

STANJE I PERSPEKTIVA ISTRAŽIVANJA I KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE U VOJVODINI

Stanislav Milosavljević, Mišo Soleša, Snežana Šević, Slobodan Vidović

Ključne reči: *Geotermalna rejonizacija, Raspored bušotina, Izlazna temperatura, Supstitucija mazuta*

SAŽETAK:

Proteklo je skoro 30 godina od kako je NIS-Naftagas izbušio prvu hidrotermalnu bušotinu u Vojvodini i više od 15 godina od početka korišćenja geotermalne energije, a još uvek nisu u dovoljnoj meri razjašnjena neka veoma bitna pitanja iz ove oblasti, kao što su: ukupan hidrotermalni potencijal, uloga i značaj geotermalne energije među ostalim energentima, mogućnosti i pravci (oblasti) korišćenja i naročito ekonomski i pravni aspekti istraživanja i korišćenja.

U radu su otvorena sva ova, kao i neka druga pitanja i ponudeni odgovori na većinu njih. Prikazani su vrsta, obim i rezultati dosadašnjih istraživanja i korišćenja geotermalne energije i termo-mineralnih voda, gruba procena hidrotermalnog potencijala, značaj i uloga, stepen korišćenja, prednosti i ograničavajući faktori korišćenja i perspektiva istraživanja i korišćenja geotermalne energije i termo-mineralnih voda u Vojvodini.

Prikazani su geološki hidrogeološki i uslovi i geohemijski pokazatelji termomineralnih voda panonskog basena na prostoru Vojvodine kako bi se bolje upoznali rasprostranjenost vodenog basena, poreklo i kretanje fluida, geotermalni potencijal, sagledali optimalni uslovi režima eksploatacije i korišćenja raspoložive geotermalne energije.

1. UVOD

Geotermalna energija u Vojvodini istražuje se sistematski i u kontinuitetu poslednjih 30 godina. Za to vreme izbušene su 72 hidrotermalne bušotine i urađen veliki broj ispitivanja i analiza. Podlogu za ova istraživanja predstavljala su istraživanja na naftu i gas koja se odvijaju skoro 50 godina. U tom periodu izbušeno je oko 2.000 bušotina i

izvršena obimna geofizička ispitivanja. Rezultati istraživanja su pokazali da je Vojvodina veoma perspektivna za dobijanje geotermalnih voda za korišćenje u energetske svrhe.

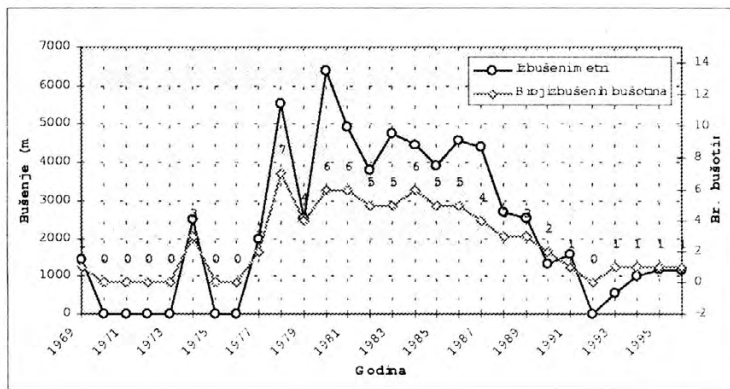
Počev od 1978.godine do danas, u Vojvodini je izgrađeno 20 hidrotermalnih sistema za korišćenje geotermalnih voda u različite svrhe. Rad sistema koncipiran je na jednoj, a u nekoliko slučajeva na dve bušotine. Za hidrotermalne sisteme opremljeno je i povezano 25 bušotina.

Pokazalo se da u mnogim slučajevima geotermalna energija može uspešno da zameni klasične energente i na taj način doprinese značajnim uštedama. Geotermalna energija je u određenim slučajevima pokazala znatne prednosti kao što su: domaći i obnovljiv vid energije, mogućnost korišćenja isključivo domaće opreme, dug vek i velika pouzdanost u toku eksploatacije i dr. U međuvremenu su rešena mnoga tehnička pitanja, tako da su se stekli svi uslovi za njeno nesmetano korišćenje.

Zbog specifičnosti geotermalne energije (nemogućnost transporta na veća rastojanja, problemi oko konverzije toplotne energije i prenosa na daljine, nemogućnosti korišćenja tokom cele godine) postoje određene teškoće u kvantifikaciji geotermalnog potencijala Vojvodine. Umesto toga izrađene su karte perspektivnih područja Vojvodine u pogledu dobijanja geotermalnih voda koje treba da posluže kao podloga za njeno masovnije korišćenje.

