "NIS Naftagas" iz 2005. godine, koji se odnose na 54 hidrotermalne bušotine kažu da iznosi 72,6 MW. Ukupno 15 bušotina aktivirano je za proizvodnju toplotne energije.

Grafikon 2. Potencijal hidrotermalnih bušotina u AP Vojvodini



Izvor: NIS (2008), Novi Sad

Na bazi geoloških i hidro geoloških istraživanja, sprovedenih tokom proteklih decenija, možemo zaključiti da na teritoriji Republike Srbije postoje važna ležišta i izvorišta geotermalnih voda, različitih temperatura i fizičko - hemijskog sastava. Ukupne rezerve kojima Republika Srbija raspolaže jesu značajne, ali rezerve geotermalne energije nisu iskorišćene u dovoljnoj meri. One iznose oko 220 MW toplotne snage, a instalirana snaga svih kapaciteta, koji eksploatišu geotermalnu energiju iznosi oko 90 MW i koriste se u najvećoj meri za balneološko-rekreativne potrebe. Prema istraživanjima koje je radio NIS, intenzivnom eksploatacijom geotermalne vode mogli bi zameniti 500.000 tona tečnih goriva godišnje, a sada se zamenjuje tek 10.000 tona, što je vrlo skromno.

Značajne mogućnosti u korišćenju geotermalne energije leže u činjenici da postoji više od 80 geotermalnih izvora i bušotina ukupne toplotne snage oko 120 MW, a njihova energija se ne upotrebljava. Upotreba ove energije dala bi uštedu 90.000 ten (tona ekvivalentne nafte). Još jedna pogodnost jeste mogućnost upotrebe geotermalne energije u poljoprivrdi. Naročito je pogodna za proizvodnju povrća i cveća u zaštićenom prostoru, stočarstvu i akvakulturi.

Što se tiče geotermalne energije u AP Vojvodini, Panonska nizija je velika potolina ograničena venačnim planinama Alpa sa zapadne, Karpata sa istočne i severne i Dinarida sa južne strane. Nastala je tako što je ogromni planinski masiv duž velikih raseda potonuo. Tonjenje je započeto krajem paleogena i početkom miocena, pre 25 miliona godina. Novoformiranu potolinu ispunile su vode mora koje je nazivano Panonsko more.

Slika 6. Panonsko more pre 10 miliona godina



Preuzeto sa (23.10.2018): <https://www.blic.rs/riznica/razonode/pored-obale-panonskog-mora-na-tlu-danasnje-srbije-nekada-su-hodali-divovi/kgr9ljb>

U AP Vojvodini je sve bilo pod vodom. Nije potonula samo Fruška gora i Vršачке planine. Avala je bila ostrvo.

Slika 7. Vojvodina u vreme miocena



Preuzeto sa (23.10.2018):

https://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%BE_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D0%B5

Novonastalu potolinu su tokom duge geološke istorije ispunili sedimenti različitog petrografskog sastava. U osnovi sedimenata leže stene paleozojske i mezozojske starosti.

Za geotermalnu energiju važan je severni deo Vojvodine (Bačka i severni Banat, kao i krajnja Južnobanatska oblast, zbog svojih sedimenata). U severnom i jugoistočnom delu Vojvodine u bazi neogenih sedimenata nalaze se kristalasti škriljci visokog stepena metarmofizma (gnajsevi, mikašisti, amfiboliti), a nešto ređe graniti i granitoidi ili serpentiniti i gabro. Sreću se na različitim dubinama u bazi neogenog kompleksa, od nekoliko stotina do oko 4.000 metara u severnom Banatu. U svom povlatnom delu često su ispucali i raspadnuti do dubine od nekoliko desetina metara, tako da mogu predstavljati idealne kolektore za termo-mineralne vode.

Prostor Vojvodine, na 12.000 km², poseduje u sebi sedimente iz mezozoika. Mezozojski segmenti se nalaze na dubinama koje sežu od nekoliko stotina metara do nekoliko hiljada metara – čak do 3.300 m u srednjem Banatu i jugoistočnoj Bačkoj. Zastupljena su tri perioda (trijas, jura i kreda). Na osnovu seizmičkih podataka relativna debljina mezozojskog kompleksa procenjena je na 3.500-4.000 m u srednjem Banatu i jugoistočnoj Bački.

Tokom mezozoika na području AP Vojvodine postojale su dve različite paleogeografske sredine:

- tokom epohe trijasa na prostoru severne Bačke i jednim delom u regionu severnog Banata došlo je do formiranja karbonatne platforme na kome su se nataložili dolomitični krečnjaci i tek nešto ređe evaporiti;
- u epohi od gornjeg trijasa do gornje krede akcenat je bio na južnoj Vojvodini, gde je nastajao basenski tip sedimenata (glinci, laporci, krečnjaci, alevroliti i peščari, a nešto ređe breče i konglomerati), koji su bili često ispresecani uskim zonama ofiolita, od kojih naročito vredi izdvojiti serpentinite.

Tokom procesa alpske orogeneze mezozojske formacije u podini panonskog neogena pretrpele su značajne deformacije, tako da su nastale složene mezozojske strukture blokovskog tipa. Usled intenzivnih tektonskih i jakih neotektonskih pokreta sinhrono mezozojske serije u podini tercijara danas se nalaze na različitim dubinama. Razlike iznose i do 2.800 m.

Iznad sedimenata, kristalastih škriljaca i granitoida iz mezozoika je nataložena debela serija sedimenata iz vremena neogena. Serija iz doba neogena je najzastupljenija i

najznačajnija sa hidrogeološkog aspekta. Zastupljeni su i sedimenti miocena i pliocena. Sedimenti iz doba pliocena imaju najveću debljinu u južnom Banatu od preko 1500 m. Sedimenti pliocena u srednjem i severnom Banatu imaju debljinu od 500-4.000 m (Milosavljević, 1999).

Sedimenti badena i sarmata iz oblasti miocena su značajni nosioci termo mineralnih voda. Oni se javljaju od površine na padinama Fruške gore, pa do dubine preko 3.500 m u severnom Banatu. Predstavljani su heterogenom serijom u kojoj preovlađuju peščari, konglomerati, krečnjaci i gline.

U periodu badena su vladali marinski uslovi i tada je salinitet mora iznosio preko 30 g/l. Taložili su se dubokovodni tipovi sedimenata u basenskom delu, dok su se plitkovodni sprudni tipovi sedimenata taložili u priobalju. U periodu sarmata marinska sredina se postepeno menja i samim tim postepeno poprima brakičan karakter, a salinitet mora pao je ispod 30 g/l. U vremenu panona more je dobilo kaspibrakičan karakter i more je postalo malo slano. Salinitet vode pao je na 14 g/l i uz konstantnu tendenciju oslađivanja tokom pliocena. Preko ovih miocenskih tvorevina nataložena je debela serija pliocenskih sedimenata, predstavljena pontijskim naslagama i paludinskim slojevima.

Pontijski kat se vremenom razvio u dva potpuno različita litološka člana. Donji pont izgrađen je od laporovito-glinovite serije sa dosta retkim proslojcima peščara, debljine od nekoliko metara do nekoliko desetina metara. U gornjem pontu smenjuju se slojevi peskova različite granulacije i slabo vezanih peščara sa laporovitim ili peskovitim glinama, i ređe sa ugljevitim glinama i čistim ugljem.

Donjopontijski peščari imaju dosta loša kolektorska svojstva, malo rasprostranjene i ograničene rezerve termo mineralnih voda, bez mogućnosti za prihranjivanje, tako da nemaju veći praktični značaj.

Gornjopontijski peskovi i peščari imaju veoma dobra kolektorska svojstva, veliko kontinuirano rasprostranjenje i velike rezerve, zbog čega predstavljaju najznačajnije nosioce termo mineralnih voda u Vojvodini.

Poludinski slojevi imaju sličan litološki razvoj sa gornjo pontijskim i vrlo povoljan procenat zastupljenosti peskova u odnosu na gline. Zaležu do dubine oko 1.300 m u severnom Banatu. Sedimenti paludinske starosti stvarani su u jezerskim i fluvijalno-jezerskim uslovima. Poludinski peskovi značajni su nosioci nisko mineralizovanih i slatkih

voda. Na prostorima, gde kvartarni sedimenti nedostaju ili su tanki, glavni su nosioci pitkih voda.

Kvartarni sedimenti kvartara, izuzimajući Frušku goru i Vršачke planine, pokrivaju danas površinu Vojvodine, zbog čega se oni nazivaju kvartarni pokrivač. Stvarani su u subakvatičnim i kontinentalnim uslovima. U subakvatičnoj fazi taloženi su jezersko-barski peskovito šljunkoviti sedimenti, a u kasnijoj kopненоj fluvijalnoj, peskovi i šljunkovi i eolski peskovi i les. Jezersko-barska faza je bila poslednja, završna faza postojanja Panonskog mora, kada su posle odlaska većine vodenih masa preko Dunava na topografski nižem terenu zaostale mnogobrojne baruštine. Na kraju perioda diluvijuma Panonsko more se potpuno isušilo i nastali su stepski uslovi i tada su navejavanjem lesa i eolskih peskova nastale lesno-peskovite zaravni ili platoi. Poslednji deo slagalice je nastupio kada su se pojavili veliki rečni tokovi Dunava, Save i Tise, koji stvaraju velike aluvijalne doline i rečne terase i time je formirana morfološka slika današnje Vojvodine.

Da bi se izučilo poreklo podzemnih voda potrebno je uložiti puno napora, budući da je proces veoma složen. Voda spada u vrlo migrativne materije u zemljanoj kori i podložna je raznim promenama. U tom smislu možemo reći da je izučavanje porekla podzemne vode, u stvari, predstavlja izučavanje geološke istorije određene sredine. Poreklo vode nije jednostavni rezultat proste sheme (voda - stena), budući da se podzemne vode formiraju najčešće u veoma složenom ciklusu, gde se sudaraju geološki, hidrogeološki, geohemijski i drugi uticaji.

Podzemne vode nastaju na razne načine: Infiltracijom - poniranjem od površinskih, atmosferskih voda; singenetski - zajedno sa nastajanjem sedimentne stene, koje se nazivaju raznim imenima: fosilne, reliktnе, konatne; organskim ili biogenim putem u procesu rastvaranja organske materije pod uticajem biogenih faktora; magmatskim procesima-juvenilne vode i kombinovanim putem.

Na formiranje i kasniju metamorfozu podzemnih voda utiču različiti faktori: sastav i karakteristike vodenog bazena u vreme sedimentacije; sastav kolektor stena: geološki, hidrogeološki i geohemijski procesi, kao posledica tektonskih, magmatskih i drugih događaja; stepen vodoizmene sa vodama iz drugih geoloških sredina ili sa površinskim.

Proizilazi, da se o poreklu podzemnih voda ne može suditi isključivo na osnovu hemijskog sastava, a da se ne uzmu u obzir geološki i drugi uslovi.

Panonsko more i njegove vode su imale u različitim vremenskim periodima različita

svojstva. More Tetis je povezivalo Panonsko more sa svetskim okeanom, a kada se ta veza izgubila u različitim geološkim razdobljima vode Panonskog mora imale su različita fizičko-hemijska svojstva uslovljena promenom klime. Panonsko more je postajalo sve pliće i akumulacije su se pretvorile u jezero, zatim u niz jezera i stepu. Ovo je dovelo do toga da je salinitet vode, koji je u miocenu iznosio oko 30 g/l opao na 12 - 14 g/l u pliocenu. Svakako da su singenetske vode, zaostale u poranom prostoru stena stvorenim u Panonskom moru, održavale karakteristike ondašnje vodene mase. Danas se u istim stratigrafskim članovima susrećemo sa vodama različitog sastava, što je rezultat kasnije metamorfoze.

Termo mineralne vode Vojvodine odlikuju se složenim hemijskim sastavom. Metamorfoza sedimenata i podzemnih voda toliko je napredovala da se u njima teško mogu prepoznati reliktna osobine. Putem analize fizičko-hemijskih karakteristika termo mineralnih voda i poznavanjem geološko-tektonskih odnosa Panonskog bazena može se izvesti generalni zaključak o njihovom poreklu.

Vode akumulirane u izolovanim, zatvorenim vodonosnim sredinama (kolektorima) donjopontijske i miocenske starosti, naročito gde ovi sedimenti imaju veliku debljinu, uglavnom pripadaju fosilnim vodama. U njima praktično ne postoje uslovi za neku značajnu vodoizmenu i u njima se eksploatacija svodi na statičke rezerve. Na prvobitni sastav ovih voda veći uticaj su mogli imati naknadni dijagenetski i biogeni procesi. Izolovane miocenske vode imaju salinitet približan današnjim morima i okeanima, kao i sadržaj hidro karbonata. Ovde su promene vrlo male ili nikakve.

Vode koje su akumulirane u peskovima i peščarima i koje imaju gornjopontijsku, a naročito poludinsku starost, pripadaju poluzatvorenim (odnosno poluotvorenim) tipovima hidrogeoloških struktura i poseduju realne mogućnosti za sporo prihranjivanje od atmosferskog taloga. Ove vode nemaju jasno izraženu zonu hranjenja i isticanja, a takođe je i proces infiltracije veoma dug i složen. U početnoj fazi eksploatacije prihranjivanje je bez većeg značaja, tako da se uglavnom eksploatišu statičke rezerve.

Vode koje su akumulirane u kolektorima iz vremena mezozoika i paleozoika starosti u podlozi neogenih sedimenata imaju veoma različita fizičko-hemijska svojstva. Teško da se može govoriti o fosilnim mezozojskim vodama, pošto su ove formacije kroz celi paleogen i donji miocen bile izložene uticajima erozije i atmosferilija. Pretpostavlja se da su fosilne mezozojske vode mogle eventualno sačuvati samo u debelim i izolovanim

paketima u interamezozoiku. Vode mezozoika i paleozoika najčešće nose obeležje miocenskih ili pontijskih voda sa kojima su u direktnoj hidro dinamičkoj vezi.

Vodonosne strukture u južnom Sremu i delom u zapadnoj Bačkoj izgrađene od trijaskih, odnosno miocenskih karbonata pripadaju otvorenim ili poluotvorenim vodonosnim sredinama u kojima se vrši dosta intenzivna vodoizmena sa površinskim vodama. To pokazuje niska mineralizacija termomineralnih voda iz trijaskih krečnjaka u Kupinovu (0,8 g/l) i miocenskih karbonata u banji "Junaković" (6,5 g/l).

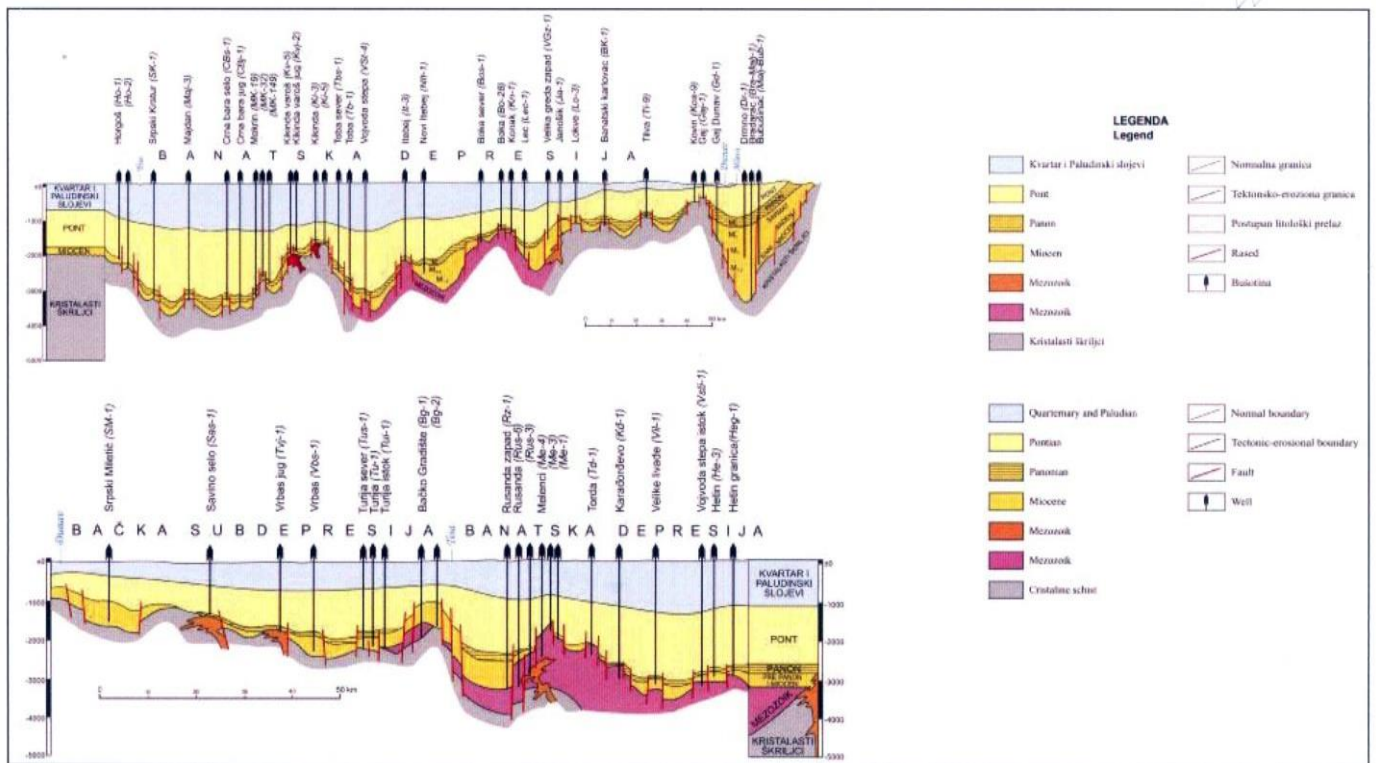
Na osnovu iznetog može se zaključiti da termomineralne vode Vojvodine vode poreklo od fosilnih, infiltracionih i mešovutih voda, a znatno ređe od organogenih. Ne isključuje se ni juvenilno (magmatsko) poreklo, ali ukoliko postoji, njegovo učešće je lokalno i beznačajno (Aksini sar., 1976).

3.2. Opšte geološke i hidrogeološke karakteristike AP Vojvodine

Geološku građu Vojvodine čine tri razdvojena i velika kompleksa: osnovno gorje, kompleks neogenih tvorevina i kvartarni sedimenti, koji su nastali pre, za vreme nastanka, postojanja i nakon „povlačenja“ Panonskog mora.

Najstarije tvorevine osnovnog gorja predstavljene su u granitima i gnajsevima, prekambrijske starosti, zatim kristalnim šiljcima paleozojske starosti, koji su pokriveni sedimentima i magmatima mezozoika. Kompleks iz neogenog perioda, a on je na području Vojvodine ponegde debeo i preko 3.000 metara, je u najvećoj meri izgrađen od peščara, glinaca, laporaca, litotamnijskih krečnjaka, glina, peskova i šljunkova, a u manjoj se meri mogu sresti i magmatske i vulkanske stene, ali i njihovi piroklastični ekvivalenti. Eolski i fluvijalni nizovi predstavljaju kvartarne sedimente. Grafikon 3. prikazuje dva karakteristična regionalna geološka profila.

Grafikon 3. Regionalni geološki profili Horgoš-Drmno, Srpski Miletić-Hetin



Izvor: Aksin i sar., 1991.

Područje Vojvodine, predstavlja posebnu geotermalnu provinciju i jedan složen hidrogeotermalni konduktivni sistem sa više međusobno odvojenih rezervoara. Možemo da izdvojimo četiri osnovna hidro geološka sistema po dubini, i to:

- Prvi hidro geološki sistem su sedimenti od površine do podine gornjeg ponta. On je prisutan na celoj površini Vojvodine, izuzimajući Frušku goru i Vršачki breg. Oko 2.000 m je njegova debljina u severnom Banatu, a smanjuje se na svega nekoliko desetina metara u obodnim delovima Panonskog bazena. Kolektori su u ovom slučaju peskovi i šljunkovi različitih vidova granulacije i intergranularne poroznosti, a izolatori su u ovom slučaju gline. Ne očekuju se slojne temperature, koje bi bile veće od 120 °C, dok se temperature na ustima bušotine kreću negde oko 60 °C. Rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju maksimalnu izdašnost od 28,3 l/s, a najčešće se ona kreće između 6,7-13,3 l/s. Velike početne izdašnosti su dobijene iz gornjopontijskih peščara i paludinskih peskova. Mineralizacija vode se kreće negde između 1-9 g/l, međutim najčešće se kreće upravo u nižem srednjem pojasu od 3-5 g/l. Sreće se gas u vodi koji ima sadržaj od 0,004 do 2,2 m³/m³. Ovaj sistem je najznačajniji, budući da zbog svoje rasprostranjenosti i niske mineralizacije vode ima najveći ekonomski značaj.

- Drugi, niži hidro geološki sistem je onaj koji se nalazi odmah ispod prvog i njega čine stene donjeg pontia i panona. Kolektori u ovom sistemu su uglavnom peščari, a ovde su mogućnosti prihranjivanja slabe. Izolatori su ovde laporci, lapori i gline. Vodonosni slojevi poseduju malu izdašnost, koja se kreće od 2,5-5 l/s, a maksimalno dolazi do 7,3 l/s. Najmanje vodoizdašnosti dobijene su iz donjopontijskih peščara. Izlazne temperature vode se kreću od 82 °C, a najčešće od 50 do 65 °C. Mineralizacija vode se najčešće kreće oko 5-12 g/l, dok dostiže i do 20 g/l. Budući da ima malu izdašnost ovaj sistem nema neki veliki ekonomski značaj.
- Treći hidro geološki sistem je još jedan sloj niže i on obuhvata stene miocena, paleogena, jure i krede. Kolektori su u ovom slučaju peščari, konglomerati, krečnjaci i breče, dok su izolatori su lapori, laporci i gline. Izdašnost bušotina ne premašuje 25 l/s, dok se najčešće kreće između 5 i 10 l/s. Ovde se velike početne izdašnosti dobijaju iz miocenskih peskova, peščara i krečnjaka. Izlazna temperatura vode je prilično niska i ne premašuje 54 °C, dok se najčešće kreće od 40 °C do 50 °C. Voda je karakterisana visokom mineralizacijom, koja iznosi do 50 g/l. Ovde se sreću problemi sa korišćenjem ovih voda, koji su vezani za rešavanje njihove agresivnosti i inkrustabilnosti. Takođe, ni ovaj sistem nema neki veliki ekonomski značaj.
- Četvrti i još niži hidro geološki sistem obuhvata magmatske, metamorfne i sedimentne stene trijaskе iz vremena paleozoika. Ovde su najznačajniji kolektori ispucali trijaski krečnjaci i dolomiti, a naročito zbog velike izdašnosti i relativno malog sadržaja rastvorenih soli. Izdašnost ovih bušotina se kreće najviše do 47 l/s, dok se najčešće nalazi u rasponu od 8 do 17 l/s. Najveća početna izdašnost zabeležena je na bušotini „Kup-1“ (Kupinovo) u južnom Sremu iz karstifikovanih dolomitičnih krečnjaka trijaskе starosti, dok se iz raspadnutih kristalastih škriljaca izdašnost kreće od 2-4 l/s. Ove vode su toplije i njene izlazne temperature se kreću do 82 °C, a najčešće se nalaze u rasponu 40-60 °C. Ovde skoro sve bušotine rade samoizlivno, kao rezultat povećanih ležišnih pritisaka ili fenomena gas-lift sistema, odnosno sadržaja rastvorenih gasova u vodi. Mineralizacija je ovde u rasponu od 0,5 g/l do 50 g/l i uglavnom se nalazi u funkciji tratigradske pripadnosti kolektor stena i inteziteta vodoizmene. Sadržaj rastvorenih gasova se nalazi u spektru od 0,04-2,2 m³/m³. On ima prevalentno metanski sastav i ima primese ugljen-dioksida i azota. Zbog svog položaja sistem nije dobro istražen i za sada je nemoguće proceniti njegov pravi značaj.

3.3. Geotermalne karakteristike Panonskog bazena

AP Vojvodina je integralni deo današnjeg Panonskog bazena. Ovde imamo nekoliko geoloških karakteristika: Debljina kore u Vojvodini iznosi 25,5 km do 29 km, kao i malu debljinu litosfere, koja je u Panoniji svega od 60 km do 100 km. Najmanja, anomalna debljina kore iznosi od 25,5 km do 26 km i registrovana je od Ripnja kod Beograda, preko Uljme do Vršca i dalje prema Rumuniji.

Mala debljina kore, kao i mala debljina litosfere su posledica različitih događaja iz vremena od 23 do 10 miliona godina, a koji su se desili tokom donjeg i srednjeg miocena zašto je zaslužan Panonski bazen, te je područje Vojvodine među najperspektivnijim geotermalnim područjima u Evropi. AP Vojvodina je kraj sa povoljnim geotermalnim karakteristikama. Prosečne vrednosti geotermnog gradijenta i torestičkog toplotnog toka su veoma povoljne i znatno su veće od karakterističnih vrednosti istih parametra za evropski kontinent u celini.

Geotermni gradijent na području AP Vojvodine se određuje i zasniva na podacima o temperaturama, koje su izmerene u 70 hidrogeotermalnih bušotina i u 126 bušotina izbušenih za potrebe istraživanja nafte i gasa. Temperatura se meri u različitim fazama izrade bušotine i to: tokom izrade bušotine, nakon završetka bušotine, obično od 3 do 12 sati po prestanku cirkulacije isplake ili posle dva do tri dana; neposredno pre izvođenja oglada crpenja i pri samoizlivu ili pri crpenju termalne vode pumpom. Dobijeni podaci se pažljivo izanaliziraju, a zatim se vrše adekvatne korekcije da bi se dobili realni podaci pri stacionarnim uslovima. Korekcije se rade Horneovom metodom, odnosno interpolacijom ili ekstrapolacijom ili „inter“ tj. „ekstrapolacijom“. Dobijeni podaci se analiziraju na nivou dubina 500, 1.000 i 2.000 m.

Temperatura na dubini od 500 m na području Vojvodine nalazi se u rasponu od 34,2 °C do 43,6 °C, dok prosečno iznosi proseku 38,2 °C. Najviše temperature su ubeležene na širem području Subotice i Kupinova, dok su najniže temperature registrovane na širem području Uljme.

Temperature koje vladaju na dubini od 1 000 m izračunavaju se na osnovu interpolacije i ekstrapolacije podataka od bušotina. Rezultati su sledeći: temperatura na dubini od 1 000 m za teritoriju Vojvodine nalazi se u rasponu od 57,5 °C do 73,5 °C. Najviše temperature su izmerene na području Prigrevice i to 73,5 °C. U području Kupinova temperatura na 1.000 m je takođe visoka i ona iznosi 71,5 °C.

Sa druge strane, temperature su na dubini od 2.000 m, izmerene tokom pravljenja dubokih istražnih bušotina, koje su stvarane za potrebe istraživanja nafte i gasa. Temperatura na dubini od 2.000 m za teritoriju Vojvodine nalazi se u rasponu od 95 °C do 120 °C. Najviše temperature, preko 118 °C registrovane su zapadno od Kanjiže, a najniže (ispod 96 °C) na širem području Inđije.

Na osnovu dobijenih vrednosti izračunati su geotermiski gradijenti, koji se razlikuje po dubini. Tako za interval od 0 m do 500 m iznosi 0,056 °C/m, za interval od 500 m do 1.000m iznosi 0,052 °C/m, a od 1.000 m do 2.000 m 0,050 °C/m. Prosečna vrednost temperaturnog gradijenta za celu Vojvodinu iznosi 0,0526 °C/m, što je znatno veće od prosečne vrednosti za kontinentalni deo Evrope, koji iznosi oko 0,03 °C/m. Najviše prosečne vrednosti geotermiskog gradijenta u Vojvodini utvrđene su na području severne Bačke, preko 0,062 °C/m, a najniže na području jugoistočnog Banata, ispod 0,046 °C/m, ali i ova vrednost je veća od prosečne Evropske za 50%.

Gustina terestičnog toplotnog toka na području Vojvodine određena je na osnovu prosečnog geotermiskog gradijenta i prosečne toplotne povodljivosti sedimenata na lokacijama hidrogeotermalnih bušotina, koje iznose 1,6 W/m za gline i lapore, odnosno 2,8 W/m za krečnjake, peščare, laporce i glince i vrlo su slične onima koje su korišćene u susednoj Mađarskoj.

3.4. Geotermalni resursi u AP Vojvodini

Postoje povoljni uslovi za uspešnu eksploataciju hidrogeotermalne energije. Ukupna toplotna snaga termalnih izvora i geotermalnih bušotina pri samoizlivu iznosi 320 MW. Minimalne rezerve geotermalne energije procenjene su kao termalni ekvivalent od 500 miliona tona tečnog goriva, od čega na teritoriji Centralne Srbije ima 420 miliona tona. Ukupna izdašnost svih geotermalnih izvora u Republici Srbiji je 4000 l/s.

Postoje mnogi podaci o geološkim, geotermalnim i hidrogeotermalnim karakteristikama Vojvodine, koji su prikupljeni tokom dvadesetogodišnjih (1949-1968) sistematskih geoloških istraživanja nafte i prirodnog gasa. Istraživanja su obezbedila mogućnost da se 1969. godine počne sa ciljnim istraživanjima hidro geotermalnih resursa Vojvodine. U periodu 1969-1996. godine u AP Vojvodini načinjeno je 72 bušotine, a u periodu od 1997. do 2008. godine izbušeno je još 6 bušotina. Najveći broj bušotina izbušen je u Bačkoj - 44,

u Banatu - 18, i u Sremu - 6 bušotina. Podaci za 78 bušotina o dubini, temperaturi i proticaju vode i njenoj toplotnoj snazi dati su u Tabeli 3.

Tabela 3. Osnovne karakteristike hidrotermalnih bušotina i bunara u Vojvodini

Redni broj	Lokacija	Naziv bušotina	Dubina bušotina	Temperatura (°C)	Proticaj (l/s)	Termalna snaga (MWt)
1	Subotica	S-1	1453.80	36.0	-	-
2	Subotica, Dudova šuma	Dš- 2/H	650.00	35.0	3.58	0.225
3	Palić jezero	Pj-1/H	701.00	48.0	12.20	1.429
4	Palić jezero	Pj- 2/H	750.00	48.0	9.51	1.114
5	Kanjiža	Kž- 1/H	1147.00	45.0	2.69	0.281
6	Kanjiža	Kž- 2/H	1123.00	65.0	9.20	1.732
7	Kanjiža	Kž- 3/H	1140.00	72.0	18.9	4.112
8	Bajmok	Bajmok1-H	678.00	47.0	1.60	0.181
9	Novi Kneževac	NK-5	1250.00	69.0	6.58	1.349
10	Vrbica	Vbc- 1/H	2520.00	82.0	16.6	4.306
11	Bezdan	Bezdan	1305.50	-	-	-
12	Zobnatica	Zob-1/H	543.00	37.0	3.60	0.256
13	Mokrin	Mk-1/H	950.00	51.0	10.5	1.362
14	Bačka Topola	BT-1/H	886.00	22.0	1.0	0.008
15	Bačka Topola	BT- 2/H	541.00	37.5	10.90	0.798
16	Kikinda, Šumice	Šm-1/H	950.00	50.0	2.03	0.255
17	Kikinda	Ki- 2/H	1200.00	51.0	15.20	1.972
18	B.Veliko Selo	VS-1/H	925.00	43.0	17.70	1.703
19	B.Veliko Selo	VS- 2/H	895.00	45.0	11.60	1.213

20	Kupusina	Kps- 1/H	1600.00	72.0	3.30	0.718
21	Prigrevica banja	Pb-1/H	701.70	53.0	20.5	2.830
22	Prigrevica banja	Pb- 2/H	800.00	59.0	6.88	1.123
23	Prigrevica banja	Pb-3/H	711.70	56.0	21.4	3.223
24	Prigrevica	Prg-1/H	590.00	43.0	2.70	0.260
25	Prigrevica	Prg- 2/H	478.00	33.0	2.75	0.150
26	Kikinda	Ki-4/H	1203.00	57.0	4.80	0.743
27	Srpska Crnja	Cr-5	2052.00	75.0	18.30	4.211
28	Sonta	So-1/H	923.00	43.0	2.33	0.224
29	Kula	Kl-1/H	750.00	50.0	9.50	1.192
30	Kula	Kl- 2/H	787.40	51.0	8.40	1.090
31	Kula	Kl-3/H	602.00	38.0	3.73	0.281
32	Kula	Kl-4/H	820.00	51.0	8.47	1.099
33	Bečej	Bč-1/H	503.00	33.0	10.70	0.582
34	Bečej	Bč- 2/H	1020.00	65.8	24.90	4.772
35	Kucura	BKc- 1/GTE	996.50	56.0	8.83	1.330
36	Vrbas	Vrb-1/H	1033.00	37.2	3.70	0.266
37	Vrbas	Vrb- 2/H	932.00	51.0	4.37	0.567
38	Vrbas	Vrb-3/H	947.00	56.0	11.30	1.702
39	Srbobran	Sr-1/H	1207.00	63.0	11.60	2.087
40	Srbobran	Sr- 2/H	950.20	54.0	5.50	0.782
41	Turija	Tus-1/H	1175.00	54.0	5.95	0.846
42	Turija	Tus- 2/H	500.00	34.0	10.50	0.615
43	Melenci			33.0	10.30	0.560
44	Bačko Dobro Polje	DP-1	1659.00	57.0	14.60	2.260
45	Žitište	Ži-1/H	1002.00	44.0	3.70	0.372

46	Bački Petrovac	BP-1/H	803.00	46.0	19.20	2.089
47	Bački Petrovac	BP- 2/H	800.00	45.0	9.75	1.020
48	Temerin	Te-1/H	914.00	42.0	15.50	1.427
49	Zrenjanin	Zr-1/H	870.00	48.0	3.96	0.464
50	Zrenjanin	Zr- 2/H	503.25	24.0	3.67	0.061
51	Neuzina	Ne-1/H	1163.00	-	-	-
52	Neuzina	Ne- 1a/H	866.0	47.0	3.94	0.445
53	Bačko Karadorđev o	Kdj-1/H		-	-	
54	Bačko Karadorđev o	Kdj- 2/H	500.00	34.0	5.67	0.332
55	Bačko Karadorđev o	Kdj- 3/H	484.30	-	-	-
56	Bačko Karadorđev o	Krdj- 1/H	1075.00	36.0	3.00	0.201
57	Čelarevo	Ce-1/H	1134.00	32.0	13.70	0.688
58	Novi Sad	NSb-1/H	300.50	23.3	17.1	0.236
59	Novi Sad	NS-1/H	573.00	39.0	4.40	0.350
60	Novi Sad	NS- 2/H	809.90	38.0	-	-
61	Novi Sad	NS-3/H	824.00	36.0	6.85	0.459
62	Šajkaš	Šaj-1/H	801.00	39.0	8.28	0.658
63	Novi Ledinci	NL-1/H	808.00	20.0	6.05	0.000
64	Sremski Karlovci	SK-1/H	498.20	23.0	5.20	0.065
65	Janošik	Ja-1/H	742.00	35.0	9.57	0.601
66	Erdevik	Er-1/H	352.00	16.0	-	-
67	Ležimir	Lež-1/H	350.00	21.0	1.10	0.005
68	Mala	MR-1/H	412.00	25.0	-	

Remeta						
69	Vrdnik	Vrd-1/H	600.00	32.0	1.00	0.050
70	Šid	Šid-1/H	850.00	35.0	-	
71	Indija	Ind-1/H	975.00	57.0	13.40	2.074
72	Indija	Ind- 3/H	1594.80	43.0	0.20	0.019
73	Banatski Karlovac	BK-1/H	509.74	26.0	15.90	0.399
74	Uljma	Ulj-1/H	1420.00	68.0	1.83	0.368
75	Devojački bunar	Db-1/H	600.00	25.0	11.30	0.236
76	Platičevo	Pt-1/H	1207.20	26.0	1.00	0.025
77	Kupinovo	Kup-1/H	644.00	51.0	24.50	3.178
78	Kupinovo	Kup- 2/H	663.0	44.0	9.70	0.974
					UKUPNO	72.606

Izvor: Martinović i sar., 2010.

3.5. Rejonski razmeštaj i potencijal geotermalne energije

Potencijal geotermalne energije može se prikazati gustinom geotermalnog toplotnog toka. Prosečne vrednosti u Evropi su 60 MW/m². U Republici Srbiji su ove vrednosti veće i iznose preko 100 MW/m² što govori da naša zemlja ima povoljnu stratešku poziciju za geotermalnu energiju. U Republici Srbiji su tereni izgrađeni od tvrdih stena i zbog povoljnih hidrogeoloških i geotermalnih karakteristika, nalazi se 160 izvora geotermalnih voda sa temperaturom od 15 °C.

U Centralnoj Srbiji nalazi se 48 geotermalnih bušotina sa toplotnom snagom od 108 MW, a u AP Vojvodini 80 geotermalnih izvora i bušotina ukupne toplotne snage od 120 MW. Podzemne vode u AP Vojvodini dubine od 400-500 m definišu se kao termomineralne, jer sadrže više od 1g rastvorenih mineralnih materija po 1l vode i temperature su od 20 °C. Termomineralne vode AP Vojvodine sadrže rastvorene gasove 0,5-2,2 m³ 1 m³ vode, pretežno metanskog sastava od 80-95 % sa primesama ugljen dioksida, sumporvodonika i azota. Boja vode može biti različita i pokazuje prisustvo rastvorenih mineralnih materija neorganskog i organskog porekla (Aksin, V. i sar., 1976).

Temperatura vode na dubini od 500 m u Vojvodini je u rasponu 34,2 - 43,6 °C i prosečno iznosi 38,2 °C. Najviše temperature su zabeležene na području Subotice i Kupinova, a najniže na području Uljme. Temperatura na dubini od 1000 m kreće se od 57,5-73,5 °C. Najviše su kod Prigrevice 73,5 °C i Kupinova 71,5 °C. Temperature na dubini od 2000 m su u rasponu 95-120 °C, najviše su u Kanjiži 118 °C, a najniže u Inđiji 96 °C.

Prosečni temperaturni gradijent u AP Vojvodini iznosi 0,052 °C/m, što je više od prosečne vrednosti za kontinentalni deo Evrope, gde iznosi 0,03 °C/m. Najveće vrednosti gradijenta su na području Severne Bačke od 0,062 °C/m, a najniži u Banatu ispod 0,046 °C/m. I ove vrednosti su veće od prosečne Evropske za 50% (Milosavljević, 1999).

Savremeni period iskorištavanja geotermalnih resursa u AP Vojvodini počeo je 1978. godine, kada je pušten u pogon prvi od ukupno 24 do sada izgrađenih hidro geotermalnih sistema. Započeto je sa sistematskim praćenjem, koje se vrši od 1987. godine, a zaključno krajem 2009. godine sistemi su proizveli 23,153.000m³ vode. Najveća proizvodnja ostvarena je 1990. godine i iznosila je 1.600.000 m³ termalne vode. Najmanji broj sistema (10) radio je tokom 1997. i 2007. godine, a najmanja proizvodnja ostvarena je u 2009. godini, kada je iz 12 aktivnih sistema proizvedeno 739.149 m³.

Ukupna toplotna snaga raspoloživih hidro geotermalnih resursa iz sistema, koji su radili tokom 2009. godine iznosi 26 MWt (za 180 radnih dana), a proizvedenih količina termalnih voda nešto manje od 6 MWt, što znači da je iskorišćenost raspoloživih hidro geotermalnih resursa iz ovih sistema iznosila svega 23 %. Situacija je skromnija, ako se ovaj parametar posmatra u odnosu na do sada istražene geotermalne resurse čija ukupna raspoloživa toplotna snaga iznosi 72.606 MWt, jer onda koeficijent iznosi svega 8 %. Ovo je ilustracija da je sistem geotermalnih voda izuzetno loše istražen i iskorišćen.

3.6. Klasifikacija i karakteristike geotermalnih voda

Razne su klasifikacije mineralnih, termalnih i termomineralnih voda i one se zasnivaju na fizičko-hemijskim karakteristikama, kao i na balneološkim karakteristikama voda.

Klasifikacija V. Ivanova i G. Nevraeva (1964, 1977) se posebno izdvaja sa hidrogeološkog aspekta. Klasifikacija navodi postojanje 7 grupa:

1. Vode bez „specifičnih“ komponenata i svojstava, sa dve podgrupe: azotne i metanske.
2. Ugljikisele vode (CO₂), sa podgrupom: ugljikiselih voda (sadržaj preko 500 mg/l).

3. Sulfidne vode (H_2S , HS) sa tri podgrupe: azotne, metanske, ugljikisele. Sadržaj H_2S i HS preko 10 mg/l.
4. Gvožđevite vode (Fe), Arsenske (As) i sa visokim sadržajem Mn, Cu, Al, Zn sa dve podgrupe: azotne i ugljikisele. Sadržaj gvožđa preko 20 mg/l, arsena 0,75 mg/l.
5. Bromne (Br), jodne (J) vode i sa visokim sadržajem organskih materija sa dve podgrupe: azotne i metanske vode. Sadržaj broma preko 25 mg/l. Sadržaj joda preko 5 mg/l, fluora preko 5 mg/l, organskih materija preko 6 mg/l.
6. Radonske (Rn) vode sa dve podgrupe: azotne i ugljikisele vode.
7. Silicijske termalne vode (H_2SiO_3 , $HSiO_3$) sa tri podgrupe na osnovu gasnog sastava: azotne, metanske i ugljikisele. Sadržaj silicijuma preko 50 mg/l.

Kriterijumi za određene grupe, podgrupe i tipove mineralnih voda posmatrano sa balneološkog aspekta, praksa ih opisuje kao znatno niže, prilagođene našim potrebama i iskustvima.

Balneološka praksa koristi modifikovanu klasifikaciju Kventina (1958). Kventin kaže da se sve mineralne, termalne i termomineralne vode mogu svrstati u grupe i podgrupe, a sve to zavisi od temperature, pH reakcije, jonskog sastava, kao i od sadržaja specifičnih mikroelemenata i gasova.

Klasifikovano po temperaturi, vode se mogu podeliti na:

- hladne (do 20 °C);
- termalne (iznad 20 °C):
 - hipoterme (od 21 do 30 °C)
 - izoterme ili homeoterme (31 °C – 40 °C)
 - hiperterme (preko 40 °C).

Klasifikovano po pH reakciji, vode se mogu podeliti na:

- kisele;
- neutralne;
- alkalne.

Vode se mogu podeliti i prema sadržaju rastvorenih materija (ukupnoj mineralizaciji). U ovu grupu spadaju vode koje sadrže preko 1 g/l rastvorskih čvrstih materija (ukupna mineralizacija). Dalja podela na podgrupe i tipove izvodi se na osnovu preovlađujućeg jonskog sastava i to:

Hidrokarbonatne vode

- natrijumsko-hidrokarbonatne (alkalne vode),
- kalcijumsko-hidrokarbonatne,
- magnezijumsko-hidrokarbonatne (zemnoalkalne vode).

Sulfatne vode

- natrijumsko-sulfatne (salinične vode),
- magnezijumsko-sulfatne (gorke vode),
- kalcijumsko-sulfatne,
- gvoždevito-sulfatne,
- aluminijumsko-sulfatne.

Hloridne vode

- natrijumsko-hloridne (murijatične vode),
- kalcijumsko-hloridne,
- magnezijumsko-hloridne.

Ukoliko vode delimo po sadržaju specifičnih aktivnih mikroelemenata, nezavisno od njihove ukupne mineralizacije, onda one mogu biti:

- sumporne vode sa sadržajem S (titrovanog) preko 1 mg/l,
- jodne vode sa sadržajem J preko 1 mg/l,
- arsenska voda sa sadržajem As preko 0,7 mg/l,
- gvoždevite vode sa sadržajem Fe preko 10 mg/l,
- radijumske vode sa sadržajem Ra preko 10 mg/l.

Prema sadržaju gasova vode ćemo podeliti na:

- ugljikisele vode sa sadržajem slobodnog CO₂ preko 1 g/l,
- radonske vode sa sadržajem Rn preko 18 mμC/l (preko 50 MJ ili 673,4 Bq).

Ukoliko primenjujemo kliničke kriterijume i posmatramo vode, čija se lekovita svojstva potvrđuju kliničkim posmatranjem:

- akratopege – malo mineralizovane hladne vode (izvori),
- akratoterme („divlje vode“) – sadrže manje od 1 g/l čvrste materije i imaju temperaturu višu od 20 °C.

3.7. Fizičko-hemijske karakteristike termomineralnih voda Vojvodine

Podzemne vode Vojvodine, dublje od 400-500 m, mogu se okarakterisati kao termomineralne, pošto sadrže više od 1 g rastvorenih čvrstih mineralnih materija po 1 l vode i imaju temperaturu višu od 20 °C. Vode Vojvodine sadrže u sebi rastvorene gasove (0,5-2,2 m³ gasa / 1 m³ vode) pretežno metanskog sastava (80-95 %) sa primesama ugljendioksida, sumporvodonika i azota.

Boja. Boja vode ukazuje na prisustvo suspendovanih ili rastvorenih mineralnih materija neorganskog ili organskog porekla. Boja vode i intenzitet mogu biti različiti. Prisustvo organskih materija veoma je izražena osobina termomineralnih voda Vojvodine. One se sreću u većoj ili manjoj meri u svim podzemnim vodama. Povišen sadržaj mineralnih materija daje vodi žućkaste do crvenkaste tonove. Povećan sadržaj humusne kiseline daje vodi žutu do tamnožutu boju, karboksilne kiseline crvenkastu, a poluciklični ugljovodoni i aromati crvenkasto-mrku. Pored termomineralnih voda, na širokom prostoru (središni deo Bačke, srednji i severni Banat) sreću žute vode iz vodonosnih horizonata do 250 m, kao posledica povišenog sadržaja organskih materija. Prisustvo neorganskih materija može dati vodi različite nijanse boja (žutocrvena boja nastaje od prisustva hidroksida gvožđa, a jedinjenja mangana utiču na tamne tonove). Gvožđe i mangan su količinski pratioci termomineralnih voda (Milosavljević, 1999).

Boja vode, pored toga što ukazuje na prisustvo raznih mineralnih materija, može biti i indikator biološke aktivnosti na ljudski organizam. Balneološka proučavanja ukazala su na povoljno delovanje voda sa povišenim sadržajem nekih organskih jedinjenja na ljudski organizam. Zbog toga se one sve više koriste u terapeutske svrhe. Zbog povećanog prisustva raznih suspendovanih i rastvorenih materija neke termomineralne vode su nedovoljno providne što dolazi do izražaja prilikom njihovog korišćenja u bazenima za kupanje.

Miris. Miris vode ispoljavaja se zahvaljujući isparljivim jedinjenjima i gasovima, koji se nalaze u vodi. Osobina je značajna, jer može ukazati na prisustvo određenih isparljivih jedinjenja i gasova, koji joj mogu dati razne karakteristične mirise. Prisustvo sumporvodonika (H₂S) daje vodi karakterističan miris na pokkvarena jaja, ugljendioksid (CO₂) kiselasti miris, prisustvo metana daje vodi barski miris, a fenola na karboksilnu kiselinu. Stalni pratilac termomineralnih voda je metan, a u manjim koncentracijama fenol, sumporvodonik i ugljendioksid.

Ukus. Ukus vode zavisi od vrste i koncentracije rastvorenih mineralnih materija u vodi. Kod termomineralnih voda ova karakteristika je izražena, zbog prisustva rastvorenih mineralnih materijala i povišene temperature.

Vode iz dubljih i izolovanih geoloških formacija, naročito miocenske i mezozojske starosti, imaju izrazito slan i po malo bljutav ukus, koji potiče od veće količine rastvorene kuhinjske soli. Izuzetak su vode južnog Srema iz mezozojskih krečnjaka i dolomita, u kojima se obavlja intenzivna vodoizmena sa površinskim vodama.