2. OBIM I REZULTATI ISTRAŽIVANJA GEOTERMALNE ENERGIJE (TERMOMINERALNIH VODA)

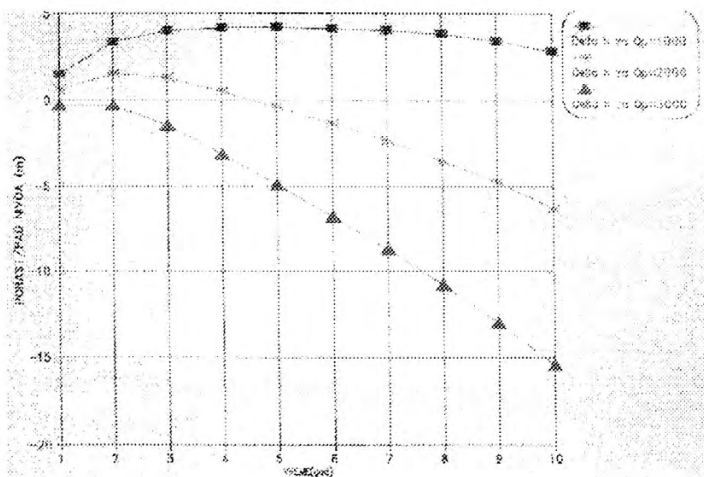
Prva sistematska istraživanja geotermalne energije, odnosno termomineralnih voda u Vojvodini, započeta su 1969.godine bušenjem istražne hidrotermalne bušotine S-1 u Subotici. Do polovine 1998.godine izbušene su 72 hidrotermalne bušotine sa ukupno izbušenih 63.283 m. Najintenzivnije se bušilo u periodu 1978-1987.godine, kada je u proseku bušeno 4-7 bušotina godišnje. U poslednjih desetak godina intenzitet bušenja je naglo pao, ali ne zbog smanjenog interesovanja privrede, već zbog teške ekonomske situacije u zemlji (slika 1).



Slika 1: Dinamika bušenja hidrotermalnih bušotina u Vojvodini

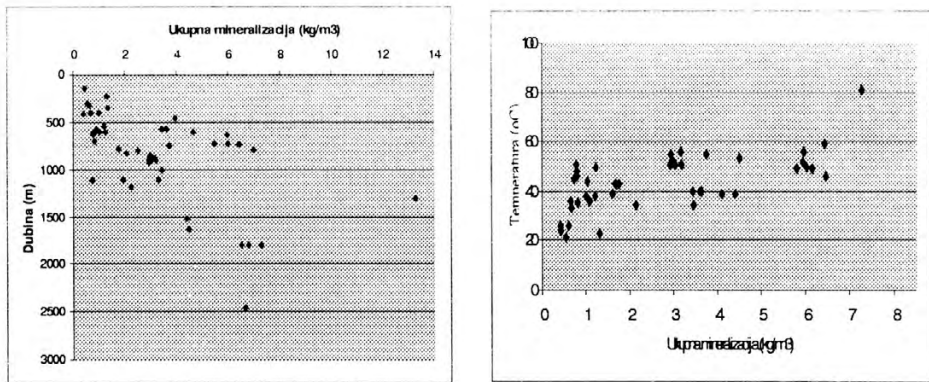
Obradom i sistematizacijom podataka dobijena je opšta regionalna slika o uslovima pojavljivanja i rasporedu geotermalnih voda, kao i o njihovim hidrodinamičkim, geotemperaturnim i hidrohemijskim karakteristikama. Donošenje takve ocene omogućio je dosta ravnomeran raspored hidrotermalnih bušotina po regionima i geološkim formacijama. Ovakvoj oceni doprineli su i rezultati ispitivanja bušotina negativnih na naftu i gas. U tu svrhu ispitane su 42 bušotine. Za ocenu geotermalne perspektivnosti Vojvodine korišćeni su i brojni podaci dobijeni u procesu istraživanja nafte i gasa.

Racionalnom i ekonomski isplativom korišćenju geotermalne energije prethode obimna ispitivanja geoloških, hidrodinamičkih i termodinamičkih karakteristika bušotina, na osnovu kojih se definiše potreban broj proizvodnih i injekcionih bušotina. U gotovo svim analizama buduće ponašanje bušotina i ležišta pri različitim uslovima eksploatacije, jedno je od ključnih pitanja. Da bi se predvidelo buduće ponašanje geotermalnog ležišta potrebno je izračunati promenu pritiska, odnosno nivoa u funkciji kumulativnog utoka i proizvodnje. Uspostavljanje bilansa mase i energije u geotermalnom ležištu pri uslovima termodinamičke ravnoteže jedan je od efikasnijih analitičkih metoda za predviđanje budućeg ponašanja. U tu svrhu je korišćen razvijeni program GMTATBAL¹. Na slici 2 je prikazan primer primene modela u cilju sagledavanja promene nivoa fluida i potrebe za primenom potopljenih elektrocentrifugalnih pumpi.



Slika 2: Promena nivoa fluida u funkciji vremena eksploatacije

Izlazne temperature voda najčešće se kreću u granicama od 45-65 °C, a najviša temperatura vode dobijena je na bušotini u Vrbici (82 °C) u severnom Banatu. Na teritoriji Vojvodine mogu se dobiti vode sa temperaturom i preko 150 °C, ali se zbog nepovoljnih fizičko-hemijskih karakteristika ne mogu koristiti. Geotermalni gradijenti se kreću od 4,5-7,5 °C/100m



Slika 3: Zavisnost ukupne mineralizacije od dubine bušotine i izlazne temperature vode

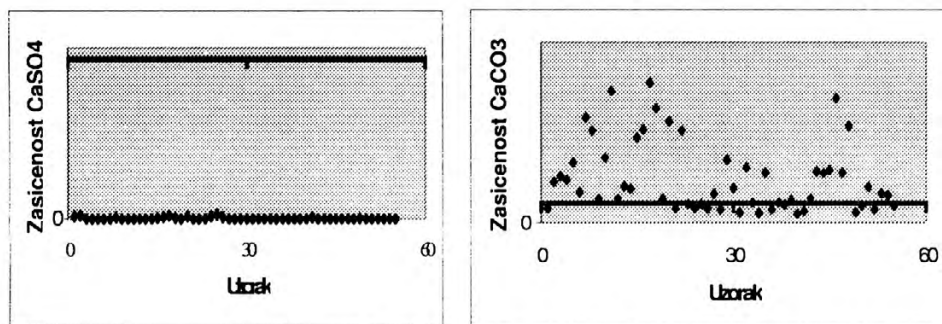
Dijagrami zavisnosti posmatranih parametara u funkciji dubine i izlazne temperature ukazuju da na sastav voda utiču brojni fenomeni: mešanje sa vodama iz drugih intervala, taloženje mineralnih soli, različiti nivoi interakcije sa stenama, izdvajanje gasova, hlađenje, i drugo.

U tabeli 1. prikazane su osnovne karakteristike geotermalnih voda prema izdvojenim geološkim formacijama prikazanim na slici 5.

Tabela 1: Osnovne karakteristike geotermalnih voda Vojvodine prema izdvojenim geološkim formacijama

Regionalna grupa	Ukupna mineralizacija (kg/m ³)	Tip vode
I	1.6 – 3.0	HCO ₃ -Na
II	2.5 – 4.7	HCO ₃ -Na
III	0.8 – 6	Cl - HCO ₃ -Na HCO ₃ -Na
Tereni sa izl. temp. nižom od 50°C	0.54 – 16	HCO ₃ -Na

Povišen sadržaj mineralnih materija i gasova može predstavljati ozbiljne smetnje u toku proizvodnje, korišćenja i deponovanja geotermalne vode, jer utiču na koroziju i taloženje mineralnih soli u opremi geotermalnog sistema. Najčešće su prisutni problemi taloženja kalcijumsulfata i kalcijumkarbonata. Na slici 4. prikazani su rezultati proračuna mogućnosti taloženja CaSO₄ i CaCO₃ na atmosferskom pritisku u funkciji izlazne temperature za 56 uzoraka geotermalnih voda Vojvodine^(1, 2, 3). Iznad pune šrafirane linije na oba dijagrama nalaze se vrednosti indeksa zasićenja koje ukazuju na potencijalno taloženje.