3.8. Balneološke karakteristike geotermalnih voda

U hidrogeotermalnoj južnomoravskoj balneotermalnoj regiji nalaze se naše najtoplije banje, kao što su npr Srem, Posavina i Mačva, gde se nalaze vode na dubini od 400-600 m i imaju temperaturu od 80 °C.

Aktivna reakcija (pH). Aktivna reakcija vode (pH) ima značajnu ulogu za objašnjenje uslova formiranja i balneološku ocenu vode. Veličina pH vode ukazuje na prisustvo raznih kiselina u vodi (H_2CO_3 , H_2S , H_2SiO_3). Jako kisela reakcija karakteriše vode sulfidnih rudnih ležišta, fumarola u vulkanskim oblastima i hloridno - kalcijumske vode sa sadržajem soli preko 500 g/l. Slabo kisela reakcija karakteriše kiseljake sa prisustvom ugljene kiseline. Neutralne i slabo alkalne vode (pH=6,8-8,5) sreću se kod termomineralnih voda sa povišenom mineralizacijom i kod sulfidnih voda kod kojih pH zavisi od karbonatno-sulfidne ravnoteže. Veličina pH vode posebno značajnu ulogu igra u balneologiji. Kisela sredina izaziva skupljanje tkiva epiderma i koristi se za ginekološke procedure, a alkalna sredina izaziva bubrenje i omekšavanje kože i povećava joj elastičnost.

Termomineralne vode Vojvodine pripadaju slabo kiselim (pH = 5,5-6,8), neutralnim (pH = 6,8-7,2), slabo alkalnim (pH = 7,2-8,5) i alkalnim (pH iznad 8,5) vodama. Međutim, neka pravilnost ili zavisnost od dubine zaleganja, stratigrafske pripadnosti nije mogla da se izvede. Napomenimo da pH vrednost vode nije merena direktno na bušotini, već u laboratoriji posle višednevnog stajanja i da nema reprezentativni karakter (Filipović i Dimitrijević, 1991).

Ukupna mineralizacija. Ukupna mineralizacija je jedan od najvažnijih parametara za ocenu kvaliteta vode za njeno korišćenje u različite svrhe, jer se njenim povećanjem povećava efekat delovanja na ljudski organizam. Od mineralizacije i jonskog sastava zavisi sklonost ka taloženju kamenca u cevovodima i površinskim instalacijama, agresivnost na metale i beton i naročito mogućnost deponovanja u površinske recipijente posle iskorištenja. Mineralizacija je zbir svih rastvorenih materija u vodi u vidu jona, molekula i koloida, odnosno makro i mikrokomponentata, organske materije i dr. Termomineralne vode pokazuju dosta velike varijacije u pogledu mineralizacije. Ukupna mineralizacija kreće se od 0,8 do 38 g/l (Tabela 4).

Tabela 4. Pregled opšte mineralizacije termomineralnih voda Vojvodine prema stratigrafskoj pripadnosti

Stratigrafska pripadnost kolektora	Mineralizacija (g/l)
Poludinski slojevi	do 4,7
Gornji pont	3-9
Donji pont	4-20
Miocen	1,7-35
Mezozoik i paleozoik	0,8-38

Izvor: Martinović i sar., 2010.

Vode iz mlađih tercijarnih sedimenata imaju dosta ujednačene fizičko-hemijske karakteristike na čitavom prostoru AP Vojvodine. Sa dubinom i stratigrafskom pripadnošću raste i količina rastvorenih materija. Vode miocenske starosti i starije imaju izrazito neujednačen sastav, kako u pogledu tipa, tako i u pogledu količine rastvorenih materija.

Makrokomponente. Makrokomponente čine osnovu mineralnog sastava vode i na osnovu njih se određuje tip vode. U makrokomponente ubraja se šest katjona i anjona: Na^{++} , K^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^{-} , SO_4^{2-} i $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3^{2-}$. Prema dominantnim katjonima i anjonima određuje se tip vode. Razne klasifikacije mineralnih i termomineralnih voda izvode se na osnovu vrste i količine makrokomponentata. Prema dominantnom jonskom sastavu, termomineralne vode Vojvodine iz mlađih stratigrafskih članova generalno pripadaju $\text{HCO}_3 - \text{Na}$ tipu, a iz starijih Cl-Na .

Mikrokomponente. Za balneološku ocenu mineralnih i termomineralnih voda osnovni pokazatelji su mikrokomponente. One se pojavljuju u malim količinama i nemaju uticaj na tip vode, ali imaju presudan uticaj na lekovita svojstva vode. U ovu grupu spada mnoštvo

elemenata i neke mineralne materije. Neke od njih mogu imati blagotvorno delovanje na ljudski organizam, dok neke imaju štetan uticaj.

Sa balneoterapeutskog stanovišta za termomineralne vode Vojvodine najvažnije su sledeće komponente: jod, brom, silicijum, stroncijum, litijum, bor, fluor i organske materije. U elemente toksične za ljudski organizam spadaju: hrom, olovo, živa, selen, volfram, fluor (preko 2 mg/l), arsen (preko 0,7 mg/l) i dr. (Filipović i Dimitrijević, 1991).

Neki od ovih elemenata kao arsen, selen i fluor mogu biti korisni i poželjni u termomineralnim vodama u malim koncentracijama, odnosno ukoliko ne prelaze koncentracije predviđene propisima, koji važe za pojedine mineralne i termomineralne vode (Filipović i Dimitrijević, 1991). Prema balneološkim kriterijumima termomineralne vode Vojvodine zadovoljavaju većinu kriterijuma i sadrže više navedenih terapijski aktivnih supstanci. Osim joda, sadrže još i brom (do 500 mg/l), fluor (do 11 mg/l), stroncijum (do 180 mg/l), metasilicijsku kiselinu (do 400 mg/l). Metasilicijska i metaborna kiselina čest su pratilac termomineralnih voda Vojvodine. U većim koncentracijama javljaju se u mezozojskim, miocenskim i pontijskim vodama. Vode su cenjene u svetu i mnoge evropske banje imaju povećanu koncentraciju.

Tabela 5. Maksimalne koncentracije terapijski aktivnih komponenata u vodama Vojvodine

Stratigrafska pripadnost Vode	Maksimalna koncentracija terapijskih komponenata (td/l)								
	J-	Br-	F-	Li ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	H ₂ S+HS	HB O ₂	H ₂ SiO ₃ +HSiO ₃
Pliocen	13,2	20	4,0	1D	10,0	11	2,5	107	117
Miocen	18,8	337	5,3	9,5	11,8	38	4,5	401	95
Mezozoik	16,3	487	11,0	8,6	30,0	176	4,8	400	143

Izvor: Bogojević, A. - Studija razmeštaja banja u Vojvodini (2006)

Organski sastav. Termomineralne vode sadrže organske materije, koje se javljaju u vidu koloida ili jona. Organske materije su: organske kiseline (karboksilna, naftenska i huminska), fenoli, organska jedinjenja složenog hemijskog sastava, mineralna ulja, masti i policiklični aromatični ugljovodonici i aromati. Huminske materije su pratilac termomineralnih voda. Nastaju na osnovu zaostale faune i flore u sedimentnim stenama. Obično su tamno braon boje, što vodama daje tamne tonove.

Razna naftna jedinjenja i bituminozne materije javljaju se u povećanim koncentracijama u naftnim vodama. U prirodi nastaju kao i huminska jedinjenja, od biljnih i životinjskih

ostataka. Maksimalne koncentracije dostižu u vodama $\text{HCO}_3 - \text{Na}$ tipa, u alkalnim vodama.

Fenoli su veoma česti pratioci termomineralnih voda i javljaju se u minimalnim koncentracijama. Vode sa povećanim sadržajem fenola su praktično neupotrebljive u neenergetskim područjima, a predstavljaju ozbiljan problem i prilikom puštanja u površinske recipijente posle iskorišćenja toplote.

Balneolozi ukazuju na značaj organskih materija u termomineralnim vodama u postupku raznih procedura. Bez obzira na njihovu malu koncentraciju, njihov balneološki značaj može biti vrlo veliki.

Gasni sastav. U termomineralnim vodama pojavljuju se kao rastvoreni ili u slobodnom stanju kiseli gasovi (H_2S , CO_2), azot (N_2) i gasoviti ugljovodonici (CH_4 i dr). Najzastupljenije su vode koje u sebi sadrže metan. Javljaju se u svim stratigrafskim članovima i na svim dubinama. Sumporvodoničnik se javlja u vodama svih stratigrafskih članova, ali u malim količinama. S obzirom na visoke pH vrednosti, sumporvodoničnik se pretežno javlja u jonskom obliku (HS^-). Pri eksploataciji vode iz dubokih bušotina, na putu od ležišta do površine, iz vode se izdvaja višak gasova u vidu mehurića, pri čemu se narušava hemijska ravnoteža i deo soli se taloži na zidove bušotina i površinskih instalacija, što je karakteristično za termomineralne vode Vojvodine.

4. KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE

Teritorija AP Vojvodine, kao deo Panonskog bazena, pripada velikoj evropskoj geotermalnoj zoni, koja ima povoljne uslove za istraživanje i korišćenje geotermalne energije. Za sada se istražuje i koristi hidrogeotermalna energija. To su tople vode prirodnih izvora i vode u stenskim masama do kojih se može doći bušotinama. U Vojvodini su uočena i sistematizovana četiri hidrogeološka sistema. Ispitani su i definisane su njihove osnovne karakteristike: litološki sastav, stratigrafska pripadnost, vrsta i kvalitet kolektor stena, temperaturni i hidrodinamički uslovi, fizička i hemijske karakteristike termalnih i termomineralnih voda i pratećih slobodnih gasova.

Vojvodina, kao i cela Panonska nizija obiluje velikim bogatstvom geotermalnih izvora. Ovde postoji tradicija duža od jednog veka da se te vode koriste kao tople lekovite vode. U poslednje vreme, sve više se, a i sve uspešnije, koriste u energetske svrhe, kako u Vojvodini, tako i u ostalim zemljama koje leže na tlu basena nekadašnjeg Panonskog mora.

Generalno govoreći, u svim sistemima su akumulirane geotermalne vode pogodne za korišćenje. Međutim, njihova temperatura, izdašnost, kolektorska svojstva, hemijski sastav, gasni faktor i druge karakteristike im daju različitu perspektivnost i određuju specifičnosti uslova za korišćenje. Zbog toga se svaka bušotina pojedinačno mora detaljno proučiti pri izboru načina i opreme za korišćenje.

Ukupna toplotna snaga hidrogeotermalnih bušotina, hlađenjem vode do 15 °C, prema podacima iz 1997. godine, kojima je obuhvaćeno 65 bušotina iznosila je 85,605 kW, a prema podacima "NIS Naftagas"-a iz 2005. godine za 54 hidrotermalne bušotine to je 72,579 kW. Samo 15 je aktivirano za proizvodnju toplotne energije.

Slika 8. Rasprostranjenost hidrotermalnih bušotina u Vojvodini



Izvor: Stipić i sar., 2012.

Mogućnosti korišćenja geotermalnih voda veoma su velike. Mogu se koristiti:

- za zagrevanje staklenika i plastenika,
- za zagrevanje farmi,
- u oblasti industrije kao tehnološka topla voda,
- za zagrevanje naselja i drugih objekata,
- u oblasti ribarstva za uzgajanje ribe u hladnom, zimskom periodu,
- u oblasti prerade bilja za sušenje žitarica, povrća, voća, lekovitog bilja i dr.
- u balneoterapiji i u sportsko-rekreativnim i turističkim centrima, za snabdevanje stanovništva sanitarnom toplom vodom i sl.

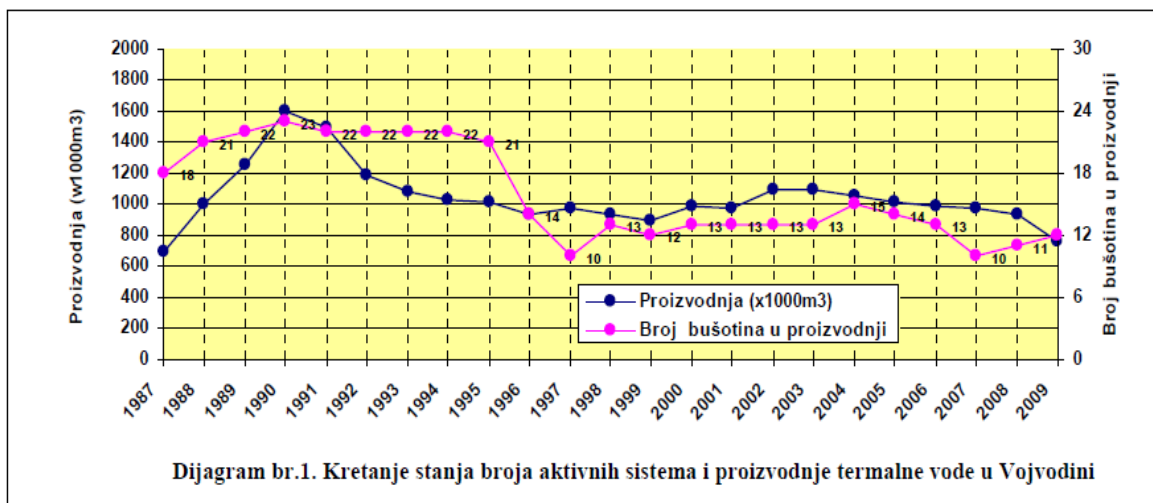
U balneoterapeutske i spotsko - rekreativne svrhe termalne vode se u AP Vojvodini upotrebljavaju se već decenijama, pa može se reći i vekovima. U današnje vreme upotrebljavaju se za zagrevanje banja i sportsko - rekreativnih centara (možemo navesti banju Kanjižu, banju Junaković kod Apatina, onda Omladinski sportski centar, hotel i banja u Bečeju), za zagrevanje stočnih farmi (DP "Mokrin" u Mokrinu, "Jedinstvo" u

Kikindi i “Kozara” u Banatskom Velikom Selu), za zagrevanje prostorija (Institut za hmelj u Bačkom Petrovcu, hotel na Paliću), a zabeleženi su i brojni slučajevi upotrebe termalnih voda u svrhu napajanja otvorenih i zatvorenih sportsko - rekreativnih i banjskih bazena. U poslednjih 20 godina sve intenzivnije se koriste i u energetske svrhe.

U toku višedecenijske upotrebe praksa je pokazala bitne prednosti, koje ima geotermalna energija u poređenju sa klasičnim energentima. To su:

- pouzdanost i sigurnost funkcionisanja hidrotermalnih sistema,
- niski troškovi održavanja,
- dugačak vek eksploatacije hidrotermalnih bušotina,
- mogućnost višestepene upotrebe termalnih voda i dr.

Grafikon 4. Kretanje stanja broja aktivnih sistema i proizvodnja termalne vode u AP
Vojvodini



Izvor: Martinović i sar., 2010.

Za izgradnju staklenika i čvrstih plastenika za gajenje poljoprivrednih kultura u toku zime, koji bi se snabdevali termalnom vodom u svrhu zagrevanja, odabrane su dva najpogodnija lokaliteta. Vojvodina jeste bogata termalnim izvorima, ali u različitim područjima i dubinama vladaju različiti hidrogeološki uslovi. Tu postoje razlike u temperaturi, kvantitetu i kvalitetu geotermalnih voda, te je bilo potrebno napraviti analizu i poređenje više mogućih eksploatacionih tačaka na području Severnog i Istočnog Banata, Srednje i Istočne Bačke i Južnog Srema. Analiza je pokazala da su najbolji lokaliteti na nameravanu svrhu sledeći:

- Područje koje se nalazi u južnom Sremu, na potezu sela Kupinovo - Progar, duž leve obale Save,

- Područje Starog i Novog Bečeja,
- Područje Indija.

U okviru analize za pomenuta područja dati su svi relevantni parametri neophodni za početnu ocenu tehničko - tehnoloških mogućnosti i opravdanost podizanja staklenika i započinjanja proizvodnje na bazi geotermalne energije. Zbog sveobuhvatnog sagledavanja poduhvata, potrebno je analizu dopuniti detaljnim termo - energetskim proračunima zavisno od tipa staklenika ili plastenika, kao i odabrane kulture koja bi se tu gajila, načina i tehnološke šeme upotrebe termalne vode i drugo. Svakako, potrebna je i ekonomska analiza o rentabilnosti projekta.

4.1. Područje Kupinova za korišćenje geotermalne energije u agrobiznisu

Na području naselja Kupinovo od 1982-1985. godine izvršena su opsežna istraživanja, radi sagledavanja opravdanosti ulaganja u eksploataciju geotermalnih izvora u agrobiznisu, balneologiji i u sportsko-rekreativne namene. Vršena su geoelektrična istraživanja i izbušene dve hidrogeotermalne bušotine. Cilj ovih geo-električnih ispitivanja bilo je definisanje prostornog rasporeda krečnjaka i dolomita trijasko starosti, koje su glavni nosioci geotermalnih voda u oblasti južnog Srema, Mačve i Semberije. Na osnovu interpretacije specifičnih otpora stena urađenja je orijentaciona rejonizacija i okunturenje trijaskih karbonata prema perspektivnosti. Najperspektivniji prostor za dobijanje termalne vode prema proceni, predstavlja potez istočno od Kupinova, u pravcu sela Progara, duž leve obale Save.

Na osnovu predhodnih istraživanja na području Kupinova napravljene su dve hidrotermalne bušotine koje nose nazive Kup -1/H i Kup -2/H. Finansiranje realizacije bušenja i istraživanja projekata preduzeo je NIS Naftagas iz Novog Sada.

Bušotina Kup -1/H nalazi se u selu Kupinovo. Selo Kupinovo je živopisno mesto kraj Obedske bare, smešteno na levoj obali Save, udaljeno 50 km od Beograda. Bušotina je pokazala izvanredne rezultate. Predstavnici sela predložili su da se geotermalna enerija iskoristi za potrebe postojećeg toplog kupatila. Nedostatak finansijskih sredstava uticao je da se realizacija projekta odloži. Bušotina je konzervisana, ali se može brzo dekonzervirati i privesti nameri eksploatacije u agrobiznisu za grejanje staklenika i plastenika za proizvodnju povrća i cveća.

Bušotina Kup-2/H nalazi se na levoj obali Save na imanju zadruga. Geofizička ispitivanja

pokazuju, da ležište ima duguljast oblik i prostire se duž leve obale Save, nizvodno od naselja Kupinovo. Prostor koji zauzima iznosi 10-15 km. „Izgrađeno je od ispucalih i klastifikovanih karbonatnih stena i krupnih klastita trijaskе starosti. Dubina do trijaskih karbonata iznosi 500 - 600 m, a efektivna debljina ležišta procenjuje se na 50-150 m. Prema tome, dubina hidrotermalnih bušotina iznosila bi 650- 700 m“ (Milosavljević, S., 2005).

Mehanizam obnavljanja ležišnih voda odvija se na račun atmosferskih padavina, a isticanje se vrši najverovatnije u koritu reke Save. Intenzivnu zamenu ležišnih voda potvrđuje nisko mineralizovana voda u ležištu, što je razlikuje od konatnih mezozajskih voda u ostalim delovima Srema, koje su visoko mineralizovane po pravilu. Ako bi se pristupilo bušenju novih bušotina, pre samog lociranja potrebno je izvršiti reinterpetaciju ranijih geofizičkih ispitivanja (seizmološka, geoelektrična i geomagnetna) na širem prostoru sela Kupinovo i Progara, kako bi se definisala područja rasprostranjivanja, dubine zaleganja i debljine ležišta. Prostor gde se geotermalno ležište nalazi povezan je drumskim saobraćajnicama sa Beogradom, Novim Sadom i aerodromom Surčin, a vodenim saobraćajm sa Beogradom i Novim Sadom.

Slika 9. Staklenička i plastenička proizvodnja povrća, voća i cveća



4.1.1. Osnovne hidrogeološke i geotermalne karakteristike bušotina Kup-1/H i Kup-2/H u Kupinovu

Bušotina Kup-1/H:

Godina bušenja: 1982.,

Dubina bušotine: 644 metra,

Zacevljenje: čelična kolona $0 = 219,1$ mm od vrha do 589,06 m,

Kaptirani interval: 589,06 - 644,0 m (open hole),

Litološki sastav kaptiranog intervala: krečnjak i dolomit,

Stratigrafska pripadnost: trijas,

Početna izdašnost bušotine na samo izlivu: 41,7 l/s (2500 l/mil),

Izlazna temperatura vode: 50 °C,

Ukupna mineralizacija vode: 0,81 g/l,

Sadržaj NaCl: 0,08 g/l,

Sadržaj fenola: 0,001 - 0,006 mg/l,

Tip vode: NCO_3 - SO_4 - Na - Ca,

Gasni faktor: 0,004 - 0,008 m^3/m^3 ,

Vrsta gasa: N_2 i CO_2 ,

Statički pritisak: na glavi bušotine: 1,38 bar,

Radni pritisak pri $Q = 41,7$ l/s : 0,81 bar,

Toplotna snaga bušotine pri samoizlivu: za Δt 15 °C = 2,6 MW

Δt 20 °C = 3,5 MW

Δt 25 °C = 4,4 MW

Δt 30 °C = 5,2 MW

Toplotna snaga bušotine ugradnjom pumpe u bušotinu: za Δt 15 °C = 5,0 MW

Δt 20 °C = 6,7 MW

Δt 25 °C = 8,4 MW

Δt 30 °C = 10,0 MW

Hidrodinamička ispitivanja vršena su sa tri različita kapaciteta bušotine ($Q_1=13,23$ l/s, $Q_2=24,57$ l/s, $Q_3=42,84$ l/s) isključivo na samoizlivu, a radni pritisci na glavi bušotine iznosili su ($R_1 = 1,57$ bar, $R_2 = 1,32$ bar, $R_3 = 0,81$ bar). Ispitivanje izdašnosti pomoću pumpe ili kompresora nije vršeno. Računica ukazuje na to da bi se ugradnjom pumpe mogao udvostručiti kapacitet, tj. povećati na oko 80 l/s. Na ovaj način forsirana eksploatacija bušotine mogla bi biti tolerisana zbog srazmerno kratkog perioda eksploatacije bušotine u toku godine (zimski period).

Na osnovu laboratorijskih analiza stabilnosti vode tokom eksploatacije utvrđeno je:

-voda je stabilna i ne izdvaja kamenac na zidove cevovoda,

-voda nije agresivna na beton,

-voda pokazuje vrlo slabu agresivnost prema metalima.

Na bazi balneološke analize voda pripada kategoriji slabo mineralizovanih hipertermi i ima alkalne odlike, pa se može upotrebljavati kao dopunsko sredstvo u lečenju - kupanjem kod bolesti reumatizma i spondiloze. Pored toga, može se koristiti u rekreativne svrhe.

Bušotina Kup – 2/H:

Godina bušenja: 1985,

Dubina bušotine: 663 metra,

Zacevljenje: Čelična kolona $D=244,5$ mm od vrha do 454,0 m,

Litološki sastav kaptiranog intervala: krečnjak, brele, konglomerati ,

Stratigrafska pripadnost: mezozoik,

Početa izdašnost bušotine na samo izlivu: 14,17 lit./s,

Izlazna temperatura vode: 45°C,

Ukupna mineralizacija vode: 1,10 g/l,

Sadržaj NaCl: 0,13 g/l,

Sadržaj fenola: 0,001 - 0,002 mg/l,

Tip vode: $HCO_3 - SO_4 - Na$,

Gasni faktor: 0,009 m³/m³,

Vrsta gasa N₂ i CO₂,

Statički pritisak na glavi bušotine: 0,89 bar,

Radni pritisak pri $Q = 14,17$ l/s : 0,22 bar,

Toplotna snaga bušotine pri samoizlivu za $\Delta t 10$ °C = 0,6 MW

$\Delta t 15$ °C = 0,9 MW

$\Delta t 20$ °C = 1,2 MW

$\Delta t 25$ °C = 1,5 MW

Toplotna snaga bušotine ugradnjom pumpe u bušotinu za $\Delta t 10$ °C = 1,0 MW

$\Delta t 15$ °C = 1,6 MW

$\Delta t 20$ °C = 2,1 MW

$\Delta t 25$ °C = 2,6 MW

Ogledno ispitivanje crpne bušotine sa tri različita kapaciteta obavljeno je u uslovima samoizlivanja bušotine ($Q=2,50$ l/s, $Q_2=6,66$ l/s, $Q_3=15,00$ l/s), a registrovani radni pritisci na glavi bušotine izosili su $P=1,05$ bara, $P_2= 0,86$ bara, $P_3= 0,22$ bar. Statički pritisak na glavi bušotine, koji je registrovan pre početka crpenja bio je 0,89 bara. Snažniji radni pritisak od statičkog nastao je usled izdvajanja rastvorenih gasova u stubu bušotine (fenomen er-lifta). U slučaju da se eksploatacija bušotine izvodi adekvatnom pumpom,

gruba računica ukazuje na to da bi izdašnost bušotine mogla biti povećana na oko 25 lit./s.

Imajući u vidu da su pomenute bušotine konzervirane (Kup-1/H i Kup-2/H) one bi se uz mala ulaganja mogle osposobiti za eksploataciju i zagrevanje staklenika, koji bi se podigli. To je najekonomičnije rešenje. Treba proučiti da li postoje objektivni uslovi za podizanje staklenika i plastenika u blizini bušotina. U slučaju da bi vodu trebalo transportovati duže od 2 km dovela bi se u pitanje rentabilnost, jer transport termalne vode traži postojanje solidne toplotne izolacije cevovoda.

Slika 10. Proizvodnja jagoda i riba u Kupinovu i Obedskoj bari



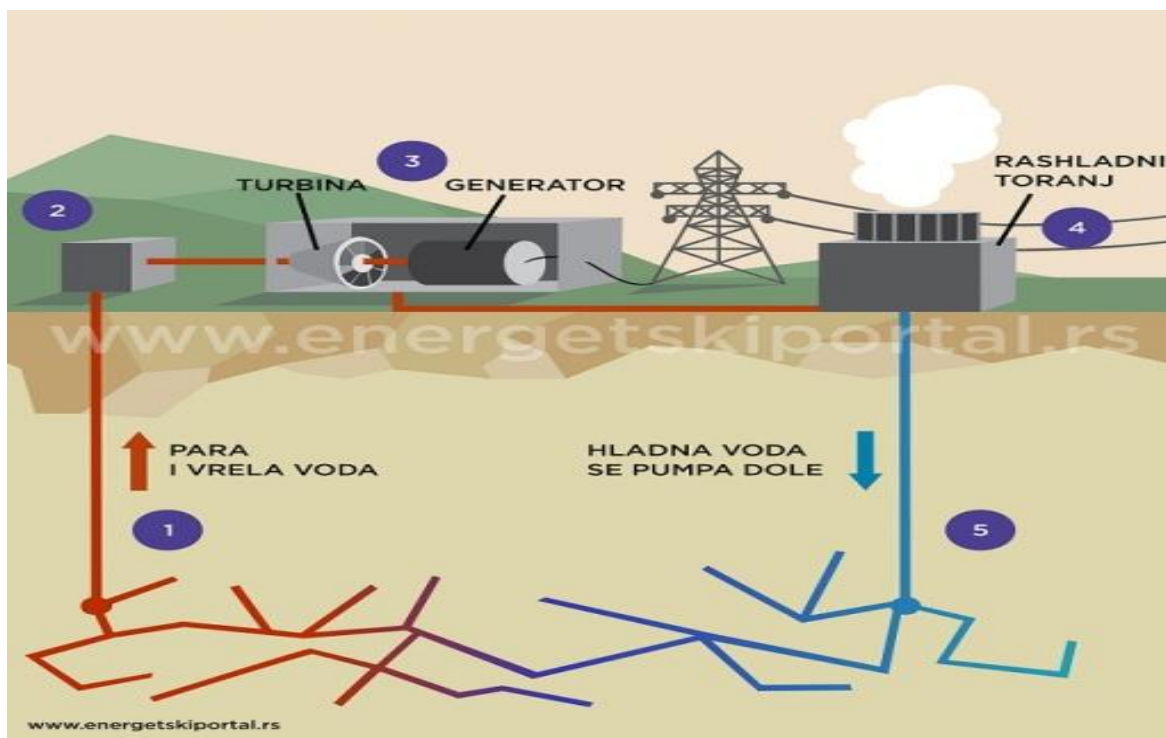
U slučaju da bi se izgradnja staklenika morala smestiti van domašaja već postojećih bušotina, pojavila bi se potreba za bušenjem novih, bližih bušotina. Uslovi za to svakako postoje, o čemu nam svedoče dosadašnja istraživanja. Veličina ležišta omogućava da se uz potpuno poštovanje rastojanja između bušotina, može izbušiti bar 15 do 20 novih bušotina, a to bi bilo više nego dovoljno za grejanje nekoliko desetina hektara pod staklenicima.

Tehnološka šema hidrotermalnog sistema za korišćenje termalne vode za zagrevanje staklenika ili čvrstog plastenika jednostavna je. Termalnu vodu iz bušotina dopremamo do sabirnog rezervoara. Rezervoar je termički izolovan ili ukopan u zemlju. Do rezervoara voda se doprema cevovodima, koji su termički izolovani. Cevovodi mogu biti konstruisani od čeličnih cevi ili drugog materijala, koji je otporan na toplotu. Oni mogu da budu ukopani u zemlju ili postavljeni nadzemno, u zavisnosti od projektnog rešenja. Tokom transporta javljaju se termalni gubici koji iznose oko 1 °C/km. Iz sabirnog rezervoara putem odgovarajućih pumpi termalna voda se distribuira u grejne sisteme. Hidrotermalni sistem ima adekvatnu automatiku za samostalno regulisanje rada bušotina i nadzemnog sistema (to su ventili sa koji se automatski otvaraju i zatvaraju, regulatori nivoa vode u rezervoaru, merači protoka vode, termometri i dr.). Prema temperaturi i kvalitetu vode

moćući su naredni temperaturni režimi:

- prvi temperaturni režim 50/35 °C ,
- drugi temperaturni režim 35/25 °C,
- treći temperaturni režim 25/17 °C.

Slika 11. Postupak ekstrakcije termalnih voda



Preuzeto sa (22.11.2018): www.energetskiportal.rs

Prvi temperaturni režim koristio bi se za grejanje cevnim registrima ili vazdušnim kaloriferima. Nakon kruženja vode u prvom temperaturnom režimu (50/30 °C), po izlasku iz grejnih registara ili vazdušnih kalorifera, podhlađena voda vraća se u podstanicu sa temperaturom od 35 °C i ponovo se šalje u drugi sistem, u podno grejanje sa temperaturnim režimom 35/25 °C. Po napuštanju sistema podnog grejanja voda temperature 25 °C upotrebljavala bi se za zalivanje poljoprivrednih kultura smeštenih u plasteniku. U slučaju da kvalitet vode to ne bi omogućavao, ona bi se putem izmenjivača toplote upotrebljavala za dogrevanje odgovarajuće vode u svrhu zalivanja.

Projektna rešenja mogu da omoguće i drugačije kombinacije, naročito ako se uzme u obzir da je termalna voda, koja potiče iz ovog ležišta stabilna i da se dozvoljava direktno korišćenje u grejnim sistemima, bez upotrebe izmenjivača toplote. Fizičko - hemijska svojstva vode daju mogućnost za njeno višestepeno korišćenje. Po napuštanju grejnih sistema voda se može upotrebljavati za gajenje ribe i riblje mlađi tokom zimskog perioda.

Može se koristiti u sportsko-rekreacione, turističke svrhe, a može se upotrebljavati, kao pijaća voda, koja bi se upumpavala u beogradski vodovod.

Period zagrevanja staklenika traje 6-8 meseci u toku godine, najduže od 15. septembra do 15. maja. Prema računici za zagrevanje 1 ha staklenika ili čvrstog plastenika, koji je prosečne visine 2,75 - 3,00 m, pod uslovom da se temperatura u zatvorenom prostoru tokom dana kreće u intervalu od 20 °C - 25 °C i da se tokom noći ne spušta ispod 15 °C, potrebno je instalirati toplotnu snagu od 1,6 - 3,5 MW, što bi konkretno zavisilo od tipa staklenika ili plastenika, gajene kulture i spoljne temperature vazduha. Maksimalno opterećenje grejnog sistema je pri spoljnoj temperaturi -20 °C i unutrašnjoj +20 °C.

Po meteorološkim podacima broj dana tokom godine u kojima je temperatura niža od -5 °C je mali, a broj dana sa temperaturom nižom od -20 °C je sasvim mali. Pri dimenzionisanju grejnih sistema mora se računati sa najnepovoljnijom varijantom, jer je cilj da se kultura u stakleniku sačuva od smrzavanja. Zato se, imajući u vidu specifičnosti geotermalne energije, ne mogu koristiti hladni “špicevi”, te se dešava da u toplijim vremenskim periodima raspolaže viškom geotermalne energije, a u hladnijim se javlja njen manjak. Pri korišćenju geotermalne energije mora računati sa dve vrste energije, na primer, za eksterne temperature do -5 °C može se upotrebljavati samo geotermalna energija, a na nižim temperaturama trebalo bi uključivati rezervnu, interventnu varijantu. Ovim putem bi se sa jednom bušotinom koristila veća grejna površina i povećali efekti korišćenja. Forsiranje eksploatacije bušotine korišćenjem pumpe tokom hladnih periodima i pokrivanje hladnih “špiceva” na taj način, predstavljalo bi drugo rešenje. Ipak, ovako forsirana eksploatacija bušotine povlači izvestan rizik od havarije bušotine.

U skladu sa geotermalnim karakteristikama bušotine Kup-1/H r može se zagrevati staklenik ili čvrsti plastenik površine 2 - 4 ha, a ako bi se rešilo delimično opterećenje pri eksternoj temperaturi vazduha ispod -5 °C, tada bi se jednom takvom bušotinom mogla zagrevati površina koja iznosi od 3 - 5 ha.

Ukoliko uzmemo u obzir hidološke karakteristike ležišta geotermalne energije na prostoru sela Kupinovo – Progar, konstatujemo da egzistiraju prednosti u fazi upotrebe: izdašnost bušotina i visok kvalitet vode, bušotine su malih dubina, bušotine imaju dug vek eksploatacije, potencijal za višestepeno korišćenje termalne vode, blizina reke Save i energija, koja se proizvodi je ekološki čista.

4.2. Područje Bečeja za korišćenje geotermalne energije

Obimna i relevantna geofizička istraživanja obavljena su na širem području Starog i Novog Bečeja. Napravljeno je 15 bušotina, radi istraživanja nafte i gasa, a napravljene su i dve hidrotermalne bušotine na termalne vode.

Ispod Starog Bečeja i severno od njega smešteno je prostrano ležište ugljendioksida. Da bi se ovo ležište istražilo, napravljeno je više bušotina. Na jednoj od njih dogodila se složena erupcija ugljendioksida. Radi istraživanja nafte i gasa vršena su bušenja i u široj okolini Starog Bečeja. Na gradskom području izbušene su dve hidrotermalne bušotine (Bč-1/H i Bč-2/H).

Na području Novog Bečeja, u cilju istraživanja ugljovodonika realizovane su tri bušotine. Sveobuhvatna istraživanja, dala su relevantni pregled o perspektivi dobijanja geotermalnih voda na području Starog i Novog Bečeja i okoline.

Jedno od geotermalnih ležišta sa najvećom perspektivom u Vojvodini, otkriveno je na prostoru Starog i Novog Bečeja. Tu su vršena bušenja na naftu i gas.

Hidrotermalna bušotina Bč-1/H napravljena je na području jugozapadnog dela Starog Bečeja. Bušotina je dubine 503 m, koja je relativno mala i nije dala neke značajnije informacije o postojanju geo-termalnog ležišta.

Hidrotermalna bušotina Bč-2/H, je napravljena u istočnom delu Starog Bečeja kraj reke Tise u krugu Omladinskog sportskog centra "Mladost". Ona je pokazala izvanredne rezultate. Bušotinom je otkriveno geotermalno ležište, koje je izgrađeno od sitnozrnih i srednjezrnih veoma čistih peskova gornjo pontijske starosti. Korelacija podataka sa okolnih bušotina stvara procenu da se ležište prostire na širem prostoru Starog i Novog Bečeja, na obe strane reke Tise. Najbolji razvoj kolstara trebalo bi očekivati severno od ova dva grada. Prosečna dubina do povlate ležišta jeste 800 - 900 m, dok efektivna debljina ležišta iznosi 50 - 70 m.

Dubina bušotina na ovom ležištu bi iznosila 950 - 1000 m. Imajući u vidu da ležište nije okontureno i definisano, za determinisanje lokacija za nove bušotine potrebno bi bilo da se na osnovu sadašnjih podataka obavi reintergracija šireg prostora, naprave strukturne i druge karte i izvrše dodatna geofizička ispitivanja.

Osnovne hidrogeološke i geotermalne karakteristike **Bušotine Bč-2/H**

Godina bušenja: 1985.

Dubina bušotine: 1020 m.

Zacevljenje: čelična kolona $D = 244.5$ mm od površine do 726.29 m,

Kaptirani interval: 890-944 m i 947-971 m,

Filterska konstrukcija: čelična, tip "Hidrosonda" $D = 144.3/135$ mm od 699.64-987.54 m,

Litološki sastav kaptiranog intervala: sitnozrni i srednjezrni pesak,

Stratigrafska pripadnost: gornji pont,

Efektivna debljina hidrotermalnog ležišta: 120 m,

Početna maksimalna izdašnost bušotine na samoizliv: 24.83 l/s,

Statički pritisak na glavi bušotine: 8.9 bar,

Radni pritisak pri $Q = 24.83$ l/s: 2.28 bar,

Izlazna temperatura vode: 66°C,

Hidrodinamička merenja sa četiri različita kapaciteta (samoizlivno):

$Q1 = 9.43$ l/s $T1 = 64$ °C $P1 = 5.92$ bar $GW1 = 1.135$ m²/m³

$Q2 = 17.16$ l/s $T2 = 65$ °C $P2 = 4.12$ bar $GW2 = -$

$Q3 = 24.83$ l/s $T3 = 65$ °C $P3 = 2.50$ bar $GW3 = 1.885$ m²/m³

$Q4 = 25.78$ l/s $T4 = 66$ °C $P4 = 2.28$ bar $GW4 = -$

gde je: Q – kapacitet bušotine,

T – izlazna temperatura vode,

P – radni pritisak na glavi bušotine,

Gw – gasni faktor,

Ukupna mineralizacija: 4 g/l,

Sadržaj NaCl: 2.28 g/l,

Gasni faktor: 1.855 m³/m³,

Sastav slobodnog gasa:

$CH_4 = 96.01$ % mol,

$C_2H_6 = 0.26$ % mol,

$H_2 = 1.69 \% \text{ mol}$,

$CO_2 = 2.04 \% \text{ mol}$,

Sadržaj fenola: 0.006-0.012 mg/l,

Tip vode: $HCO_3 - Cl - Na$,

Stabilnost vode: voda nije podložna taloženju, a srednje je agresivnosti prema metalima,

Toplotna snaga bušotine pri samoizlivu: za $\Delta t 36 = 3.7 \text{ MW}$,

za $\Delta t 41 = 4.3 \text{ MW}$,

za $\Delta t 46 = 4.8 \text{ MW}$,

za $\Delta t 31 = 3.2 \text{ MW}$,

Toplotna snaga bušotine u pumpanju: za $\Delta t 31 = 5.0 \text{ MW}$,

za $\Delta t 36 = 6.0 \text{ MW}$,

za $\Delta t 41 = 6.9 \text{ MW}$,

za $\Delta t 46 = 7.7 \text{ MW}$.

Bušotina Bč-2/H nalazi se u procesu eksploatacije i GTE upotrebljava se u sledeće svrhe:

OSC "Mladost"

-zagrevanje Omladinsko sportskog centra,

-zagrevanje vode u zatvorenom bazenu olimpijskih mera,

-zagrevanje vode za sanitarne potrebe.

Jodna banja

-zagrevanje banjskih prostorija,

-banjsko terapeutske potrebe.

Hotel "Bela lađa"

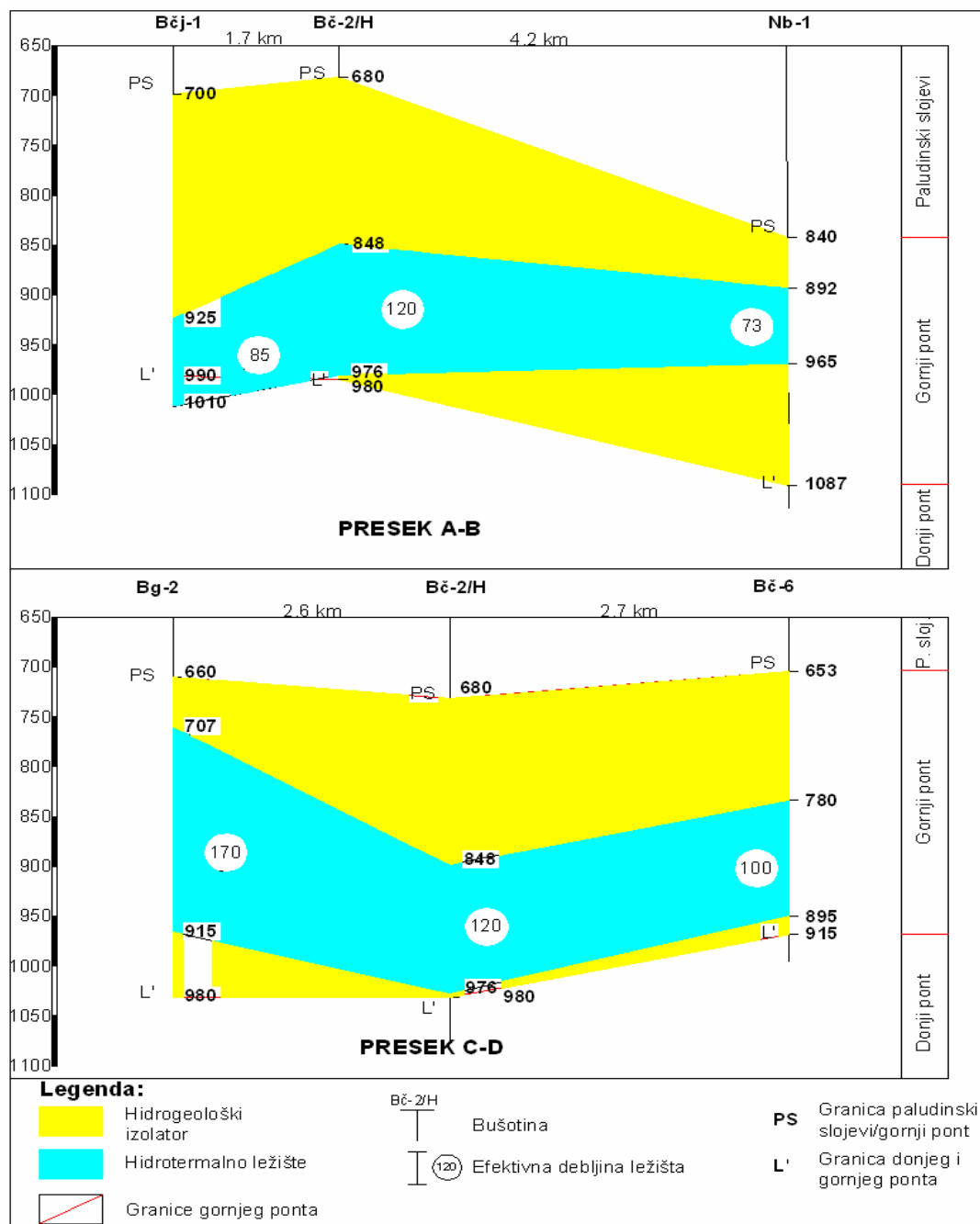
-zagrevanje celog hotela,

-zagrevanje vode za sanitarne potrebe.

„Bušotina se nalazi u stalnoj eksploataciji od 1988. godine i u toku celog perioda ponašala se veoma stabilno, bez tendencije pada kapaciteta i pritiska, što ukazuje da se radi o

velikom geotermalnom ležištu i značajnim rezervama termalne vode, kao i o dugovečnom radu bušotine u uslovima samoizlivanja“ (Milosavljević, S., 2005).

Grafikon 5. Presek hidrotermalnog gornjopontijskog ležišta na području Bečeja



Izvor: NIS (2008), Novi Sad

Na desnoj obali Tise severno od Starog Bečeja postoji više bušotina na gas (CO₂), ali je malo verovatno da bi se neka od njih mogla prilagoditi produkciji termalnih voda, zbog postojanja izvesnih tehničkih problema. Dve hidrotermalne bušotine locirane su na području starog Bečeja i isto tako ne mogu se uzeti u obzir za upotrebu, jer bušotina Bč-

1/H ima dosta nisku temperaturu, dok se bušotina Bč-2/H se već koristi. Na levoj obali Tise, na području Novog Bečeja realizovano je bušenje tri bušotine, koje su negativne na naftu i gas. Procena je da bi se dve od njih (Nbč-1 i Nb-1) mogle opremiti i adaptirati za proizvodnju termalne vode, ako lokacije, gde su smeštene bušotine ispunjavaju i druge kriterijume, koji su potrebni za izgradnju staklenika. Ovo bi predstavljalo najcelishodnije rešenje. U slučaju da prostorni razmeštaj bušotina ne ispunjava preostale zahteve, treba pronaći novu lokaciju na koju bi se smestili staklenici i čvrsti plastenici, što podrazumeva bušenje novih bušotina.

Slika 12. Proizvodnja povrća i cveća



Najpovoljnija lokacija nalazi se severno od Starog Bečeja (Medenjača i Veliki Rit), i severozapadno od Novog Bečeja (Ljutovo - Veliki Rit), prema najrelevantnijim hidrogeološkim i geotermalnim odlikama. To bi bile najpovoljnije tačke za bušenje novih bušotina, imajući u vidu i ostale zahteve za efikasnu i ekonomičnu stakleničku proizvodnju. Ovaj prostor prostire se na obe strane Tise i zauzima 40 km (sa svake strane reke po 20 km). Uz uvažavanje ustanovljenih pravila o uzajamnom rastojanju bušotina na ovom prostoru, moglo bi se izbušiti nekoliko desetina hidrotermalnih bušotina.

Koncepcija korišćenja ove vode bila bi različita od tehnološke šeme korišćenja vode u Kupinovu, jer se vode razlikuju prema fizičko - hemijskim svojstvima. Geotermalna voda u Kupinovu se u skladu sa svojim karakteristikama može koristiti i kao pijaća, dok je sa vodom u Bečeju drugačiji slučaj. Ova voda ima povećane količine rastvorenih mineralnih materija (4 g/l), rastvorene i slobodne gasove (uglavnom metan) i srednje je agresivna prema metalima. Ima veće zahteve u tehnološkom procesu i deponovanju posle iskorišćenja.

Slika 13. Proizvodnja paradajza i jagoda u staklenicima i plastenicima



Uzimajući u obzir njene fizičko - hemijske karakteristike, voda sa lokacije u okolini Starog i Novog Bečēja, mogla bi se upotrebljavati prema narednoj tehno - energetskej šemi:

- *Grejanje cevnim registrima i vazдушnim kaloriferima u temperaturnom režimu 66-35°C,*
- *Podno grejanje u temperaturnom režimu 35 – 25°C i*
- *Dogrevanje vode za zalivanje putem izmenjivača toplote u režimu 25-20° C.*

Nakon eksploatacije voda bi se ispuštala u reku Tisu, a s obzirom na kvalitet vode i veliki protok u reci, deponovanje ne bi predstavljalo problem. Rybach i Kohi (2004) ističu da bi se voda pre ispuštanja u reku morala postepeno hladiti u odgovarajućim barama, bazenim i sl.

Potencijalna toplota snaga bušotine Bč-2/H, u zavisnosti od režima rada bušotine (samoizlivno ili pumpanjem), kao i stepena efikasnosti iskorišćenja toplote (Δt), kreće se u intervalu od 3,2 - 7,7 MW. Trebalo bi tražiti takva projektna rešenja da bi se postiglo najefikasnije i najekonomičnije rešenje (snaga od blizu 7,7 MW). Gotovo je sigurno da bi se iz bušotine u kraćim vremenskim intervalima mogle dobiti i značajnije količine toplote, na primer tokom hladnih "špiceva".