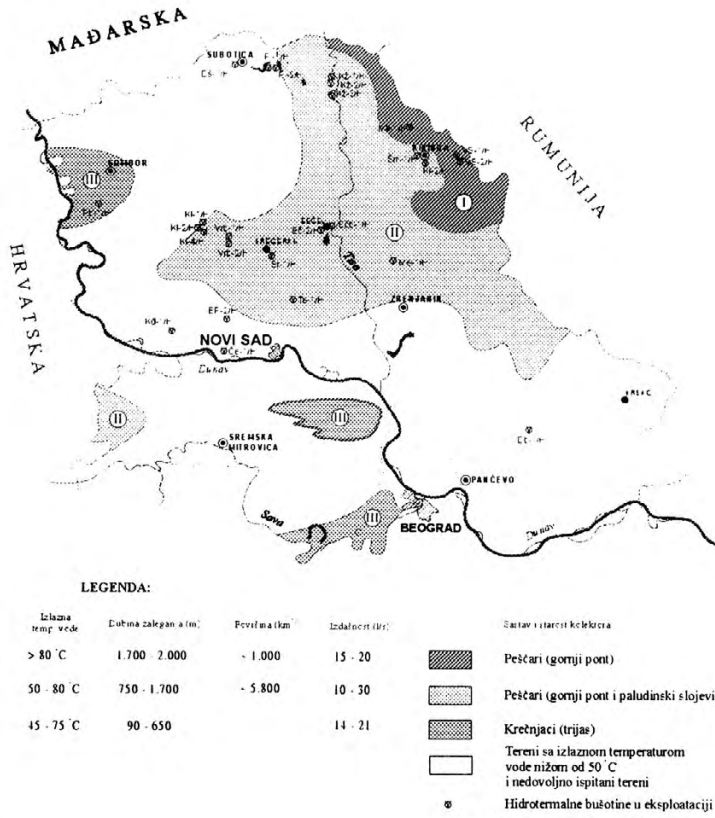
Slika 4: Indeksi zasićenja geotermalnih voda Vojvodine

3. GEOTERMALNA REJONIZACIJA VOJVODINE

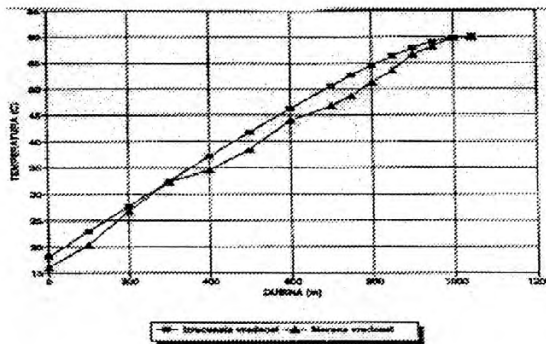
Geotermalnom rejonizacijom Vojvodine izdvojeni su tereni na kojima se mogu dobiti geotermalne vode izlaznih temperatura preko 45°C i povoljnih fizičko-hemijskih osobina koje omogućuju njihovo praktično i nesmetano korišćenje u energetske svrhe (slika 5). Rejonizacija je izvedena na osnovu tri osnovna kriterijuma: dubine zaleganja hidrogeoloških kolektora, geotermalnih gradijenata i fizičko-hemijskih karakteristika geotermalnih voda. Izdvojeni su tereni, odnosno geološke formacije, iz kojih se mogu dobiti vode od $80\text{-}95^{\circ}\text{C}$, od $50\text{-}80^{\circ}\text{C}$ i od $45\text{-}70^{\circ}\text{C}$.

U cilju proračuna distribucije izlazne temperature, razvijen je kompjuterski program GTTEMP⁽¹⁾ baziran na modelu kvazistacionarnog procesa razmene toplote. Funkcionalnost korišćenja razvijenog programa i stepen saglasnosti rezultata proračuna je proveren za veći broj bušotina. Postignuto je dobro slaganje merenih i izračunatih vrednosti izlaznih temperatura, a određena odstupanja koja postoje pre svega su rezultat greške u određivanju termofizičkih parametara stena i fluida. Program omogućava analizu uticaja hidrodinamičkih i termodinamičkih faktora i definisanje optimalnog protoka geotermalnog fluida. Karakterističan oblik krive promene temperature duž stuba bušotine uslovljen je uticajem eksponencijalnog člana u modelu konačnog rešenja koji obuhvata uticaj sledećih faktora: dubine zaleganja ležišta, brzine protoka geotermalnog fluida, geotemperaturnog režima zidova bušotine i dr.).