Ukoliko se pri oceni mogućnosti geotermalnog ležišta u Bečēju krene od parametara dobijenih na bušotini Bč-2/H, mogli bismo zaključiti da se sa jednom takvom bušotinom može zagrevati 2-4 ha pod staklenikom ili čvrstim plastenikom.

Prednosti upotrebe geotermalne energije na ovom lokalitetu su:

- *Bušotine su veoma izdašne, temperatura vode je visoka, radni pritisci su visoki, a ponašanje bušotine tokom procesa eksploatacije je stabilno,*
- *Nema podložnosti vode taloženju kamenca na zidove bušotine i nadzemnih instalacija,*

- *Pogodna fizičko-hemijska svojstva vode,*
- *Postoji potencijal deponovanja u reku Tisu,*
- *Geografski položaj je pogodan, postoje odgovarajuće komunikacije,*
- *Plodno zemljište,*
- *Reka Tisa – plovna saobraćajnica u blizini,*
- *Stanovnici imaju tradiciju i relevantno iskustvo u poljoprivrednoj proizvodnji.*

4.3. Fizičko – hemijske karakteristike geotermalnih voda Indije

Izvršena je kompleksna analiza termomineralne vode bušotine Inđ-3/H. Analize su rađene u tri specijalizovane laboratorije sa različitom opremom i ljudskim resursima. Komparativni rezultati analiza pokazuju razlike kod nekih parametara, što je posledica subjektivnih i objektivnih propusta. Voda je uzorkovana pod različitim uslovima, a različit je i obim parametara koji su obuhvaćeni analizama. Ističemo da su odstupanja u granicama tolerancije.

Laboratorija "Dr V. Godić" iz Beograda radila je uzorkovanje vode na terenu i izvršila terenska ispitivanja na licu mesta. Ispitala je: tvrdoću vode i pH, prisustvo gasova, hidrokarbonata, hlorida i amonijaka. Temperatura vode iznosila je 59 °C.

Centralna laboratorija NIS-a i Medicinski fakultet – Zavod za higijenu – Novi Sad obavili su terenska ispitivanja, a parametri su urađeni u laboratoriji posle dostave uzoraka vode.

Voda pripada mekim vodama, sa ukupnom tvrdoćom 5.3 dH, pri čemu veći deo čini karbonatna tvrdoća (3.9 °dH).

Ukupna mineralizacija vode iznosi 3.5-4.0 g/l. Među katjonima preovlađuje natrijum, dok se među anjonima u sličnim količinskim relacijama pojavljuju anjoni hidrokarbonata i hlorida. Vrednost pH pokazuje slabo baznu sredinu. Visoka potrošnja KMnO₄ ukazuje na visok sadržaj organskih sastojaka.

U skladu sa mišljenjem Medicinskog fakulteta, voda sadrži više parametara u nedozvoljenim količinama pa se ne može koristiti kao pijaća voda.

Po rezultatima laboratorijskih analiza voda nije sklona izdvajanju (taloženju) kamenca na zidove površinskih cevovoda i instalacija. Imajući u vidu način uzorkovanja, preporučuje se ponavljanje analize radi provere i verifikacije dobijenih rezultata. Ista analiza utvrdila je da je voda agresivna prema metalu, s tim da stepen agresivnosti treba naknadno proveriti.

Tabela 6. Pregled fizičko-hemijskih karakteristika termomineralnih voda iz hidrotermalnih bušotina Inđ-1/H i Inđ-3/H

OPIS	Inđ-1/H			Inđ-3/H
	"Naftagas", Novi Sad	"Dr V. Godić", Beograd	Medicinski fakultet, Novi Sad	
Boja (preračun. na mg/l Pt)	40	-	-	100
Mutnoća (preračun. na mg/l SiO ₂)	0	bistra	-	2.5
pH	7.60	7.6	7.6	8.1
Uk. tvrdoća (preračun. na CaO)	0.54	5.3°dH	-	1.13
Karbonat. tvrdoća (prerač. na CaO)	0.54	3.9°dH	-	1.13
Stalna tvrdoća (prerač. na CaO)	0	1.4°dH	-	0
Suvi ostatak [mg/l]	3738	-	4173	6225
Žareni ostatak na 650°C [mg/l]	2958	-	3060	4644
Ukupna mineralizacija [mg/l]	3967	3495	-	5490
Salinitet, Cl prerač. na NaCl [mg/l]	2455	-	-	4150
Utrošak KMnO ₄ [mg/l]	60	-	-	174
Natrijum Na ⁺ [mg/l]	1350	1150	1222	1880
Kalijum K ⁺ [mg/l]	21	19	29.1	33
Kalcijum Ca ²⁺ [mg/l]	8.2	26	22.9	17
Magnezijum Mg ²⁺ [mg/l]	8.4	33	9.1	17.5
Litijum Li ⁺ [mg/l]	-	4	-	-
Amonijum NH ₄ ⁺ [mg/l]	12	27	6.4	-
Stroncijum Sr ²⁺ [mg/l]	-	3.5	-	-
Mangan Mn ²⁺ [mg/l]	0.005	0.01	0	-
Gvožđe Fe ²⁺ [mg/l]	0.5	0.3	-	0
Ukupno gvožđe Fe [mg/l]	-	-	-	13.0
Aluminijum Al ³⁺ [mg/l]	0.02	0.05	-	-
Hidrokarbonati HCO ₃ ⁻ [mg/l]	1063	1318	1025	814
Hloridi Cl ⁻ [mg/l]	1489	800	1536	2518
Sulfati SO ₄ ²⁻ [mg/l]	0	47	5.4	0
Nitrati NO ₃ ⁻ [mg/l]	0.1	0	0	0
Jodid J ⁻ [mg/l]	11.42	2.0	-	5.0
Bromid Br ⁻ [mg/l]	-	25	-	159.8
Fluorid F ⁻ [mg/l]	3.23	5.4	-	7.22
Fosfati HPO ₄ ²⁻ [mg/l]	0	0.03	-	-
Metasilicijumova k. H ₂ SO ₃ [mg/l]	-	28.2	-	-
Metaborna kiselina HBO ₂ [mg/l]	42	10.2	-	-
Slobodan ugljen-dioksid CO ₂ [mg/l]	-	0	0	-
Slobodan vodonik-sulfid H ₂ S [mg/l]	-	0.68	-	-
Temperatura vode [°C]	55	59	-	-
Izdašnost [l/min]	800	800	-	-
Radioaktivnost [Bq/l]	alfa	-	0.10	-
	beta	-	0.35	-

Izvor: Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na prostoru opštine Inđija i mogućnost korišćenja u različite svrhe, FTN, Novi Sad, 2006.

Voda sadrži rastvorene gasove koji se izdvajaju kao slobodni tokom izlivanja vode iz bušotine, zbog redukcije parcijalnih pritisaka. U toku ispitivanja bušotine, izmerena je maksimalna vrednost izdvojenih gasova tzv. gasni faktor koji je iznosio 0.377 m³ / 1 m³ termomineralne vode.

Sastav gasa koji je određen u laboratoriji daje:

- metan 80,7 % molarnih,

- etan 0,5 % molarnih,
- azot 6,84 % molarnih,
- ugljen-dioksid 11,96 % molarnih.

Od specifičnih terapeutski aktivnih komponenti, koje su poznate kao lekovite, voda sadrži u većim količinama:

- jodida	2.00-11.42 mg/l,
- fluorida	3.23-5.40 mg/l,
- bromida	25 mg/l,
- litijuma	4 mg/l,
- metasilicijumove kiseline	28.2 mg/l,
- metaborne kiseline	10.2-42 mg/l,
- stroncijuma	3.5 mg/l,
- slobodnog sumporvodonika	0.68 mg/l.

Po fizičko-hemijskim karakteristikama termomineralna voda se mogla koristiti kao aditivno sredstvo lečenja u oblasti medicinske rehabilitacije, isključivo kupanjem, jer nije pogodna za piće, uz podešavanje temperature vode hlađenjem za adekvatnu primenu, kod sledećih oboljenja:

Zapaljenski reumatizam:

- Reumatoidni artritis (u fazi smirenog zglobnog zapaljenja),
- Behterevljeva bolest (u početnom stadijumu).

Degenerativni reumatizam:

- Artroze,
- Spondiloze.

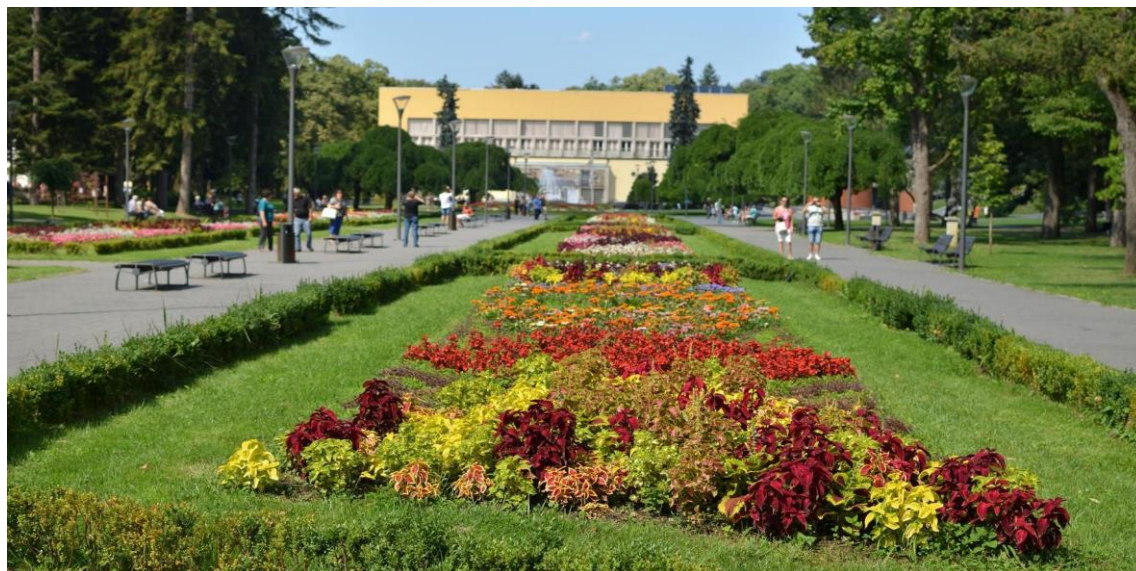
Ekstraartikularni reumatizam:

- Fibroziti,
- Mioziti,
- Panikuliti,
- Tendiniti,
- Posledice trauma i ratnih ranjavanja,
- Stanje posle preloma kostiju i hirurške intervencije na koštano-zglobnom sistemu.

Termomineralna voda iz bušotine Inđ-1/H može da se upotrebljava i u balneoterapijske svrhe u okviru modernog lečenja i rehabilitacije hroničnih reumatskih oboljenja. Ne

isključuje se upotreba medikamentne, kinezi, fizikalne i druge terapije. Vidimo kako je neophodno, ukoliko se planira upotreba mineralne vode, obezbediti i druge uslove predviđene odgovarajućim propisima za upotrebu prirodnih faktora u lekovite svrhe.

Slika 14. Banja u Slankamenu - lečenje i rehabilitacija hroničnih reumatskih oboljenja



U fazi pripreme vode za balneoterapeutske potrebe poželjno bi bilo odstraniti amonijak procedurom aeracije. Povećani sadržaj stroncijuma stvara potrebu da se obavi ispitivanje radioaktivnosti vode.

Podhlađene termomineralne vode posle korišćenja mogu se deponovati na nekoliko načina. Najekonomičniji, a u isto vreme i tehnički najjednostavniji način jeste ispuštanje vode u površinske vodotokove - reke i kanale, prirodne i veštačke akumulacije, jezera i bare.

Da bi se korišćena voda deponovala na ovaj način, ona mora da ispunjava neke zakonom propisane normative:

- u recipijentu ne sme doći do povećanja temperature vode za više od 2 °C, a maksimalna temperatura recipijenta sme da pređe 28 °C,
- vrednost pH u recipijentu mora se nalaziti u rasponu od 6.5 do 8.5,
- ispuštanje iskorišćene termomineralne vode u neki od površinskih vodotokova ili akumulacija ne sme uzrokovati pogoršanje kvaliteta vode u recipijentu, tj. voda ne sme preći u nižu klasu,
- nakon prijema iskorišćene termomineralne vode, recipijent ne sme da poprimi nikakav miris i ukus, niti da promeni boju,
- mora se strogo voditi računa o eventualnim štetnim mikroelementima i stepenu radioaktivnosti.

Ako pogledamo geografski položaj ležišta termomineralne vode u opštini Inđija, uvidećemo udaljenost reke Dunav od ležišta, kao i nedostatak drugih većih vodotokova u blizini ležišta. Ovo nam ukazuje na činjenicu da teško možemo računati na rešenje ispuštanjem u površinske vodotokove.

Pored ovog rešenja, postoji i drugo. Ono je svrsishodnije, ali je daleko kompleksnije. Radi se o reinjektiranju. Reinjektiranje je utiskivanje, odnosno ponovno vraćanje podhlađene i iskorišćene termomineralne vode u ležište. Ovo rešenje zahteva bušenje i opremanje nove injektione bušotine na određenom odstojanju od proizvodnih i nadzemnih sistema za utiskivanje vode. Prezentovano rešenje ima prednosti i nedostatke.

Prednost je stalno obnavljanje rezervi vode i pritiska u ležištu, a to omogućuje nesmetanu i kontinuelnu eksploataciju. Prednost predstavlja, što se na ekološki efikasan način rešava problem deponovanja korišćene vode, ako ona u sebi sadrži povećane količine rastvorenih materija koje su štetne za floru, faunu i obradive površine.

Sa ekonomske strane, ovo rešenje bitno poskupljuje projekat, već u samom startu pa i u kasnijoj fazi rada sistema. „Prema kalkulacijama mađarskih stručnjaka za korišćenje geotermalne energije u Segedinu, troškovi eksploatacije termomineralnih voda sa reinjektiranjem su 2,5 puta veći“ (FTN, 2006). Razlika u troškovima je posledica bušenja i opremanja injektione bušotine, održavanja sistema za injektiranje i utroška energije potrebne za utiskivanje.

Ukoliko se ne izabere rešenje koje je optimalno, utiskivanje podhlađene vode može znatno sniziti temperaturu ležišta, što će uticati i na temperaturu same termomineralne vode, koja se eksploatiše.

To svakako sa sobom povlači određeni stepen rizika. Kako bi se izabrala optimalna varijanta za reinjektiranje, tj. proračun pritiska utiskivanja, prenosa temperature i pritiska u ležištu, količine injektiranja, položaja i konstrukcije injektione bušotine i drugo, moraju se dobro poznavati geološki, petrofizički i hidrodinamički atributi geotermalnog sistema.

Na aktuelnom stepenu poznavanja ležišta, moramo naglasiti je većina potrebnih parametara nedovoljno poznata ili gotovo nepoznata.

U NIS-u se tokom 1991/92. godine jedna grupa autora bavila problematikom reinjektiranja iskorišćene vode na bazi rezultata postojeće bušotine Inđ-1/H primenom integralnog matematičkog modela. Autori su došli su do određenih zaključaka:

- pouzdanost odabrane optimalne varijante reinjektiranja u funkciji je tačnosti korišćenih geoloških, petrofizičkih i hidrodinamičkih atributa geotermalnog sistema,
- broj i veličina fraktura pri istim uslovima injektiranja predstavljaju determinišuće parametre, koji utiču na distribuciju temperature u ležištu,
- ako je broj fraktura u sistemu manji, intezitet hlađenja je veći te brzo dolazi do prodora podhlađene vode, čak i u slučaju da se injekciona bušotina nalazi na većem rastojanju od eksploatacione,
- kvantitet i vreme injektiranja determinišu dinamiku hlađenja i brzinu prodora fronta prohlađene vode.

Samo ležište izgrađeno je od ispucalih i kavernoznih karbonata i predstavlja frakturiranu sredinu sa kompleksnim hidro i termodinamičkim sistemom. Nije poznata prostorna distribucija, orijentacija, broj i veličina fraktura.

Prema proračunu rezervi prihvaćena je vrednost pukotinskog poroziteta od 2 %. Praksa pokazuje da se kod ovakvog tipa ležišta sa sekundarnim porozitetom, radi predostrožnosti, usvajaju tako niske vrednosti poroziteta. Moramo naglasiti, da ukoliko se rešenje deponovanja iskorišćene vode planira putem reinjektiranja, pored matematičkog modelovanja, neophodne su i provere u praksi.

Na prostoru opštine Inđija napravljene su dve istražne hidrotermalne bušotine Inđ-1/H i Inđ-3/H. One se nalaze na uzajamnom rastojanju od 3.8 km. Prva bušotina je na severnom, a druga je smeštena na južnom rubu Inđije. U geološkom i hidrogeološkom pogledu bušotine su bitno različite, jer su odvojene regionalnim rasedom pravca pružanja istok-zapad. Od naročite važnosti je podatak da u podini tercijara na bušotini Inđ-3/H leži serpentin, dok trijaski krečnjaci, koji su glavni nosioci termomineralnih voda, nedostaju. Ovo uslovljava nedostatak očekivanih rezultata na pomenutoj bušotini, pa je likvidirana. Za evaluaciju perspektive za dobijanje termomineralne vode na području koje je istraživano, validni su samo podaci iz bušotine Inđ-1/H.

Bušotina Inđ-1/H (Inđija):

- *Godina bušenja: 1988.*
- *Dubina bušotine: 975.0 m,*
- *Eksploataciona kolona: $O = 244.5 \text{ mm}$ od 0.0-661.7 m,*
- *Kaptirani interval: 661.7-808.5 m,*

- Filter: \varnothing 168.3 mm (perforirana kolona),
- Litološki sastav kaptiranog intervala: krečnjak, ispucao i kavernoazan (T).

Nakon završetka bušotine 1988. godine pristupilo se ispitivanju bušotine i dobijeni su sledeći rezultati:

- Izdašnost (kapacitet) bušotine pri samoizlivanju: 18.3 l/s,
- Izlazna temperatura vode: 59 °C,
- Statički pritisak na glavi bušotine: 4.5 bar,
- Dinamički pritisak na glavi bušotine: 1.0 bar.

Naredne godine izvršena su dugotrajna hidrodinamička merenja, radi dobijanja validnih podataka vezanih za izdašnost bušotine, temperaturu vode, fizičko-hemijskim parametrima i uslovima eksploatacije na samoizliv. Dobijeni su relevantni podaci:

- Izdašnost (kapacitet) bušotine na samoizliv: 13.4 l/s,
- Izlazna temperatura vode: 56-57 °C,
- Statički pritisak na glavi bušotine: 4.99 bar,
- Dinamički pritisak na glavi bušotine: 3.16 bar,
- Gasni faktor: 0.377 m³/m³,
- Sastav gasa (u % molarnih): CH₄ = 80.70 % mol,
- C₂H₆ = 0.50 % mol,
- N₂ = 6.48 % mol,
- CO₂ = 11.96 % mol.

Bušotina je sredinom 2003. godine konzervirana.

Bušotina Ind-3/H (Indija):

- Godina bušenja: 1991.
- Dubina bušotine: 1595.0 m,
- Eksploataciona kolona: \varnothing 244.5 mm od 0.0-399.3 m,
- \varnothing 177.8 mm od 198.2-702.0 m,
- Filter: \varnothing 114/135 mm tip "Johnson" od 675.0-755.0 m,
- Kaptirani interval: 702.5-745.0 m,
- Litološki sastav kaptiranog intervala: organogeni krečnjak (M),
- Izdašnost (kapacitet) bušotine na samoizliv: 0.2 l/s,
- Izlazna temperatura vode: 43°C.

Bušotina nije dala očekivane rezultate, niti je mogla poslužiti u praktične svrhe, pa je likvidirana polaganjem dva cementna čepa.

Evaluacija geotermalnog potencijala na području opštine Inđije urađena je samo za ležište formirano u prostoru srednje trijaskih krečnjaka, jer ni u vertikalnom ni u lateralnom pravcu ne egzistira bilo kakvo drugo hidrotermalno ležište, koje bi moglo biti od nekakvog relevantnog praktičnog značaja.

Hidrotermalno područje je otkrila bušotina Inđ-1/H. Izgrađeno je od tvrdih, ispucalih i kavernoznih krečnjaka srednje trijasko starosti. Pomenuti krečnjaci imaju široko prostranstvo. Ka jugu se prostiru do regionalnog raseda, koji seče Inđiju po sredini i zauzima pravac prostiranja istok-zapad. Duž tog raseda trijaski krečnjaci imaju vertikalni tektonski kontakt sa serpentinitima čija starost nije poznata. Serpentinini su praktično vodonepropusni ili polupropusni i čine hidrauličku barijeru.

Idući prema severu i severozapadu krečnjaci se istanjuju i oplićavaju. Bušenja u tom području nije bilo, a interpretacija je napravljena na bazi geofizičkih ispitivanja i svakako zbog toga je moramo uzeti sa izvesnom dozom rezerve. Granica ležišta prema severu prihvaćena je na bazi evaluacije o dubini zaleganja ležišta, tj. do granice od 600 m. Plići delovi nisu uzeti u obzir, jer su zbog nedovoljne dubine vode u njima hladnije te ne odgovaraju zahtevima. Ka istoku kontura ležišta ostala je otvorena, jer nije bilo elemenata za njeno zatvaranje. Problem prostiranja ležišta prema istoku ostaje otvoren.

Debljina i dubina ležišta determinisane su na bazi podataka iz bušotine Inđ-1/H i uz pomoć geofizičkih profila. Profilima nije pokriven celokupan prostor opštine, ostali nepokriveni delovi rešeni su pomoću slobodne geološke interpretacije. Polazeći od takvih podataka determinisana je dubina ležišta, koja iznosi između 600 i 850 m, kao i debljina od 250 m.

Imajući u vidu kvantitet, temperaturu i kvalitet, termomineralna voda može se upotrebljavati u naredne svrhe:

- za *balneološke potrebe,*
- za *zagrevanje banjских i drugih objekata,*
- kao *sanitarna topla voda u banjским objektima,*
- za *sportsko-rekreacione, turističke potrebe u bazenima i*
- za *energetske potrebe,*
- za *razvoj agrobiznisa.*

Saznanja o egzistenciji lekovite termomineralne vode u Indiji, koja predstavlja otkriće staro svega četvrt veka, neprekidno budi pažnju, kako stanovnika, tako i javnosti. Opštinski organi pokušali su da je u raznim varijantama valorizuju, a lokalno stanovništvo je u letnjim periodima koristilo ovu vodu za kupanje u improvizovanim uslovima. Mnogi meštani svedočili su o tome da im je voda pomogla kod njihovih oboljenja, te su je proglasili za lekovitu.

Dokaz i ocenu potvrđuje i relevantna medicinska ustanova, Institut za rehabilitaciju, Služba balneoklimatologije iz Beograda, koja je obavila kompletnu fizičko-hemijsku analizu i dala svoje stručno mišljenje o terapijskim vrednostima vode. Na osnovu toga opština Indija 2005/2006. godine pokreće inicijativu za izgradnju banjsko-turističkog kompleksa. Pored postojanja visokokvalitetne termomineralne lekovite vode, prisutni su i drugi uslovi za ovakvo opredeljenje. To su prirodna i kulturna dobra, odgovarajuće magistralne putne i železničke saobraćajnice, blizina Fruške gore, Dunava, Beograda i Novog Sada, kao većih gradova.

Slika 15. Stakluničko-plastenička proizvodnja povrća, voća i cveća na području Indije



U 2006. godini, napravljen je i usvojen Generalni urbanistički plan Indije. Plan u gradu i neposrednoj okolini predviđa širu zonu gradskog sportsko-rekreacionog centra, označenu kao blok 4, ukupna površina zone iznosi 110 ha. Planirani su otvoreni i zatvoreni bazeni, hoteli i drugi sadržaji.

Na bloku 3 predviđena je izgradnja banjsko-turističkog kompleksa na osnovu termomineralne lekovite vode. Kompleks bi bio smešten u građevinskom rejonu, sa desne strane magistralnog puta Novi Sad – Beograd, na ulazu u Indiju. Generalni urbanistički

plan ne determiniše tačnu površinu predviđenu za izgradnju kompleksa. To preostaje da se predvidi planom detaljne regulacije.

Imajući u vidu kvantitet, temperaturu i kvalitet termomineralne vode, ona bi se mogla upotrebljavati u energetske stvrhe za:

- zagrevanje banjskih i drugih objekata,
- zagrevanje hladne vode iz vodovodne mreže u cilju snabdevanja sportskih i sportsko-rekreacionih bazena,
- sanitarna topla voda u hotelima i drugim ustanovama.

Sagledavanje potreba banjsko-turističkog kompleksa i odabir optimalnih tehničko-tehnoloških rešenja za pojedinačne slučajeve biće rešen pomoću izrade projektno-tehničke dokumentacije.

Gledano sa energetskog aspekta jedna hidrotermalna bušotina ima narednu maksimalnu toplotnu snagu:

$$N = Q_v \times c_p \times \Delta t = 17.5 \times 4.1868 \times 32.5 = 2.38 \text{ MW}$$

gde je: - N [kW] toplotna snaga bušotine,

- Q_v [l/s] kapacitet bušotine,

- c_p [kJ/kg] specifična toplota (4.1868 kJ/kgK),

- Δt [°C] temperaturna razlika vode za slučaj podhlađivanja vode do 25 °C (57.5-25=32.5 °C).

Upotreba potapajuće pumpe povećala bi toplotnu snagu bušotine za 30 %. Tada bi toplotna snaga jedne bušotine iznosila 3.09 MW.

Shodno tome, baterija od tri bušotine predviđena za potrebe banjsko-turističkog kompleksa, mogla bi da obezbedi sledeću toplotnu snagu u zavisnosti od načina eksploatacije:

- eksploatacija samoizlivanjem: 7.14 MW,
- eksploatacija primenom potapajućih pumpi: 9.27 MW.

Najvažniji i po kapacitetu najveći korisnici energije hidrotermalnih bušotina su banje:

- "Junaković", Apatin cca 150,000 m³/a,
- "Kanjiža", Kanjiža cca 110,000 m³/a.

To su uglavnom stalni korisnici, koji termalnu vodu koriste i sezonski za zagrevanje objekata. Sledeći po značaju su grupa korisnika u Bečeju:

- OSC "*Mladost*",
- DZ "*Predrag Hadnađev*" i
- hotel "*Bela lađa*".

Oni koriste ukupno cca 100,000 m³ termalnih voda godišnje, ali dominantno sezonski za zagrevanje objekata. U kategoriji sličnih korisnika su još bazeni u Temerinu, Vrbasu i Paliću.

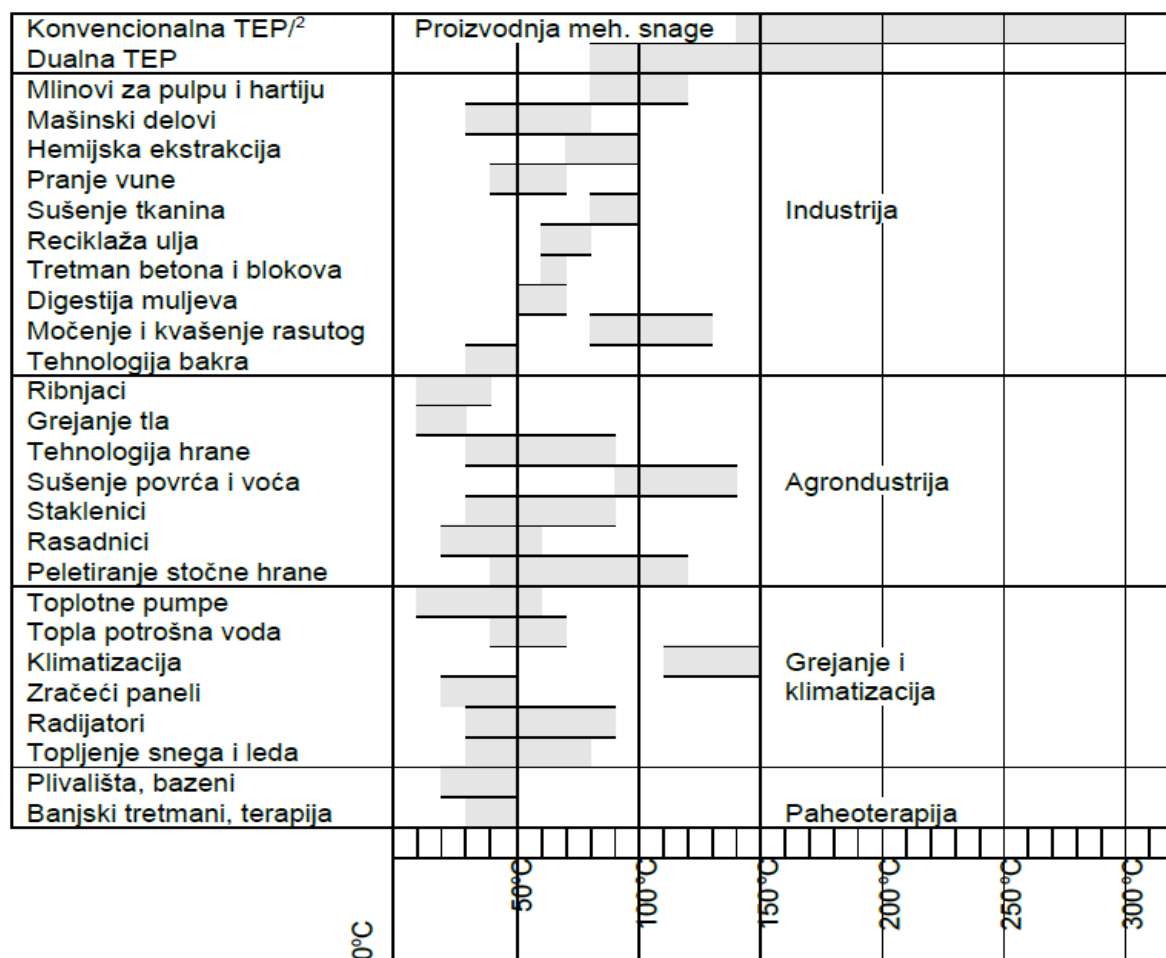
Grupa isključivo sezonskih korisnika energije hidrotermalnih voda je iz oblasti poljoprivredne proizvodnje. Najznačajniji su svinjarske farme:

- DP "*Kozara*" iz *Banatskog Velikog Sela*,
- DP "*Mokrin*" iz *Mokrina*,
- "*Jedinstvo*" iz *Kikinde*, (*presta da koristi*),
- *proizvodnja povrća u zatvorenom prostoru*,
- DP "*Elan*" iz *Srbobrana* (*za zagrevanje plastenika, presta da koristi*).

Posebno su značajni korisnici iz industrije DD "*Kulski štofovi*" i Fabrika kože "*Eterna*" iz Kule, jer se radi o celogodišnjem korišćenju za tehnološke potrebe. Kada je reč o konzumu, koji je pogodan za korišćenje energije geotermalnih voda uvek su to potrošači toplote, koji zahtevaju što nižu temperaturu i po mogućnosti kontinualno bazno zagrevanje u radiatorima ili kompletno zagrevanje sa sistemom podnog korišćenja.

Geotermalna energija tradicionalno se koristi za: bazno zagrevanje u radiatorima ili kompletno zagrevanje sa sistemom podnog, odnosno vazdušnog grejanja, pripremu sanitarne tople vode i zagrevanje bazena ili ribnjaka. Postojeći konzum to potvrđuje, a ne očekuju se u dogledno vreme značajne promene. U sve kombinacije se odlično uklapa primena toplotne pumpe, jer omogućava dodatno hlađenje geotermalne vode i celovitije korišćenje njenog energetskog potencijala. Za sagorevanje gasova izdvojenih iz geotermalne vode pogodan je gasni motor uz dodatno korišćenje prirodnog gasa. U svakom slučaju za zadovoljenje vršnih potreba neophodan je vršni kotao.

Tabela 7. Uobičajene oblasti korišćenja potencijala geotermalne vode zavisno od njene temperature, modifikovan Lindalov dijagram

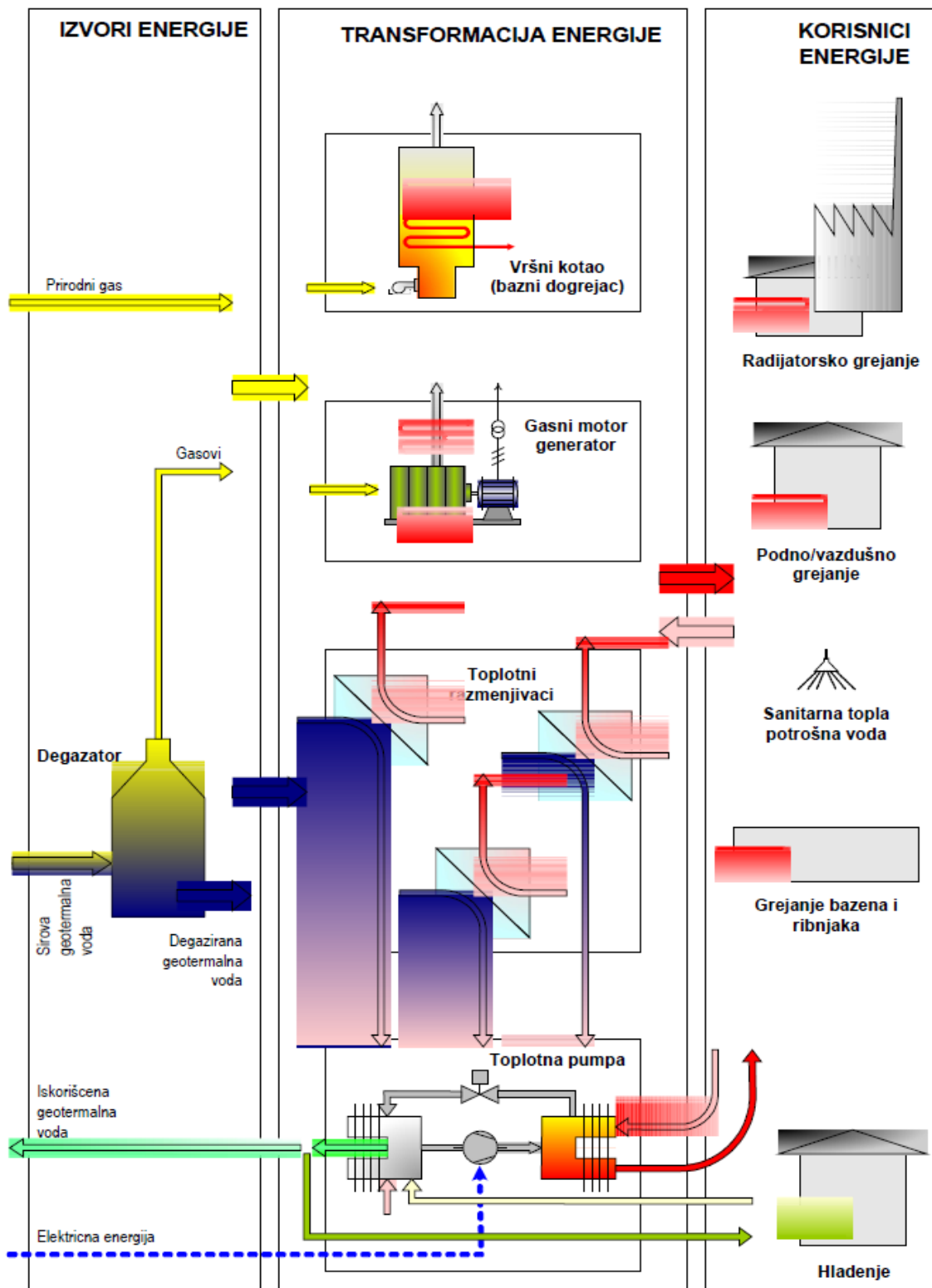


Izvor: Martinović, M. (2008).

* * *

Geotermalni potencijal u AP Vojvodini nedovoljno je iskorišćen, pa je vlada Vojvodine odlučila da pruži podršku geotermalnim projektima. Pored korišćenja u poljoprivredi, energija može da se koristi i za zagrevanje sportskih hala, bazena i nekih drugih ustanova. Zagrevanje putem geotermalne energije dovešće do redukcije potrošnje fosilnih goriva i pada cene grejanja pomenutih objekata. Stimulisaće se staklenička i plastenička proizvodnja povrća i voća u AP Vojvodini.

Shema 1. Sistem za pripremu, transformaciju i korišćenje energije termalnih voda



Izvor: www.emins.org GTV u Srbiji-najveći neiskorišćeni resurs, Evropske sveske 13, FTN, Novi Sad, 2005.

4.4. Komparativni pregled primene geotermalne energije u svetu, EU i Srbiji

Geotermalna energija se koristi u više od dvadeset zemalja u svetu (Milivojević i Martinović, 1996). Neke zemalje uspele su da intenziviraju direktnu upotrebu geotermalne energije.

Tabela 8. Direktno korišćenje energije iz geotermalnih izvora

Podaci o direktnoj upotrebi 2015.	
Zemlja	Korišćenje (MWt)
SAD	17,415.91
FILIPINI	3.30
INDONEZIJA	2.30
MEKSIKO	155.82
ITALIJA	1,014.00
NOVI ZELAND	487.45
ISLAND	2,040.00
JAPAN	2,186.17
IRAN	81.50
EL SALVADOR	3.36
KENIJA	22.40
KOSTARIKA	1.00
RUSIJA	308.20
TURSKA	2,886.30
PAPUA NOVA GVINEJA	0.10
GVATEMALA	2.31
PORTUGAL	35.20
KINA	17,870.00
FRANCUSKA	2,346.90
ETIOPIJA	2.20
NEMAČKA	2,848.60
AUSTRIJA	903.40
AUSTRALIJA	16.09
TAJLAND	128.51

Izvor: Lund John W., Boyd, Tonya L. (2015). Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review.

SAD imaju najveće kapacitete za korišćenje energije iz geotermalnih izvora. Još 60-ih godina prošlog veka otvorene su prve elektrane u Kaliforniji, a one i dalje rade. Prosečno proizvode 15 milijardi kWh geotermalne energije godišnje, a to je uporedivao sa sagorevanjem 25 miliona barela ulja ili 6 miliona tona uglja za godinu dana. Geotermalne elektrane su posle hidroelektrana i biomase treći domaći izvor električne energije iz obnovljivih izvora. Proizvode nešto manje od 1% ukupnih potreba za električnom energijom. Filipini su druga zemlja, odmah posle SAD, po kvantitetu energije dobijene iz geotermalnih izvora. Godine 2003. SAD su imale kapacitet od 2020 MW, a na Filipinima se proizvodilo 1930 MW energije iz ovih izvora.

Slika 16. Lokacije geotermalnih operacija u svetu



Izvor: P.G. Pálsson (2013). Department of Field Support, Cartographic Section

Prva afrička zemlja, koja je počela da koristi geotermalne izvore je Kenija. Izgradili su dve elektrane, Olkaria 1 (45 MW) i Olkaria 2 (65 MW), sa trećom elektranom, koja je u privatnom vlasništvu Olkaria 3 (48 MW). Plan je povećanje proizvodnih kapaciteta za još 576 MW do kraja godine, a to bi obezbedilo 25% kenijskih potreba za električnom energijom. Termalni izvori otkriveni su širom afričkog kontinenta.

Island se nalazi na geografskom području, gde je visoka koncentracija vulkana. Ovo ga čini idealnim lokalitetom za korišćenje geotermalne energije. Iz geotermalnih izvora dobija se 19.1% električne energije na Islandu. Koristi se za zagrevanje 87 % domaćinstava. Plan je da se u narednim decenijama potpuno izbace fosilna goriva iz upotrebe.

U Republici Srbiji je od 1974. do 1992. godine izbušeno 113 bušotina, koje su služile da se ispita kapacitet i validnost geotermalnih voda. Postavljena je dobra baza za značajniju

upotrebu geotermalnih potencijala koje Republika Srbija ima. Ove bušotine napravljene su tokom potrage za nalazištima nafte i gasa, te se često nalaze izvan naseljenih mesta i saobraćajnih puteva, pa su se malo koristile u prethodnom periodu. Vlada nije bila zainteresovana i u mogućnosti da se aktiviraju bušotine. Nije postojao stimulans za upotrebu geotermalnih voda, čak ni u oblasti poljoprivrede i razvoja sela. Tako je uzgoj poljoprivrednih kultura u plastenicima i staklenicima u začetku, a to je razlog što se u Republici Srbiji svega nekoliko objekata zagreva toplom vodom iz bušotina.

Veliki problem u Republici Srbiji je nedovoljna energetska efikasnost i neracionalno korišćenje izvora i bušotina, koje su u procesu eksploatacije. Termalne banje ne posvećuju pažnju energetske efikasnosti, pa se izvesne količine tople vode ispuštaju kao nekorisne, iako je pomoću toplotnih pumpi moguće proizvesti dovoljno energije za grejanje prostorija ili bazena. Racionalizacija upotrebe termalne energije iz geotermalnih izvora u banjama omogućila bi snabdevanje većeg broja objekata.

“Kada je reč o prirodnim pojavama u Srbiji registrovano je 160 prirodnih izvora preko 15 °C. Pojave sa najvišom temperaturom su: Vranjska banja 96 °C, Jošanička 78 °C, Sijarinska 72 °C, Kuršumlijska 68 °C, Novopazarska 54 °C (Matić, 2018).

Ukupni kapacitet svih izvora iznosi $Q = 4\ 000$ l/s, od toga je najveći deo registrovan u okviru krečnjaka mezozojske starosti, a manji u granitoidima i vulkanogenim sedimentima.

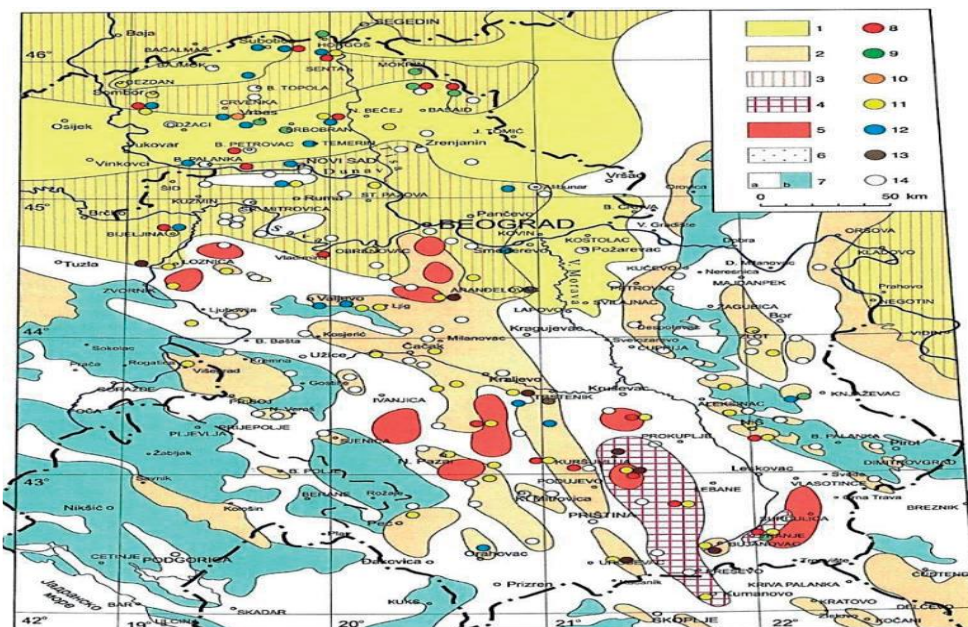
Postoji 60 hidrogeotermalnih sistema:

- 30 u Dinaridima: najznačajnije pojave su u trijaskim krečnjacima sa mineralizacijom-M manjom od 1 g/l, hemijskog sastava $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, kapaciteta izvora Q_i do 400 l/s i bunara Q_b do 60 l/s, max. T do 80 °C na samoizlivu;
- 20 u Karpato-balkanidima: u okviru trijaskih krečnjaci sa Q do 100 l/s, i T do 38 °C, M do 0,7 g/l, $\text{HCO}_3\text{-Ca}$;
- 5 u Srpsko-makedonskom masivu: u okviru mermera i kvarcita, T 24-72 °C, M 5-6 g/l, $\text{HCO}_3\text{-Na-Cl}$;
- 5 u podlozi tercijarnog Panonskog basena. Najznačajnije su pojave u okviru karstifikovanih krečnjaka i dolomita - oblast sa najvećim geotermalnim resursima je Mačva.

Kod nas preduzeće zainteresovano za geotermalnu vodu mora platiti upotrebu geotermalne vode u energetske paritetu sa zemnim gasom. U Republici Srbiji, „kada je preduzeće zainteresovano za geotermalnu vodu mora platiti bušenje zemljišta i stvaranje bušotina.

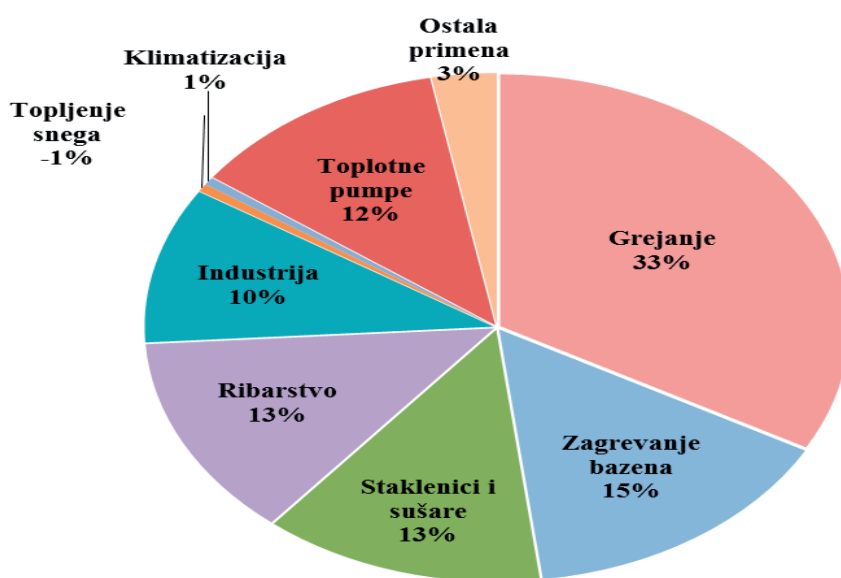
Zatim, mora platiti i eksploataciju te bušotine. Ukoliko se desi da je geotermalna voda visoko mineralizovana, preko 2 grama minerala po litru vode, mora se bušiti nova bušotina da bi se upotrebljena voda vratila u zemlju“.

Slika 17. Korišćenje geotermalnih resursa Srbije



Izvor: Milivojević, M., Perić J. (1987).

Grafikon 6. Potrošnja obnovljive energije u Srbiji



Izvor: Martinović M. (2008).

Mačva je najveći geotermalni resurs Republike Srbije. Na bazi analiza hemijskog sastava termalnih voda Mačve daje se tabelarni prikaz iz koga se može zaključiti da se radi o

vodama dobrog kvaliteta, hidrokarbonatno-natrijsko-hloridnog tipa, sa mineralizacijom do 1 g/l.

Tabela 9. Hemijski sastav geotermalnih voda Mačve

Bušotina	T(°C)	pH/T / (°C)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	F (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	Sostatak (mg/l)
BB-1	75	7.1/22	155	11	40	10	409	4	107	1.7	64	807
BB-2	80	7.2/25	149	10	47	9	408	2	113	1.9	66	806
BD-1	50	7.2/22	174	13	50	7	450	5	55	3.7	34	884
BBe-1	34	7.1/25	210	9	40	12	555	6	114	1.7	23	980
BMe-1	63	7.1/22	268	17	28	8	898	1	142	2.4	37	1082

Izvor: Matić, I. 2018.

Gustina terestričnog toplotnog toka u podlozi “sedimentnog sloja” na području Mačve je veoma velika. Ona u bušotini BŠ1 u Šapcu iznosi 112 mW/m², a u bušotini BZ2 u Bogatiću 120 mW/m².

Bušotina DB-1 u Dublju dubine 400 m, izdašnosti 15 l/s, i temp. 51°C. Bušotina BeB-1 u Belotiću dubine 450 m, izdašnosti 15 l/s i temp. 38 °C. Bušotina BMe-1, Metković, izdašnost 7 l/s dubina bušotine 627 m, temp. 63 °C.

Moguća realizacija projekata za kompleksno i integralno korišćenje geotermalne energije u Mačvi sa procenom troškova investicije:

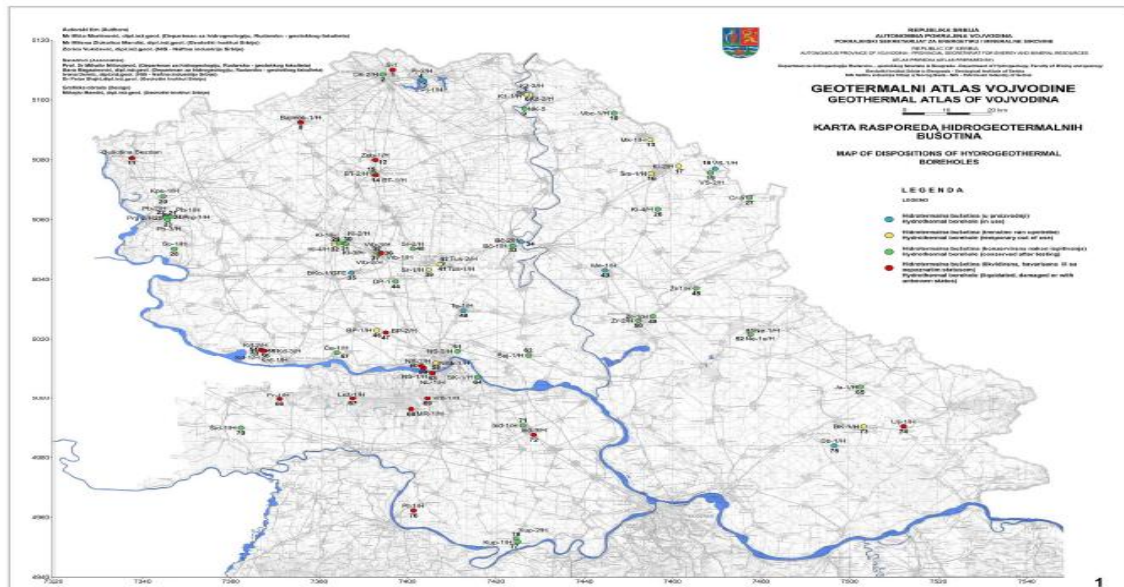
- Poizvodnja struje binarnim procesima 150 mil. eura;
- Zagrevanje prostora u Bogatiću, Šapcu i Sremskoj Mitrovici 70 mil. eura;
- Staklenici, površine 25 ha 70 mil. eura;
- Geotermalno sušenje 3 mil. eura;
- Ribnjaci 50 mil. eura;
- Akva centri 50 mil. eura.

Proizilazi: Konduktivna geotermalna anomalija u neogenim sedimentima u centralnom delu Mačve i ispod nje hidrogeotermalna konvektivna anomalija u veoma karstifikovanim trijaskim krečnjacima su najveće takve anomalije u Panonskom basenu. Hemijski sastav geotermalne vode je povoljan za direktno korišćenje. Sadašnje prognoze dobijene na osnovu hidrogeotermalnog modela pokazuju da je moguća intenzivna eksploatacija i korišćenje geotermalne energije za proizvodnju hrane, cveća i primenu u poljoprivrednoj proizvodnji sa termalnom snagom od najmanje 150 MW”.

Jedna od najpogodnijih bušotina nalazi se u Bečeju. To je Bč-2/H. Projektovani izliv ima toplotnu snagu 4.153 kW, ako računamo sa rashlađivanjem vode do 25 °C.

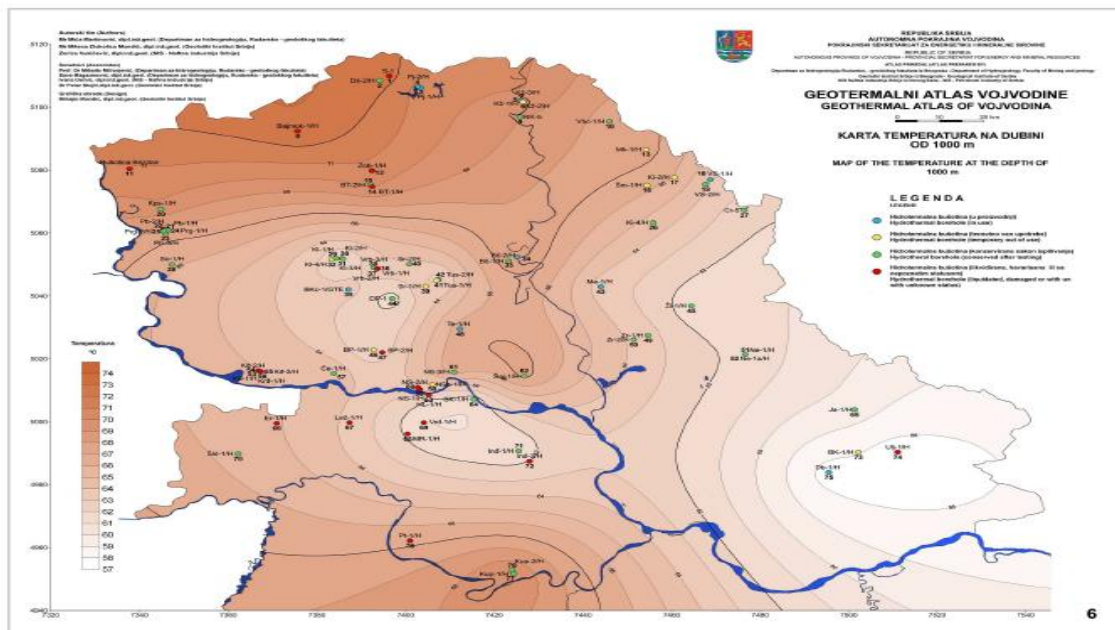
AP Vojvodina je regija, koja je najbogatija ovim potencijalima, budući da predstavlja nastavak Panonske nizije. Naredne slike pokazuju raspored bušotina i temperature na dubini od 1000 m.

Slika 18. Geotermalni atlas Vojvodine – karta rasporeda hidrotermalnih bušotina



Izvor: Martinović i sar., 2010.

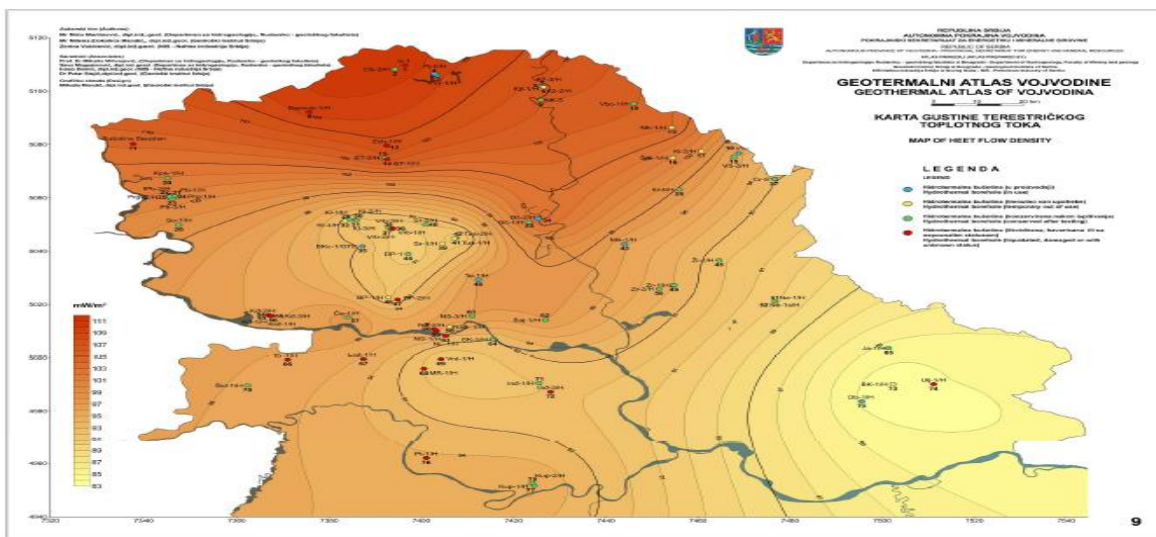
Slika 19. Geotermalni atlas Vojvodine – temperatura hidrotermalnih bušotina na 1000 m dubine



Izvor: Martinović i sar., 2010.

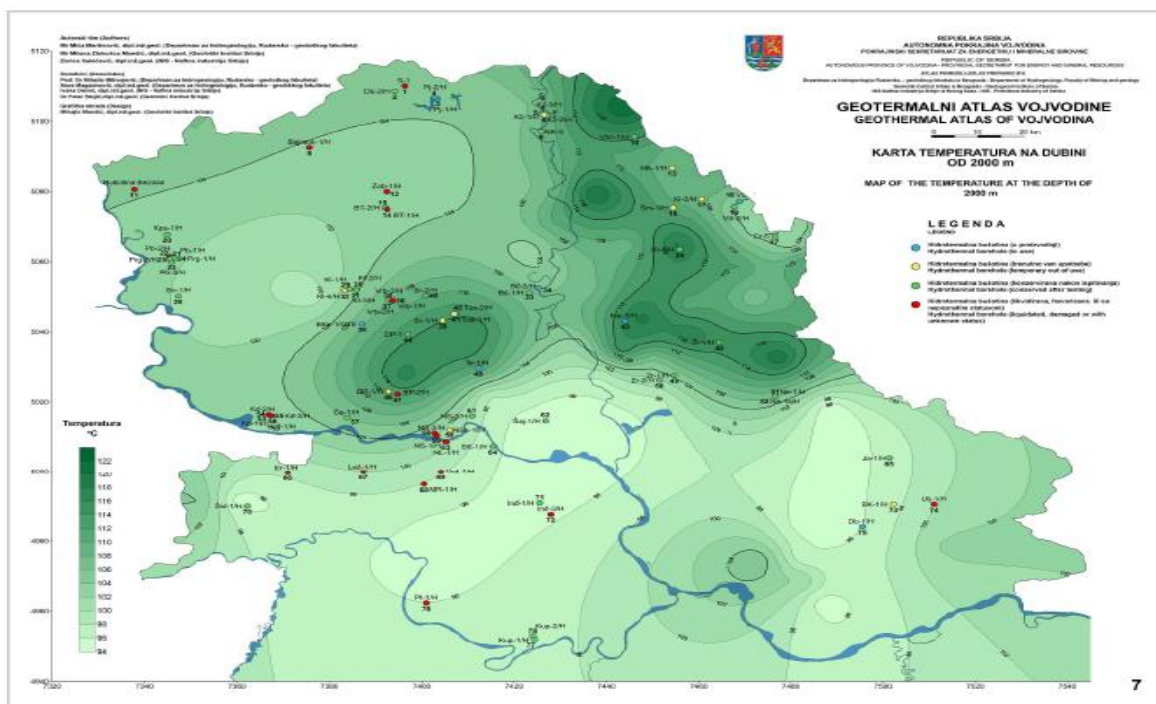
Na osnovu merenja, možemo tvrditi da je toplotni tok iznad prosečnog za Evropu. Prosečni tok za Evropu iznos 60 MW/m^2 , a u Republici Srbiji se kreće od 80 do 120 MW/m^2 . Prirodni i veštački izvori termalne vode prepoznati su na teritoriji više od 60 srpskih opština. Temperatura je obično do $40 \text{ }^\circ\text{C}$, a postoji šest opština gde temperatura vode iznosi preko $60 \text{ }^\circ\text{C}$. To su Apatin, Vranje, Kuršumlija, Medveđa, Raška i Šabac.

Slika 20. Geotermalni atlas Vojvodine - toplotni tok



Izvor: Martinović i sar., 2010.

Slika 21. Geotermalni atlas Vojvodine – temperatura hidrotermalnih bušotina na dubini od 2000 m

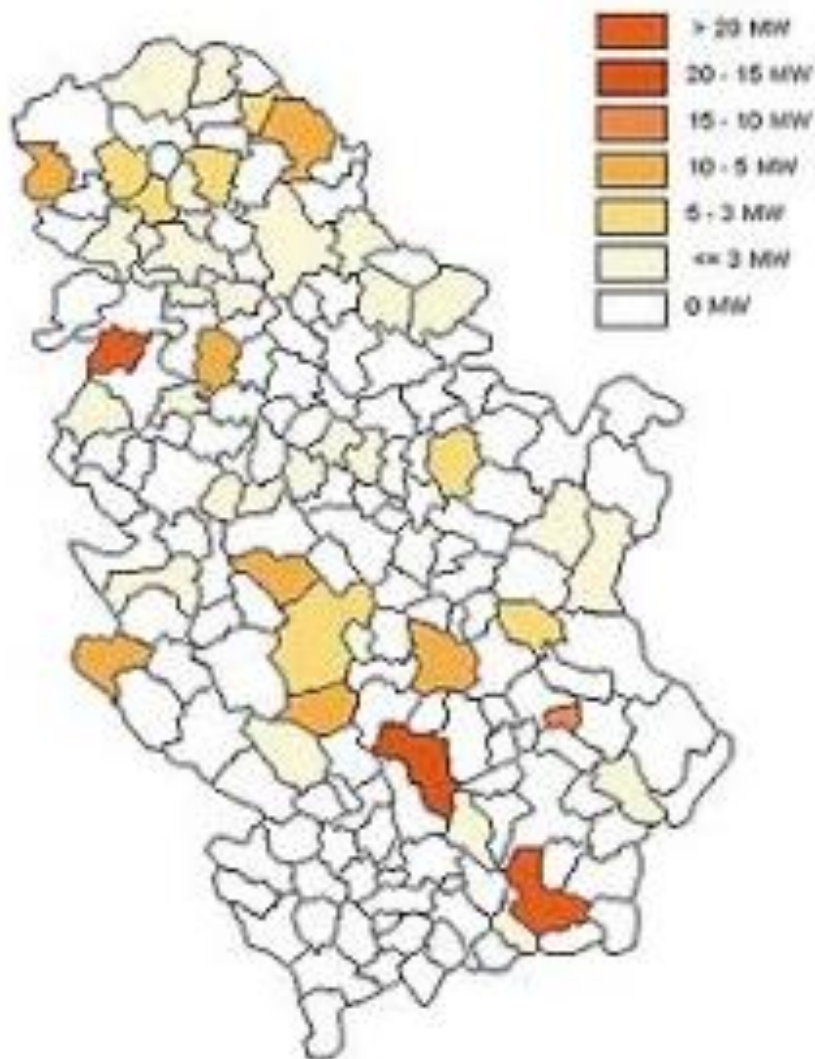


Izvor: Martinović i sar., 2010.

Postoji nekoliko lokacija, gde protok vode prelazi 50 l/s. Lokacije su Bogatić, Kuršumlija, Niška banja i Pribojska banja. Banja Koviljača ima protok preko 100 l/s. Ukupna termalna snaga, koja se može dobiti upotrebom svih izvora termalne vode je oko 216 MWt. Bitan potencijal nalazi se i u upotrebi zavodnjenih bušotina nafte i gasa u Vojvodini, gde je eksploatacija završena. Sa sledeće slike vidi se da su potencijali na tom području ogromni.

Jedna od najpogodnijih bušotina nalazi se u Bečeju. To je Bč-2/H. Projektovani izliv ima toplotnu snagu 4.153 kW, ako računamo sa rashlađivanjem vode do 25 °C.

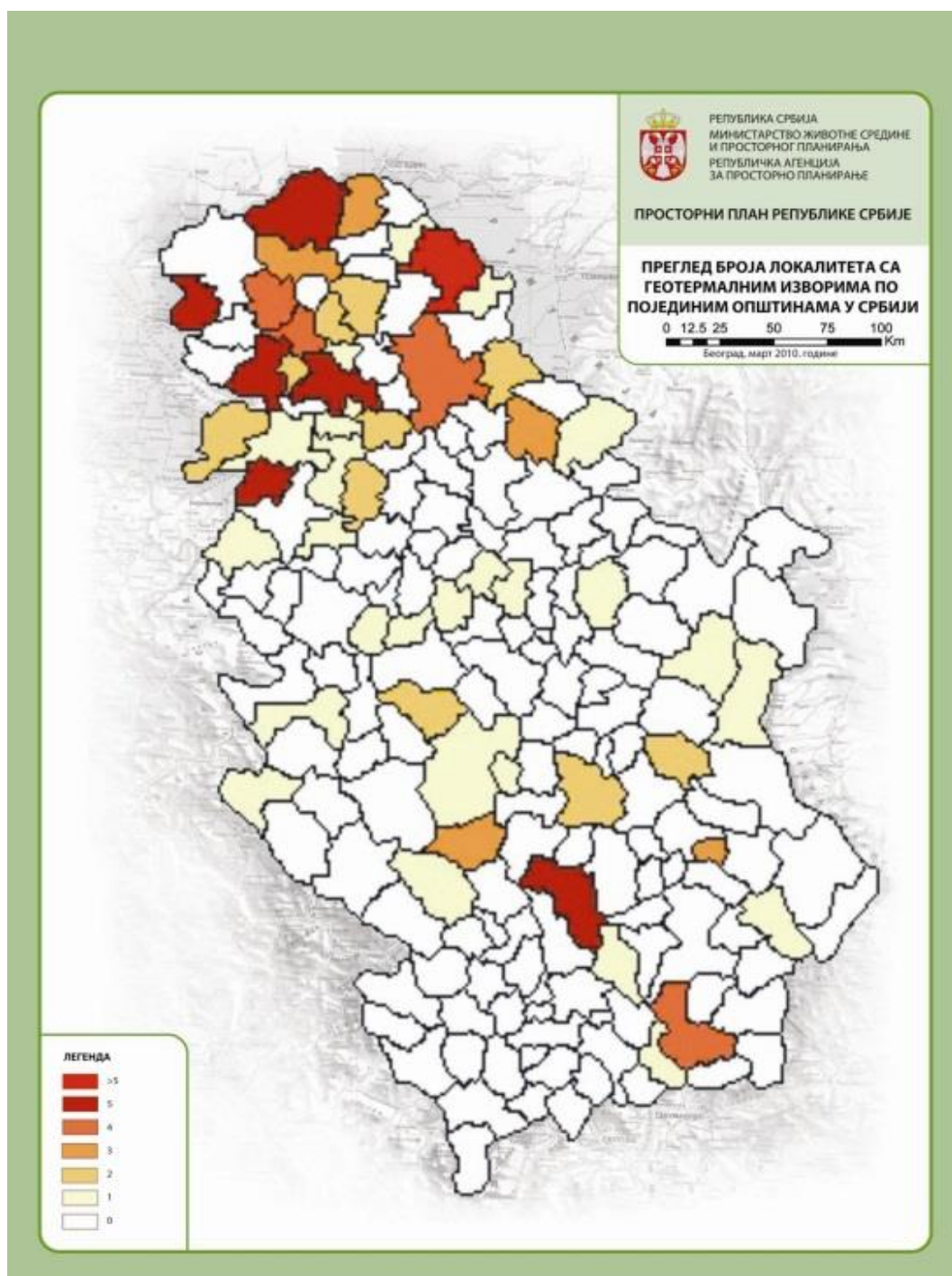
Slika 22. Ukupna snaga geotermalnih izvora



Izvor: Martinović i sar., 2010.

Sa sledeće slike vidi se da su u Vojvodini izvori geotermalne energije najmnogobrojniji.

Slika 23. Geotermalni izvori po brojnosti u Republici Srbiji



Izvor: Prostorni plan Srbije

4.5. Resursi i korišćenje geotermalne energije u Republici Srpskoj

Prema Milovanović i sar. (2018), u “Osnovama korišćenja geotermalne energije, ”u Republici Srpskoj geotermalna energija nalazi primenu u banjskom turizmu, sportsko-rekreacionim objektima i kod zagrevanja stambenih zgrada. Prema geotektonskoj karti

vezana je za spoljašnje i unutrašnje Dinaride i južni obod Panonskog bazena, pri čemu se mogu izdvojiti 8 regiona. S obzirom na karakterističan prostor Republike Srpske, izdvojeni regioni mogu se posmatrati kao:

- *artesiani bazeni severnog dela, od ušća reke Une u Savu do ušća reke Drine u Savu, zahvatajući severne delove regiona,*
- *regioni koji pripadaju spoljašnjim Dinaridima, u kojima se smenjuju flišne stene, ofioliti i kontaktni metamorfiti Prosare i Motajice i kompleksi krednih i jurskih sedimenata, a to su delovi regiona,*
- *regioni sa kompleksom krednih, jurski i paleozojskih sedimenata u istočnom delu Republike Srpske, delovi regiona.*

Geotermalni regioni u Republici Srpskoj (Đurić, N. 2015): Hidrogeotermalna energija akumulirana je uglavnom u krečnjacima dolomitima, starosti od krede, jure, trijasa do paleozoika. Izdvajanje hidrogeoloških regiona u okviru glavnih geotektonskih jedinica realizovano je u sklopu izrade Geotermalnog atlasa Republike Srpske. Regioni severozapadnog dela Republike Srpske i Istočne Hercegovine pripadaju spoljašnjim Dinaridima, koje izgrađuju krečnjaci i nešto manje dolomiti mezozojske starosti. Nemaju geotermalne potencijalnosti, ali njihova velika poroznost utiče na brzu cirkulaciju infiltracionih voda i vazduha, pri čemu se formiraju značajne akumulacije hladnih voda. Unutrašnji Dinaridi i severni deo Republike Srpske karakterišu mezozojske krečnjake na različitim dubinama u kojima je akumulirana topla voda značajne potencijalnosti. Između navedena dva dela izdvaja se centralni ofiolitski pojas od Novog Grada, preko Banja Luke, Laktaša, Teslića, Kulaša, Petrova do Višegrada i dalje se pruža prema Republici Srbiji. Predstavlja veoma interesantan rejon hidrogeotermalnih resursa, koji se danas delimično eksploatiše, ali nedovoljno u odnosu na njegovu potencijalnost. Mezozojske stene na potencijalnim geotermalnim regionima su veoma značajne za dalja istraživanja, posebno na većim dubinama, koje pripadaju srednje i gornje trijaskim krečnjacima. Na većim dubinama očekuju se temperature iz kojih se može dobiti toplotna energija ekonomski opravdana za proizvodnju električne energije, a u nižim temperaturnim ciklusima za toplifikaciju objekata ili različite industrijske potrebe.

Osnovni hidrogeološki regioni na teritoriji Republike Srpske (Đurić, N. 2015): Republiku Srpsku karakteriše neravnomernost geotermalnih gradijenata, čije vrijednosti su niže od prosečnih na području Evrope (cca. 30 °C/km). Oblasti vanjskih Dinarida imaju niže vrednosti, dok područja unutrašnjih Dinarida karakterišu širi raspon koji se kreće od 21 do

50 °C/km. Najviše vrednosti geotermalnog gradijenta su u području Semberije i Posavine (45÷50 °C/km). Veličina toplotnog toka obzirom na debljinu Zemljine kore od 27 km na teritoriji Republike Srpske, kreće se od od 65 do 100 mW/m², severno od linije Novi Grad – Banja Luka –Doboj – Zvornik. Radi poređenja vrednosti toplotnog toka, ona se na teritoriji Vojvodine, sjevernog dela Hrvatske i područja južne Mađarske kreće od 80÷110 mW/m². Landellero u Italiji ima vrednost toplotnog toka preko 200 mW/m². Najpoznatija izvorišta geotermalne vode nižih temperatura do 75°C, na ranije izgrađenim kapacitetima banjanskog tipa, predstavljaju banje: Dvorovi kod Bijeljine, Kozarska Dubica, Guber Srebrenica, Vilina Vlas Višegrad, Vrućica Teslić, Slatina Laktaši i u okolini Banja Luke (Gornji Šeher) i Kulaši kod Prnjavora.

Zajednička karakteristika za prostor Republike Srpske je mali broj izvedenih istražnih bušotina (4 bušotine na području Bijeljine - Dvorovi 1280 m, Popovi 1591 m, Ostoićevo 1557 m i Krušik 2479 m, 1 hidrogeotermalna bušotina na lokaciji 3 km od Dvorova prema Bijeljini, bušotina BL–1 Lješljani kod Novog Grada, dubine 672 m sa temperaturom vode 31 °C, izdašnosti 7,0 l/sec, koja se koristi za sportskorekreativne svrhe, ali nedovoljno organizovano za banjski turizam, 1 bušotina GD – 2 Slobomir grad na Drini kod Bijeljine, dubine 1800 m, temperatura vode 73 °C, procenjene termalne snage oko 9 MW, a koja se koristi se za toplifikaciju objekata grada Slobomir. Rezultati istraživanja hidrogeotermalne bušotine kod Dvorova u opštini Bijeljina nisu u potpunosti poznati (bušotina nije završena, jer se ušlo u krečnjake, gde je dobijen samoizliv termalnih voda sa temperaturom oko 80 °C).

U banjalučkoj kotlini do sada nije izvedena nijedna duboka istražna bušotina, ali je geotermalna potencijalnost procenjivana na osnovu geološkog preseka terena iz geoloških istraživanja i pojava toplih izvora na površini. Iako hidrogeotermalne pojave predstavljaju glavne indikatore prisustva hidrogeotermalnog sistema banjalučke kotline, poznata izvorišta imaju dosta niske maksimalne temperature termalnih voda: Gornji Šeher (do 35 °C), Slatina (do 44 °C) i Laktaši (do 32 °C). Na ovim lokalitetima termalna voda je delimično iskorištena za grejanje prostorija rekreacionih centara koristeći i sistem toplotnih pumpa.

Proučavanja geotermalnih karakteristika banjalučkog područja ukazuju da su geotektonski procesi, koji dovode do deformacija i pomeranja u karakterističnom delu Zemljine kore rezultat izdizanja, tonjenja i pomeranja, što je praćeno lomovima s manifestacijama zemljotresa. U seizmotektonskom smislu ovo područje karakteriše tektonski čvor, gde se

ukrščaju rasedi različitih smerova i gde su vertikalna deformacijalna pomeranja jako izražena. Intenzivna seizmička aktivnost banjalučkog područja, posebno za vreme dogođenih razornih zemljotresa (1988, 1935, 1969 i 1981. godine) imala je uticaja kod termomineralnih voda G. Šehera, Slatine i Laktaša. Te promene manifestuju se kroz aktiviranje novih izvora termomineralnih voda, koji su ostali stalni, a neki postojeći presušili. O tome treba voditi računa pri strateškom planiranju korištenja geotermalne energije u trusnim područjima.

Tvorac ideje o mogućnosti zagrevanja grada Banjaluke geotermalnom energijom i njenim korištenjem za druge svrhe jest pokojni dipl. inž. Jovan Perić, red. prof. Rudarsko-geološkog fakulteta iz Beograda. U "Projektu regionalnih istraživanja epicentralnog područja zemljotresa 1969. radi seizmičke makrorejonezicije terena" bio je glavni projektant. Po toj ideji u Banjoj Luci je trebalo izraditi jednu duboku istražnu bušotinu, dubine 2000 m, s ciljem utvrđivanja uslova i mogućnosti korištenja geotermalne energije podzemnih voda sa temperaturom od 90 °C iz krečnjačko-dolomitske podloge tercijarnih naslaga i krednog fliša. Do realizacije navedene ideje nije ni do danas došlo. Prva ocena geotermalne potencijalnosti hidrogeotermalnih resursa na području Banja Luke s ciljem njihovog korištenja za toplifikaciju i druge svrhe urađena je 1992. godine. Izdašnosti izvora geotermalne energije su znatno veće od korištenih, bilo da su vezane za samoizliv ili crpljenjem pomoću dubinskih pumpi. Izvorni tekst o geotermalnoj energiji u Srpskoj prema: Đurić, N. (2015), Milovanović i sar. (2018).

GTE u Republici Srpskoj može da se koristi za zagrevanje staklenih i plasteničkih bašti, toplih leja, rasadnika, u proizvodnji brojlara, u ribnjacima, objekata za proizvodnju, preradu, sušenje, dehidraciju, obradu i čuvanje voća, povrća, cveća, gajenje gljiva, navodnjavanje, grejanje, balneološke svrhe, sportsko-rekreativne svrhe i agroekoturizmu.

U Republici Srpskoj još uvek ne postoje ribnjaci na geotermalnim vodama. Međutim, potrebe tržišta, veliki broj geotermalnih izvora i postojanje stručnih znanja nameće potrebu razmatranja ekonomske opravdanosti izgradnje ribnjaka na geotermalnim vodama. Korišćenje geotermalne vode u proizvodnji Tilapije i Afričkog soma eksperimentalno je potvrdilo da je moguće uspešno gajiti ove vrste riba u Republici Srbiji. U ribarskoj industriji, geotermalna energija se uglavnom primenjuje na konzerviranje i sušenje u zatvorenim prostorima usoljene ribe, sitne ribe i drugih proizvoda. Širok spekter primene geotermalne energije zahteva istraživanja, bušenja i korišćenje tople vode u svim mestima i selima, gde postoje izvori geotermalne vode.

4.6. Korišćenje geotermalne energije u Mađarskoj

Mađarska „raspolaze sa 1.300 termalnih izvora i 197 kvalifikovanih lekovitih voda, a iskorišćenost ovih kapaciteta iznosi 80 - 90 %. Mađarska snabdeva geotermalnom energijom 80 % energetske potrebe staklenika.

Slika 24. Banja Sečenji u Budimpešti - ulaganje u razvoj banjskog turizma donosi dobit



Mađari imaju veliko iskustvo u eksploataciji geotermalnih voda u zagrevanju staklenika i plastenika od sredine 60-ih godina prošlog veka. Mađarska država investirala je u bušotine i davala poljoprivrednim preduzećima te bušotine na korišćenje, a obaveze prema državi bile su simbolične. Zbog toga je korišćenje geotermalne vode povoljnije u odnosu na zemni gas za 15-20%. Cena geotermalne vode u Mađarskoj iznosi 7.92 evra, a zemnog gasa 10,2 evra po kvadratu grejne površine. Cena geotermalne vode iznosi 0,332 evra / m³. Cena bušotine dubine do 2000 metara je 127.800 evra.

U toplijim mesecima eksploatacija geotermalne vode nije racionalna, jer se toplota nepotrebno gubi, pošto nije moguće stalno zatvarati i otvarati bušotinu. Ukoliko se iskopa bušotina sa nižom temperaturom, tada je potrebno više sredstava investirati u grejnu instalaciju. Problem predstavlja visoka mineralizovanost geotermalnih voda, koja može dovesti do zagušenja grejne instalacije, jer se krečnjak i so talože u cevovodu.

To je iskustvo plastenika firme "Grodan" koja je smeštena u okolini Senteža u Mađarskoj. Postoje dva plastenika, jedan je 20 km severno, a drugi 22 km istočno od mesta Senteš. Koriste se za gajenje cveća i povrća.

4.7. Korišćenje geotermalne energije za grejanje i pripremu potrošne vode

Od toga kako izaberemo toplotnu šemu direktno će zavisiti da li će termalni fluidi, kao nosioci toplote, biti racionalno iskorišćeni. U upotrebi su dve osnovne šeme korišćenja termalnih fluida, a sve zavisi od temperature i fizičko-hemijskog sastava. To su direktno i indirektno korišćenje geotermalnih fluida.

Sistemi sa direktnim korišćenjem su značajno jednostavniji i ekonomski pogodniji. Njihove mogućnosti su manje i ograničene, jer geotermalni fluidi sa povoljnim fizičko-hemijskim sastavom imaju visoku temperaturu i vrlo su retki. Direktna primena geotermalne energije je ograničena, jer se mora koristiti na razdaljini manjoj od nekoliko kilometara od izvora. Većina nisko temperaturnih izvora i bušotina koje, imaju i niske pritiske moraju da koriste i pumpe (Lund i sar., 2005).

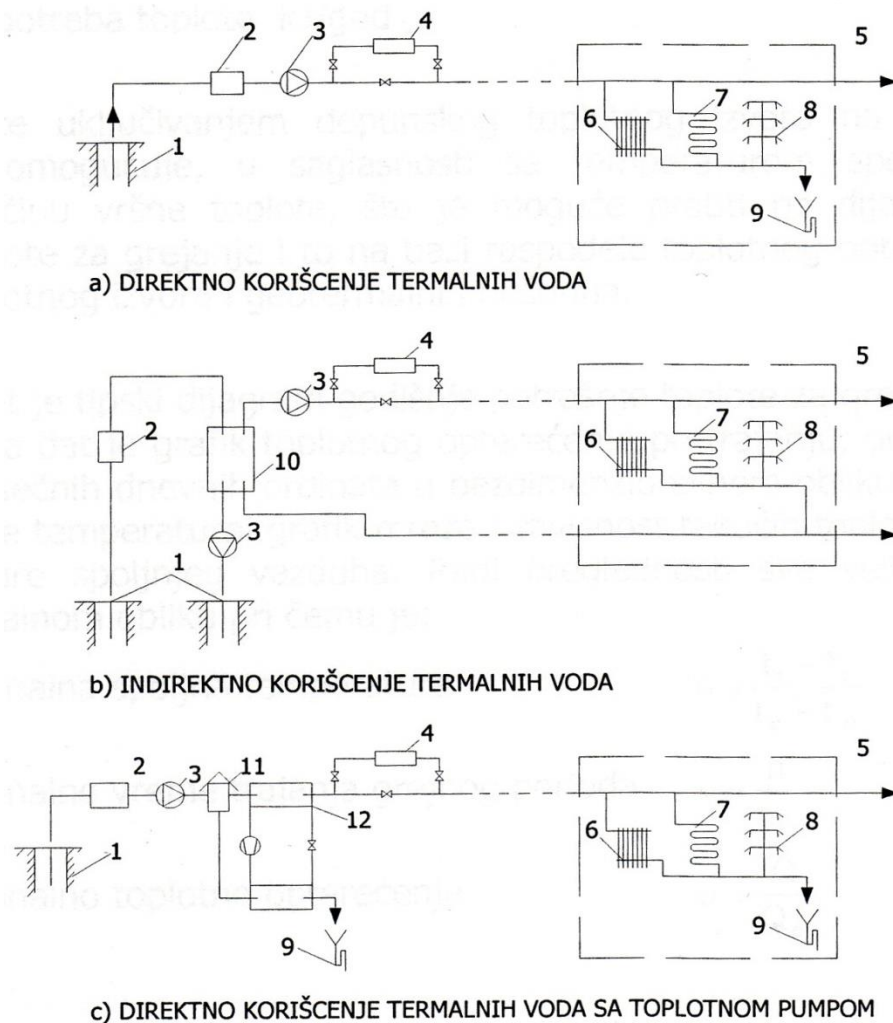
Više su rasprostranjene mineralizovane termalne vode, koje imaju temperaturu pogodnu za energetska korišćenje. Kod njih je potrebno primeniti toplotnu šemu sa indirektnim korišćenjem putem binarnog ciklusa. Toplotna šema je manje pogodna, jer ima manju temperaturu razvodne vode u sekundarnoj toplotnoj mreži, što je prouzrokovano razlikom temperatura u razmenjivaču toplote i povećanih investicionih i eksploatacionih troškova. Osnovna prednost ove šeme je što omogućava korišćenje mineralizovanih termalnih voda bez stvaranja ekoloških problema. Iskorišćena termalna voda reinjektira se direktno u sloj. U najvećem broju slučajeva koriste se dve vrste toplotnih razmenjivača, pločasti i razmenjivači tipa cev u cevi.

U radu su date principijelne toplotne šeme sa direktnim i indirektnim korišćenjem, uključujući i mogućnost dogrevanja i primenu toplotnih pumpi. Ukoliko nastanu niže temperature termalnih voda, za zadovoljenje vršnih potreba, potrebno je uključiti geotermalni sistem dogrejač na konvencionalno gorivo, da bi se dogrevao nosilac toplote do željene temperature, koja odgovara projektnim uslovima. Toplotne pumpe omogućavaju racionalno iskorišćenje raspoložive geotermalne energije nižeg potencijala.

Geotermalna energija može se koristiti u zavisnosti od kapaciteta bušotine ili bušotina za zadovoljenje toplotnih potreba individualnog objekta ili putem centralizovanog sistema snabdevati više objekata. U oba sistema izvor geotermalne vode zajedno sa pripadajućim cevovodima zamenjuje tradicionalni grejni sistem.

Grejanje i priprema potrošne tople vode u objektima najčešće omogućuju toplotni razmenjivač (kod indirektnog korišćenja), cirkulaciona pumpa, skladišni rezervoar i regulacione komponente. U slučaju da hemijski sastav geotermalne vode to dozvoljava, postoji mogućnost i direktnog uvođenja geotermalne vode u grejnu instalaciju.

Shema 2. Principijelne toplotne šeme toplotnog korišćenja



LEGENDA

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Geotermalna bušotina | 7. Panelni sistem grejanja |
| 2. Priprema termalne vode | 8. Instalacija potrošne tople vode |
| 3. Pumpa | 9. Kanalizacija |
| 4. Dopunski toplotni izvor | 10. Razmenjivac toplote |
| 5. Kucna instalacija | 11. Akumulator toplote |
| 6. Radijatorski sistem grejanja | 12. Toplotna pumpa |

Pošto je temperatura termalne vode na ustima bušotine praktično stalna tokom eksploatacije, u geotermalnom sistemu se mora primeniti kvantitativna regulacija nosioca toplote, tako što se promeni njegova količina koja cirkuliše u sistemu. Ako bi se projektovale kapaciteti bušotina, tako da se zadovolje maksimalne potrebe toplote, odnosno

da se pokrije relativno mali period vremena, to bi dovelo i do predimenzioniranja celog sistema, te bi geotermalni sistem postao neekonomičan. Stoga treba posebnu pažnju posvetiti određivanju optimalne vrednosti koeficijenta toplifikacije geotermalnog sistema, gde su:

Q_t - deo toplote pokriven na račun toplotnog kapaciteta termalne bušotine kJ/god,

Q_g - godišnje potrebe toplote kJ/god.

Ovo je moguće, ako se uključi dopunski toplotni izvor na konvencionalno gorivo, koji bi omogućio, u saglasnosti sa temperaturom spoljnog vazduha potrebnu količinu vršne toplote. To je moguće pratiti na dijagramu godišnje potrošnje toplote za grejanje i to na bazi raspodele toplotnog opterećenja između dodatnog toplotnog izvora i geotermalnih bušotina.

Na sledećoj slici dat je tipski dijagram godišnje potrošnje toplote za grejanje. U desnom delu dijagrama dat je grafik toplotnog opterećenja po trajanju, urađen na osnovu vrednosti prosečnih dnevnih ordinata u bezdimenzionalnom obliku. U levom delu predstavljen je temperaturni grafik mreže i zavisnost tekućih toplotnih opterećenja od temperature spoljnog vazduha. Sve veličine su date u bezdimenzionalnom obliku pri čemu je:

- bezdimenzionalna spoljna temperatura $\theta = \frac{t_1 - t_s}{t_p - t_{sp}}$

- bezdimenzionalno vreme trajanja grejnog perioda $v = \frac{n}{n_p}$

- bezdimenzionalno toplotno opterećenje $\alpha = \frac{Q}{Q_p}$

gde su:

t_p - temperatura spoljnog vazduha pri kome počinje grejni period, °C,

t_{sp} - spoljna projektna temperatura, °C,

t_s - tekuća temperatura spoljnog vazduha, °C,

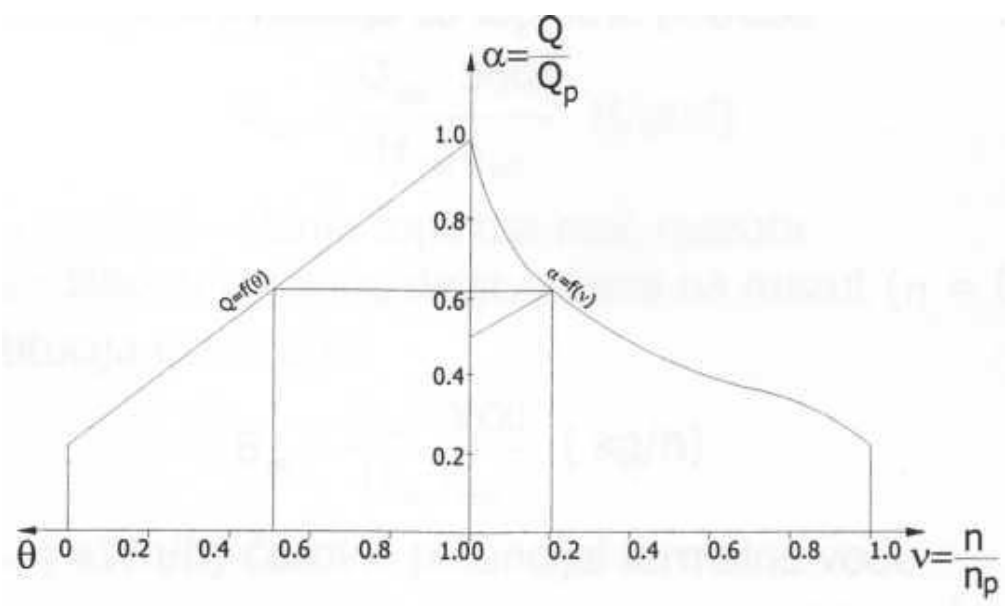
n_p - dužina trajanja grejnog perioda, dana,

n - dužina trajanja određene temperature spoljnog vazduha, dana

Q - tekuće toplotno opterećenje, kJ,

Q_p - projektno toplotno opterećenje, kJ,

Shema 3. Dijagram godišnje potrošnje vode za grejanje



„Ekonomičnost geotermalnog sistema, koji uključuje dopunski toplotni izvor, je u prvom redu vezana za dužinu rada toga izvora, odnosno za godišnje odavanje toplote iz njega“ (Đajić, N., 2006).

Ako se termalna voda dogreva, to omogućuje da se termalnom vodom pokriva bazni deo toplotnog opterećenja, dok se vršne potrebe pokrivaju iz dodatnog toplotnog izvora. Maksimalni godišnji potencijal bušotine je ona količina toplotne energije LJ_{gv} , koja se može dobiti pri neprekidnoj eksploataciji tokom cele godine sa definisanim parametrima. Pri tome se usvaja minimalna izlazna temperatura od 15 °C. Pri određivanju maksimalnog toplotnog potencijala uzima se u obzir toplotna energija termalne vode i to pri neprekidnom radu od 365 dana/god.

Maksimalni godišnji potencijal termalne vode je:

$$Q_{gv} = \frac{G_v \Delta t_v C_v}{360}$$

gde su: G_v (kg/h) - časovni protok termalne vode iz bušotine,

C_v (kJ/kg) - specifična toplota vode,

$\Delta t_v = t_p - 15$ (°C) - temperaturska razlika ulazne i izlazne vode iz sistema.

Osim maksimalnog godišnjeg potencijala bušotine za toplotne potrebe, potrebno je razmotriti i raspoloživu toplotnu snagu, kod usvojenih parametara termalne vode:

- toplotna snaga termalne vode:

$$Q_v = q G_v \Delta t_v \quad \text{kW}$$

Ukoliko imamo te proračune moguće je doći do supstituisanih količina mazuta za toplotne potrebe i to:

Maksimalna godišnja supstitucija za toplotne potrebe:

$$B_{gv} = \frac{Q_v \cdot 360}{H_{dm} \eta_m} \quad (\text{t/god})$$

gde je: H_{dm} (kJ/kg) - donja toplotna moć mazuta,

η_m - stepen korisnog dejstva kotla na mazut ($\eta = 0,85$).

Časovna supstitucija mazuta je:

$$B_{hv} = \frac{Q_v \cdot 360}{H_{dm} \eta_m} \quad (\text{kg/h})$$

gde je: Q_{hv} (kWh/h) - časovni potencijal termalne vode.

U Republici Srbiji, pri proizvodnji termalnih voda, na površinu dolaze i određene količine gasova rastvorenih u vodi, koje je moguće, ukoliko su veće od $1,5 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}^3$, nakon separisanja energetski koristiti, bilo za dogrevanje termalne vode, bilo za pogon uređaja. U tim slučajevima

ukupan energetski potencijal termalne vode čini, pored energije termalne vode i energija separisanog gasa, odnosno definiše se i:

Maksimalni godišnji potencijal gasa:

$$Q_{gg} = \frac{Q_g V_v}{360} \text{ (kWh/god)}$$

gde su: Q_g (M^3G/M^3_v) - gasni faktor termalne vode,
 V_v (m^3/h) - časovni protok termalne vode,
 H_d (kJ/m^3g) – toplotna vrednost separisanog gasa.

Toplotna snaga separiranog gasa:

$$Q_{sg} = q_g q_v H_d$$

Ako ove vrednosti iskoristimo, možemo doći do supstituisanih količina mazuta i to:

- maksimalna godišnja supstitucija iz separisanog gasa:

$$B_{gv} = \frac{Q_{gg} \cdot 360}{H_{dm}} \eta_{kg} \text{ (t/god)}$$

gde je η_{kg} - stepen korisnog dejstva kotla na gas

- časovna supstitucija iz separisanog gasa:

$$B_{hg} = \frac{Q_{hg} \cdot 360}{H_{dm}} \eta_{kg} \text{ (kg/h)}$$

gde je: Q_{hg} (kWh/h) - časovni potencijal separisanog gasa.

Vrednosti dobijene na osnovu gornjih proračuna mogu pokazati kolika je mogućnost supstitucije primarne energije korišćenjem potencijala termalnih voda (i separiranog gasa) za toplotne potrebe.

Na izbor toplotne šeme najveći uticaj ima temperatura termalne vode na ustima bušotine i njen hemijski sastav. U zavisnosti od fizičko-hemijskog sastava i mogućnosti odstranjivanja štetnih mineralizovanih primesa, donosi se odluka da li da se gradi direktni ili indirektni sistem, a u

zavisnosti od temperature termalnog fluida i toplotnih potreba i raspoloživih instalacija kod potrošača da li predvideti dodatni toplotni izvor i toplotnu pumpu.

Za primenu u geotermalnom sistemu klasično rešenje grejanja sa radijatorima i sistemom 90°/70 °C najčešće ne odgovara, jer se ne može u potpunosti da iskoristi raspoloživi toplotni pad, odnosno "iskorišćena" termalna voda je relativno visoke temperature. Kao rezultat težnje za boljim iskorišćenjem raspoloživog toplotnog pada i smanjenjem potrošnje termalne vode, kod potrošača se instališu grejna tela znatno veće površine i sa drugim temperaturskim režimom rada, panelna ili vazдушna grejanja. Težnja je da se u grejnoj instalaciji termalna voda iskoristi do temperature 40 do 50 °C, tj. do temperature koja odgovara temperaturi potrošne tople vode, kako bi se sa tim temperaturama dalje koristila bilo direktno, bilo indirektno preko razmenjivača toplote.

Pri projektovanju toplotnih šema sa direktnim korišćenjem termalne vode kao nosioca toplote najveći problem predstavlja uravnoteženje potrebne količine toplote za grejanje i sanitarne potrebe, kako ne bi došlo, u nedostatku nekih drugih potrošača, do slivanja u kanalizaciju ili u površinske vode „iskorišćene“ termalne vode više temperature. Rešenje sa većim akumulatorima toplotne energije je dosta skupo i često neracionalno, tako da se u osnovi izbegava. Preostala količina termalne vode, koja se ne iskoristi kao potrošna topla voda, može da se dalje koristi za niskotemperaturne energetske potrebe ili za rekreativne svrhe (bazeni za kupanje).