Na slici 6, prikazani su rezultati proračuna, zajedno sa merenim podacima za bušotinu Ind-1/H. Kao što se vidi sa slike, postoji neznatno odstupanje. Opšta karakteristika krivih distribucije temperature u stubu bušotine je da se na dubinama od 200 do 500 m ostvaruje linearna promena temperature saglasno zakonu geoterme u statičkim uslovima, a izlazna temperatura je za oko 10-15% niža od ležišne temperature.



Slika 5: Karta izlaznih temperatura geotermalnih voda Vojvodine



Slika 6: Distribucija temperature u bušotini Ind-1/H (upoređenje merenih i izračunatih podataka)

4. KORIŠĆENJE GEOTERMALNIH VODA:

Na osnovu svetskih i domaćih iskustava, ocenjuje se da bi se geotermalne vode Panonskog basena Vojvodine, s obzirom na njene fizičko-hemijske odlike, mogle koristiti u sledećim oblastima: u poljoprivredi za zagrevanje staklenika, u stočarstvu i živinarstvu za zagrevanje farmi, u industriji kao tehnološka topla voda, u balneoterapiji i sportsko-rekreaciono-turističkim centrima, za zagrevanje naselja i drugih objekata, za snabdevanje stanovništva sanitarnom toplom vodom, u ribarstvu i sl.

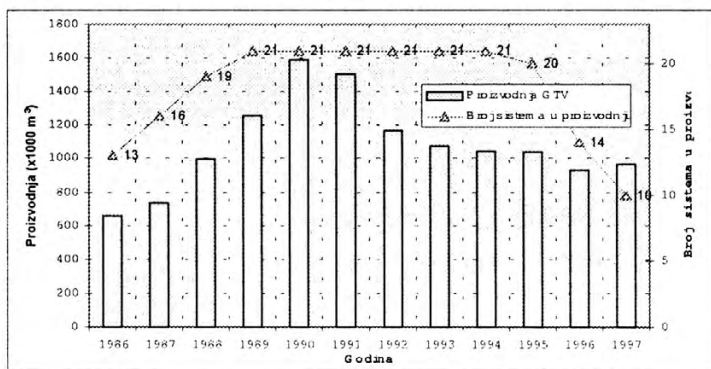
Tabela 2.: Karakteristični korisnici geotermalne energije u Vojvodini

Red. Broj	LOKALITET	KORISNIK	Svrha korišćenja	Izdaš. (l/s)	Temperat. (°C)	Moguća supst. maz. (t/god)
1	Karadordevo	Vojna ustanova	Zatvoreni bazen	2,2	34	27
2	Kula	SOFK	Otvoreni bazen	9,5	50	123
3	Kula	Fabr. Kože "Eterna"	Tehno. potrebe	8,3	53	599
4	Kula	Fabr. štof. "Sloboda"	Tehno. potrebe	8,5	51	567
5	Prigrevica	Banja "Junaković"	Zagrevanje, balneoter.	20,8	54	1228
6	Srbobran	IPK "Elan"	Zagrevanje staklenika	11,7	63	852
7	Kikinda	Kom. org. "6 oktobar"	Zagrevanje prostorija	6,2	50	369
8	Kikinda	Sv. Farma "Jedinstvo"	Zagrevanje farme	15,2	51	950
9	Mokrin	DP "Mokrin"	Zagrevanje farme	10,5	51	569
10	Ban. Vel. Selo	DP "Kozara"	Zagrevanje farme	10	43	433
11	Palić	RO "Akumulacija"	Otvoreni bazen	12,2	48	178
12	Palić	Hotelsko-tur. pred.	Zagrevanje hotela	5	45	241
13	Melenci	Banja "Rusanda"	Balneoterapija	10,3	33	133
14	Kanjža	Banja "Kanjža"	Zagrevanje, balneoter.	14	65	966
15	Vrbas	Sportski centar	Zatvoreni bazen	7,8	43	239
16	Temerin	Mesna zajednica	Otvoreni bazen	20	41	179
17	Bač. Petrovac	Institut za hmelj	Zagrevanje objekta	7,8	45	403
18	Bečej	OSC "Mladost"	Zagrevanje objekta	19,4	65	2097

Najmasovnije korišćenje zastupljeno je u neenergetskom području, odnosno u banjama i sportsko-rekreacionim centrima (tabela 2.), te bi se struktura korišćenja morala menjati u korist supstitucije klasičnih vrsta goriva.