Za primenu geotermalne energije u geotermalnom toplotnom sistemu pored zadovoljenja tehničko-ekonomskih pokazatelja potrebno je definisati i razraditi sledeće probleme:

- *potencijalni kapacitet i eksploatacioni vek korišćenja termalnih fluida iz bušotina,*
- *temperaturu i pritisak na ustima bušotine u zavisnosti od kapaciteta, vremena rada i opreme bušotine,*
- *broj bušotina i njihov međusobni uticaj,*
- *karakteristike potrošača i instalacija kod njih, (radijatorsko grejanje, priprema potrošnje tople vode, klimatizacija, panelno grejanje, vazдушno grejanje, tehnološki procesi i sl.).*

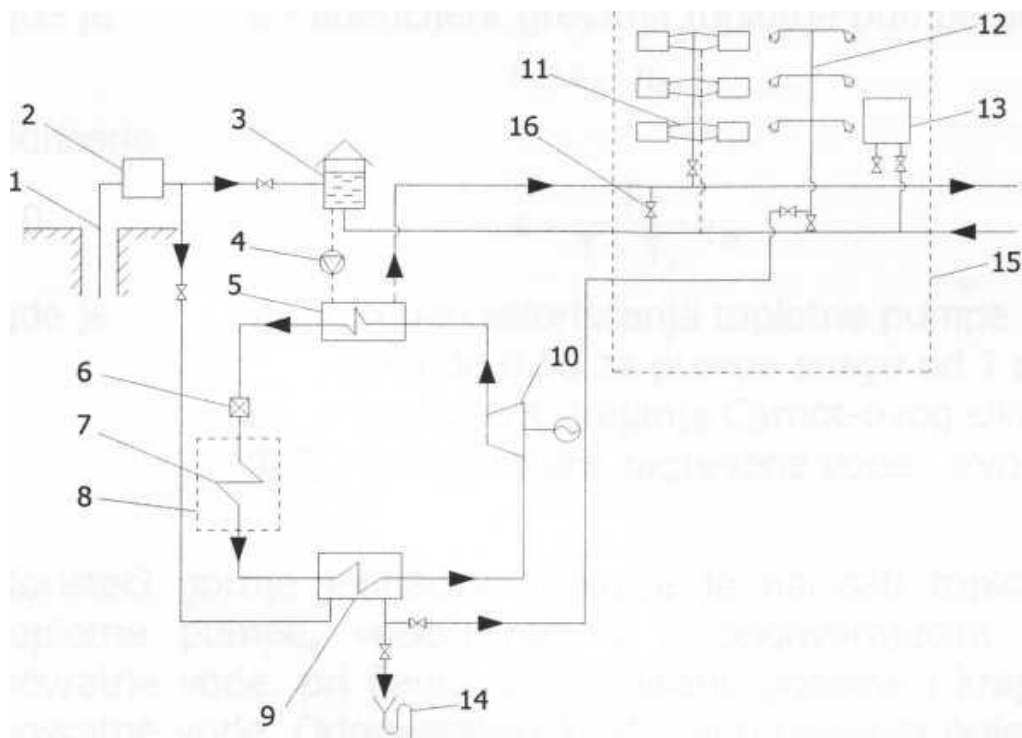
Toplotna pumpa ima poseban značaj kod korišćenja niskotemperaturnih termalnih voda. U geotermalnom sistemu se često nalaze i objekti kod kojih se leti za potrebe klimatizacije i hlađenja predviđa ugradnja većih rashladnih postrojenja, dok su zimi oni već veliki potrošač toplotne energije za potrebe grejanja i pripreme potrošne tople vode (hotelski kompleks, sportske

dvorane, rekreacioni centri, itd.). Izgradnja u tim objektima geotermalne instalacije sa toplotnim pumpama može da ima suštinski značaj za ukupnu ekonomičnost geotermalnog sistema, jer omogućava produženje perioda iskorišćenja projektnog kapaciteta bušotina i na letnju sezonu za potrebe klimatizacije i hlađenja.

Na sledećoj slici je data principijelna šema jedne takve instalacije za direktno korišćenje termalnih voda pomoću toplotne pumpe. Termalna voda temperature 30 do 60 °C iz bušotine 1 se vodi u instalaciju za pripremu vode 2 i nakon nje, većim delom vodi u zagrejač toplotne pumpe 9, gde se vrši predaja njene toplote sekundarnom radnom fluidu. U zagrejaču (isparivaču) se termalna voda hladi, a zatim sliva u kanalizaciju ili površinske vode 14. Suve pare freona se odvođe iz isparivača u kompresor 10, gde se kompresijom, uz ulaganje rada, podiže njihov toplotni potencijal. Komprimovane pare freona se vode u kondenzator 5, gde se vrši predaja toplote razvodnoj vodi zatvorenog dvocevnog cirkulacionog sistema. U kondenzatoru se pregrejane pare freona kondenzuju, pri čemu se kondenzat dalje vodi u prigušni ventil 6, u kome se na račun pada pritiska postiže željena temperatura freona. Ako nije predviđena rashladna komora 8, freon se dalje vodi u isparivač 9, gde se na račun toplote termalne vode ponovo isparavaju, odnosno zatvara kružni proces freona. Zagrejana razvodna voda se vodi u kućne instalacije 15 i posle iskorišćenja u grejnim instalacijama 11 i za potrošnu toplu vodu 12 se vraća povratnom magistralom u rezervoar za dopunu vode 3. U njima se deo vode utrošen u instalacijama potrošne tople vode nadoknađuje termalnom vodom i iz nje se vodi u kondenzator 5, gde se ponovo zagreva na račun toplote para freona do željene temperature.

U letnjim danima toplotna pumpa se koristi kao rashladna mašina. Promenom smera toka rashladnog fluida (putem četvorotaktnog ventila, koji naizmenično povezuje potisnu i usisnu stranu kompresora sa oba razmenjivača toplote) postiže se promena radnih funkcija razmenjivača 5 i 9. Sada razmenjivač toplote ima ulogu isparivača freona, pri čemu se nosilac toplote hladi i koristi u klimatizacionom postrojenju 13, dok razmenjivač toplote 9 ima ulogu kondenzatora i zagreva termalnu vodu, koju je dalje moguće koristiti kao potrošnu toplu vodu. Zbog povećanja potrošnje termalne vode do projektnog kapaciteta bušotine i u letnjim mesecima mogu se priključiti neki novi potrošači, kao što su otvoreni bazeni i javna kupatila.

Shema 4. Principijelna šema jedne takve instalacije za direktno korišćenje termalnih voda pomoću toplotne pumpe



Legenda:

1. Bušotina,
2. Obrada vode,
3. Rezervoar za dopunu vode,
4. Napojna pumpa,
5. Kondenzator,
6. Prigušni ventil,
7. Isparivač,
8. Rashladna komora,
9. Zagrevač,
10. Kompresor,
11. Instalacija za grejanje,
12. Instalacija potrošne vode,
13. Instalacija za klimatizaciju vazduha,
14. Sliv za klimatizaciju,

15. Kućna instalacija,
16. Obilazni vod.

Ovim načinom se jedan isti sistem može koristiti zimi za grejanje, leti za klimatizaciju vazduha i hlađenje, dok se tokom cele godine može koristiti za pripremu potrošne tople vode (Lund, 1997).

Toplotna pumpa primenjuje se i kod indirektnog korišćenja termalnih fluida, kada su oni više temperature, ali nepovoljnog mineralnog sastava. Osnovna prednost ove šeme je što se termalna voda nakon iskorišćenja toplotne energije u razmenjivačima toplote i zagrevanja sekundarnog nosioca toplote, vraća povratnom bušotinom u eksploatacioni sloj. Toplotna pumpa se uključuje na povratni vod i koristi se da podigne temperaturni nivo povratne vode na račun toplote okoline.

Sa ekonomske tačke gledišta primena toplotne pumpe je samo onda opravdana, kada je dobijanje toplotne energije njenim posredstvom jeftinije od nekog drugog načina, koji nam stoji na raspolaganju. Zbog toga je potrebno uvek uporediti na ovaj način dobijenu toplotnu energiju, uzimajući u obzir sve potrebne tehno-ekonomske elemente, sa direktnim korišćenjem termalne vode ili dobijanjem ekvivalentne količine toplotne energije sagorevanjem konvencionalnog goriva u kotlarnici ili peći.

Ako pođemo od toga da se u kondenzatoru (zagrejaču) dovodi toplota LJ_z termalnoj vodi, dok se u isparivaču povratnoj vodi oduzima toplota LJ_r , između tih toplota postoji sledeća relacija:

$$Q = Q \left(1 - \frac{1}{\varepsilon} \right)$$

gde je ε - koeficijent grejanja toplotne pumpe definisan sa

$$\varepsilon = \varepsilon_c \cdot \eta_{tp}$$

odnosno,

$$\varepsilon = \frac{T}{T - T_0} \eta_p$$

gde je: η_{tp} - stepen iskorišćenja toplotne pumpe čije vrednosti iznose od 0,45 do 0,55 za pumpe snage od 1 do 3 MW.

ε_c - koeficijent grejanja Carnot-ovog ciklusa,

T, T_0 - temperature zagrevane vode i izvora toplote, K.

Uz korišćenje prethodne jednačine sada se može napisati toplotni bilans za svaki stepen toplotne pumpe, vodeći računa o odgovarajućim temperaturama razvodne i povratne vode, pri čemu se prethodno definišu početne i krajnje temperature razvodne i povratne vode. Odgovarajući koeficijenti grejanja pojedinih stepeni se određuju korišćenjem odgovarajuće jednačine, a količine toplote, koju prima razvodna voda u kondenzatorima svakog stupnja.

$$Q_z = G_p c \Delta T_S$$

gde je: ΔT_S - promena temperature razvodne vode u stepenu.

Odgovarajuće snage pogonskih motora stepeni toplotne pumpe su:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c \cdot \eta_{tp}$$

Ako uzmemo u obzir obavezne gubitke u prenosnoj mreži, tada se instalirana snaga usvaja kao nešto veća zbog pretpostavljenih gubitaka (10 %). Električna energija koju koristi elektromotor za pogon kompresora toplotne pumpe se dobija, u najnepovoljnijem slučaju, u termoelektranama sa niskim ekonomskim koeficijentom korisnog dejstva 0,30 - 0,32, te je za dobijanje te snage potrebno utrošiti u njoj goriva

$$B_{tp} = \frac{P}{0,3 H_d}$$

gde je H_d - donja toplotna moć korišćenog goriva.

Kad bi se nosilac toplote pripremao u kotlarnici sa stepenom korisnosti kotlova 0,8 potrošnja goriva bi bila:

$$B_{tp} = \frac{P}{0,8 H_d}$$

Na osnovu tako definisanog metoda za različite temperature termalne vode i primenom toplotne pumpe moguće je izvršiti preliminarni proračun parametara geotermalnog postrojenja i uporediti ga sa klasičnim.

5. KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE U AGROBIZNISU

5.1. Osvrt na stanje sektora agrobiznisa u Republici Srbiji

Republika Srbija ima povoljne agroekološke uslove i prirodne resurse za razvoj poljoprivrede. Raspolaze sa kvalitetnim zemljištem, vodom, vazduhom, znanjem i proizvođačima, koji se mogu uz odgovarajuće edukacije osposobiti i za organsku proizvodnju, koja danas beleži trend rasta u svetskim okvirima.

Karakteristike poljoprivrede su usitnjenost i isparcelisanost zemljišnih poseda, dominantna zastupljenost i slaba neorganizovanost malih i srednjih gazdinstava, niska tehnička opremljenost, ekstenzivnost, izostanak primene savremenih agrotehničkih mera, novih znanja i edukacija, neuređenost zemljišta, nedovoljno površina pod navodnjavanjem, niska ekonomičnost, nedostatak finansija i skromni podsticaji, odnosno niske subvencije u proizvodnji.

Davis i Goldberg (1957) agrobiznis su definisali kao sumu svih operacija proizvodnje i usluga za poljoprivrednu proizvodnju, proizvodnih operacija na farmama, skladištenje, preradu i prodaju proizvoda, koji su proizvedeni od poljoprivrednih sirovina.

Agrobiznis se u ruralnim područjima Republike Srbije i AP Vojvodine može uspešno organizovati na osnovama konvencionalne, integralne i organske proizvodnje. Organska poljoprivreda je održivi integralni ekološki sistem proizvodnje kvalitetne zdravstveno bezbedne strogo kontrolisane, sertifikovane hrane s ciljem zadovoljenja želja i potreba potrošača, ostvarivanja profita i očuvanja životne sredine (Lazić i Babović, 2008).

Osnovni principi organske održive proizvodnje su jedinstveni i čine osnovu za raznovrsnije oblike proizvodnje, koji su vezani za agroekološke, ekonomske uslove i tradiciju, a to su: princip zdravlja za zemljište, biljku, životinje i čoveka, princip ekologije, princip pravednosti i poštenih odnosa prema prirodi i životu, princip negovanja i staranja sa odgovornim upravljanjem proizvodnjom, a u cilju zaštite zdravlja i blagostanja sadašnjih i budućih generacija i okruženja (Lazić i Babović, 2008). Pored navedenih principa, tu je i upotreba obnovljivih izvora energije,

koji imaju minimalan negativan uticaj na agroekosistem. Geotermalna energija, odnosno njena primena vezuje za organsku proizvodnju, pa je od značaja povezati i istražiti međusobne relacije.

Organska proizvodnja odvija se na prirodan način, bez upotrebe hemijskih preparata kod zaštite, bez primene mineralnih đubriva, bez genetski modifikovanih organizama. Organski proizvodi ne sadrže nikakve štetne materije, koje bi bile opasne po zdravlje potrošača. Prerada organskih proizvoda uključuje samo dozvoljene postupke i tretmane, radi maksimalnog očuvanja sastojka iz polazne sirovine, da bi kvalitet preradevina odgovarao standardima.

Na razvoj organske proizvodnje i proizvoda utiče znanje, edukacija i obuka proizvođača, razvijenost prerade, udruživanje proizvođača, prerađivača i promotnika, ugovaranje proizvodnje za poznatog kupca, sertifikacija proizvodnje i proizvoda, agroekonomska politika, poslovna udruženja i korišćenje sredstava IPARD programa EU u funkciji razvoja organske poljoprivrede (Babović i sar., 2013). Mogućnost razvoja organske, a i poljoprivredne proizvodnje u celini determinisana je i energentima. Dostupnost obnovljivih izvora energije i njihova primena u agrobiznisu je pitanje kome se posvećuje sve više pažnje.

U Republici Srbiji se organska proizvodnja odvija na površini od oko 7.500 ha, bilo da se radi o proizvodima koji su već sertifikovani ili koji su u procesu dobijanja sertifikata za organski proizvod.

5.2. Mogućnosti korišćenja geotermalne energije u agrobiznisu

Geotermalna energija može da se koristi u agrobiznisu za zagrevanje zaštićenog prostora, stajskih objekata, ribnjaka, objekata za proizvodnju, preradu, sušenje, dehidraciju, obradu i čuvanje voća, povrća, cveća, gajenje gljiva, navodnjavanje, grejanje domaćinstava, balneološke svrhe, sportsko-rekreativne namene i agroekoturizmu. Geotermalna energija, kao i drugi obnovljivi izvori se relativno više koriste u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, prehrambenoj industriji i drugim delatnostima.

Primena geotermalne energije u zagrevanju staklenika/plastenika predstavlja jednu od najčešćih upotreba geotermalne energije. Plastenici predstavljaju jednu od najviše upotrebljivanih varijanti proizvodnje u zaštićenom prostoru, a ujedno i najrentabilniji i bez obzira na relativno kratko trajanje pokrivnog materijala. Međutim, razvoj novih materijala za plastenike povećava

vek trajanja, tako da se oni sve više podižu. Visina na kojoj se postavljaju cevi za zagrevanje zavisi od cilja proizvodnje. Kada je zagrevanje nad površinom zemljišta cevi se postavljaju na visini 20-50 cm, a za zonalno zagrevanje (zona cvetanja biljaka) na visini 1-2 m. Za zagrevanje zemljišta koriste se polietilenske cevi prečnika 20-40 mm postavljene na dubini od 40 do 60 cm. Pri grejanju manje osetljivih vrsta (salata, spanać), razmak između cevi je 100-120 cm, za paradajz i papriku 70-80 cm, za krastavac i lubenicu 40-50 cm, itd.

Potrebno je uraditi tehno-ekonomsku analizu, radi pravilnog izbora biljaka i strukture proizvodnje, temperature, sistema termalnog grejanja i optimalnih dimenzija staklenika/plastenika da bi investicija i proizvodnja bila još rentabilnija.

Geotermalna energija se u prehrambenoj industriji koristi za sušenje, isparavanje, pranje i pasterizaciju mleka, preradu mesa i ribe. Sušenje voća, povrća i ribe predstavlja jednu od najšire korišćenih oblasti primene geotermalne energije u prehrambenoj industriji. Temperaturski interval korišćenja geotermalne energije kreće se od 30 do 180 °C. Upotreba geotermalne energije u industriji, zahteva izvore temperature iznad 100 °C. Oprema u oblasti direktne primene geotermalne energije je standardnog tipa i mora se obratiti pažnja na temperaturu i kvalitet vode.

Sušenje povrća ima za cilj očuvanje nutritivnih vrednosti, pojeftinjuje skladištenje, transport i pakovanje hrane. Sušenje poljoprivrednih proizvoda je najvažnija industrijska primena za niske ili srednje temperature geotermalne energije (40-150 °C).

Gajenje tropskih riba u našim klimatskim uslovima moguće je grejanjem vode, korišćenjem industrijskih toplih voda i korišćenjem geotermalnih voda. Zbog svojih osobina prilagodljivosti Tilapija i Afrički som prepoznati su u AP Vojvodini, kao vrste najpogodnije za introdukciju u našu akvakulturu. Prilikom izrade projekta ribnjaka koji koristi geotermalnu energiju treba razmotriti kvalitet i protok vode, toplotne gubitke, gustinu naseljenosti, upotrebljeni materijal za izgradnju bazena, termičku izolaciju i dimenzije. Tehnološko-proizvodni rezultati gajenja tilapije i afričkog soma u našim uslovima ostvareni su u ribnjaku Mošorin (Ćirković, 2006, 2007).

Optimalne temperature za rast poljoprivrednih kultura su do 30°C, a to mogu da obezbede termalne vode temperature počev od 30 °C. Drugim rečima, za manje staklene bašte dovoljna je i jedna bušotina kapaciteta oko 10 l/s temperature do 50 °C, što se može dobiti iz relativno plitkih ležišta.

Istraživanja pokazuju da termalne vode imaju stalan kapacitet i temperaturu, tako da omogućuju potpunu automatizaciju procesa, pri čemu i raspoloživi pritisak na ustima bušotine omogućuje nesmetan transport do staklenika ili tople leje.

Na osnovu dosadašnjih istraživanja neophodni uslovi za korišćenje geotermalne energije u poljoprivredi su:

- minimalni kapacitet bušotine od 0,5 MW;
- minimalna temperatura termalne vode od 35-40 °C;
- natpritisak na ustima bušotine od 10 do 15 m;
- ukupna mineralizacija ne sme da prelazi 20 do 25 mg/l.

Proračun toplotnih gubitaka i određivanje toplotnih potreba staklenika vrši se na osnovu termotehničkih proračuna u zavisnosti od projektnih uslova i proračunskih koeficijenata toplotnih otpora pregradnih površina. „Toplotni gubici staklenika se sastoje iz dva dela i to gubitaka kroz krov i zidove i infiltracione i ventilacione gubitke prouzrokovane zagrevanjem spoljašnjeg hladnog vazduha” (Đajić, N., 2006).

Investicije za izgradnju staklenika su visoke, pa je neophodno uraditi brižljivu tehno-ekonomsku analizu, koja treba da da odgovor o izboru kultura, temperaturi klimata, izboru sistema grejanja, optimalnih dimenzija staklenika s obzirom na raspoloživi kapacitet, temperaturu termalnog nosioca toplote i utvrdi rentabilnost investicionog poduhvata. Najracionalnije rešenje i manje specifično opterećenje imaju staklenici, kod kojih je primenjeni kombinovani sistem grejanja koji se sastoji od registarske, podne i vazdušne instalacije.

Kod staklenika postoje različita tehnička rešenja u zavisnosti od vrste kultura, kapaciteta i temperature nosioca toplote. Za više temperature treba primeniti grejne registre od čeličnih cevi postavljeni u nizu duž leja na visini od 0,3 do 0,7 m ili po zemlji između leja, kao i vazdušno grejanje. Za niže temperature termalnih fluida koriste se cevi od polietilena ili čelika postavljene na površini ili zagrevanje zemljišta putem plitko postavljenih cevi. Svako od ovih rešenja ima prednosti i nedostatke, tako da se tehno-ekonomskim proračunom definiše optimalno rešenje za date uslove i kulture, pri čemu se najčešće koristi kombinovano rešenje, koje omogućava najveće iskorišćenje toplotnog pada termalne vode.

Termalnu vodu je moguće koristiti i za zagrevanje objekata poljoprivredne proizvodnje (štale,

prasilišta, inkubatori, akvatorijumi, ribnjaci, itd.) i to putem cevnih registara i/ili vazdušnog grejanja.

Ambijentalna temperatura u osnovi ima daleko veći uticaj pri gajenju riba nego domaćih životinja. Domaće životinje imaju veliki dijapazon temperatura u kojima postižu zadovoljavajući prirast, međutim kod riba je to relativno malo područje, tako da uticaj temperature vode ima suštinski značaj. Održavanje temperature ribnjaka u optimalnim temperaturskim granicama putem puštanja termalne vode u ribnjak (ukoliko zadovoljava njen kvalitet za direktno korišćenje) ili pripreme recirkulacione vode u izmenjivačima toplote, može da dovede do značajnog povećanja proizvodnje i skraćivanja vremena potrebnog za optimalni rast ribe. Zagrevanje bazena ili ribnjaka se pogodno uklapa sa preostalim konzumom, jer ima tzv. "produženu sezonu" u prelaznim periodima krajem proleća (od 15. aprila do kraja juna) i početkom jeseni (od septembra do 15. oktobra). Posebna pogodnost je da je za ovakvu vrstu konzuma u zimskom periodu moguće i dodatno noćno grejanje sa znatno većom snagom u trajanju od cca 1.600 sati godišnje. U najpovoljnijem slučaju konzum bi trajao 6.200 časova godišnje. Temperatura polazne vode iznosi 30 °C, a temperatura povratne vode 25 °C.

Slično, kao i kod primene geotermalne energije za grejanje objekata, moguće je i kod primene u staklenicima, plastenicima, oborima i sličnim objektima primeniti i vršne dogrejače na konvencionalno gorivo. To je posebno pogodno u slučajevima proširenja kapaciteta plastenika/staklenika, a pri ograničenom protoku geotermalnog fluida.

U poljoprivredi geotermalna energija ima primenu u proizvodnji bioproteina, jer geotermalne vode raspolažu i sa određenim količinama ugljendioksida koji omogućava brži rast bakterija i mikroalgi sa velikim sadržajem proteina od 60-70 % u odnosu na soju 30-36 %, meso 20%.

Raspodela iskorištene geotermalne energije u svetu po kategorijama je (Lund i Freeston, 2001).:

- oko 37% za grejanje prostora,
- 22% za kupanje i grijanje bazena,
- 14% za geotermalne toplotne pumpe,
- 12% za zagrevanje staklenika,
- 7% za akvakulturu i grejanje staza,
- 6% za industrijske primene,
- manje od 1% za svaku poljoprivredno sušenje, topljenje snijega, klimatizacija i drugo koristi.

Naši rezultati i rezultati drugih istraživanja pokazuju da Republika Srbija ima veliki potencijal geotermalnih izvora, koji je do sada upotrebljavan u najvećoj meri za grejanje, iako je on mnogo veći ako se posmatra proizvodnja hrane, električne energije. Ispitivanja dubljih slojeva pokazuju da je prirodno bogatstvo Republike Srbije geotermalnim izvorima mnogo veće nego što je pretpostavljeno.

Republika Srbija raspolaže s 360 izvorišta termalnih i termomineralnih voda, od kojih je samo 10 % iskorišćeno (uglavnom banje). Potencijal je to koji treba da se iskoristiti u poljoprivrednoj proizvodnji u zaštićenom prostoru (Ilin i Brkić, 2014). Proračuni pokazuju da bi Republika Srbija mogla imati najmanje 300 banja, a ima ih samo 39 (temperatura banjskih voda kreće se od 14 do 98 stepeni). Pored prirodnog potencijala, koji bi mogao biti atraktivan za turiste, naročito inostrane, treba ulagati u izgradnju i opremanje sportsko-rekreativnih centara i wellnessa. U Republici Srbiji trenutno radi 23 centra za rehabilitaciju, gde se leče bolesnici, a troškove funkcionisanja uglavnom pokriva država.

Geotermalna energija predstavlja jedan od najvažnijih, ali istovremeno i slabo iskorišćenih resursa naše zemlje. Potencijal toplih podzemnih voda, koje imaju temperaturu od 10 do 150 °C, jednak je sagorevanju 200.000 tona nafte na godišnjem nivou.

Studija Rudarsko – geološkog fakulteta napravljena za potrebe Ministarstva nauke pokazuje da bi Republika Srbija mogla iskoristiti više od 2.000 MW toplotne snage samo od vode čija toplota je 20 °C. To predstavlja ekvivalent čak 2/3 kapaciteta obnovačkih elektrana. Došlo bi do ogromne uštede novca. Proračuni pokazuju da nisu neophodna neka veća ulaganja i da bi se investicije vratile i isplatile za godinu ili dve.

Vlada AP vojvodine je u saradnji sa lokalnim samoupravama napravila konkretne projekte u Kikindi, Senti, Temerinu. Najbitniji posao pokrenut je sa NIS-om. Zajedničko preduzeće, treba da radi na upotrebi geotermalnih voda iz postojećih 78 bušotina. Geotermalni potencijal postoji i moglo bi se zagrevati 50 hiljada stanova (Milenić i sar., 2015).

Izrađen je geotermalni atlas Vojvodine, koji ima veoma precizne podatke za više od 70 bušotina. Istraživanjima je utvrđeno da potencijal geotermalnih voda u AP Vojvodini iznosi čak pet puta više nego što je ukupna potrošna termalne energije. Geotermalni izvori se uglavnom upotrebljavaju za banjski turizam.

5.3. Korišćenje geotermalne vode u staklenicima i plastenicima u proizvodnji povrća i cveća

Geotermalna energija se najčešće i najtipičnije koristi upravo u zagrevanju staklenika i plastenika u poljoprivredi. Poljoprivrednim popisom iz 2012. godine, utvrđeno je da se pod stalnim zaštićenim prostorom u Republici Srbiji na 2.421,8 ha gaji povrće i cveće. Od evidentiranih površina na staklenike otpada 40,9 ha, dok se 30 ha nalazi pod plastenicima koji koriste dodatno zagrevanje. Postoji ukupno 2.350,9 ha pojedinačnih plastenika tunelskog tipa, ali se dodatno zagreva svega 5 ha. Kod nas se zaštićeni prostor u najvećem broju slučajeva greje biomasom, na drvo, ugalj, mazut i gas. Pored toga, efikasno se mogu eksploatirati i otpadne tople vode industrije i geotermalne vode (RZS, 2012).

Popisom (2012) nije evidentiran privremeni zaštićeni prostor. Ovakav prostor podrazumeva gajenje povrća na nastiranom (malčovanom zemljištu) sa ili bez neposrednog pokrivanja biljaka agrotekstilom i izgradnju niskih plastičnih tunela, koji su visine 30-40 cm i širine 100 cm. Procenjuje se da se na navedeni način gaji povrće na površini od 3.000 do 3.500 ha, s tim da neposredno pokrivanje povrća agrotekstilom pokazuje trend rasta.

Uzgoj povrća i cveća u zaštićenom prostoru ima izuzetan agronomski, biološki i ekološki značaj. Svakako, ne treba zanemariti i ekonomski značaj. U svetu i kod nas prisutna su dva sistema uzgoja povrća i cveća u zaštićenom prostoru. U razvijenom svetu dominira usko specijalizovana proizvodnja jedne biljne vrste tokom cele godine. U Republici Srbiji dominira uzgoj uz smenu dve do tri biljne vrste tokom godine. Površine na kojima se vrši celogodišnja proizvodnja, uz dodatno zagrevanje, vrlo su male. Tokom zime, uzgajaju se vrste koje imaju male biološke zahteve za uslovima uspevanja, što se odnosi i na temperaturu. Vrste biljaka koje zahtevaju toplotu, uzgajaju se tek od 20. marta, pa do 30. septembra.

Povrće i cveće postavljaju visoke zahteve za temperaturom tokom proizvodnje rasada i u toku rasta i razvoja, nakon sadnje u različitim tipovima zaštićenog prostora. Tokom faze klijanja i nicanja semena i u fazi rasta i razvoja mladih biljaka potrebno je stalno održavati aktivne temperature, bez bitnijih kolebanja u visini. Aktivna temperatura je svaka temperatura, koja prevazilazi biološki minimum, a nalazi se ispod biološkog maksimuma. Kada se temperatura spusti ispod biološkog minimuma, rast i razvoj mladica se zaustavlja. Kritične minimalne

temperature dovode do uništenja vegetativnog dela biljke i korenovog sistema. Ukoliko nastupe minimalne temperature u međućelijskom prostoru tkiva mladih biljaka smrzava se voda i stvara se led. Ledeni kristali oduzimaju vodu od ćelijske protoplazme i dovodi do koagulacije ćelijskog soka. Ako se dogode ovako ekstremne okolnosti, mladice mogu preživeti jedino ukoliko se vazduh u zaštićenom prostoru dogreva postepeno, kako bi se ledeni kristali u tkivu mlade biljke otapali postepeno. Tada neće doći do oštećenja ćelija. Ukoliko je otapanje naglo, dolazi do kidanja ćelija i propadanja biljke. Fiziološko - biohemijski procesi, kao i aktivnost enzima, najveći su kada su optimalne temperature. Mlade biljke imaju najintenzivniji rast u uslovima kada dnevna temperatura za 4 (5,5) do 8 °C prevazilazi noćnu.

Nakon setve semena i u ranim fazama rasta i razvoja, mlado povrće i cveće zahteva aktivne temperature. Kad se obavi setva, gajbe ili kontejneri se sele u komoru za naklijavanje. U komori je temperatura na nivou od 18 °C do 20-25 °C za najveći broj povrtarskih vrsta, dok je za papriku, plavi patlidžan i krastavac nešto viša i iznosi 25-30 °C. U periodu nicanja i iznošenja supkotedonog kolenca na površinu supstrata, gajbe ili kontejneri se premeštaju i raspoređuju u gustom sklopu u zaštićenom prostoru. Posle iznošenja gajbi ili kontejnera iz komore za naklijavanje, posle nicanja prvih 7-10 dana, ukoliko se radi o proizvodnji rasada bez dodatnog osvetljenja, u objektu se spušta temperatura za 4-8 °C danju, pa i za celih 10-12 °C noću. Kada opasnost od izduživanja supkotedonog kolenca prođe, u vreme kada se formira prvi par pravih listova, temperaturu u objektu moramo podići na optimum.

Po kriterijumu zahteva za temperaturom, sve vrste povrća mogu se podeliti u:

- *Toplojubitve ili termofilne vrste.* Tu spadaju paprika, paradajz, plavi patlidžan, lubenica, dinja, krastavac. Kod ovih biljaka biološki minimum iznosi 10 °C, a mladice stradaju i propadaju već na 0-2 °C, dok dobro kaljene mlade biljke mogu izdržati do -0,5 °C, a eventualno kratkotrajne mrazeve -1 do -2,0 °C.
- *Vrste umerenih zahteva prema temperaturi.* Ovde spadaju kupusnjače i salata. Njihov biološki minimum iznosi 5 °C, mladice stradaju već na -2 do -3 °C, a dobro kaljene mlade biljke kupusnjača mogu podneti do -5 do -6 °C, dok dobro kaljene salate mogu podneti čak i do -8 °C.
- *Vrste sa malim zahtevima prema temperaturi.* U ovu grupu biljaka spadaju špargla i lukovi. Za ove biljke biološki minimum za rast i razvoj je na oko 2 °C, a mrazeve mogu podneti i do -10 °C.

Nedelju do dve dana pred rasađivanje, vrši se kaljenje rasada povrća i cveća spuštanjem temperature u zaštićenom prostoru.

Temperatura zemljišta ili supstrata mora se održavati na nivou temperature vazduha, dok se samo u izuzetnim situacijama temperatura zemljišta i/ili supstrata može spustiti za 2-4 °C. Pri optimalnoj temperaturi zemljišta i/ili supstrata aktivnost korenovog sistema je intenzivna. Ukoliko temperatura nije optimalna, usvajanje vode i makro i mikroelemenata rastvorenih u njoj je usporeno. Korenov sistem razvija se sporo, broj finih korenskih dlačica je nedovoljan i koren nema dovoljnu usisnu moć. Biljka će biti slabog kvaliteta.

Dobro razvijen rasad premešta se i sadi u zagrejan zaštićeni prostor. U periodu raspoređivanja biljaka unutar objekta i sadnje potrebno je obezbediti približno istu temperaturu poput te u objektu, gde se vršila proizvodnja rasada, da mlade biljke ne dožive stres, koji mogu izazvati visoke ili niske temperature. U fazi rasta i razvića, tokom čitave vegetacije, optimalna temperatura vazduha, zemljišta ili supstrata se mora održavati, kako bi se postigli željeni rezultati.

U agroekološkim uslovima kod nas, zaštićeni prostor se zagreva promenljivim intenzitetom, zavisno od biljne vrste i doba godine. Upotreba instalirane termičke snage sistema za grejanje zavisi od toga koliko iznose srednjednevne i minimalne temperature vazduha. Kritičan period traje od prve dekade oktobra do polovine aprila.

U našim klimatskom uslovima potrebno je dodatno zagrevanje u proleće tokom aprila i maja meseca, a na jesen tokom septembra i oktobra. Ono je neophodno zbog eliminisanja kondezata na pokrивci, vegetativnim i generativnim organima. Eliminacija kondezata drastično smanjuje troškove zaštite od bolesti (pre svih - gljivičnih bolesti) i štetočina. Efikasnost primene hemijskih preparata neuporedivo je veća, a moguća isključivo u optimalnim uslovima. Dodatno zagrevanje bitno je i u kontroli gljive čađavice, jer smanjuje brojnost bele leptiraste vaši i medne rose, čije prisustvo dovodi do pojave gljive, koja bitno umanjuje fotosintezu kod vegetativnih organa i uslovljava pad tržišne vrednosti generativnih organa, kod paradajza i krastavca. Na našem klimatskom i geografskom području, zaštićeni prostor ne mora da se dogreva tokom juna, jula i avgusta, dakle tokom letnjih meseci.

Cevi predstavljaju najbolji način grejanja. Postavljaju se grejne cevi kroz koje cirkuliše topla voda po sistemu centralnog grejanja. One se stavljaju u tri nivoa. Prvi nivo nalazi se na 10-12 cm

iznad površine zemljišta. Drugi nivo postavlja se na visinu od 60-120 cm i podiže se, odnosno, spušta po visini. Treći nivo grejanja smešten je u gornjem delu, u visini oluka. On se koristi za grejanje hladnog vazduha iznad energetskih zavesa i za grejanje vazduha, koji se ubacuje provetravanjem, a pored toga koristi se i za topljenje snega na olucima i krovno staklenim/plastičnim površinama tokom zime.

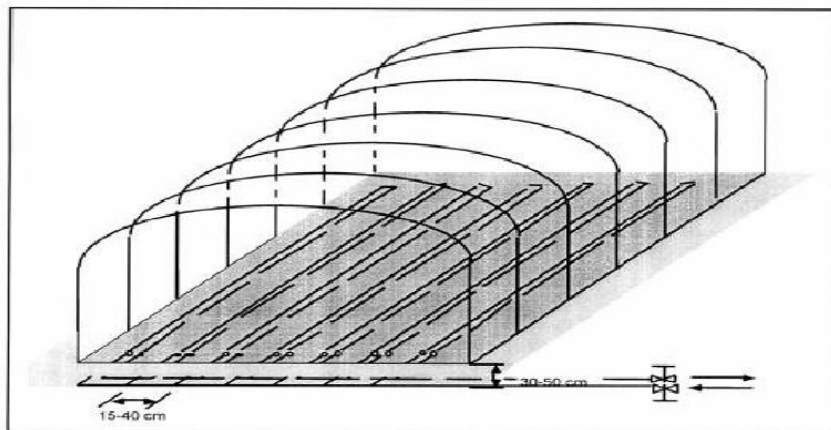
Vremenom je došlo do promena u načinima konstruisanja staklenika i u zavisnosti od tipa korišćenog pokrivnog materijala, moguće je izvršiti podelu na sledeće kategorije:

- *staklo je osnovni materijal,*
- *plastična folija,*
- *fiberglas ili slične čvrste plastike,*
- *kombinacije 2. i 3. načina.*

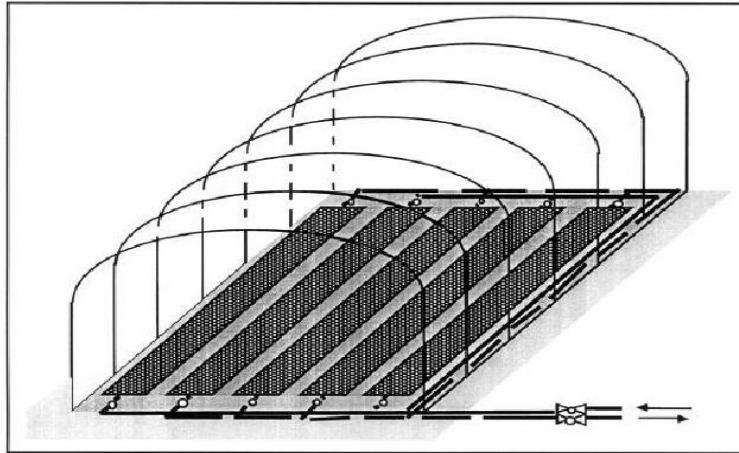
Treba imati u vidu da se noseće konstrukcije malo razlikuju i uglavnom su od čelika ili aluminijuma. Od nabrojanih, staklenici su najskuplji i to iz dva razloga: cene samog pokrivnog materijala i potrebe za jačom nosećom konstrukcijom, koja treba da drži staklo. Plastenici predstavljaju jednu od najupotrebljavanijih varijanti u novije vreme, a procene oko veka trajanja pokrivnog materijala u ovom slučaju su 3 godine i to mu je i najveća mana.

Sistemi za zagrevanje staklenika/plastenika imaju u sebi cirkulacione krugove kroz koje se kreće vruća voda kroz cevi ili pak, cirkulaciju toplog vazduha putem duvača vazduha (ventilatora) ili pak, kroz cevi. Cevi se mogu postaviti ili iznad tla ili na tlo unutar plastenika, ili opet, ispod zemlje, 10-40 cm ispod površine.

Shema 5. Podzemna zagreivna instalacija u stakleniku/plasteniku

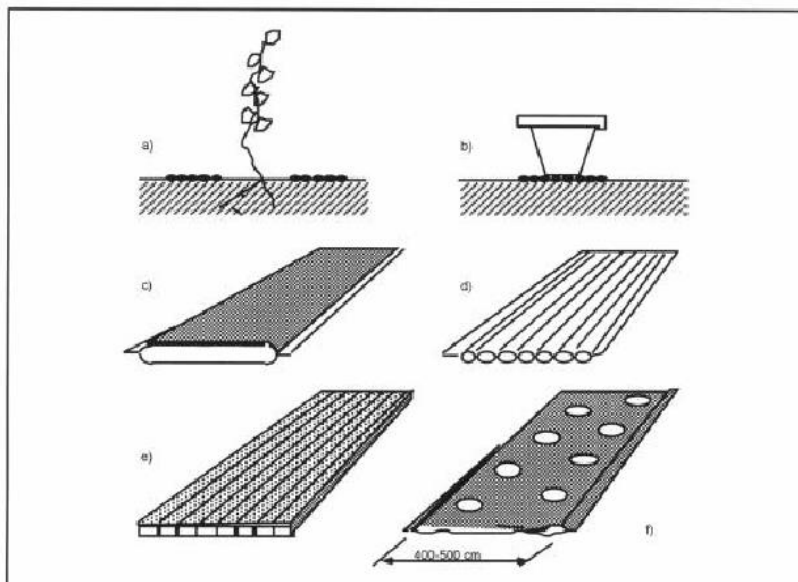


Shema 6. Površinska grejna instalacija u stakleniku/plasteniku



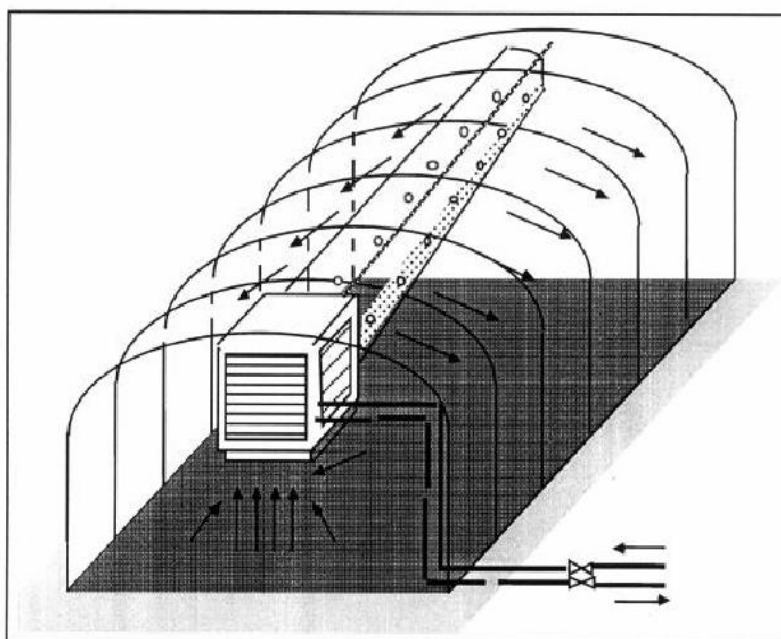
Cevi se najčešće nalaze duž bočnih zidova, ali i ispod kultura, koje se uzgajaju, da bi se dobila željena distribucija temperature u stakleniku/plasteniku. Uniformna temperaturska distribucija na horizontalnom nivou može da se dostigne, kad se približno trećina toplote produkovane preko cevi ravnomerno rasporedi po stakleniku/plasteniku. Najpogodniji položaj cevi je ispod rastinja, tako da se izbegne, kako stvaranje temperaturskih slojeva, tako i zasenčivanje biljaka (za razliku od situacije, gde se cevi polažu u blizini krova staklenika/plastenika). Podzemne cevi moraju da budu od plastike, npr. polietilena (PE), polipropilena (PP), PVC itd., zbog činjenice da tlo predstavlja korozivno okruženje. Cevi moraju da imaju dovoljnu kompresivnu jačinu, da bi mogle da izdrže težinu sloja zemlje, koji počiva nad njima. Grejni sistem ispod površine zemlje se sastoji od mnogo cevi malog prečnika (reda veličine 1 inča), grupisanih u petlje. Kraj svake petlje je povezan sa glavnom napojnom cevju i povratnom cevju preko plastičnih ili mesinganih priključaka, za koje je poželjno da budu na površini.

Shema 7. Različito izvođenje razmenjivača toplote za slučaj površinske grejne instalacije u stakleniku/plasteniku



Ovakve jedinice uključuju ventilator, koji uduvava vazduh iznad bakarnih namotaja sa vrućom vodom. Glavna prednost ovakvih grejača je brzo grejanje unutrašnjeg vazduha.

Shema 8. Zagrejač vazduha u stakleniku/plasteniku



Postoje različite alternative, takve kao što su upotreba centralne jedinice velike snage i distribucije zagrejanog vazduha kroz plastične cevi (obično napravljene od PE tabli) unutar

staklenika/plastenika ili upotreba više manjih jedinica raspoređenih unutar staklenika/plastenika. U svim slučajevima zagrejači mogu da se povežu sa glavnim cevima sa vrućom vodom preko cevi napravljenih od posebnih vrsta čelika ili PP.

Upotreba razmenjivača toplote se preporučuje, da bi se izbegla korozija bakarnih namotaja ili stvaranja naslaga, što bi rezultovalo smanjenjem toplotnih performansi jedinica. On sadrži PE cevi prečnika oko 1 inča (cola), postavljene 20-30 cm ispod površinskog sloja.

Pošto temperatura u blizini korena biljaka ne bi smela da prelazi određene granice, preporučuje se upotreba PE cevi kroz koje struji vruća voda temperature 30-40 °C. U većini slučajeva, kad su željene temperature u staklenicima/plasticima 12 °C ili više, podzemni sistem može da obezbedi samo deo ukupnih toplotnih potreba. Ovo rezultuje činjenicom da temperatura tla ne bi trebalo da previsi određene temperature, kao što je istaknuto.

One mogu da budu čelične ili bakarne cevi sa aluminijumskim orebrenjima. Njihove prednosti su da mogu da izdrže i visoka naprezanja i temperature, ne smeta im solarna radijacija i imaju visok koeficijent toplotne provodljivosti. Preporučuje se njihova upotreba, kao sekundarnog zagreivnog kruga u stakleniku/plasticu, kome će se obezbediti toplote od geotermalnog fluida preko razmenjivača toplote.

Zagreivni sistem u ovom slučaju predstavlja sam pokrivač plasticu. Konstruiše se dvojna struktura, od kojih se spoljašnja pokriva bilo kakvim providnim materijalom. Unutrašnja struktura se pokriva PE pokrivačem, koji se prska geotermalnom vodom.

Osim neophodnosti prisustva dovoljno svetlosti, temperatura je najvažniji faktor koji utiče na razvoj biljnih kultura, koje se gaje u staklenicima/plasticima. Drugi uticajni faktori su ugljen dioksid, vlažnost, strujanje vazduha i isparavanje.

Za vreme dnevnog perioda, ako ima dovoljno svetlosti, temperatura staklenika/plasticu se brzo povećava iznad ambijentalne temperature. Ne računajući neke ekstremne slučajeve, temperatura biljaka se ne razlikuje značajno od temperature vazduha unutar staklenika/plasticu, što može lako da se posmatra i kontroliše. Stoga bi svaki korisnik staklenika/plasticu trebalo da može da održava temperaturu vazduha unutar staklenika/plasticu u željenom obimu. Ovo vodi do ranih prinosa, što dovodi do većih prodajnih cena za proizvedeno rastinje. Takođe, na ovaj način može da se postigne i proizvodnja van sezone 2 ili 3 puta godišnje.

Važne temperaturske vrednosti unutar staklenika/plastenika su:

- gornji dnevni dozvoljeni temperaturski limit,
- minimalna vrednost ispod koje će doći do oštećenja biljaka i
- donja temperaturska granica ispod koje biljke neće rasti.

Zagrevni sistem staklenika/plastenika može da se konstruiše na takav način da se postižu optimalne temperature ili jednostavno da se održavaju temperature unutar staklenika/plastenika iznad najniže dozvoljene temperature, da bi se izbeglo oštećivanje biljnih kultura.

Može se računati sa željenom temperaturom vazduha od 15-25 °C i danju i noću, vrednošću pogodnom za uzgajanje mnogih kultura, pri čemu se ekstremno visoke dnevne temperature mogu eliminisati upotrebom prirodnih ili prinudnih sistema za cirkulaciju.