U objektima navedenim u tabeli 1. moguća supstitucija mazuta iznosi oko 10.000 tona godišnje. Uz optimalno korišćenje istih objekata, godišnja ušteda mazuta mogla bi biti do 13.500 tona godišnje. Na postojećim hidrotermalnim sistemima, nažalost, koristi se samo deo raspoložive energije, što zbog neprilagođenih instalacija korisnika, što zbog neusaglašene potrebe korisnika sa mogućnostima bušotina.

Proizvodnja geotermalnih voda u Vojvodini u ovom trenutku je mala, moglo bi se reći simbolična. (slika 7)



Slika 7: Dinamika proizvodnje geotermalnih voda u Vojvodini

Dosadašnja iskustva i efekti korišćenja geotermalne energije ohrabruju, a interesovanje društva i privrede za njeno korišćenje je veliko. Međutim, postoje određene specifičnosti tehničko-tehnološke, ekološke, ekonomske, pa i pravne prirode koje bi trebalo blagovremeno rešavati da bi se kontinuirano nastavile započete aktivnosti. Navodimo neke od tih specifičnosti:

- deponovanje mineralizovanih geotermalnih voda posle korišćenja;
- prisustvo slobodnih i rastvorenih gasova metanskog reda;
- zaštita instalacija od korozije;
- uvođenje domaće opreme;
- regulisanje pitanja iz oblasti zaštite na radu, poboljšanje postojećih i izrada novih propisa, koji će olakšati primenu geotermalne energije u celini.

5. ZAKLJUČCI

Tokom dosadašnjih istraživanja došlo se do zaključka da Panonski basen spada u veoma perspektivno područje za dobijanje geotermalnih voda za potrebe sporta, turizma, rekreacije, rehabilitacije i balneoterapije (vode temperature 25-50 °C) i relativno povoljan

za korišćenje pri dobijanju toplotne energije (vode temperature preko 50 °C). Usvojene temperaturne granice su uslovne i mogu se menjati zavisno od izdašnosti bušotina, tehnoloških rešenja i potreba korisnika.

Korišćenje geotermalnih voda zavisiće uglavnom od tri faktora: prirodnih uslova, finansijskih mogućnosti korisnika i aktivnog učešća države.

Prirodni hidrogeološki uslovi se ne mogu menjati, ali je neophodno da se prema jedinstvenom programu i dobro osmišljenoj koncepciji izvrše regionalna istraživanja na celoj teritoriji Vojvodine i izvrši rangiranje prema perspektivnosti.

Finansijske mogućnosti potencijalnih korisnika će svakako zavisiti od opštih, društvenih i ekonomskih prilika u zemlji i mogućnosti uključivanja stranog kapitala u atraktivne programe.

Aktivno učešće države trebalo bi da se ogleda u davanju određenih olakšica i boniteta korisnicima u fazi razvoja ove delatnosti, kao i u izmenama i dopunama zakonske regulative, što bi delovalo stimulatивно i omogućilo normalan rad na istraživanju i korišćenju.

LITERATURA

- [1] M. Soleša. N. Đajić. Lj. Paradanin: "Proizvodnja i korišćenje geotermalne energije". RGF, Beograd, 1995.
- [2] S. Šević. S. Vidović. M. Soleša: "Summary Of The Origin And Potentials Of Geothermal Systems Of Vojvodina", MEGASTOCK '97, 7th International Conference on Thermal Energy Storage, Sapporo, Japan, 18-21 June, 1997, Proceedings, paper No. 302.
- [3] V. Aksin. S. Milosavljević. M. Mišić: "Istraživanje i korišćenje geotermalne energije u SAP Vojvodini", *Stručni časopis DIT-a Naftagas*, br.9-10 Novi Sad, 1986.
- [4] S. Milosavljević. S. Tonic: "Istraživanje i korišćenje mineralnih, termalnih i termonineralnih voda", *IX Jug.simpozijum o hidrogeologiji i mineralnoj geologiji*, Priština 1987.
- [5] M. Dimić, S. Vidović: "Alternative Energetics", *Potential, Reseach, Applications« Workshop on Contemporary Problems in Power Engineering*, Thessaloniki, Greece, 11 and 12 April, 1995.
- [6] *Dokumentacija NIS-Naftagas*, Novi Sad.

INVESTIGATION AND UTILIZATION OF GEOTHERMAL ENERGY IN VOJVODINA

ABSTRACT:

There are given geoplogical and hydrological conditions, as well as the geochemical indicators of termomineral waters in Panonian basen with the aim to determine geothermal potention, such to optimize exploitation of the geothermal energy in Vojvodina.