Pored noseće opreme staklenika/plastenika i pokrivača, koji može da bude od plastike, stakla ili nekog drugog transparentnog materijala sa dugim životnim vekom, moguće je da se upotrebi i nešto od dodatne opreme, koja obuhvata sledeće sisteme:

- *geotermalni zagrevni sistem,*
- *konvencionalni zagrevni sistem,*
- *pokrivač za toplotnu radijaciju,*
- *sistem za zasenčivanje,*
- *sistem za fertilizaciju,*
- *sistem za prskanje,*
- *sistem saksija,*
- *ostalo.*

Procena troškova izgradnje jednog geotermalnog staklenika površine 1000 m² (tabela 10), za uzgajanje kultura u sistemu sa saksijama, koji uključuje i:

- geotermalni zagrevni sistem,
- sistem saksija,
- sistem prskanja,
- sistem zasenčivanja biljaka,
- sisteme automatizacije/kontrole.
-

Tabela 10. Troškovi geotermalnog staklenika površine 1000 m²

	Donja granica, €	Gornja granica, €
Priprema zemljišta	5000	6000
Zagrevni sistem	9000	12000
Staklenik	18000	24000
Električni i pomoćni sistemi	2000	3000
UKUPNO	34000	45000

Izvor: Ilin, Ž., Brkić, M. (2014).

Računato je da očekivani godišnji prihod od staklenika iznosi 15,000-25,000 € sa troškovima eksploatacije, koji ne prelaze 10,000 € godišnje. Rezultat je vreme otplate od 3-9 godina.

Da bi bilo moguće odrediti potreban sistem za grejanje plastenika/staklenika, neophodno je pre svega odrediti vršne toplotne zahteve objekta. Toplotni gubici staklenika se sastoje iz dva dela i to:

- gubitaka kroz krov i zidove i
- infiltracione i ventilacione gubitke prouzrokovane zagrevanjem spoljašnjeg hladnog vazduha.

Tabela 11. Temperaturni zahtevi za neke od uobičajenih kultura koje se uzgajaju u plastenicima/staklenicima

Vrsta biljke	Dnevni temp. zahtev, [°C]	Noćni temp. zahtev, [°C]
Paprika	18-29	21-24
Paradajz	21-24	17-18
Krastavci	24-25	21
Zelena salata (u periodu branja smanjiti temperaturu 2°C)	24	21
Ruže	16-17	17
Geranijum	Max 21-27	

Izvor: Ilin, Ž., Brkić, M. (2014)

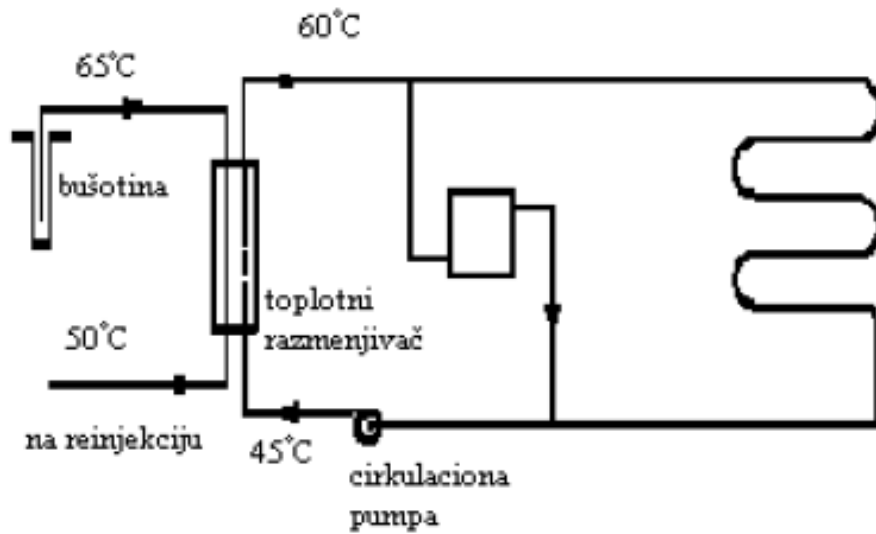
Podela na osnovu primenjenog grejnog sistema u plastenicima i to na:

- *grejne sisteme sa orebrenim cevima,*
- *standardne grejne jedinice,*
- *niskotemperaturne grejače,*
- *jedinice sa ventilatorima,*
- *sisteme sa glatkim cevima.*

U praksi, izbor grejnog sistema često nije diktiran na osnovu inženjerskih razmatranja, kao što je uzimanje u obzir maksimalnog korišćenja dostupnog geotermalnog izvora, pa čak ni na osnovu najekonomičnije varijante, već se to u velikom broju slučajeva vrši na osnovu opredeljenja uzgajivača. Njegovo opredeljenje za određeni tip grejnog sistema se (uglavnom) bazira na prethodnom iskustvu u gajenju određenih kultura uz pomoć određenog sistema. Na odluku mogu da utiču i tip biljne kulture ili potencijalni problemi sa biljnim bolestima. Neke kulture, kao što su npr. ruže, zahtevaju kontrolisanu vlažnost i određeni nivo cirkulacije vazduha, da bi se izbeglo stvaranje plesni na listovima. Nasuprot njima, neke tropske i subtropske biljke zahtevaju visoku vlažnost i više temperature tla. Svi ovi faktori se moraju uzeti u obzir i konkretna odluka se ne sme doneti bez detaljnog razgovora sa uzgajivačem.

Toplotni razmenjivači u većini geotermalnih primena predstavljaju deo opreme, koji služi da razdvoji uređaje i opremu za zagrevanje od geotermalnog fluida. Ovo je povezano sa činjenicom da većina geotermalnih fluida ima izrazito korozivne osobine. U opštem slučaju, toplotni razmenjivač se postavlja izmenu dva cirkulaciona kruga (kao na donjoj slici), geotermalnog i tzv. čistog kruga.

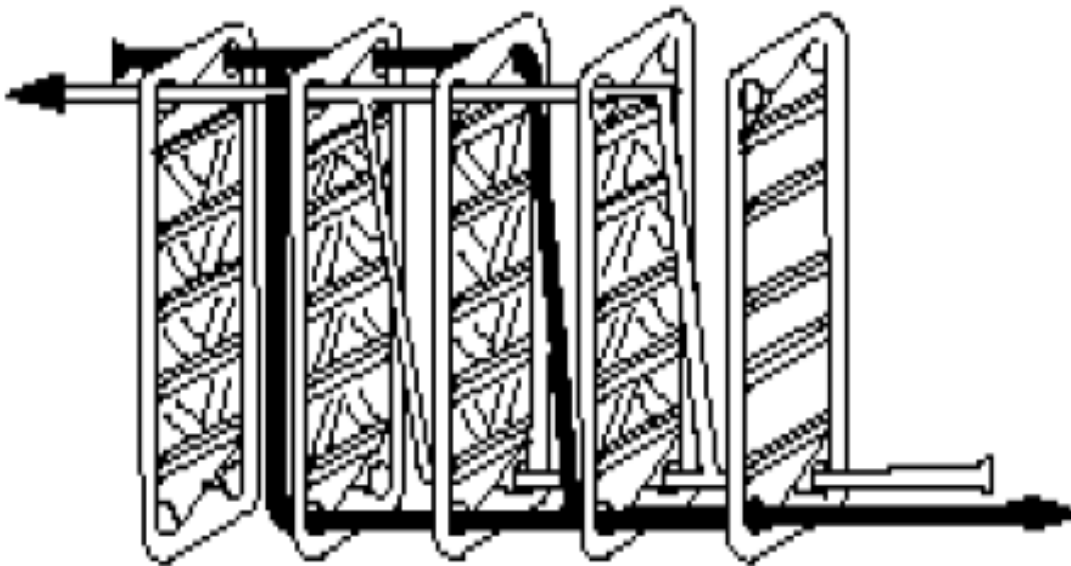
Shema 9. Prikaz opreme u zatvorenom toku geotermalnog fluida



Izvor: Geo Heat Center, Oregon

Kao rezultat korišćenja toplotnog razmenjivača dolazi do određenih toplotnih gubitaka. Ovi temperaturni gubici zavise od tipa korišćenog toplotnog razmenjivača. Zbog najmanjih temperaturnih padova, pri korišćenju geotermalnih izvora, najviše su u upotrebi pločasti razmenjivači (na slici 29).

Shema 10. Pločasti razmenjivač

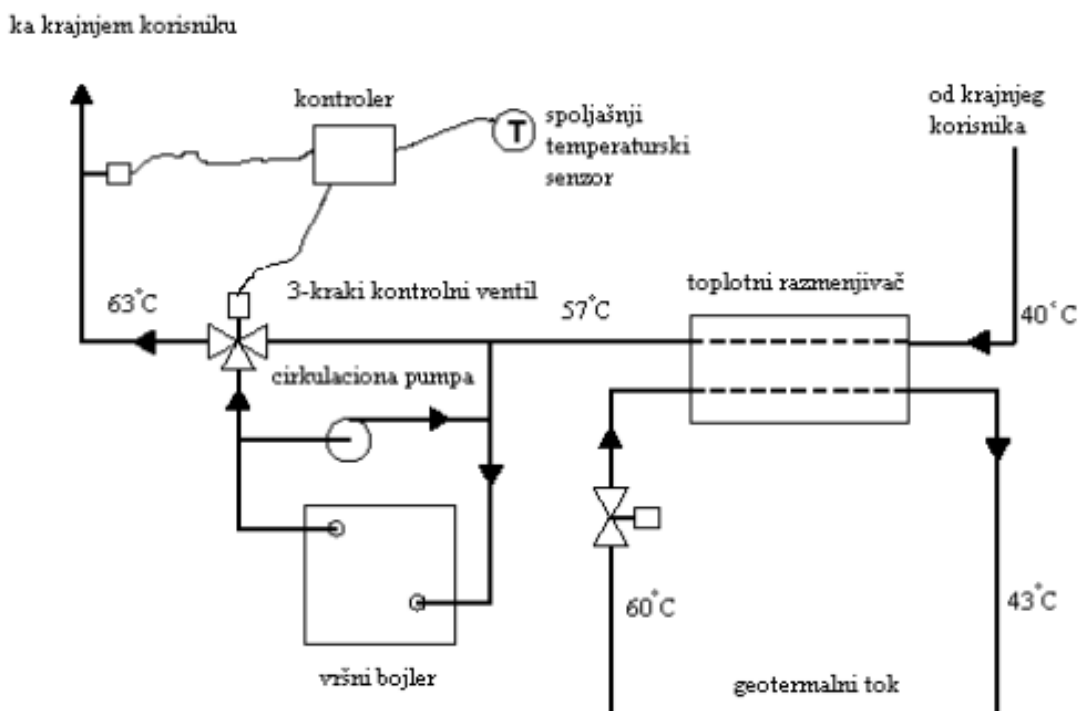


Izvor: Geo Heat Center, Oregon

Osim nabrojanih sistema zagrevanja plastenika/staklenika, u upotrebi je i sistem podnog grejanja, pri čemu se cevi postavljaju ispod površine zemlje. Ranije su se u te svrhe koristile čelične i bakarne cevi, ali zbog problema sa korozijom, povećana je upotreba raznih plastičnih materijala, od kojih je jedan od popularnijih polibutilen, koji ima karakteristiku da dobro podnosi relativno visoke temperature (reda veličine 80 °C) i da je prisutan u rolovanom obliku što olakšava postavljanje instalacije. PVC cevi su prisutne samo u čvrstom obliku i ograničene su visinom temperatura. Sistem sa podnim grejanjem ima i mane, koje se pre svega ogledaju pri korišćenju u promenljivim temperaturnim uslovima, gde je u određenom periodu godine potrebno povećavati temperaturu u sistemu da bi se održala konstantna temperatura vazduha, zbog čega dolazi do povećavanja temperature tla, što se nepogodno odražava na kulture koje se gaje u blizini tla, pa čak i na one koje se nalaze na klupama. Zbog te činjenice se ovi sistemi, uglavnom koriste u kombinaciji sa drugim grejnim sistemima.

Jedan primer grejnog sistema zajedno sa pripadajućom opremom je prikazan na sledećoj slici.

Shema 11. Dijagram toka za grejanje (Flow Diagram-Hot Water Heating system)



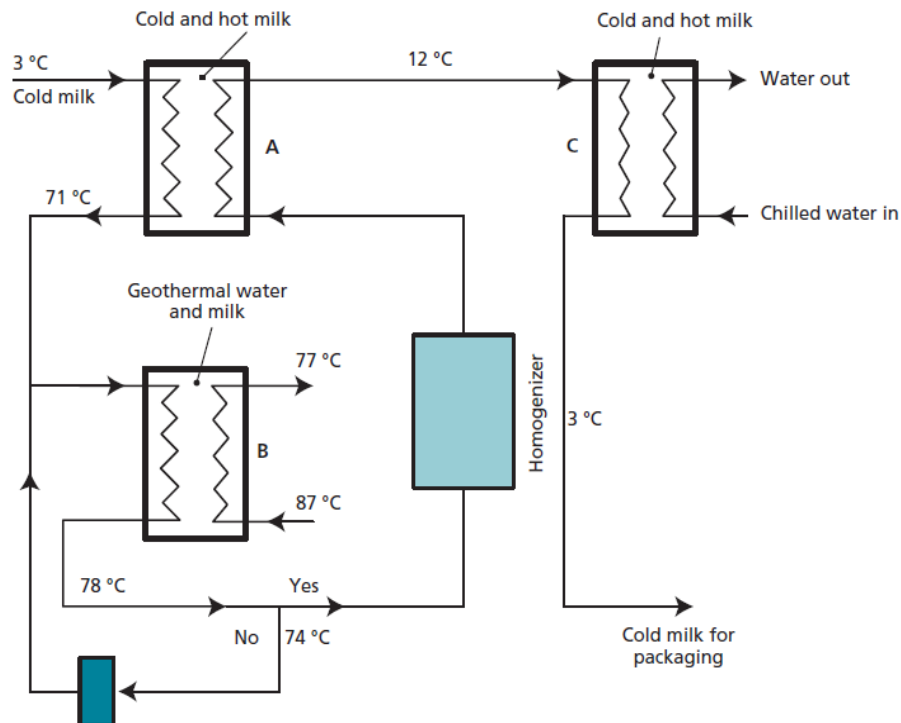
U svim dosadašnjim razmatranjima vezanim za upotrebu u plastenicima/staklenicima računato je sa činjenicom da je moguće kompletno toplotno opterećenje zadovoljiti samo pomoću

geotermalne energije. U nekim situacijama poželjno je unapred razmotriti i opciju pokrivanja tzv. vršnih opterećenja pomoću nekog fosilnog goriva. Potreba za ovako nečim može da se javi, u slučaju za proširenjem plastenika/staklenika, a pri ograničenom protoku geotermalnog fluida.

5.4. Korišćenje geotermalne energije u proizvodnji i preradi mleka i mesa

Mleko mora da bude zdravstveno bezbedno i higijenski ispravno. Kvalitet mleka opada u procesu kretanja od proizvođača do prerađivača, zbog aktivnosti enzima, rasta mikroorganizama, smanjenja higijene, čuvanja mleka i visoke temperature skladištenja. Zato, mleko treba da se podvrgne efikasnoj termičkoj obradi pasterizacijom, sterilizacijom ili kuvanjem. Mlekare su dužne da obezbede potrošačima higijenski ispravno i kvalitetno mleko. Pasterizacija treba da uništi sve patogene klice u mleku i da obradom ne utiče na sastav, ukus i hranljivu standardizovanu vrednost. Da se spreči aktivnost enzima, rast mikrobakterija, mleko mora da bude procesirano na visokoj temperature ili da prođe proces na veoma visokim temperaturama-ultra-high temperature (UHT) proces (Perko, 2011).

Shema 12. Pasterizacija mleka uz primenu geotermalne energije



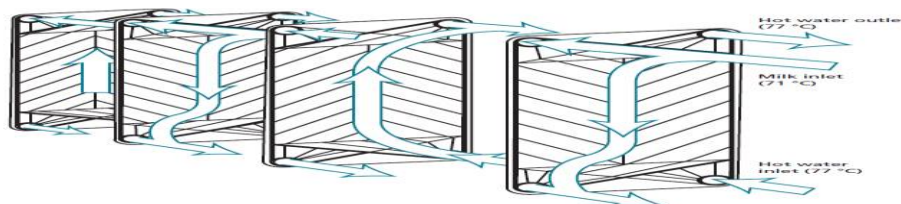
Izvor: Geo-Heat Center, Klamath Falls, Oregon

Lund. J. (1997) u radu “Milk pasteurization with geothermal energy”, ističe da je geotermalna voda, umesto korišćenja dubinskih izmenjivača toplote, korišćena direktno iz bunara u pasterizirajućem izmenjivaču toplote, a iskorišćena voda je kasnije korišćena u industriji i grejanju prostora. Temperatura ulazne geotermalne vode iznosi 87 °C. Voda u bunaru se kretala od 80 do 98 °C.

Proces pasterizacije uključivao je pumpanje do 6,3 l/s geotermalne tečnosti u zgradu i kroz kratkotrajni pasterizator (grejač ploče od nerđajućeg čelika). Geotermalna voda je pumpana iz bunara na 87 °C u zgradu i kroz grejač sa tri sekcije ploča. Ulazno hladno mleko sa 3 °C zagrevalo se mlekom iz homogenizatora u jednom delu pločastog izmenjivača toplote. Mleko je zatim prešlo u drugu sekciju pločastog izmenjivača toplote, gde je geotermalna tečnost grejala mleko na minimalnu temperaturu od 78 °C u trajanju od 15 sekundi u kratkotrajnom pasterizatoru. Ako je temperatura pala ispod 74 °C, kratkotrajni pasterizator je automatski recirkulisao mleko dok se ne postigne potrebno grejanje. Kada se mleko pravilno pasterizuje, propušta se kroz homogenizator i zatim se vraća nazad preko druge strane prvog dela ploče sa izmenjivačem toplote, gde se hladi do 12 °C dolaznim hladnim mlekom. Konačno je ohlađen do 3 °C hladne vode u trećem delu pločastog izmenjivača toplote, gde je mleko otišlo u kutije pakovanja. Ovo je osiguralo i ukus i duži rok trajanja. Kao dodatni bonus, odlazeće zagrejano mleko se donekle ohladilo prolazeći kroz hladno mleko, a hladno mleko se naizmenično zagrevalo odlazećim mlekom. Mleko je prerađeno brzinom od 0,84 l/s. Topla para je bila neophodna u procesu rada sa opremom, tako je geotermalna voda zagrejana prirodnim gasom da bi se dobila potrebna temperatura.

Topla voda i mleko teku kroz ploču izmenjivača toplote u suprotnim smerovima. Tok vode i njena cirkulacija se kontrolišu postavljajući spojnice, koje sprečavaju mešanje mleka i tople vode.

Slika 25. Tok fluida preko ploče izmenjivača toplote kod pasterizacije mleka



Izvor: Geo-Heat Centar, Klamath Falls, Oregon

Geotermalna energija ima svoju primenu u klanici i pogonima za preradu, finalizaciju u visokokvalitetni asortiman i konfekcioniranje mesa. Koristi se za rasvetu, hlađenje i napajanje pumpi, kompresora, transportera, ventilatora, mašina za sečenje mesa, za obradu, pakovanje i preradu vode. Termalna energija može se koristiti za pranje toplom vodom, tuševе i pranje ruku.

Kod proizvodnje mesa, važan proces je sterilizacija mesa. Sterilizacija mesa je su bitna za suzbijanje mikroorganizama, koji prouzrokuju botulizam i druge bolesti. Takođe, i kod prerade (sušenja) ribe, ovo je važan korak jer kao i u slučaju mleka, i ovde se razvijaju mikroorganizmi koji mogu imati fatalne posledice kao *Clostridium botulinum*. Da bi se eliminisale opasnosti od botulinizma i ostale opasnosti, primenjuje se zagrevanje mesa, da bi se uništile bakterije *Clostridium botulinum*. Temperatura sterilizacije je visokih 121 °C i primenjuje se najmanje 3 minuta. Geotermalna para se ovde koristi u najvećem broju slučajeva, ali se i geotermalna voda od 105–120 °C ili pak, vodena para, mogu koristiti za sterilizaciju opreme, koja nam služi za procesiranje mesa ili pakovanje mesa (Lund, J., 1996).

Termalna voda se koristi za opštu higijenu i za procese u preradi. Geotermalna energija se koristi za hlađenje i hlađenje klanica i mesa. Direktna toplota iz geotermalne energije je resurs koji obezbeđuje energiju potrebnu za proces odvijanja proizvodnih operacija za proizvodnju finalnih proizvoda (Lund, 1997).

Geotermalna energija se koristi i za sušenje mesa i ribe radi produženja trajnosti upotrebe i korišćenja mesnih i ribljih proizvoda.

Geotermalni resursi će obezbediti potrebnu električnu i toplotnu energiju, kao i vodu. I pored toga, što su početni troškovi za geotermalnu eksploataciju nešto viši nego od konvencionalnog pogona, postoji značajna ušteda u troškovima energije na geotermalni pogon. Profitabilnost za geotermalni pogon u klanici je poboljšana dodavanjem vrednosti klaničnim proizvodima.

Geotermalna energija ima veliki potencijal za transformaciju klaničnih procesa, kao i za povećanje njihove profitabilnosti. Saradnja sa svim učesnicima proizvodnje, prerade i prometa je od najveće važnosti u postizanju ekonomskog uspeha poslovanja klanice i pogona na geotermalnu energiju.

Uspeh se se može ostvariti primenom geotermalne energije u stočarskoj proizvodnji uz lokaciju klanica u blizini izvorišta geotermalnih polja. Klanice srednjeg kapaciteta mogu uspešno

poslovati, ako koriste električnu toplotnu energiju iz geotermalnih resursa. Ekonomičnost se povećava, ako klanica bavi i preradom u široku lepezu finalnih proizvoda. Supstitucija konvencionalne sa geotermalnom energijom utiče na povećanje profitabilnosti u poslovanju.

5.5. Sušenje voća i povrća korišćenjem geotermalne energije

Sušenjem plodova voća i povrća, oni se štite od kvarenja te se tako dobijaju kvalitetni dugotrajni proizvodi. Sušenjem se eliminiše deo slobodne vode, čuva biološki sadržaj i sprečava aktivnost mikroorganizama. Sušenje se vrši na suncu, konvekcijom, rasprskavanjem, kontaktno, sublimacijom, u peni i koncentrisanjem. Sušenje na suncu u domaćinstvima je ekonomično i kvalitet proizvoda dobar. Konvekcijom sušenje vrši se strujanjem toplog vazduha ventilatorom u sušnici.

Dakle, sušeno voće i povrće može se proizvesti različitim procesima. Procesi se razlikuju po metodama koje se koriste za sušenje, koje zavise od vrste sirovine i karakteristika finalnog proizvoda. Autori ističu sušenje uz pomoć sunca, atmosferska dehidracija, subatmosverska dehidracija (prelaz toplog vazduha preko proizvoda), zamrzavanje-sušenje za dodatnu vrednost proizvoda, mikrotalasno sušenje i sušenje korišćenjem osmoskog fenomena. Poslednje dve metode su eksperimentalne.

Sušenje voća i povrća čuva proizvode, pojeftinjuje skladištenje, transport i pakovanje. U primeni je kontinuelni proces koji uključuj tunel, fluidizovani krevet, kontinuirani pojas i sušare. Geotermalna energija se može koristiti kao izvor za grejanje suvog vazduha. Primenom geotermalne pare može da se izvrši supstitucija konvencionalnih energenata.

Korišćenje geotermalne energije povećava efikasnost procesa sušenja. Različiti proizvodi od povrća i voća mogu se dobiti sušenjem sa kontinuiranim trakastim transporterima ili serijskim sušačima sa temperaturama vazduha od 40 do 100 °C.

Sušenje poljoprivrednih proizvoda je verovatno najvažnija industrijskih primena za niske ili srednje temperature geotermalne energije (40-150 °C). Svež ili recikliran vazduh prolazi kroz vodeno-vazdušni konvertor i zagreva se do temperatura u rasponu od 40 do 100 °C. Topao vazduh prolazi kroz ili iznad kasete ili trake sa sirovim proizvodima, a kao rezultat smanjuje

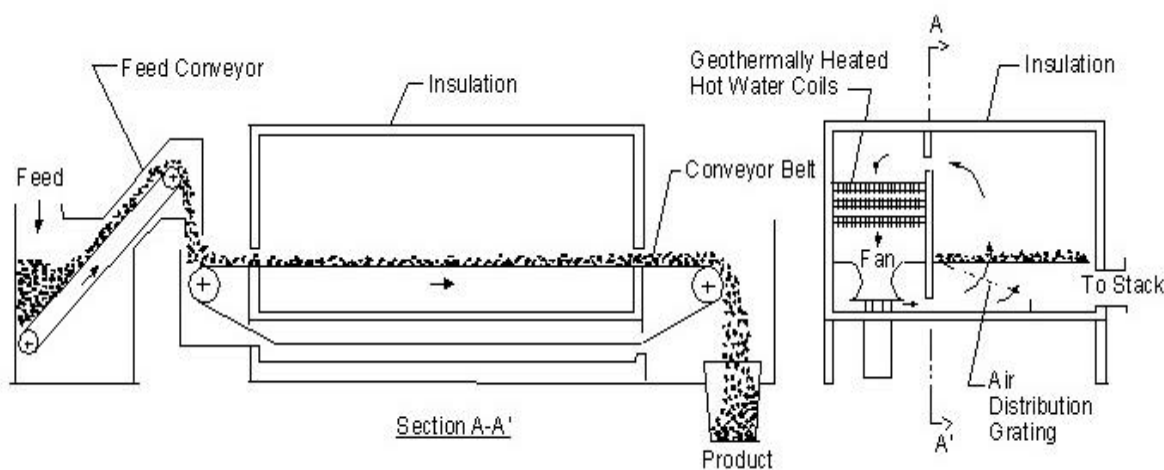
sadržaj vlage. U geotermalnom sušenju električna energija se koristi za pogonske ventilatore i pumpe.

U poljoprivredne proizvode koji se suše koristeći geotermalnu energiju spadaju: crni i beli luk, različito voće (jabuka, kruška, banana, dinja, mango, kokos), lucerka, žitarice, alge, drveća... Najveće sušne jedinice, koje su počele sa radom 60-ih i 70-ih, bave se sušenjem diatomejske zemlje na Islandu i sušenjem lucerke i drveća na Novom Zelandu. U svetu, korišćenje geotermalne energije za poljoprivredno sušenje iznosi svega 0,5 % od ukupnog korišćenja geotermalne energije od 2000. godine (Milivojević i Martinović, M., 1996).

Na sledećoj shemi prikazana je sušara u kojoj geotermalna energija u razmenjivačima toplote predaje toplotu vazduhu za sušenje, kojim se suše proizvodi na lančanoj rešetki.

Oprema u oblasti direktne primene geotermalne energije je standardnog tipa, s tim što se mora obratiti pažnja na uticaj temperature i kvaliteta vode. Korozija koja nastaje kao posledica sastava geotermalnog fluida "zaslužna" je za pokušaje izolovanja geotermalnog fluida od dodira sa što je moguće većim delom opreme, što je prouzrokovalo ubacivanje toplotnih razmenjivača, kao posrednika između "čistog" fluida i onog iz geotermalnog izvora. Uticaj korozije na toplotni razmenjivač je detaljno ispitivan i takva iskustva su dovela do pojave proizvođača toplotnih razmenjivača specijalizovanih za geotermalne vode, koji uzimaju u obzir hemijski sastav fluida i na osnovu njega određuju materijale koji će biti korišćeni pri izradi.

Shema 13. Primer primene geotermalne energije u sušari



Izvor: Geo Heat Center, Klamath Falls, Oregon

Metodom rasprskavnja voda se pretvara u sitne kapi. Korišćenjem visoke temperature (110-126 °C) sušenje se završi za nekoliko sekundi i i tako najbolje čuvaju karakteristike proizvoda. Uslov sušenja je da proizvod bude tečan pa se metod može primeniti za sokove i druge tečne napitke. Proizvod se izdvaja tako što krupnije osušene čestice padaju na dno sušnice, a sitnije sa strujom vazduha u ciklonima. Ovim metodom dobijaju se loptaste čestice koje gube vlagu, zapreminu, a oblik je isti. Korišćenjem geotermalne energije iz geoelektrana postupci sušenja su ekonomičniji. Sušenje šljive zahteva da su plodovi zreli, zdravi, određene veličine, bez oštećenja i s povoljnim odnosom šećera i kiselina. Šljiva se bere bez peteljki, kada je tehnološki zrela, krupna, aromatična, plave boje i ima suve materije 19-21 %. Sušenje šljive podrazumeva sledeće postupke: kontrola, pranje, kontrola, klasiranje, stavljanje na lese i sušenje. Šljiva se klasira u tri klase i svaka klasa se posebno suši. Posle stavljanja na lese pristupa se sušenju. Početna temperatura je 75-78 °C, a krajnja 50-60 °C i sušenje traje od 20-24 časa. Osušena šljiva koja sadrži 22-26 % vlage se ohladi, klasira i skladišti u promajna i čista skladišta. Čuvanje se vrši na temperaturi do 15 °C i vlažnosti vazduha do 70 %. Prostorija za čuvanje treba da ima ventilator koji će eliminisati suvišnu vlagu. S obzirom na broj operacija kod sušenja šljiva i drugog voća, može se koristiti geotermalna energija, ako je na raspolaganju.

5.6. Primeri sušenja luka i paradajza i geotermalnom energijom

U Nevadi nalaze se postrojenja za sušenje krupnog luka i češnjaka. Sušare se snabdevaju od 3.000 do 4.300 kg/h luka sa sadržajem vlage od oko 85 % i nakon 24 sata proizvode 500 do 700 kg/h sušenog luka pri sadržaju vlage oko 4 %.

Dva velika geotermalna dehidratora belog luka mogu obraditi 12 tona mokrog luka na sat i koristiti 35 MJ geotermalne energije po kg suvog proizvoda. Dnevna upotreba energije za oba objekta je oko 1,37 TJ i godišnja upotreba, zasnovana je na radnoj sezoni od 150 dana i iznosi oko 208 TJ/god.

Dehidracija luka na ovim lokacijama uključuje upotrebu neprekidnog rada, sa prilično niskom temperaturom toplog vazduha od 40 do 105 °C. Postrojenje za preradu preradiće 4.500 kg sirovog proizvoda po satu (jedna linija) i smanjiti vlagu sa 80 % na 5 % za svega 6 sati.

Neprekidno sušenje jedne linije dužine 65 m i širine 3,8 m, koja zahteva 2.450 m³ vazduha po minuti i do 42 GJ na sat.

Zbog vlage vazduh se u nekim slučajevima može koristiti samo jednom, a time je i iscrpljen. Specijalni aparat jedinice za isušivanje obično je u završnoj fazi. Sušilica se normalno sastoji od četiri dela, od A do D, pri čemu svaki od njih zahteva niže temperature vazduha (96 do 74 °C), ali sa povećanom dubinom proizvoda (od 5 cm do 2 m) suši od 80 % do 5% vlažnosti (Lund, 2015).

Paradajz se može sušiti pomoću više metoda. Sušenje paradajza i vreme sušenja zavisi od sorte paradajza, oblika, sadržaja rastvorljivih materija, veličine paradajza, vlažnosti i toplote vazduha, brzine i efikasnosti sušnog sistema.

Sušenje na suncu je jeftino. Potrebno je dužne sušno vreme što ima za posledicu lošiji kvalitet proizvoda. Finalni proizvod može da sadrži prašinu, insekte, enzime i mikroorganizme. Industrijsko sušenje pod temperaturom od 90 °C može da utiče nepovoljno na kvalitet, boju i aromu i može doći do kaljenja, koje ometa sušenje unutar proizvoda. Idealni uslovi za sušenje paradajza su srednja temperatura 45 do 55 °C, što omogućava da osušeni proizvod sadrži hranljive i ukus.

Prvi primer geotermalnog sušenja paradajza primenjen je u Grčkoj (Andritsos, N. i sar., 2003), gde se četiri tone paradajza godišnje suši, koristeći geotermalnu vodu temperature 59 °C. Kapacitet sušenja je 14 kg/sat, a sušenje se odvija na policama postavljenim u duge tunnelske sušare. Paradajz pri sušenju prolazi sledeće procese: predsušni tretman, sušenje, postsušni tretman, inspekcije, skrining i pakovanje (Richter, A., 2018).

Slika 26. Sušač sa paradajzom



Slika 27. Sušeni paradajz



U pripreмноj fazi se sirov paradajz sprema za proces sušenja. Vršі se izbor paradajza u pogledu zrelosti i ispravnosti. Približno 40-70 % paradajza je odabrano za sušenje u zavisnosti od vremenskih uslova rasta i berbe. Paradajz se sortira u dve kategorije: paradajz teži od 90 g i paradajz lakši od 90 g. Paradajz se smešta u sanduke, pere i isečen na dva dela stavlja u palete od nerđajućeg čelika. Izbeljivanje paradajza nije potrebno zbog bogatstva paradajza sa antioksidantskim supstancama.

Sušenje se vrši u sušnom tunelu. Sušni sistem se sastoji od sledećih glavnih komponenti (Andritsos, N. i sar., 2003):

- Rebrastocevni vazdušno-vodeni razmenjivač toplote za zagrevanje suvog vazduha, ima kapacitet od 300.000 kcal. Hladan vazduh ulazi u razmenjivač toplote u atmosferskim uslovima (20-35 °C) i izlazi iz razmenjivača sa skoro konstantnom temperaturom od 55 °C. Dolazeća geotermalna voda je temperature 59 °C, dok je temperatura vode pri izlasku 51-53 °C. Srednji protok vode tokom prva dva perioda sušenja je oko 25 m³/h. Geotermalna voda ima veoma nizak TDS i ne prouzrokuje bilo kakvo probleme skaliranja ili korozije. Geotermalno vrelo je locirano na oko 1400 m zapadno od sušilice i geotermalna voda je prenesena u neizolovanoj PVC cevi, prečnika od 10 mm.
- Dve ventilatorske jedinice su instalirane u sistem, totalne instalisane snage 7 kW. Tokom operacije sušenja samo mali deo (~ 30%) ove energije je korišćen uz pomoć jednog invertora. Protok vazduha u tunelu bio je 10,000-12,000 m³/h vazduha i površna brzina u tunelu je 1,7 m/s. U prisustvu opterećenih nosača koji delimično blokiraju presek tunela vazduha povećava se brzina od 20 do 50 %, zavisno od lokacije unutar tunela.
- Tunel za sušenje. Tunel dužine 14 m pravougaonog oblika, širine 1 m, a visina 2 m, je konstruisan od poliuretanskih aluminijumskih panela. Zagrejan vazduh teče kontra u odnosu na nosače u tunelu. Palete sa paradajzom su postavljene na ulazu u tunel, a onda prenete na kraj na poluneprekidan način. Na oko 45 minuta svaki niz od 25 paleta osušenog proizvoda je iznesen i 25 novih paleta sirovog paradajza se unosi i pomera prema kraju. Oko 7 kg sirovog paradajza se nalazi na svakoj paleti.
- Merni instrumenti. Dovod i odvod vazduha i temperatura geotermalne vode se kontinuirano prati pomoću termopara. Sadržaj vlage se meri na određenim paletama označenim na raznim lokacijama u tunelu.

Postsušni period obuhvata inspekciju, skrining i pakovanje u odgovarajuću ekoambalažu.

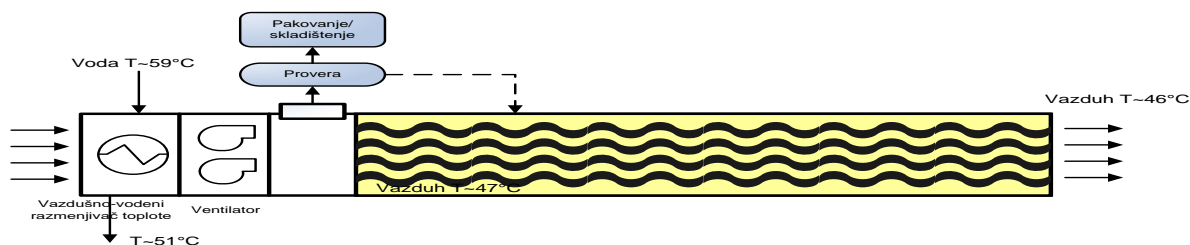
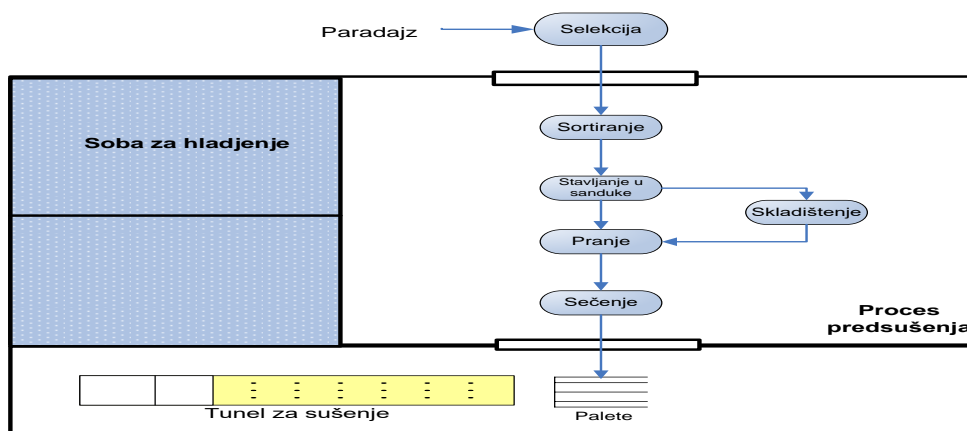
Aroma paradajza sadrži čvrste suve materije od 8 do 10% i vlagu finalnog proizvoda - 10%. Masa osušenog proizvoda smanjena je za 10-12 puta. Vlagu treba brže eliminisati na prvom delu pola tunela. Proizvod se zadržava u sušari 30 sati. To je vreme za probu i greške da bi se postigao najbolji kvalitet proizvoda. U tom periodu 4200 kg sirovog paradajza ulazi u tunel i proizvodnja sušenog paradajza dostiže 400 kg.

„Dehidracija na 50-57 °C, odnosno na blagim temperaturnim uslovima i za relativno dugo vreme, izgleda da zadržava boju i aromu od paradajza, za razliku od paradajza osušenog u industrijskim sušarama (koristeći konvencionalna goriva) korišćenjem temperature vazduha veće od temperature 80 °C , kraće je vreme i sušenje vazduha za reciklažu“ (Andritsos, i sar., 2003).

Pored očuvanja boje, sušni uslovi trebaju da smanje izomerizaciju likopena. Likopeni su hranljive materije paradajza, koji mu daju duboko-crvene boje, a najveća antioksidantna svojstva deluju na sposobnost da smanje rizik oboljenja čoveka od raka prostate i drugih karcinoma. Visoke temperature sušenja mogu dovesti do delimične degradacije hranljivih materija kroz izomerizaciju i oksidacione reakcije.

U procesu sušenja paradajza potrebno vreme zavisi sorte paradajza, sadržaja rastvorljivih čvrstih supstanci svežeg proizvoda, vlažnosti vazduha, veličine segmenta paradajza, vazdušne temperature i brzine i efikasnosti sistema za sušenje. Brzina sušenja utiče na kvalitet osušenog proizvoda. (Richter, A., 2018).

Shema 14. Geotermalni sistem za sušenje paradajza



Izvor: Andritsos, N. i sar., 2003.

5.7. Primer višenamenske sušare "Agrointegral" za male poljoprivrednike

Sušara porodične firme "Agrointegral" iz Knića je jedinstvena protočna i mobilna sušara sa određenim kvalitetima, mogućnost automatizacije, jednoobraznosti proizvoda, višenamenska je, može da se koristi za različite vrste voća i povrća i lekovitog bilja. Pokretna je, lako može da se transportuje. Može da koristi različite vrste energije, naravno i geotermalne izvore energije. Kapacitet je 400-600 kg šljive. Luk se u pravilu osuši za 7 sati, a naša sušara za 5,5 sati što predstavlja direktnu uštedu energije.

Slika 28. Sušara Agrointegral



Sušara omogućava malim poljoprivrednim proizvođačima da proizvode osuše brzo i efikasno u svom domaćinstvu. Prednost višenamenske sušare je protočnost. U sušari proizvođaču se obezbeđuje automatizacija procesa, standard kvaliteta. Za rad je potrebna topla voda pa se može koristiti geotermalna energija.

6. PRIMENA GEOTERMALNE ENERGIJE U GAJENJU TROPSKIH RIBA

Gajenje riba, kao neophodnog izvora visokovrednih animalnih proteina u ljudskoj ishrani, ima proizvodni, ekonomski i ekološki značaj. Ribarstvo i akvakultura predstavljaju važan izvor hrane, mogućnost zaposlenja, rekreacije, rasta trgovine i profita. Prednost akvakulture odnosi se na veliku diverzifikaciju sistema ribarske proizvodnje i dobijenih finalnih proizvoda.

6.1. Gajenje tropskih riba u geotermalnim vodama AP Vojvodine

Primenjena istraživanja mogućnosti gajenja tropskih riba u geotermalnim vodama AP Vojvodine izvršio je Ćirković, M. (2006-2007). Istražene su karakteristike, uslovi i mogućnost gajenja Tilapije i Afričkog soma i sprovedeni eksperimenti proizvodnje u ribnjacima u Mošorinu.

Gajenje tropskih riba u klasičnim ribnjacima može se organizovati u toplotnim uslovima isključivo u toku letnjih meseci. U zimskom periodu, kada temperature padnu ispod optimalne, moguće je gajiti tropske vrste riba uz zagrevanje vode, korišćenjem termoelektranih toplih voda i geotermalnih voda. Dosadašnji rezultati pokazuju da direktno grejanje vode u ribnjacima, korišćenjem različitih energenata, zbog visokih cena nije ekonomski održivo. Kod nas nisu građene geotermalne elektrane, tako da ne postoji industrijska topla voda za grejanje ribnjaka.

Geotermalna energija je raspoloživ, čist i obnovljiv izvor energije, koji se može primeniti u akvakulturnoj proizvodnji i preradi. Veliki broj raspoloživih izvora, izbušenih geotermalnih bušotina sa temperaturnim i svim fizičko-hemijskim karakteristikama geotermalne vode su generator za organizaciju akvakulture u AP Vojvodini. Prioritet treba dati razvoju organske akvakulturne proizvodnje i prerade, jer tržište u sve većoj meri traži baš ovakve proizvode.

Eksperti ističu da familija *Clariidae* ima više rodova, a nama je interesantan rod *Clarias*, koji ima veliki broj različitih vrsta između ostalih i *Clarias gariepinus* (nilski som). Gaji se u Africi, Bliskom istoku, Aziji i Evropi. U intenzivnom gajenju značajnu ulogu imaju hibridi.

Tokom 1970-ih Afrički som bio je najpoželjnija vrsta akvakulture, posebno u Africi. Živi pretežno u jezerima, rekama, močvarama, plavnim područjima, veštačkim akvarijumima i urbanim kanalizacionim sistemima Afrike i Bliskog istoka. Ova vrsta je od velikog ekonomskog

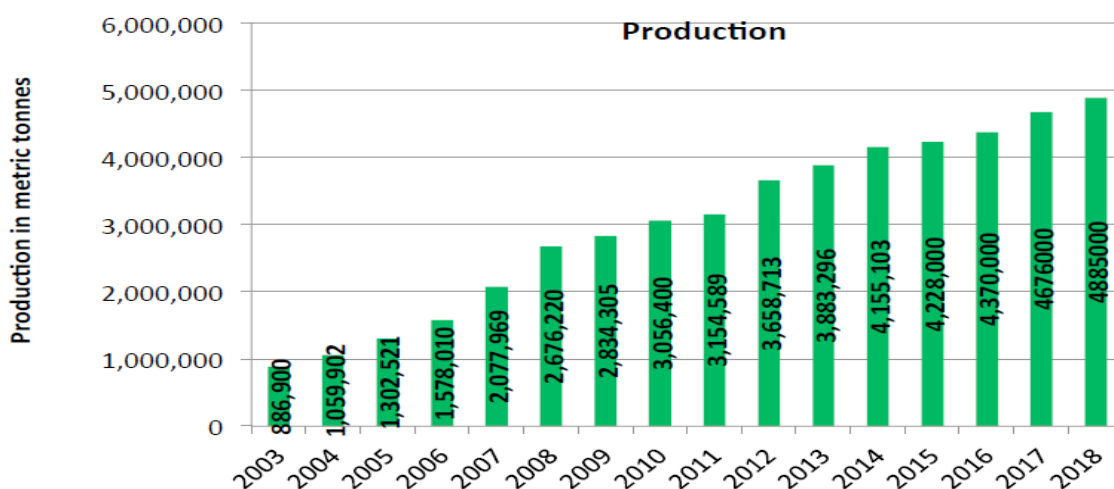
značaja, tako da je početkom 1980-ih uvedena širom sveta u akvakulturi. Ipak, uzgoj soma nije posebno važan mnogim velikim zemljama proizvođačima. Afrički som postaje izvor prihoda, zapošljavanja, rasta društvenog proizvoda, ima relativno višu cenu i tražen je na tržištu. Ishrana utiče da afričko stanovništvo ima nizak sadržaj holesterola. Afrički som brzo raste i hrani se velikim brojem nusproizvoda, toleriše nepovoljne uslove kvaliteta vode, gaji se u visokim gustinama, što utiče na prinos, može se prodati uživo na tržištu, rano sazreva i lako se reprodukuje, zahteva manji prostor i vreme. Som se koristi za kontrolu prekomernog uzgoja u mešovitoj kulturi u jezerima i mamcima za ribolov. Uzgoj soma se proširio u velikom broju zemalja na svim kontinentima i u našem okruženju. Afrički som je obično tamno sive ili crne boje na leđima, bleđi do belog trbuha. Sa prosečnom dužinom odraslih od 1–1,5 m, dostiže maksimalnu dužinu od 1,7 m i težinu do 60 kg.

Slika 29. Afrički som - *Clarias gariepinus*



Izvor: R.Tveteras, 2018.

Grafikon 7. Ukupna svetska proizvodnja Afričkog soma



Izvor: Global Fish Production Data & Analysis (Dr. R. Tveteras, University of Stavanger), Norway

Afrički som živi u slatkoj vodi u jezerima, ribnjacima, rekama, brzacima, barama i u okolini brana. Brzo se akomodira ekosredini, odgovara mu pH-6,5-8,0 i podnosi temperaturu vode 8-35 °C. Za uzgoj je potrebna temperatura vode 28-30 °C. Som je najviše težak 60 kg i dugačak 170 cm. Ima arborescentne organe u škrgama i koristi atmosferski kiseonik. Može da živi i opstane u vodi sa malo kiseonika, diše vazduh i može boraviti izvesno vreme na površini. Živi i mesecima u vlažnoj zemlji. Dobar je za intenzivno ribarstvo pri većoj naseljenosti i do 300 kg/m³ biomase. Hrani se zooplanktonom i ribom veličine 10 % od sopstvene težine. Mlađ se hrani insektima, ikrom, lavrama riba i malim ribama. S porastom hrani se zooplanktonom, a u vreme suše može duže vremena opstati bez hrane. Veći prirast i konverzija hrane postiže se ishranom kompletnim krmnim smešama 35-42 % sirovih proteina.

Polno sazrevanje zavisi od temperature vode i fotoperioda. U ribnjacima matice su odvojene po polovima pri naseljenosti 0,5-1 k/m². Koriste kompletne smeše u ishrani i divlju ribu. Ženka može ponovo da se mresti posle 6 nedelja. Ako se matice drže u vodi temperature od 22 °C u dužem periodu od godine, prekida se sezonski reprodukcioni ciklus i mrest se odvija tokom cele godine. Ženka pri temperaturi vode od 22 °C oslobađa jaja u iznosu od 15-20 % sopstvene težine. Pad temperature ispod 22 °C omogućava mrest, ali se kvalitet ikre smanjuje na 5 % telesne mase. Idelna težina ženskih matica je 300-800 g. Mužjaci polno sazrevaju 8-12 meseci ili sa težinom većom od 200 g (detaljnije: Ćirković, M, i sar., 2006, 2007).

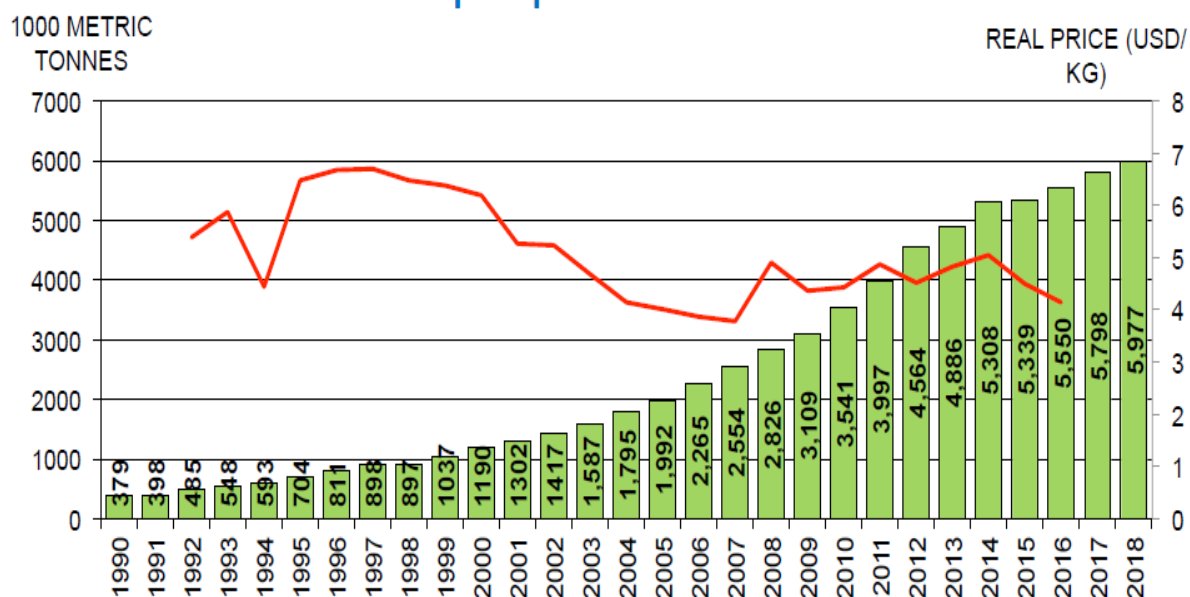
U literaturi se navodi da ima 77 vrsta Tilapija od čega se 22 vrste gaje u ribnjacima. Ona je generičko ime za grupu ciklida - endemskih vrsta nastanjenih u Africi i obuhvata tri roda: *Oreochomis*, *Sarotherodon* i *Tilapija*. Specifičnosti su u njihovom reproduktivnom ponašanju. Prve dve vrste inkubiraju ikru u ustima. Pretežno sve značajne vrste tilapija, koje se gaje u akvakulturi pripadaju rodu *Oreochomicis* i najzastupljenija je *Oreochomis niloticus* (*Tilapija nilotica*). Za intenzivno gajenje značajni su hibridi Tilapija. Kod Tilapija mužjaci prave gnezda na dnu ribnjaka, pare se sa više ženki. Nakon polaganja ikre, mužjaci je oplode, a ženke uzimaju ikru u usta dok se mladunci ne izvale i ne apsorbuju žumančanu kesu. Mladunci ostaju kod majke i beže, zbog opasnosti, u usnu duplju. Polna zrelost zavisi od veličine, starosti i uslova okoline. Tilapija odgajena u jezeru dostiže polnu zrelost u dobu 10-12 meseci, pri težini od 500g, a ista vrsta odgajena u ribnjaku polnu zrelost postiže u 6 meseci pri težini 150-200 g (Balarin i Haler, 1982).

Slika 30. Tilapija



Proizvodnja Tilapije u svetu beleži dinamičan index rasta u periodu 1990-2018. godine. Kod nas su eksperimentalni ogledi izvršeni tokom 2002. godine, bez realizacije razvoja proizvodnje tilapije u geotermalnim vodama AP Vojvodine.

Grafikon 8. Ukupna svetska proizvodnja Tilapije

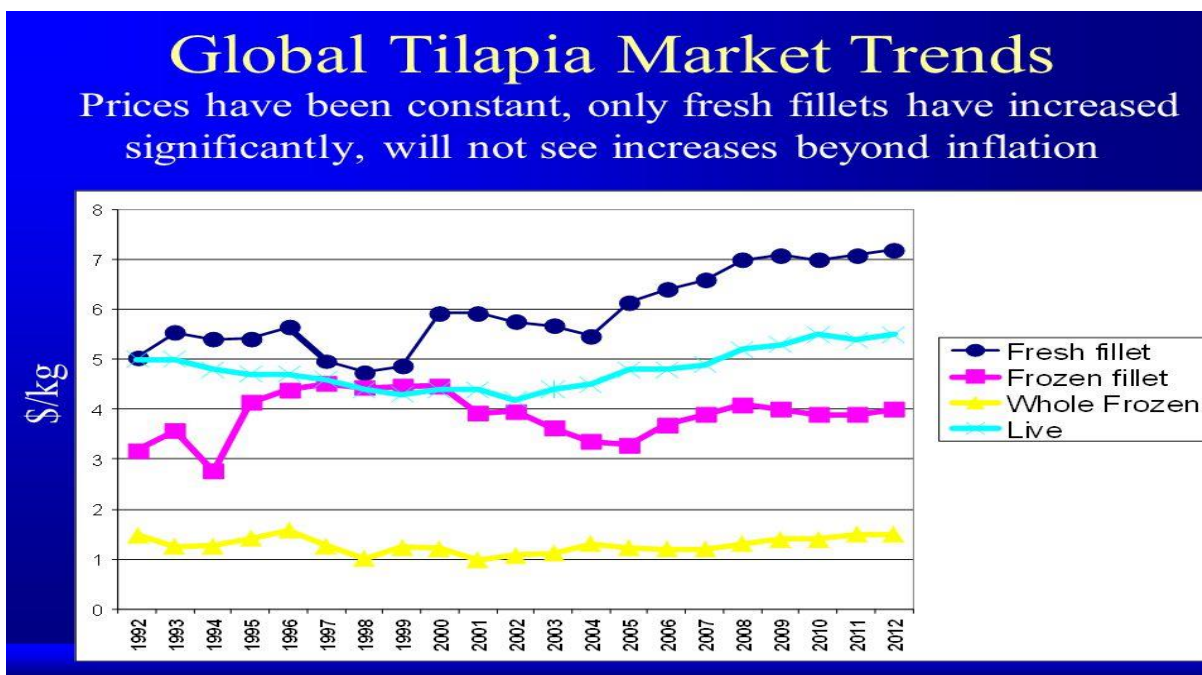


Izvor: Global Fish Production Data & Analysis (Dr.R . Tveteras, University of Stavanger), Norway

Istraživanja pokazuju da tilapija osvaja svetsko tržište i sve više se gaji u Evropi, Americi, Africi i Aziji. Posebno je tražena crvena i plava nilska tilapija. Cene tilapije na tržištu su smanjene, ali tražnja i potrošnja fileta i sveže tilapije na ledu ima trend rasta.

Istraživanja su pokazala da postoji veliko interesovanje za svežim tropskim ribama na ledu i filetima tilapija.

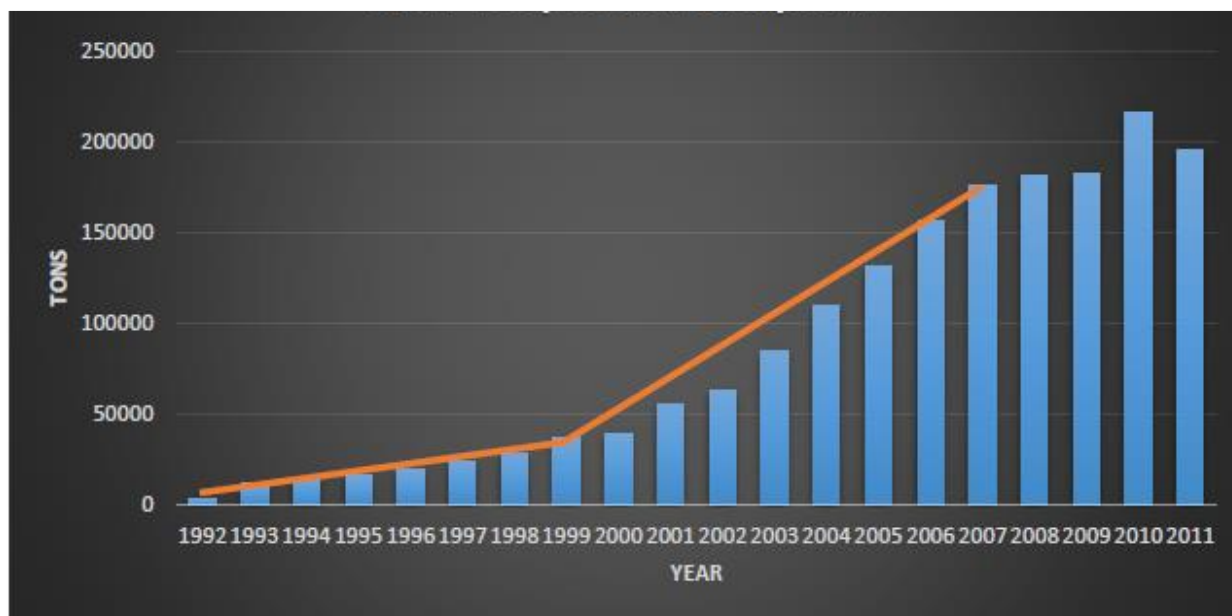
Grafikon 9. Globalni trendovi prodaje tilapije na tržištu



Izvor: K. Fitzsimmons, 2015.

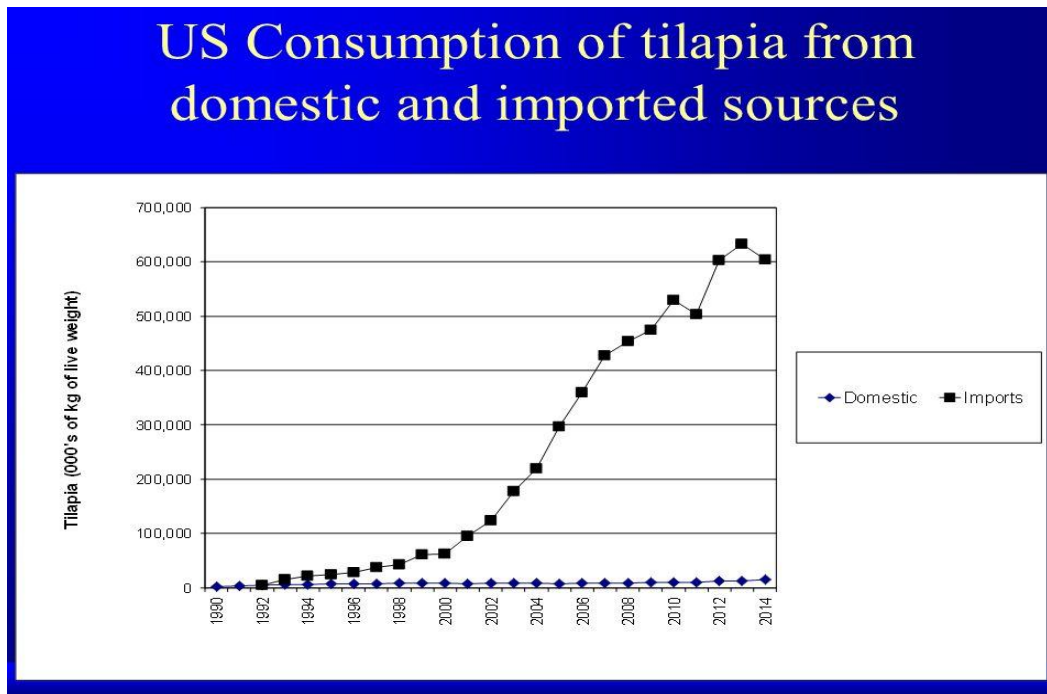
Svetska tržišna kretanja i promene u načinu ishrane i tražnje uticale su na rast proizvodnje Afričkog soma, Tilapije i finalnih proizvoda (Szathmari i sar., 2004).

Grafikon 10. Dinamika rasta potrošnje Tilapije u USA



Izvor: FAO, 2015.

Grafikon 11. Potrošnja tilapije iz domaćih i uvoznih izvora u USA



Izvor: K. Fitzsimmons, 2015.

Tilapije podnose nivo soli do 15 ppm, zahtevaju dobar kvalitet vode i tolerišu niske koncentracije kiseonika (nivo rastvorenog kiseonika do 0,3 mg/l). Ne tolerišu niske temperature, što je limitirajući faktor u proizvodnji. Za većinu vrsta letalne temperature su 12 °C. Ona prestaje da uzima hranu na temperaturi od 17 °C. Povoljna temperatura za mrest je veća od 26 °C, a mrest prestaje na 20 °C. Optimalna temperatura za rast je 29-30 °C. Tilapija je otporna na bakterije, viruse i parazite (Hepher i Pruginin,1981).

Tilapija podnosi sve sisteme gajenja. One su svaštojedi i prilagodljive na dodatnu hranu. Brzo rastu i nesmetano se razmnožavaju. Ograničavajući faktor je temperatura, jer uginu kada temperatura padne ispod 10 °C.

Gaji se u kaveznom sistemu, tankovima i klasičnim ribnjacima. Klasični ribnjaci su značajni za uzgoj tilapije u našim uslovima.

Gajenje riba polikulturi u klasičnim ribnjacima ima za cilj eksploataciju ribnjačkog biotopa gajenjem većeg broja vrsta riba, koje nisu jedna drugoj konkurencija u hrani. U polikulturi se povećava produktivnost / proizvodnja po jedinici površine i povećava se ekonomičnost u proizvodnji. U našim uslovima odnos između šarana i tilapije je 60:40 %. U intenzivnom sistemu

gajenja odnos je često obrnut. Tilapija ima veći prirast nego u monokulturi za 37 %. Šaran se hrani zooplanktonom i faunom dna. Tilapija koristi ostalo vodeno bilje i fitoplankton. Sa tilapijom se u polikulturi gaji, tolstolobik i beli amur.

Tabela 12. Gustina nasađivanja tilapije i afričkog soma u polikulturi

Parametri	Komada/ m²
Gustina nasađivanja tilapije (20-30) g	2,2
Gustina nasađivanja afričkog soma (8-10 g)	1,0

Izvor: Ćirković, 2006.

Kod uzgajanja Tilapije oba pola zbog kontrole povećanog mresta treba uvoditi grabljivice. U Africi se 23% afričkog soma gaji u polikulturi sa tilapijom. Bez grabljivica, mlađ tilapije čini više od 23 % izlova i tako predstavlja konkurenciju odrasloj ribi u ishrani, što utiče na opadanje prirasta odrasle ribe (Ćirković, M., 2007).

Kavezni sistem uzgoja tilapije je rešenje za preterani mrest, jer jaja ispadaju kroz prorede dna kaveza. U praksi se koriste dva tipa kaveza. Ekstenzivni mali kavezi se smeštaju u vode, koje su bogate prirodnom hranom. Ribe se hrane prirodnom hranom, koju voda donosi do kaveza uz prema potrebi dodatno prihranjivanje. Gustina naseljenosti pri izlovu ne prelazi 10 kg/m³. U intenzivnom kaveznom sistemu ribe se hrane kompletnim krmnim smešama. Gustina naseljenosti iznosi 25 kg/m³ i zavisi od količine kiseonika u vodi.

6.2. Izgradnja geotermalnih ribnjaka

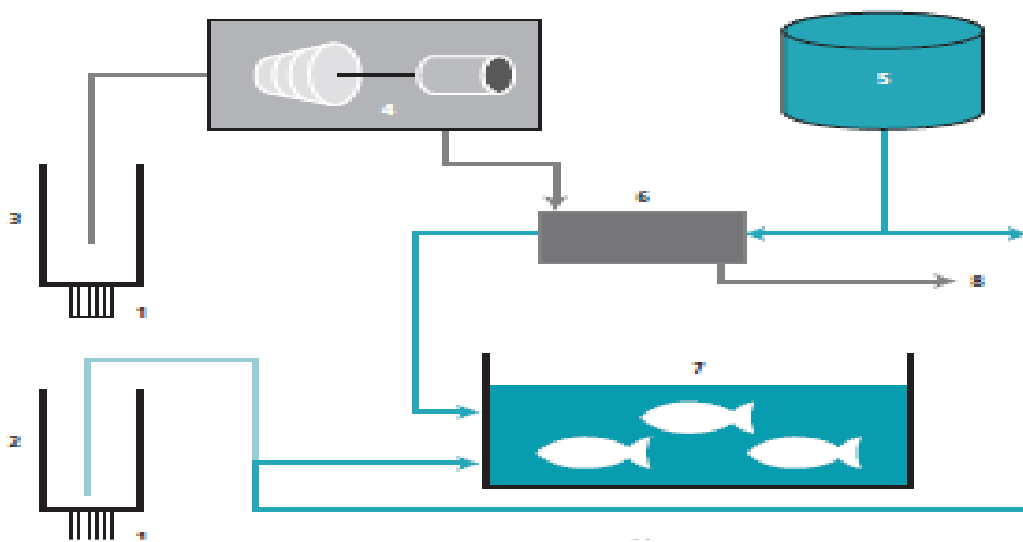
U Republici Srbiji ne postoje ribnjaci na geotermalnim vodama. Domaća i izvozna tražnja za svežom, zaleđenom, sušenom i konzervisanom ribom, veliki broj geotermalnih izvora i bušotina i postojanje stručnih znanja nameće potrebu izgradnje ribnjaka na geotermalnim vodama. U ribarskoj preradi, geotermalna energija se primenjuje za konzervisanje i sušenje u zatvorenim prostorima usoljene ribe, sitne ribe, riba i drugih proizvoda.

Geotermalna topla voda se koristi za zagrevanje slatke vode u izmenjivačima toplote ili se meša sa slatkom vodom, kako bi se dobile odgovarajuće temperature za uzgoj ribe. Akvakulturni ribnjak i grejanje na trakama su među najčešćim primenama geotermalne energije. Oni

omogućavaju obavljanje akvakulture u hladnijim podnebljima ili blizu tržišta, gde alternativni izvori toplote nisu ekonomični (Boyd i Lund, 2006). Korišćenje geotermalne energije u uzgoju ribe štiti riblji fond od hladnog vremena i povećava proizvodnju ribe (Gelegenis, Dalabakis i Ilias, 2006). Koristi se uglavnom u fazi mrestilišta ribe (Ragnarsson, 2003). Uzgoj različitih vrsta riba u vodi zagrejanoj geotermalnom energijom čini proizvodnju jeftinom i profitabilnom tokom cele godine.

Hladna voda se zagreva u izmjenjivaču toplote korištenjem tople otpadne vode iz geotermalne elektrane, ili se meša s vodom iz vrelog izvora. Kada dostigne odgovarajuću temperaturu - uglavnom oko 20–30 °C, voda se upumpava u ribnjak. Veličina ribnjaka zavisi od temperature geotermalnog izvora, temperature potrebne za vrste riba i toplotnih gubitaka, koji nastaju tokom rada (Nguyem, 2015, Food and Agriculture organization united nations). Uzgoj riba uz korišćenje geotermalne energije obuhvata: 1. Pumpe; 2. Topla izвориšta; 3. Geotermalna bušotina; 4. Geotermalna elektrana ili bušotina i izvor; 5. Hladna voda; 6. Toplotni izmjenjivač; 7. Ribnjak za uzgoj ribe; 8. Voda.

Shema 15. Gajenje ribe u termalnim vodama



Legenda: 1. Pumpa, 2. Dobro vrući izvor, 3. Geotermalna bušotina, 4. Geotermalna elektrana, 5. Hladna voda, 6. Izmjenjivač toplote, 7. Ribnjak za uzgoj ribe, 8. Ispust vode.

Izvor: M.V. Nguyem, 2015, Food and agriculture organization of the united nations, Rome,

Ekspert iz ribarstva radi idejnu varijantu izgradnje geotermalnog ribnjaka. Definiše veličinu ribnjaka, vrstu gajenja ribe, lokaciju, način ishrane i marketing prodaje. Vrsta riba koju želite da

gajite, zavisi od veličine ribnjaka i ciljnog tržišta. Veći ribnjak donosi veću zaradu po ribnjaku i mogu se uzgajati veće ribe, pa će troškovi biti manji po kilogramu ribe, a ekonomska korist veća. Ribnjak treba projektovati sa svim osnovnim sredstvima i opremom prema standardima za gajenu vrstu ribe. Mora se definisati ciljno tržište prodaje kupcima, prerađivačima i prodaja na samim ribnjacima. Treba planirati troškove zaposlenih, hrane, zdravstvene zaštite, goriva, opreme, zaliha, kamate, troškove osiguranja i finansiranja, režijske troškove, komunalne usluge, popravke i sredstva za interventne potrebe. Treba planirati i troškove odvodnjavanja, poreza, održavanja pumpi, geotermalnih bunara, građevina, vozila, kontejnera i drugih izdataka. Drugačije rečeno, treba predvideti varijabilne i fiksne troškove, kao i očekivanu dobit. U celini definiše se projektni zadatak hidrograđevinskom inženjeru, koji će razraditi i uraditi hidrotehnički projekat. Potrebno je izvršiti geodetsko snimanje i kartiranje. Treba detaljno razraditi geotermalne izvore i izvore hladne vode. Potrebno je izvršiti izbor lokacije za izgradnju ribnjaka. Lokacija za izgradnju geotermalnog ribnjaka treba da je na prostoru geotermalnih izvora koju omogućavaju za grejanje ribnjaka u toku proizvodne godine.

Potrebno je sprovesti istražne radove o ispunjenosti uslova za izgradnju ribnjaka. Neophodno je utvrditi kapacitet, temperaturu, fizičko-hemijske karakteristike geotermalne bušotine i izvora vode. Obezbediti dovoljne količine kvalitetne hladne vode za temperiranje geotermalne vode. Sprovesti vodove električne energije za rad pumpi, aeratora, osvetljenja i za druge namene. Izgraditi putnu mrežu i ostalu infrastrukturu do lokacije geotermalnog ribnjaka.

Potom se pristupa izradi idejnog projekta geotermalnog ribnjaka. Sagledava se kvalitet, kvantitet, protok vode, gubici toplote, materijal za izgradnju, materijal za termičku izolaciju i naseljenost područja. Definiše se maksimum snage geotermalnog izvora. Snaga se ne može povećavati, ali se mogu smanjiti gubici toplote. Potrebno je izvršiti redukciju zapremine bazena pri maksimalnom protoku i predvideti izgradnju više bazena, koji se mogu po potrebi isključiti. Gubici toplote mogu se smanjiti pokrivanjem bazena, zatvaranjem objekata i izolatorima. Voda koja je korišćena nakon biofermentacije ponovo se može koristiti. Na kvalitet vode utiču nivo amonijaka i kiseonika. Potrebno je obogaćivanje vode kiseonikom, kada gustina naseljenosti pređe 150 kg/m³. U praksi su konstruisani razni tipovi bazena i od raznog materijala za gajenje riba u geotermalnim vodama. Dimenzije se prilagođavaju obimu i vrstama riba kojima su namenjeni.

U postupku izrade geotermalnih ribnjaka potrebno je još: rešiti imovinske odnose, pribaviti mišljenja o postupku projektovanja ribnjaka, vodoprivrednim uslovima, obezbediti urbanističku dokumentaciju, izraditi tehničko-tehnološku dokumentaciju i ekonomsku dokumentaciju, pribaviti saglasnosti na urađeni projekat, vodoprivrednu dozvolu, sanitarnu i ekološku saglasnost, rešenje ministarstva o ispunjenosti uslova proizvodnje, radi dobijanja upotrebne dozvole.

Konvencionalna akvakultura sadrži niz hemijskih, toksikoloških i bioloških rizika za gajene ribe, ljude i ekosredinu. Zato je nastala potreba za razvojem tehnologije organskog ribarstva. U narednom periodu, potrebno je razvijati organsku proizvodnju ribe, kao i preradu uz korišćenje obnovljivih izvora energije, ponajpre geotermalne energije za ekonomičniju proizvodnju (Babović, 2013). Potencijal za gajenje organskog šarana je izuzetan, jer je lako izvršiti konverziju konvencionalnih u organske farme. Republika Srbija ima povoljne zemljišne uslove, kvalitet vode i povoljnu klimu za razvoj organskih šaranskih i pastrmskih ribnjaka.

Za podizanje geotermalnih ribnjaka potrebno je rešiti problem finansiranja, subvencionisati izgradnju projekata, posebno u organskom sistemu proizvodnje.

6.3. Eksperimentalna geotermalna proizvodnja Afričkog soma i Tilapije u Mošorinu

Sprovedeni eksperimenti i rezultati u ribnjaku u Mošorinu pokazuju da su Tilapija i Afrički som najpogodniji za gajenje u našim uslovima, zbog izvanredne ekološke akomodacije, produktivnosti i ekonomičnosti u proizvodnji.

Gajenje afričkog soma. Prema Ćirković (2007), tehnološki rezultati proizvodnje afričkog soma uvedena su 18. jula 2002. godine u oglednom ribnjaku veličine od 0,1 ha i visine vodenog stuba od 100-155 cm u Mošorinu.

Izvršeno je nasađivanje 98 kg (42 komada ribe) sa težinom od 2.330 g. Posle 14 dana dodatno je nasađeno 250 kg (180 komada) sa prosečnom težinom od 1400 g. Prirodnu hranu čini srebrni karaš, koji je unet u količini od 500 kg, veličine po komadu 20-100 g. U ogledu ishrane je stalno dodavana kompletna krmna smeša. Temperatura vode za vreme ogleda iznosila je 23-28 °C, a

količina rastvorenog kiseonika 0,2-0,6 mg/l, čiji je utrošak bio 90-140 mg/l. pH vrednost se kretala u intervalu 10,5-11,0.

Ogled je završen 27. septembra, kada je proečna težna jedinke bila 4 kg i prirast 2 kg po komadu. Nasađenih 350 kg sa po 2 kg prrasta postiglo je proizvodnju od 700 kg ili 3.500 kg/ha. Ostvareni prirast tokom 50 dana pokazuje da je potignut dnevni prirast od 7 kg ili 20 g/kom sa konverzijom 1,0. Visoki kvalitet mesa ilustruje sadržaj vlage 76,5, proteina 15, masti 3 i pepela 1,5 %.

Gajenje Tilapije. Experimentalni uzgoj Tilapije izvršen je na površini 0,125 ha, dubine 1,5m, bunarskom vodom ribnjaka Mošorin (Ćirković, M., 2007). Ogled je trajao 107 dana. Nasađeni su mužjaci starosti 2 meseca sa težinom po jedinki od 30 g u polkulturi sa šaranom (1:1). Težina šarana iznosila je 45 g. U ribnjak je uneto 19,5 kg tilapije i 29,2 kg šaranskih mladunaca. Gustina nasada iznosila je 1.300 kom. ili 10.000 kom/ha.

Tokom ogleda riba je 4 puta dnevno hranjena kompletnom krmnom smešom sa 32 % proteina, uz praćenje temperature, rastvorenog kiseonika, kalijumpermanganata, kondicije i prirasta, utroška hrane, konverzije i zdravstvenog stanja.

Aeracija je rađena ujutru i tokom oblačnog dana. Od 1. jula do 15. septembra temperatura vode iznosila je 22-27 °C. Najniže vrednosti kiseonika rastvorenog bile su 2 mg/l, što je tilapija dobro podnosila. Dnevni prirast tilapije bio je 2-6 g, a šarana 1,5-4 g. Izloženo je 617 komada tilapija, težine 284 kg, prosečne težine 460 g i preživljavanja 95 %. Ostvareni prirast je 264,5 kg i prinos 2,3 t/ha. Istovremeno je izloženo 552 komada šarana težine 165 kg, prosečne težine 300 g uz preživljavanje od 85 %. Prirast šarana iznosio je 135,7 kg, prinos 1,3 t/ha. U ogledu je utrošeno 600 kg hrane.

Mi smo ostali na nivou ekspiremenata, a ribnjaci tilapije i industrijska prerada u Mađarskoj ima trend razvoja u ruralnim sredinama, što povoljno utiče na rast prihoda i zaposlenosti. Bogatstvo u geotermalnim vodama, opredelilo je izgradnju ribnjaka i preradu u selima, što je doprinelo rastu zaposlenosti. Tako 5 bunara obezbeđuje potrebe ribnjaka za toplom vodom.

Na osnovu eksperimentalnog uzgoja Afričkog soma i Tilapije i rastuće tražnje na svetskom tržištu možemo oceniti da raspoloživi resursi geotermalnih voda u AP Vojvodini sa svojim kapacitetom i fizičko-hemijskim karakteristikama pružaju izvanredne mogućnosti za uzgoj pomenutih tropskih riba.

7. ZNAČAJ GEOTERMALNE ENERGIJE U RAZVOJU BANJSKOG I AGROEKOTURIZMA U AP VOJVODINI

Bogatstvo u izvorima geotermalne energije je jedan od preduslova za razvoj banjskog i agroekoturizma. Treba nastojati da se pored postojećih banja investira u nove banje na celom području Republike Srbije, posebno na području AP Vojvodine, koja nesrazmerno više poseduje geotermalnih izvora. Dakle, pored medicinskog tretmana treba u ponudu uvrstiti mnoga banjske destinacije s sadržajima odmora, kupanja i uživanja. Naravno, tamo gde postoji duga tradicija, poželjno je da se balneološki tretira širok spektar medicinskih usluga putem raznih terapijskih aktivnosti. Pored odmaranja i banjskih tretmana posetiocima je potrebno ponuditi niz aktivnosti u ekološkoj ruralnoj sredini.

Pored kupanja u toploj geotermalnoj vodi, potrebno je razviti i kulturne sadržaje, sportsko rekreative aktivnosti, zdravstveni turizam, etnološke i ekološke vrenosti. Ponuda raznih turističkih sadržaja moguća je uz pomoć toplih geotermalnih izvora i banja. Izvorišta geotermalne vode u selima treba koristiti za izgradnju banja, geotermalnih elektrana, izgradnju malih, srednjih i velikih geotermalnih ribnjaka, razvoj organske proizvodnje i prerade, podizanje geotermalnih staklenika i plastenika za proizvodnju povrća, voća i cveća uz izgradnju prehrambene industrije za finalizaciju proizvoda u raznovrsni visokovredni asortiman. Ponuda privlačne domaće kuhinje, jagnječeg i telećeg pečenja, svadbarskog kupusa, sarme, ribljih specijaliteta i specijaliteta na bazi mleka, mesa i domaćih ekoloških žitarica i prerađevina iz organske ekološke proizvodnje će dodatno privući uticati na privlačenje turista u banje.

Slika 31. Banja Kanjža - zdravstveni tretmani geotermalnom vodom



Vode banje Kanjiže se koriste za zagrevanje objekata u niskotemperaturnim režimima rada, za balneo-terapije, rekreativne bazene i za lečenje reumatskih bolesti, bolesti i povreda kostiju, zglobova, mišića i nerava. Termalna voda je takođe instalisana kao sanitarna topla voda za jednokratnu upotrebu u svim sobama, koje koriste gosti. Balneoterapija i termoterapijski tretmani uključuju mineralne kupke, hidrogalvanske kupke, Hauffe kupke i blatne kupke. Banja je specijalizovana za metodu podvodnog produžetka kičmenog stuba – elektroterapija. Postojeća tri bunara geotermalne vode daju dovoljnu količinu tople vode za grejanje, terapije, kupanje i sanitarnu vodu u svim sobama, ali njihov puni potencijal, još uvek ostaje da se u potpunosti iskoristi. Ovi resursi privlače turiste i lokalnim ljudima obezbeđuju poslove u turističkoj delatnosti, koja je vitalni deo privrede. Većina turista, koji dolaze u Kanjižu na tretmane završe u poseti drugim kulturno-istorijskim mestima u ekološkoj okolini.

Slika 32. Banja Junaković-uživanje i lečenje u geotermalnoj vodi



Banja Junaković je lečilište i sportsko-rekreativni centar. Alkalne i jodne vode se koriste za kupanje i iscelivanje povređenih i za rekreaciju. Medicinske terapije uključuju lečenje reumatizma različitog porekla, ortopedskih i neuroloških bolesti, ginekoloških bolesti i bolesti respiratornog trakta, kožnih oboljenja i psorijaze. Pored je 10 otvorenih bazena sa toplom mineralnom vodom, kuglane, četiri teniska terena, zatvoreni bazen za terapiju, dve finske saune i teretana. Neki od tih objekata se koriste za potrebe lova i za rekreativne namene. Banja je pogodna za lovce, ribare i nautički turizam.

Slika 33. Jodne banje i hoteli u funkciji razvoja turizma u Bečeju



Perspektivno upotreba geotermalne vode u banjском turizmu može da se održi i razvija, ako se reši pitanje otpadnih voda i zaštite životne sredine. Veliki broj geotermalnih izvora i postojećih nekorišćenih bušotina, govori da banjски turizam može povećati izvor prihoda i dobit kroz, razvoja agroekoturizma.

Potencijal geotermalnih izvora nije u celini iskorišćen sa aspekta turističke tražnje. Raspoložive termomineralne vode u AP Vojvodini pružaju više mogućnosti za razvoj postojećih banja i izgradnju novih banja sa velikim brojem privlačnih sadržaja. Istraživanja pokazuju da se tražnja za banjским uslugama povećava i da će se povećavati ukoliko se ponude korisnicima i drugi kulturni sadržaji za uživanje. Investiranjem u znanje, infrastrukturu i diverzifikaciju raznih delatnosti može se doprineti ekonomskom razvoju lokalne zajednice i ruralnih sredina. Pored zdravstvenih usluga korisnicima treba ponuditi niz sadržaja na širem području za provod, rekreaciju i raznovrsno uživanje na selima, salašima, rekama i jezerima.

Agroturizam ima višestruki značaj za multifunkcionalni i integralni razvoj poljoprivredne proizvodnje, nepoljoprivrednih i uslužnih delatnosti i svestrani razvoj sela. U selima sa starim, ali i novim kućama, sa ostalim sadržajima, ambijentom i hranom iz organske poljoprivredne proizvodnje pružaju uslove za razvoj raznovrsnog seoskog turizma. Seoski turizam obuhvata agroturizam, ekoturizam, etnoturizam, ruralni i salašarski turizam, zdravstveni turizam, rekreativni turizam, tranzitni turizam, edukativni turizam i agrobioturizam.

8. PREDNOSTI KORIŠĆENJA I EKONOMIKA PROIZVODNJE GEOTERMALNE ENERGIJE

Cena energije, kao i promena cena energenata, utiče na poslovanje privrednih subjekata i stepen korišćenja energije u domaćinstvima. Pri projektovanju objekata neophodno je uzeti u obzir izvore snabdevanja energijom, odnosno precizirati koji će se energenti koristiti. Od cena energenata u prvom redu zavisice koje rešenje će se opredeliti. Neke studije pokazuju da je ekonomično rešenje istovremeno koristiti električnu i termalnu energiju. Danas je pristutan trend, a i zahtevi (direktive) za korišćenjem obnovljivih izvora energije.

U istraživanju su razmatrani potencijali, proizvodnja, energetska i ekonomska opravdanost primene geotermalne energije, koja je konkurent konvencionalnim izvorima energije. Prednost primene geotermalne energije je ekološki aspekt, odnosno minimalan negativan uticaj na ekosistem. Kada je u pitanju ekonomski aspekt onda se upoređuju troškovi, odnosno cena koštanja energenata, pa je prihvatljiviji energent s nižom cenom koštanja.

Na osnovu istraživanja B. matek i K. Gawell (2014) možemo konstatovati da je geotermalna energija svojevrsan odgovor na klimatske promene, nestabilne i rastuće cene konvencionalnih goriva koje poskupljuju proces poslovanja. Faktori koji determinišu troškove geotermalne energije su: način korišćenja i udeo na tržištu energenata. Geotermalna energija je jeftin izvor energije i doprinosi stabilizaciji cena energenata. Cena korišćenja geotermalnih postrojenja je značajno niža od cene sistema za korišćenje konvencionalnih energenata.

Geotermalna agencija Amerike je ustanovila da svaki dolar uložen u geotermalnu energiju, utiče na rast američke ekonomije za 2,50 dolara. Geotermalna investicija od 400 miliona dolara uticala bi na rast proizvodnje od 1 milijarde dolara. Ruralna područja, u kojima se nalaze geotermalni resursi mogu, investiranjem u kapacitete za korišćenje ovog energenta, pospešiti zaposlenost i lokalnu ekonomiju. Dakle, korišćenje geotermalne energije ima pozitivan uticaj na lokalnu ekonomiju, jer utiče na zaposlenost i ekonomski razvoj ruralnih područja.

Studije o uporednim troškovima različitih izvora energije pokazuju da je geotermalna energija pristupačan izvor energije i da je cena povoljnija u odnosu na druge tehnologije, koje su trenutno

dostupne. Istraživanja su pokazala da je geotermalna energija u osnovi ekonomičan izvor energije.

Cene geotermalne energije su niže od mnogih drugih energetske tehnologije. Visoki početni troškovi, rizik od istražnog bušenja, neujednačena politika subvencija i tražnja govore da je geotermalna energija procenjena, kao najjeftiniji izvor energije koje ulaze u proizvodnju 2019. godine. Na ekonomiju geotermalnih postrojenja utiču karakteristike resursa, kao što su: temperatura, brzina toka i dubina, raspoloživost opreme za bušenje i cena postrojenja. Generator čini oko 25 % troškova, a 75 % troškova ide na izgradnju i opremu.

Tabela 13. Troškovi energije po vrstama u 2013. godini (centi po kWh)

Energy	PG & E-12 projekata	SCE - 11 projekata	DG & E - 6 projekata	Average
Biogas	5.94	6.82	7.93	6.98
Biomass	9.73	-	9.25	9.67
Geothermal	7.19	6.75	Confidential	7.03
Small Hydro	8.72	8.91	5.30	8.66
Solar PV	15.18	11.90	10.39	13.96
Solar Thermal	14,23	13.48	-	13.52
Wind	8.40	9.77	6.10	8.68
Small Hydro	4.60	12.38	-	5.71
Solar OV	16.21	47.00	-	21.65

Izvor: B. Matek and K. Gawell, Geothermal Energy Association, SAD, 2014.

Sem malih hidroelektrana, geotermalna energija zauzima drugo mesto po najnižim troškovima (Tabela 13). Geotermalna energija je značajan izvor energije u Kaliforniji. Cena geotermalne energije se kretala između 5,4 i 8,8 centi po kWh. Andrisos, N. i sar. (2003) navodi cenu geotermalne energije od 8,2 centi/kWh pri maksimalnom vremenu rada (h) od 8.600 h u godini.

Bloomberg i CPUC procenjuju da geotermalne elektrane imaju najniže troškove proizvodnje električne energije, u poređenju sa drugim energetske tehnologijama. Doprinosu smanjenju emisije ugljenika, minimalno je zagađenje okoline, a postoje i brojne direktne ekonomske koristi. Geotermalne elektrane zapošljavaju veliki broj radnika raznih zanimanja. Osoblje zaposleno kod jedne kompanije u geotermalnom kompleksu u Kaliforniji, broji 425 stalno zaposlenih i 225

honorarnih radnika - stanovnika lokalne zajednice. Geotermalne elektrane i bušotine zahtevaju raznovrsne radne veštine, obuku i obrazovanje. Geotermalna energija u Oregonu se koristi u geotermalnim elektranama za proizvodnju električne energije, za zagreavanje zgrada, kuća, pa čak i rastapanje snega i leda sa trotoara i puteva, za zagreavanje školskih objekata i bolničkih zgrada, za sušenje poljoprivrednih proizvoda, u akvakulturi, za grejanje staklenika i zagreavanje bazena u banjama i odmaralištima.

Ekonomska analiza, koja uvažava najnovije smernice ekoloških zahteva neophodnosti bušenja i opremanja bušotine, pokazuje da su bušotine iznad 40 °C i jakog izliva oko 60 m³/h rentabilne pod uslovom da je potrošač sposoban koristiti ceo potencijal bušotine preko 6000 ha. Pojam „ceo potencijal“ znači eksploataciono hlađenje geotermalne vode do 15C, što se postiže ugradnjom toplotne pumpe (Andrić, 2014). Veće korišćenje bušotine ostvariće potrošač, koji sem sezone grejanja nastavi aktivnosti tokom proleća i jeseni i radi noću u grejnoj sezoni. Potrebno je geotermalne bušotine, koje su isplative revitalizovati i koristiti punim kapacitetom u poljoprivredi, preradi, uslužnim delatnostima, agroekoturizmu, banjama i drugim delatnostima. Za bušotine koje se ne koriste, da bi se aktivirale i pokrenula eksploatacija, potrebno je dodatno investiranje i ekonomska politika koja favorizuje prodaju geotermalne energije po varijabilnim cenama u periodu osvajanja proizvodnje i tržišta.

Procenjuje se da ušteda u troškovima od upotrebe geotermalne upotrebe premašuje 60 % u odnosu na druga konvencionalna goriva (Rihter, A., 2018).

Ekonomski efekti proizvodnje povrća, cveća i voća u staklenicima su praktično dokazani. Sass i Duffield (2004), su utvrdili da je korišćenje geotermalnih resursa umesto tradicionalnih izvora energije smanjilo troškove goriva za oko 80 % i ukupne operativne troškove za 5–8 %. Prednosti staklenika koji se greju geotermalnom energijom su bolja higijena, čistiji vazduh i voda, sposobnost održavanja stabilne radne snage i koristi od poreskih olakšica. Zagreavanje zaštićenog prostora geotermalnom energijom smanjuje vlažnost, što eliminiše gljivične infekcije i rezultira nižim troškovima proizvodnje.

Geotermalna energija je pogodna i za stakleničku proizvodnju cveća. Prosečni staklenik može uštedeti preko 3/4 svojih operativnih troškova goriva korištenjem geotermalnog grejanja, koje čini 5 do 10 % operativnih troškova, zavisno od klime.

8.1. Primena i višenamensko korišćenje geotermalne energije pri temperaturi od 20-200 °C prema Lindalovom dijagramu

Geotermalna energija ima sve veću primenu i to u poljoprivredi, grejanju staklenika, plastenika, građevinskih objekata, akvakulturi, sušenju poljoprivrednih proizvoda (voća, povrća, lekovitog i aromatičnog bilja), prehrambenoj industriji (sušenje, pasterizacija), grejanju domaćinstava.

Prema Lindalovu dijagramu o višenamenskoj mogućnosti korišćenja geotermalne energije pri temperaturi od 20-200 °C (Lindal, 1973; Dragović, Nj., 2015):

- Temperatura od 19-20 °C: Proizvodnja električne energije;
- Temperatura od 18 °C: Isparavanje visoko koncentrovanih rastvora, hlađenje pomoću apsorpcije amonijaka, uparavanje u proizvodnji papira, konvencionalna proizvodnja energije;
- Temperatura 17 °C: Teška voda preko procesa sulfidne hidrogenizacije, sušenje dijatomejske zemlje;
- Temperatura 16 °C: Sušenje ribljeg brašna, sušenje drvene građe;
- Temperatura 15 °C: Alumina preko Bajerovog procesa, konvencionalna;
- Temperatura 14 °C: Sušenje poljoprivrednih proizvoda pri visokim protocima, konzerviranje hrane;
- Temperatura 13 °C: Isparavanje pri rafinaciji šećera, ekstrakcija soli isparavanjem i kristalizacijom, čista voda u procesu destilacije;
- Temperatura 12 °C: Višestruki efekti isparavanja, koncentrovani rastvori soli, klimatizacija;
- Temperatura 11 °C: Sušenje lakih cementnih ploča;
- Temperatura 10 °C: Sušenje organskih materija, morskih algi, sušenje i ispiranje vune, sušenje povrća i voća;
- Temperatura 9 °C: Sušenje ribe, duboko odležavanje, dualna temperature, močenje i kvašenje, sušenje tkanina, mlinovi za pulpu i hartiju;
- Temperatura 8 °C: Grejanje (zgrade i staklenici), hemijska ekstrakcija;
- Temperatura 7 °C: Hlađenje (niža temperaturna granica), reciklaža ulja, tretman betona i blokova;

- Temperatura 6 °C: Uzgoj životinja, staklenici sa grejanjem prostora i zemljišta oko biljke, digestija muljeva;
- Temperatura 5 °C: Uzgoj pečurki, balneologija, peletiranje stočne hrane, topla potrošna voda, pranje vune;
- Temperatura 4 °C: Grejanje tla, banjski tretmani i terapija, tehnologija hrane, staklenici, radijatori, topljenje snega i leda, tehnologija bakra, mašinski delovi;
- Temperatura 3 °C: Bazeni, biodegradacija, fermentacija, topla voda za rudnike sa hladnom vodom, odmrzavanje, rasadnici, zračeći paneli,
- Temperatura 2 °C: Uzgoj ribe (ribnjaci), grejanje tla, toplotne pumpe, paheoterapija/ kombinovano agroindustrija - grejanje - industrija.

Višenamensko korišćenje geotermalne energije podrazumeva tehničko- tehnološke i ekonomske proračune potrebnih količina, temperature energije i cenu koštanja korišćenja u određene namene prema Lindalovom dijagramu.

Tabela 14. Uporedna procena stvaranja radnih mesta getermalnih elektrana i elektrana na prirodni gas u Kaliforniji

Izvor napajanja	Radni odnos (poslovi/MB)	O & M Zaposlenost (poslovi/MB)	Ukupna zaposlenost za 500 MB kapacitet (osoba/god)
Geotermalna	4,0	1,7	27 500
Prirodni gas	1,0	0,1	2 460

Izvor: Obnovljivi izvori energije i radna mesta - Uticaji razvoja tržišta za obnovljive izvore energije u Kaliforniji, zasnovan na kalifornijskom tržištu obnovljivih tehnologija i proceni koristi, Institut za istraživanje električne energije.

Prirodni gas je uključen u komparativnu analizu, jer se većina novih elektrana oslanja na prirodni gas. Korišćenje geotermalne energije otvara znatno više radnih mesta po MW instaliranog kapaciteta od prirodnog gasa.

Geotermalne elektrane u većoj meri doprinose otvaranju novih radnih mesta, za oko 26 radnih mesta po MW kapaciteta elektrane. A geotermalne elektrane snage 50 MW otvoriće oko 1.300 radnih mesta. Ovo se može porediti sa 6 do 8 radnih mesta stvorenih izgradnjom elektrana na prirodni gas. O & M poslovi predstavljaju stalno zaposlenje u toku trajanja postrojenja oko 1.88

radnih mesta po MW kapaciteta geotermalnih postrojenja. Elektrane na prirodni gas pokazale su cifre od 0,21 do 0,45 po MW za O&M poslove. Kalifornijski sistem obnovljivih izvora energije stvorio je značajan rast ekonomske aktivnosti i doprineo stvaranju radnih mesta u okviru korišćenja geotermalne energije u industrijama.

8.2. Formiranje cene geotermalne energije

U našim uslovima cenu geotermalne energije definiše NIS na osnovu kreirane metodologije zasnovane na istraživanju i korišćenju potencijala termalnih voda.

Cena geotermalne energije formira se na osnovu sledećih troškova (FTN, 2005):

$$\mathbf{CGte = Tis + Tbu + Tisp + Tizg + Texp + Tsan + Tam + Todr.}$$

gde su:

CGte - cena geotermalne energije,

Tis - troškovi istraživanja termalnih potencijala,

Tbu - troškovi bušenja termalne bušotine,

Tisp - troškovi ispitivanja termalne bušotine,

Tizg - troškovi izgradnje podzemne i nadzemne opreme za eksploataciju bušotine,

Texp - troškovi eksploatacije rudnog blaga,

Tsan - troškovi saniranja iskorišćene termalne vode - vraćanje u pozemlje i tretmani,

Tam - troškovi amortizacije opreme i

Todr - troškovi održavanja bušotine i opreme.

Cena geotermalne vode zavisi od više faktora:

$$\mathbf{CGtv = Dbuš + QGtv (M + G + T + Pr + Pbun)}$$

gde je:

CGtv- cena geotermalne vode,

Dbuš - dubina bušenja zemljišta za dobijanje Gtv,

QGtv - kvalitet geotermalne vode (M-mineralizacija + G-prisutan gas + T-temperatura + Pr-pritisak + Pbun - protok bunara).

Cena geotermalne vode prati cenu dizel goriva.

8.2.1. Cenovna konkurentnost geotermalne energije

Tržište primarne energije u svetu nije jedinstveno. Trenutno deluje da je tržište nafte i uglja jedinstveno i cene ujednačene na svetskom tržištu. Za prirodni gas važe regionalni uslovi. Na cenu gasa značajno utiču transportni troškovi. Regionalno azijsko tržište ima razućenu mrežu snabdevanja sa najvećim cenama. Američko tržište ima kontinuelni karakter i cene su najniže. Kod evropskog tržišta cene gasa zavise od cena nafte, alokacije tržišta naftnih derivata i gasa, ograničenja i smanjenja emisije ugljen dioksida i cene su između prethodna dva regionalna tržišta. Cena gasa prati cenu sirove nafte. Predviđa se prelazak sa regionalnih na svetsko tržište prirodnog gasa, što će dovesti do slobodnog i jedinstvenog formiranja cena prirodnog gasa.

Predviđa se i stabilizacija našeg tržišta. Osnivanje jedinstvenih energetskeg tržišta dovodi do ravnoteže cena svih energenata. Realno je očekivati rast cena električne energije za sve kategorije potrošača kod nas, uzimajući u obzir i grupaciju priključenu na srednjenaponski nivo.

Predviđanja predstavljaju konstitutivni deo POLES modela. POLES je globalni sektorski model svetskog energetskeg sistema. Izrada je finansirana iz sredstava EU putem Joule II i Joule III programe DG XII. Od 1997. godine ovaj model je u upotrebi i davaće do 2030. godine projekciju svetske energetike i emisije CO₂. Saopštavaće preglede anticipativne potrošnje, snabdevanja i projektovanja cena za 26 regiona u svetu.

Tabela 15. Otkupne cene električne energije prema Uredbi o podsticaju proizvodnje

	E L E K T R A N E	Otkupna cena (cE/1kWh)
1.	Hidroelektrana	7,85 - 9,7
2.	Elektrana na biomasu	10,4 - 13,6
3.	Elektrane na biogas	12,0 – 16,0
4.	Elektrane na deponijski gas i gas iz postrojenja za tretman komunalnih otpadnih voda	6,7
5.	Elektrane na vetar	9,5
6.	Elektrane na geotermalnu energiju	7,5
7.	Elektrane solarne	23
8.	Elektrane na otpad	8,5-9,2
9.	Elektrane sa kombinovanom proizvodnjom fosilnih goriva	8,2- 10,4

Izvor: Milošević, A. (2018)

Geotermalna energija je čista energija, koja sve više dobija na značaju, pa se očekuje da će cena biti veća. Cena geotermalne energije, odnosno električne energije dobijene u geotermalnim elektranama, je konkurentna u odnosu na cene ostalih energija dobijenih iz drugih energetske izvora (Tabela 15).

Instalacija za zagrevanje zaštićenog prostora je po ceni približno identična, kao kod konvencionalnih energenata. Ulaganja u grejnu instalaciju za klasični sistem grejanja i sistem grejanja sa geotermalnom vodom su približno ista, bez obzira kolika je temperatura i izdašnost bušotine.

Značajno je da temperatura geotermalne vode bude najmanje 60 °C. Kod bušotina sa manjom temperaturom geotermalne vode, potrebna su sredstva za investiranje u veću grejnu instalaciju. Ukoliko je temperatura ispod 50 °C potrebno je instalirati toplovodne kotlove za dogrevanje geotermalne vode. Oni sa punim učinkom rade s izlaznom temperaturom od 90 °C. Smanjenje temperature uslovljeno je razmenom toplote.

Termalna voda koja napušta razmenjivač ne sme se puštati u vodotoke, jer ima štetan uticaj na životnu sredinu. Potrebno je da se putem druge bušotine vrati u zemlju. Bušenje druge bušotine poskupljuje investiciju. Ako je geotermalna voda visokomineralizovana preko 2 g/l potrebno je izgraditi novu bušotinu da se korišćena voda vrati u zemlju. Manje mineralizovana geotermalna voda treba da se ohladi na 15 °C, da bi se puštala u vodotoke.

Proračuni govore da izdašnost bušotine za jedan hektar staklenika - plastenika iznosi najmanje 20-25 l/s. Kopanje bušotine iznosi minimum 250 hiljada evra i cena zavisi od dubine bušenja.

8.3. Ekonomska analiza korišćenja geotermalne energije u AP Vojvodini

Metodologija za kalkulaciju proizvodnih cena geotermalne vode (GTV) i geotermalne energije (GTE) čine osnovu za utvrđivanje prodajne cene GTV. Utvrđivanje prodajne cene GTV se zasniva na realnim podacima iznosa investicija za izgradnju i troškova proizvodnje GTV u proizvodnom geotermalnom sistemu (PGTS). Pod PGTS se podrazumeva bušenje i opremanje hidrotermalne bušotine, izgradnja sistema za pripremu GTV i izgradnja sistema za transport GTV do toplotno-energetskog sistema (TES) korisnika raspoloživog energetskog potencijala GTV.

Tabela 16. Polazni elementi PGTS potrebni za određivanje proizvodne cene GTV i GTE

Polazni podaci	Oznaka PGTS:1/h Oznaka	Oznaka PGTS:1/h Mera
Protok GTV	Vgtv	Mv*/h
Ukupna temperatura GTV	T1	C
Izlazna temperatura GTV	T2	C
Gasni faktor	Rp	mn*/mv*
Dubina bušotine	H	m
Amortizacioni period	n	godina
Kamatna stopa	i	%
Vrednost radne rente	RR	E
Investicija za izgradnju PGTS	I	E
Održavanje i remont	O	E/god.
Planirani godišnji protok	Bgod	Mv*/god.

Izvor: NIS (2008); Janković (2013).

Metodologija kalkulacije proizvodne cene GTE i GTV

Metodologija, kao polazni element, koristi principe: postojeće PGTS koristi za procenu iznosa investicija i troškova, stepen amortizovanosti od 50 %, budući projektovani PGTS zasniva se na realnoj proceni investicija i troškova proizvodnje GTV.

Koristeći polazne podatke o PGTS vrši se proračun proizvodne cene GTE - C_{gte} putem sledeće jednačine:

$$C_{gte} = \frac{\sum Tr}{B_{god} \cdot Q_s} \quad (\text{€ / kWh})$$

gde su :

$\sum Tr$ (€/god) - ukupni troškovi proizvodnje GTE,

Q_s (kWh/ m_v³) - Specifična proizvodnja toplotne energije GTV kojim se definiše energetska efikasnost korišćenja potencijala GTV,

Bgod – planirani godišnji protok GTV.

$$Q_{\text{gtv}} = \frac{Q_s}{V_{\text{gtv}}} = C_p \cdot (T_1 - T_2) \quad (\text{kWh}/\text{m}_v^3),$$

Gde su: T1, T2 - temperatura, Cp – kWh/m_v³°C, dT - °C, q_s - kWh/m_v³.

T1	T2	Cp	dT	Qs
C	C	kWh/mv ³ *C	C	kWh/mv ³

Na osnovu izračunate vrednosti Cgtv (€/kWh) koristeći sledeću jednačinu izračunava se proizvodna cena GTV na granici primopredje GTV.

$$C_{\text{gtv}} = Q_s \cdot C_{\text{gte}} \quad (\text{€/m}_v^3)$$

Rezultati proračuna proizvodne cene Cgte (E/kWh) i Cgtv (E/mv³) u zavisnosti od protoka i kursa dinara prikazani su u narednoj tabeli.

Tabela 17. Rezultati proračuna proizvodne cene Cgte (E/kWh) i Cgtv (E/mv³) u zavisnosti od protoka i kursa dinara

Protok GTV	Bgod	mv ³ /god
Proizvodna voda GTE	Cgte	E/kWh
Proizvodna cena GTV	Cgtv	E/ mv ³
Proizvodna cena GTV	Cgtv	Din/ mv ³

Proizvodna cena GTV definiše se na osnovu planiranog protoka GTV.

Tabela 18. Utvrđivanje prodajne cene C_gte na osnovu pariteta cena energenata i energije iskazan preko energetskog ekvivalenta (€/kWh)

Cena mazuta	37,52 din/kg	0,332 €/kg	3,38 din/kWh	0,026 €/ kWh
Cena prirodnog gasa	39,21 din/ m _v ³	0,347 €/m _v ³	4,23 din/kWh	0,036 €/ kWh
Cena GTV (zavisno od PGTS)	41,64 din/ m_v³	0,368 €/kg	1,44 din/kWh	0,013 €/ kWh
Cena električne energije	/	/	4,41 din/kWh	0,042 €/ kWh
Centralno grejanje	/	/	/	0,063 €/ kWh

Izvor: NIS (2008); Janković, 2013.

Na osnovu proračuna proizvodne cene GTV u zavisnosti od promene protoka i ustanovljenog pariteta cena energenata i energije, definiše se prodajna cena GTV.

Prodajna cena usvaja se u paritetu sa cenom mazuta ili nekog drugog konvencionalnog energenta. Prodajna cena, kao proizvodna cena, je u funkciji promene kursa dinara u odnosu na evro. Uslovi za promenu prodajne cene su:

- Kada se promeni paritet cene energenata i energije u iznosu većem od +-5%;
- Kada se promeni kurs dinara u odnosu na evro za više od +- 10%;
- Kada se ugovoreni godišnji protok GTV promeni za više od +- 10%.

Provera prethodnih uslova vrši se kvartalno. Zavisno od nastalih promena vrši se odgovarajuća korekcija prodajne cene GTV.

Na osnovu utvrđenih paritenih odnosa cena, konstatuje se povoljan paritet geotermalne energije u odnosu na druge izvore energije. Definisana je model utvrđivanja cene GTE i konstatovan povoljni paritet cena i ekonomska prednost korišćenja GTE u odnosu na ostale izvore energije.

Geotermalna energija ima, pored ekonomičnosti u proizvodnji u odnosu na konvencionalne izvore energije, ima i druge prednosti. To je ekološki prihvatljiv izvor energije sa minimalnim negativnim uticajem na životnu sredinu (Glassley, 2010). Neiscrpa je i njenim korišćenjem smanjuju se potrebe za fosilnim gorivima. Korišćenje geotermalne energije nije zavisno od vremenskih uslova i mogućnost skladištenja predstavlja veliku prednost geotermalne energije u

odnosu na druge izvore (Soleša i sar., 1995). Geotermalne elektrane zauzimaju mali prostor i ne koriste drugu energiju za rad pumpi, sem one koju same proizvedu. Treba znati da izgradnja geotermalnih elektrana zavisi od dubine, temperature, izvorišta, lokacije, prisustva gasova i minerala. Investitori ističu da su potrebna velika početna sredstva, troškovi održavanja i finansijska podrška investicije uz povoljnije uslove.

Tehnička i ekonomska opravdanost korišćenja geotermalnih voda niske temperature u staklenim baštama i plastenicima nalazi se u činjenici da je potrebno imati vodu niskih temperatura, da bi se obezbedio optimalan rast mnogih kultura. Postoje izvesne gradacije u zahtevima za temperaturama toplog vazduha za proizvodnju raznih vrsta povrća. Za svaku vrstu (biljnu ili životinjsku) postoji određeni opseg temperatura u kome se ona najbolje razvija. Povećanjem ili smanjenjem temperature iznad optimalnog nivoa dolazi do usporavanja razvoja, a u slučaju prekoračenja graničnih dozvoljenih vrednosti i do mortaliteta.

Uticaj temperatura na rast prinosa za povrće, stoku, piliće i ribe je evidentan, tako da primena geotermalne energije za grejanje staklenih bašti, staja, inkubatora i ribnjaka, može da dovede do povećanja prinosa, kao i do smanjenja operativnih troškova, posebno u hladnijim predelima.

9. ZAKLJUČAK

Geotermalna energija predstavlja jedan od najvažnijih, ali istovremeno i slabo iskorišćenih resursa naše zemlje. Geotermalna energija predstavlja energetska potencijal, čijim bi se većim korišćenjem u značajnoj meri supstituisale neobnovljive energetske sirovine. Postoji potencijal i mogućnost za eksploataciju geotermalne vode na skoro celoj teritoriji AP Vojvodine. Geotermalna energija se veoma malo koristi i pored toga što po raspoloživim potencijalima spadamo u područja sa bogatijim izvorima.

Geotermalna energija može da se koristi u agrobiznisu za zagrevanje zaštićenog prostora, stajskih objekata, ribnjaka, objekata za proizvodnju, preradu, sušenje, dehidraciju, obradu i čuvanje voća, povrća, cveća, gljiva, za navodnjavanje, grejanje domaćinstava, balneološke svrhe, sportsko-rekreativne namene i u agroekoturizmu. Uticaj temperatura na rast prinosa za povrće, stoku i ribe je evidentan, tako da primena geotermalne energije za grejanje u poljoprivredi može da dovede do povećanja prinosa, kao i do smanjenja operativnih troškova, posebno u hladnijim predelima. Zagrevanje putem geotermalne energije dovešće do redukcije potrošnje fosilnih goriva i pada cene ostalih energenata.

Geotermalna energija se u prehrambenoj industriji koristi za sušenje, isparavanje, pranje i održavanje higijene, pasterizaciju mleka, preradu mesa i ribe, sterilizaciju opreme. Sušenje voća, povrća i ribe predstavlja jednu od najšire korišćenih oblasti primene geotermalne energije u prehrambenoj industriji. Koristi se za rasvetu, hlađenje i napajanje pumpi, kompresora, transportera, ventilatora, mašina za sečenje mesa, za obradu, pakovanje i preradu vode.

Rezultati istraživanja pokazuju da Republika Srbija ima veliki potencijal geotermalnih izvora (preko 100 MW/m²), iako je on mnogo veći ako se posmatra proizvodnja hrane, električne energije i dr. Republika Srbija raspolaže s 360 izvorišta termalnih i termomineralnih voda, od kojih je samo 10 % iskorišćeno (uglavnom banje).

Na bazi geoloških i hidrogeoloških istraživanja, sprovedenih tokom proteklih decenija, možemo zaključiti da na teritoriji Republike Srbije postoje važna ležišta i izvorišta geotermalnih voda (više od 80 geotermalnih izvora i bušotina ukupne toplotne snage oko 120 MW), različitih temperatura i fizičko - hemijskog sastava. Ukupne rezerve kojima Republika Srbija raspolaže jesu značajne, ali rezerve geotermalne energije nisu iskorišćene u dovoljnoj meri. One iznose

oko 220 MW toplotne snage, a instalirana snaga svih kapaciteta, koji eksploatišu geotermalnu energiju iznosi oko 90 MW i koriste se u najvećoj meri za balneološko-rekreativne potrebe. Prema istraživanjima koje je radio NIS, intenzivnom eksploatacijom geotermalne vode mogli bi zameniti 500.000 tona tečnih goriva godišnje, a zamenjuje se svega 10.000 tona, što je vrlo skromno.

AP Vojvodina, kao i cela Panonska nizija, obiluje velikim bogatstvom geotermalnih izvora. U periodu 1969-1996. godine u AP Vojvodini načinjene su 72 bušotine, a u periodu od 1997. do 2008. godine izbušeno je još 6 bušotina. Ukupna toplotna snaga hidrotermalnih bušotina, hlađenjem vode do 15 °C, prema podacima iz 1997. godine, kojima je obuhvaćeno 65 bušotina iznosila je 85,605 kW, a prema podacima "NIS Naftagas" iz 2005. godine za 54 hidrotermalne bušotine to je 72,579 kW. Samo 15 bušotina je aktivirano za proizvodnju toplotne energije.

Sadašnje prognoze dobijene na osnovu hidrogeotermalnog modela pokazuju da je moguća intenzivna eksploatacija i korišćenje geotermalne energije za proizvodnju hrane, cveća i primenu u poljoprivrednoj proizvodnji sa termalnom snagom od najmanje 150 MW”.

Uzroci minimalnog korišćenja nisu u tehničkim rešenjima i tehnologiji korišćenja, već u nedostatku finansijskih sredstava, znanja i projekata. Nedovoljna integrisanost naučnih i proizvodnih organizacija, nedostatak toplotnih pumpi, relativno veća početna ulaganja, izostanak stimulativnih mera finansijske podrške i poreske politike negativno utiče na razvoj i korišćenje geotermalne energije. Afirmacija i podsticaji preduzetničkom biznisu iz oblasti obnovljivih izvora energije je prioritet.

Stavljanje u funkciju postojećih bušotina zahteva da se uradi konkretan tehno-ekonomski program svih instalacija, rekonstrukcije i popravke, razgovor sa ugovornim korisnicima i iznalaženje novih korisnika i investitora.

Potrebe tržišta, veliki broj geotermalnih izvora i postojanje stručnih znanja nameće potrebu razmatranja ekonomske opravdanosti izgradnje ribnjaka na geotermalnim vodama. Korišćenje geotermalne vode u proizvodnji Tilapije i Afričkog soma eksperimentalno je potvrdilo da je moguće uspešno gajiti ove vrste riba u našim uslovima.

Geotermalna energija može biti veoma korisna u organskoj poljoprivredi, s obzirom da je jedan od principa i zahteva korišćenje obnovljivih izvora energije. U agrobiznisu na području AP

Vojvodine, korišćenje geotermalne energije skoro da i nije zastupljeno, iako istraživanja govore u prilog činjenici da je ovo područje solidno obezbeđeno geotermalnim izvorima.

U našim klimatskim uslovima, u zimskom periodu, kada temperature padnu ispod optimalne, moguće je gajiti tropske vrste riba grejanjem vode, korišćenjem industrijskih toplih voda i korišćenjem geotermalnih voda. Sprovedeni eksperimenti i dobijeni rezultati u ribnjaku u Mošorinu pokazuju da su Tilapija i Afrički som najpogodniji za gajenje u našim uslovima, zbog izvanredne ekološke akomodacije, produktivnosti i ekonomičnosti u proizvodnji. Dosadašnji rezultati pokazuju da direktno grejanje vode u ribnjacima, korišćenjem različitih energenata, zbog visokih cena nije ekonomski održivo, pa se korišćenje geotermalne energije nameće kao ekonomično rešenje.

Na osnovu eksperimentalnog uzgoja Afričkog soma i Tilapije i rastuće tražnje na svetskom tržištu možemo oceniti da raspoloživi resursi geotermalnih voda u AP Vojvodini sa svojim kapacitetom i fizičko-hemijskim karakteristikama pružaju izvanredne mogućnosti za uzgoj pomenutih tropskih riba.

Potencijal geotermalnih izvora nije u celini iskorišćen, ni sa aspekta turističke tražnje. Raspoložive termomineralne vode u AP Vojvodini pružaju više mogućnosti za razvoj postojećih banja i izgradnju novih banja sa velikim brojem privlačnih sadržaja.

Istraživanja pokazuju da je geotermalna energija veliki potencijal za dugoročni, sigurni razvoj i održive poljoprivredne proizvodnje, prehrambene industrije, za grejanje, balneologiju i agroekoturizam.

U istraživanju su razmatrana i ekonomska opravdanost primene geotermalne energije, koja je konkurent konvencionalnim izvorima energije. Na osnovu istraživanja možemo konstatovati da je geotermalna energija svojevrsan odgovor na klimatske promene, nestabilne i rastuće cene konvencionalnih goriva, koja poskupljuju proces poslovanja. Cena korišćenja geotermalnih postrojenja je značajno niža od cene sistema za korišćenje konvencionalnih energenata. Ekonomska analiza, koja uvažava najnovije smernice ekoloških zahteva neophodnosti bušenja i opremanja bušotine, pokazuje da su bušotine iznad 40 °C i jakog izliva oko 60 m³/h rentabilne, pod uslovom da je potrošač sposoban koristiti ceo potencijal bušotine preko 6000 ha. Ruralna područja, u kojima se nalaze geotermalni resursi mogu, investiranjem u kapacitete za korišćenje geotermalne energije, pospešiti zaposlenost i lokalnu ekonomiju.

Cene geotermalne energije su niže od mnogih drugih energetske tehnologije. Visoki početni troškovi, rizik od istražnog bušenja, neujednačena politika subvencija i tražnja govore da je geotermalna energija procenjena, kao najjeftiniji izvor energije koje ulaze u proizvodnju 2019. godine.

Studije o uporednim troškovima različitih izvora energije pokazuju da je geotermalna energija pristupačan izvor energije i da je cena povoljnija u odnosu na druge tehnologije (osim energije iz malih hidroelektrana), koje su trenutno dostupne. Istraživanja su pokazala da je geotermalna energija u osnovi ekonomičan izvor energije i postoji mogućnost njenog višenamenskog korišćenja.

U toku višedecenijske upotrebe praksa je pokazala bitne prednosti, koje ima geotermalna energija u poređenju sa klasičnim energentima. To su:

- pouzdanost i sigurnost funkcionisanja hidrotermalnih sistema,
- niski troškovi održavanja,
- dugačak vek eksploatacije hidrotermalnih bušotina (neiscrpan izvor energije),
- mogućnost višestepene upotrebe termalnih voda i dr.,
- manja zavisnost od uvoza i korišćenja fosilnih energenata,
- korišćenje geotermalne energije nije uslovljeno vremenskim prilikama,
- geotermalne elektrane zauzimaju mali prostor i koriste sopstvenu energiju za rad pumpi,
- očuvanje ekosistema, odnosno minimalan negativan uticaj na ekosistem,
- otvaranje novih radnih mesta.

Na području naselja Kupinovo od 1982-1985. godine izvršena su opsežna istraživanja, radi sagledavanja opravdanosti ulaganja u eksploataciju geotermalnih izvora u agrobiznisu, balneologiji i u sportsko-rekreativne namene. Najperspektivniji prostor za dobijanje termalne vode prema proceni, predstavlja potez istočno od Kupinova, u pravcu sela Progara, duž leve obale Save. Na području Kupinova napravljene su dve hidrotermalne bušotine koje nose nazive Kup -1/H i Kup -2/H. Finansiranje realizacije bušenja i istraživanja projekata izvršio je NIS-Naftagas iz Novog Sada. Bušotine su pokazale izvanredne rezultate. Predstavnicima sela predložili su da se geotermalna energija iskoristi za potrebe postojećeg toplog kupatila. Nedostatak finansijskih sredstava uticao je da se realizacija projekta odloži. Bušotina je konzervisana, ali se može brzo dekonzervirati i privesti nameri eksploatacije u agrobiznisu, za grejanje staklenika i

plastenika. Imajući u vidu da su pomenute bušotine konzervirane, one bi se uz mala ulaganja mogle osposobiti za eksploataciju i zagrevanje staklenika, koji bi se podigli u neposrednoj blizini. To je najekonomičnije rešenje, pod uslovom da je udaljenost plastenika do 2 km.

Prema najrelevantnijim hidrogeološkim i geotermalnim odlikama povoljna lokacija za iskorišćavanje geotermalne vode nalazi se severno od Starog Bečeja (Medenjača i Veliki Rit) i severozapadno od Novog Bečeja (Ljutovo - Veliki Rit). To bi bile najpovoljnije tačke za bušenje novih bušotina, imajući u vidu zahteve za efikasnom i ekonomičnom stakleničkom proizvodnjom.

Geotermalna voda u Kupinovu se u skladu sa svojim karakteristikama može koristiti i kao pijaća, dok je sa vodom u Bečeju drugačiji slučaj. Ova voda ima povećane količine rastvorenih mineralnih materija (4 g/l), rastvorene i slobodne gasove (uglavnom metan) i srednje je agresivna prema metalima. Ima veće zahteve u tehnološkom procesu i deponovanju posle iskorišćenja, a njeno korišćenje bi moglo biti u energetske svrhe. Ukoliko se pri oceni mogućnosti geotermalnog ležišta u Bečeju krene od parametara dobijenih na bušotini Bč-2/H, mogli bismo zaključiti da se sa jednom takvom bušotinom može zagrevati 2-4 ha pod staklenikom ili plastenikom.

Izvršena je kompleksna analiza termomineralne vode bušotine u Inđiji - Inđ-3/H. U skladu sa mišljenjem Medicinskog fakulteta, voda sadrži više parametara u nedozvoljenim količinama, pa se ne može koristiti kao pijaća voda. Po fizičko-hemijskim karakteristikama termomineralna voda se može koristiti kao aditivno sredstvo lečenja u oblasti medicinske rehabilitacije, isključivo kupanjem, jer nije pogodna za piće.

Geotermalni potencijal u AP Vojvodini nedovoljno je iskorišćen, pa je vlada Vojvodine odlučila da pruži podršku geotermalnim projektima. S obzirom da raspolažemo sa značajnim izvorima i nalazištima geotermalne energije, imamo potencijal da njenim većim korišćenjem unapredimo poljoprivredu, akvakulturu, životnu sredinu, prehrambenu industriju, agroekoturizam, balneologiju i druge proizvodne i uslužne delatnosti. Stimulisaće se posebno staklenička i plastenička proizvodnja povrća i voća u AP Vojvodini (Milenić i sar., 2015).

Hipoteze koje su postavljene na početku istraživanja se potvrđuju, odnosno nedovoljna je iskorišćenost raspoložive geotermalne energije u agrobiznisu AP Vojvodine, iako je dokazano da je geotermalna energija ekonomičnija u odnosu na druge izvore energije.

Potrebno je da država podstiče naučno-istraživački rad u oblasti proizvodnje termalnih pumpi, da daje veće subvencije za korišćenje obnovljivih izvora energije, da podstiče korišćenje već postojećih bušotina, koje su zapostavljene, kao i bušenje novih. Republika Srbija je zavisna od uvoza energenata, pa se nameće kao nužno hitno pristupiti izradi strategije koja će pridavati značaj većem korišćenju geotermalne i ostalih izvora energije.

10. LITERATURA

- Aksin, V. i sar. (1976). *Mineralne i termomineralne vode Vojvodine i mogućnost korišćenja*, I, II, III sveska, Izvršno veće Vojvodine, Novi Sad.
- Aksin, V., Marinović, Dj., Vugrines, J. (1991). *Exploration and production of oil crude oil and gas in Yugoslav part of Pannonian basin*. In: Geodynamic evolution of the Pannonian Basin, 309-329, Beograd.
- Aksin, V. i sar. (1998). *Istraživanje i korišćenje izvora geotermalne energije u Srbiji*, SANU, Beograd.
- Andrić, N. (2014). Geotermalna energija i mogućnosti njene primene u Srbiji. *Termotehnika*, 40 (1-2); 47-54.
- Andritsos, N., Dalampakis, P., Kolios, N. (2003). Use of geothermal energy for tomato drying. *Geo Heat Center Quarterly Bulletin*, 24.1: 9-13.
- AP Vojvodina, Bogojević, A. (2006). *Studija razmeštaja banja u Vojvodini*, Novi Sad.
- Appasamy, A. (2017). *Addressing Food Insecurity with year-round Geothermally Run Greenhouse in Canada*. University of Winnipeg.
- Arabadžić, M. S., Miljanić, V.S. (1998). *Tajne Zemljinih dubina*, prevod sa ruskog, Klub NT, Beograd.
- Arason, S. (2003). *The drying of fish and utilization of geothermal energy-The icelandic experience*, p. 21-31, International Geothermal Conference, Reykjavík, Iceland.
- Arnorsson, S. (2004). Environmental impact of geothermal energy utilization. *Energy, Waste and the Environment: a Geochemical Perspective*, Geological Society, London, Special Publications, 236 (1); 297-336.
- Babović, J. et. al. (2013). *Production and economic effects of using geothermal energy in Agribusiness*. Proceedings of the 2013 International Conference on Material Science and Environmental Engineering (MSEE 2013), pp. 38-42.
- Bakos, G. C., Fidanidis, D., Tsagas, N. F. (1999). "Greenhouse heating using geothermal energy". *Geothermics*, 28,759-765.

- Balarin, J. D. and R.D. Haller. (1982). *The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages*. In: J.F. Muir and J.J. Roberts (Editors), *Recent Advances in Aquaculture*, Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 265-356.
- Bertani, R. (2007). World Geothermal Generation in 2007. *Geo-Heat Centre Bulletin*, 28 (3), pp. 8-19.
- Bloomquist, R.G. (1999). Geothermal Heat Pumps, Fuor Plus Decades of Experience. *Geo Heat Centre Bulletin*, 20 (4), pp. 13-18.
- Boyd, T. L., Lund, J. W. (2006). *Geothermal heating of greenhouses and aquaculture facilities*. In: 2006 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Bromley, C. J. and Mongillo, M. A. (2008). Geothermal energy from fractured reservoirs, dealing with inducend seismicity. *IEA Open Energy Technology Bulletin*, 48:7.
- Carella, R., and Sommaruga, C. (1999). Italian agricultural uses of geothermal energy. *Bulletin d'Hydrogologie*, No. 17, p. 13-20.
- Carlos da Silva (2015). *For developing countries, new opportunities in geothermal energy*, Preuzeto sa (21.11.2018): <http://www.fao.org/news/story/en/item/281565/icode/>
- Cutlerr, J. Cleveland., Chrisopher, G. Morris (2015). *Dictionary of Energy*, (2nd ed.). Elsevier, p. 291.
- Cvijanović, D., Simić, N., Vukotić, S. (2017). *Upotreba alternativnih izvora energije u poljoprivredi u cilju zaštite životne sredine*, XXII savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova 1, str. 321-326.
- Ćirković, M., Jurakić, Ž., Maletin, S. (2007). Gajenje konzumnih kategorija Tilapije, *Savremena poljoprivreda*, vol. 56, br. 1-2, 89-94.
- Ćirković, M., Jurakić, Ž., Milašinović, M. (2006). Izgradnja ribnjaka na geotermalnim vodama, *Savremena poljoprivreda*, vol. 55, br. 3-4, str. 46-51.
- Ćirković, M., Malović, B., Jurakić, Ž., Maletin, S. (2007). Gajenje konzumnih kategorija afričkog soma, *Savremena poljoprivreda*, vol. 56, br.1-2, 83-88.
- Davis, J. H., R. A. Goldberg (1957). *A concept of agribusiness*, Harvard university, Boston.

- Dickson, M. H., Fanelli, M. (2002). *What is geothermal energy*. Geotimes. Istituto di Geoscienze e Georisorse in Pisa, Italy.
- Direct Use Geothermal for Agricultural Applications*, 2011, Preuzeto sa (22.10.2018): http://www.digtheheat.com/geothermal/geothermal_agriculture.html
- Dragović, Nj. (2015). *Opravdanost upotrebe geotermalnih resursa u proizvodnim procesima i za zagrevanje objekata*, Tehnički fakultet, Bor.
- Dye, S. T. (2012). Geoneutrinos and radioactive power of the Earth. *Reviews of Geophysics*, 50 (3);
- Đajić, N. (2006). *Studija sa idejnim rešenjem mogućnosti korišćenja geotermalne energije na području Kikinde*, Rudarsko geološki fakultet, Beograd.
- Đajić, N., Soleša, M. (2016). Stanje i problemi intenzivnijeg korišćenja geotermalne energije, *KGH - Klimatizacija, grejanje, hlađenje*, v. 25, n. 1, p. 55-61.
- Đurić, N., Đurić, D. (2015). Importance of Geothermal Energy in the Area of Semberija in the Republic of Srpska. *Contemporary Materials*, 2 (6); 234-242.
- Đurić, O., Tomić, V., Milanović, P. (2008). Energetska optimizacija sistema za korišćenje geotermalne energije za grejanje plastenika. *Poljoprivredna tehnika*, 33 (3); 49-55.
- Erkan, K., Holdmann, G., Benoit, W., Blackwell, D. (2008). Understanding the Chena Hot flore Springs, Alaska, geothermal system using temperature and pressure data. *Geothermics*, 37 (6); 565-585.
- Filipović, B., Dimitrijević, N. (1991). *Mineralne vode*. Rudarsko geološki fakultet, Institut za hidrogeologiju, Beograd.
- Fitzsimmons K. (2015). *Global Tilapia Market update*, University of Arizona. Preuzeto sa (22.10.2018): <https://slideplayer.com/slide/2675794/>
- Fridleifsson, I.B., R. Bertani, E. Huenges, J. W. Lund, A. Ragnarsson, and L. Rybach (2008). *The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change*. In: O. Hohmeyer and T. Trittin (Eds.) IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources, Proceedings, Luebeck, Germany, 20-25 January 2008, 59-80.

- FTN - Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline (2005). *Korišćenje energetskeg potencijala bušotine geotermalne vode u bečeju za energetske potrebe lokalnog konzuma*, Novi Sad.
- FTN - Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline (2005). *Mogućnost korišćenja energetskeg potencijala geotermalnih voda u Vojvodini*. Novi Sad.
- FTN, Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline (2006). *Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na prostoru opštine Inđija i mogućnost korišćenja u različite svrhe*, Novi Sad.
- FTN, Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline (2006). *Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnost korišćenja u različite svrhe*, Novi Sad.
- Gando, A., Dwier, D. A., McKeown, R. D., Zhang, C. et al. (2011). Partial radiogenic heat model for Earth revealed by geoneutrino measurements. *Nature Geoscience*, 4 (9); 647-651.
- Gannon, R. (1978). Ground-Water Heat Pumps-Home Heating and Cooling from Your Own Well. *Popular Science (Bonnier Corporation)*, 212 (2); 78-82.
- Gelegenis, J., Dalabakis, P., Ilias, A. (2006). Heating of wintering ponds by means of low enthalphy geothermal energy. The case of Porto Lagos, *Geothermics*, 35, 87-103.
- Geotermalna energija, Preuzeto sa (15.12.2018): <http://dept.uns.ac.rs/geotermalna-energija/>
- Glassley W. E. (2010). *Geothermal energy: Renewable Energy and the Environment*, 1st Edition, CRC Press.
- Hepher, B., Pruginin, Y. (1981). *Commercial fish farming – with special reference to fish culture in Israel*. John Wiley & Sons, New York.
- Holm, A., Blodgett, L., Jennejohn, D. and Gawell, K. (2010). *Geothermal Energy: International Market Update*. Geothermal Energy Association, p. 7. Preuzeto sa (20.09.2018): http://www.geo-energy.org/pdf/reports/gea_international_market_report_final_may_2010.pdf

- Ilin, Ž., Brkić, M. (2014). Korišćenje termalnih voda u proizvodnji povrća i cveća u zaštićenom prostoru, *Savremeni povrtar*, br. 51.
- Janković, V. (2009). *Geotermalna energija: Kako iskoristiti skriveni potencijal Srbije*, Jefferson Institute, Beograd., Preuzeto sa (21.09.2018):
file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Geotermalna_energija.pdf
- Janković, Z. (2013). *Potencijal i korišćenje geotermalne energije u agrobiznisu Vojvodine*, Magistarski rad, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Novi Sad.
- Jubaedah, E., Bambang T., Abdurrachim (2015). *Study of Geothermal Utilization for Milk Pasteurization in Pangalengen, Indonesia*. Proceedings World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19-25 April.
- Kiruja, J. (2013). *Direct use of geothermal energy in USA*. Presented at Short Course VIII on Exploration for Geothermal Resources, organized by UNU-GTP, GDC and KenGen, at Lake Bogoria and Lake Naivasha, Kenya, Oct. 31 – Nov. 22.
- Koroneos, J. C., Fytikas, M. (1999). *Energy potential of geothermal energy in Greece*, European Geothermal Conference Basel '99, September 28-30, Switzerland, Proceedings, Vol. 2, p. 23-31.
- Kroeker, J. D., Chawning, R. C. (1958). Heat Pump in an Office Building, *ASHVE Transactions*, 54; 221-238.
- Lay, T., Hernlund, J., Buffett, B. A. (2008). Core–mantle boundary heat flow. *Nature geoscience*, 1 (1); 25-32.
- Lazić, B., Babović, J., ur. (2008). *Organska poljoprivreda, tom 1 i 2*. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Lindal, B. (1973). Industrial and other applications of geothermal energy, in: Armstead, H.C.H., ed., *Geothermal Energy*, UNESCO, Paris, 1973, pp.135-148.
- Lund, J. W. (1986). Agriculture and aquaculture applications of geothermal energy. *Geothermics*, 15 (4); 415-420.
- Lund, J. W. (1996). *Lectures on direct utilization of geothermal energy*. Reykjavik, Iceland: United Nations University, Geothermal Training Programme.

- Lund, J. W. (1997). Direct heat utilization of geothermal resources. *Renewable Energy*, 10 (2-3); 403-408.
- Lund, J. W. (1997). Milk pasteurization with geothermal energy. *GeoHeat Center Bulletin*, 18 (3); 13-15.
- Lund, J. W. (2004). 100 Years of Geothermal Power Production. *Geo-Heat Centre Bulletin*, 25 (3); 11-19.
- Lund, J. W. (2007). Characteristics, Development and utilization of geothermal resources. *Geo-Heat Centre Bulletin*, 28 (2); 1-9.
- Lund, J. W., Bjelm, L., Bloomquist, G., Mortensen, A. K. (2008). Characteristics, development and utilization of geothermal resources-a Nordic perspective. *Episodes*, 31 (1); 140-147.
- Lund, J. W., Boyd, T. L. (2016). *Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review*. Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015.
- Lund, J. W., Freeston, D. H. (2001). World-wide direct uses of geothermal energy 2000. *Geothermics*, 30 (1); 29-68.
- Lund, J. W., Freeston, D. H., Boyd, T. L. (2005). Direct application of geothermal energy: 2005 worldwide review. *Geothermics*, 34 (6); 691-727.
- Lund, J. W., Freeston, D.H., Boyd, T. L. (2010). *Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review*, Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia, 25-29 April.
- Martinović, M. (2008). *Hidrogeotermalna potencijalnost Mačve*, Magistarska teza, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Martinović, M., Zlokolica-Mandić, M., Vukićević, Z. (2010). *Geotermalni atlas Vojvodine*. Rudarsko geološki fakultet, Beograd; Geološki institut Srbije, Beograd; NIS, Novi Sad.
- Matek, B. and Gawell, K. (2014). *The Economic Costs and Benefits of Geothermal Power*, Geothermal Energy Association. Preuzeto sa (22.10.2018): http://geo-energy.org/reports/economic%20cost%20and%20benefits_publication_6_16.pdf

- Matić, I. (2018). *Geotermalne vode u Srbiji najveći neiskorišćeni resurs*. Rudarsko geološki fakultet, Beograd.
- McLarty, L., Reed, M. J. (1992). The US geothermal industry: three decades of growth. *Energy sources*, 14 (4); 443-455.
- Milanovic, P. D., Ecim, O. D., Jelic, M. B., Tomic, V. V., Milanovic, M. P. (2012). Dynamic modeling of a heating system using geothermal energy and storage tank. *Thermal Science*, 16 (3); 947-953.
- Milenić, D., Dokmanović, P., Vranješ, A., Polomčić, D. (2015). *Geotermalni potencijal teritorije AP Vojvodine*. Rudarsko geološki fakultet, Beograd.
- Milivojević, M., Martinović, M. (1996). *Korišćenje geotermalnih resursa u svetu*. Rudarsko geološki fakultet, Beograd.
- Milivojević, M., Perić, J. (1987). *Energetska potencijalnost hidrogeotermalnih resursa Mačve*, Komitet za geofiziku SITRGMJ, Beograd.
- Miloradović, N. (2013). O poreklu i primeni geotermalne energije. *KGH – Klimatizacija, grejanje, hlađenje*, 42 (2); 53–57.
- Milosavljević, S. (1999). *Geotermalni potencijal severnog i srednjeg Banata i mogućnosti korišćenja*, NIS-Naftagas, Novi Sad.
- Milosavljević, S. (2005). *Geotermalni resursi Vojvodine sa posebnim akcentom na lekovite vode i banje*, In: Belić B, editor. Banje Vojvodine. Novi Sad: Skupština Autonomne Pokrajine Vojvodine; 2005. str. 23-39.
- Milošević, A. (2018). *Geotermalna energija u Srbiji*, Visoka tehnička škola, Niš. Preuzeto sa (20.09.2018):
<http://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vtspredmeti/uploads/12%20Geotermalna%20energija%20u%20Srbiji.pdf>
- Milovanović, Z., Papić, Lj., Dumonjić-Milovanović, S., Milasinović, A., Knežević, D. M. (2018). *Održivo planiranje energije: tehnologije i energetska efikasnost*, Istraživački centar DQM, Prijedor.

- Moloko, M. P., Mathew, K. D. and Yongming, Y. (2013). Production and marketing systems of farmed tilapia in China. *International Journal of Fishery Science and Aquaculture*, 1 (1); 7-13.
- Moore, J. N., Simmons, S. F. (2013). More power from below. *Science*, 340 (6135); 933-934.
- Nemzer, J. (2012). “*Geothermal heating and cooling*”, Cambridge, England, UK: Cambridge University Press, pp. 136–137.
- Pálsson, P.G. (2013). Based on UN map No.4170 Rev.13, April 2012. Department of Field Support, Cartographic Section.
- Pavićević, V. (2018). *Nekorišćenje hidroloških i geotermalnih mogućnosti Mačve – primer deklarativne podrške zaštiti životne sredine u Srbiji*, Rudarsko geološki fakultet, Beograd.
- Perko, B. (2011). Effect of prolonged storage on microbiological quality of raw milk. *Mljekarstvo*, 61 (2); 114-124.
- Povarov, O. (2003). “Achievements and Prospects of Geothermal Power Engineering Development in Russia” *Energoprogress, Science Technology Newspaper*, Special Issue, March.
- Radaković, M. (2011). *Geotermalna energija*. AGM-knjiga, Beograd, Srbija.
- Radičević, B., Vukić, Đ. (2014). *Pregled potencijala obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije u Srbiji / Zbornik radova - 17*. Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede. Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun.
- Ragnarsson, Á. (2003). *Utilization of geothermal energy in Iceland*. International Geothermal Conference, Reykjavík, pp. 39-45.
- Ragnarsson, A. (2014). *Geothermal energy aquaculture*, Presented at “Short Course VI on Utilization of Low- and Medium-Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization”, organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, March 23-29.
- Ragnarsson, A., Ágústsson, M. (2014). *Geothermal energy in Horticulture*, Presented at “Short Course VI on Utilization of Low- and Medium-Enthalpy Geothermal Resources and

Financial Aspects of Utilization”, organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, March 23-29.

Republički zavod za statistiku (2012). *Popis poljoprivrede*, Beograd.

Richter, A. (2018). *The utilisation of geothermal energy in the agricultural sector of Greece*.

Preuzeto sa (22.10.2018): <http://www.thinkgeoenergy.com/the-utilisation-of-geothermal-energy-in-the-agricultural-sector-of-greece/>

Richter, A. (2018). *Utilisation on geothermal in food production – a study for North Iceland*.

In: Aron Heidar Steinsson, “Skýrsla um nýtingu jarðvarma í matvæli, tómatarækt til thurrkunar”. Preuzeto sa (22.10.2018): <http://www.thinkgeoenergy.com/utilisation-on-geothermal-in-food-production-a-study-for-north-iceland/>

Ružičić, L. Kostadinović, Lj., Gligorević, K., Oljaca, M. (2013). The application of geothermal energy in agriculture. *Poljoprivreda i šumarstvo*, 59 (2); 91-104.

Rybach, L., Kohi, T. (2004). Waste heat problems and solutions in geothermal energy. In: Energy, waste and the environment, a geochemical perspective. *Geological Society Publications*, 236 (1); 369-380.

Sass, J., Duffield, W. (2004). Geothermal energy - Clean power from the Earth's heat. *Geotimes*, 49 (7); 32-33.

Sircar, A., Yadav, K., Sahajpal, S. (2015). Overview on Direct Applications of Geothermal Energy. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 3 (9); 128-137.

Soleša, M., Đajić, N., Parađanin, Lj. (1995). *Proizvodnja i korišćenje geotermalne energije*, Rudarsko geološki fakultet, Beograd.

Stipic, S., Vidovic, M., Spasojevic, T., Medgyes, B., Kobor, Z. (2012). Potentials of renewable energy sources in the Republic of Serbia with a detailed review of the exploitation of geothermal resources in the autonomous province of Vojvodina. *Sustainable Use of Geothermal Energy: Research into Injection and Water Treatment*, 91-121.

- Supply Chain for geothermal aquaculture - Feasibility study* (2012).
<http://large.stanford.edu/courses/2016/ph240/makalinao2/docs/klapeda.pdf>
- Szathmari, L., Radics, F., Fodor, B., Danko, K. (2004). *Tilapia Farming in Hungary with the Use of Geothermical Water Supply*. Preuzeto sa (25.10.2018):
<https://cals.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/661.pdf>
- Tester, J., *Flowers In Iceland: The Green-Power Of Geothermal Energy Growth and bloom with renewable energy*, NICELAND, 2017 Preuzeto sa (22.10.2018):
<http://www.niceland.com/geothermal-powered-flower-farm-iceland/>
- Thain, Ian, A. (1998). A Brief History of the Wairakei Geothermal Power Project, *Geo-Heat Centre Quarterly Bulletin*, 19 (3); 1-4.
- Tiwari, G. N., Ghosal, M. K. (2005). *Renewable Energy Resources: Basic Principles and Applications*, Harrow, U.K.: Alpha Science International.
- Toth, A. (2016). Geothermal Energy in Hungary, *GRC Transactions*, 40; 35-41.
- Turcotte, D. L., Schubert, G. (2002). *Geodynamics (2.ed)*, Cambridge University Press, pp.136-137.
- Tveteras, R., *Global Fish Production Data & Analysis*, | University Of Stavang ER, Preuzeto sa (25.10.2018):
https://www.aquaculturealliance.org/wp-content/uploads/2017/06/Day1_RagnarTveteras.pdf
- Twidely, J. W., Weir, A., D. (1986). *Renwable Energy Resources*, 2nd edition, Taylor & Francis, London – New York.
- Van Nguyen, M., Arason, S., Gissurarson, M. and Pálsson, P. G. (2015). *Uses of Geothermal Energy in Food and Agriculture Opportunities for Developing Countries*. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.
- Zogg, M. (2008). *History of Heat Pumps-Swiss Contributions and International Milestones*. In: 9th International IEA Heat Pump Conference, Zürich, Switzerland (pp. 20-22).

BIOGRAFIJA

Mr. Zoran Janković, dipl. građ. inž.

Rođen je 05.01.1964. godine u Trebinju. Osnovnu školu i gimnaziju "Jovan Dučić" završio je u Trebinju sa odličnim uspehom.

Školske 1983/1984. god. upisao je Građevinski fakultet, Univerziteta "Džemal Bijedić" u Mostaru. Na smeru hidrotehničkog odseka, diplomirao 1991. god, sa prosečnom ocenom 8,52.

Poslediplomske studije upisao na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu, Institut za vode, smer, zaštita voda i predviđene ispite položio sa prosečnom ocenom 9,30.

Magistarski rad pod nazivom "Potencijal i korišćenje geotermalne energije u agrobiznisu Vojvodine" odbranio je 06.04.2013. godine na Fakultetu za ekonomiju i inženjerski menadžment, Univerziteta Privredna akademija u Novom Sadu.

Na Fakultetu za ekonomiju i inženjerski menadžment prijavio je doktorsku disertaciju pod nazivom "Ekonomska i energetska efikasnost primene geotermalne energije u agrobiznisu Vojvodine" i prijava je usvojena na Fakultetu i Senatu Univerziteta Privredna akademija u Novom Sadu.

Od 1992. godine zaposlen na Institutu za zaštitu na radu, Novi Sad, na mestu pomoćnika direktora za inženjering i projektovanje.

Zajedno sa kolegama 2002. godine osnovao je Institut za bezbednost i sigurnost na radu d.o.o., Novi Sad, gde radi na mestu generalnog direktora.

Učestvovao je na nekoliko naučnih skupova iz oblasti zaštite i tretmana voda, kao i iz oblasti hidrologije i hidrogeologije. Objavio nekoliko naučnih radova iz pomenutih oblasti u eminentnim inostranim i nacionalnim časopisima.

Oženjen i otac dvoje dece. Živi i radi u Novom Sadu.