

МИРЈАНА ГАЈИЋ*
СНЕЖАНА ВУЈАДИНОВИЋ

РАЗМЕШТАЈ И МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА ТЕРМАЛНИХ И ТЕРМОМИНЕРАЛНИХ ВОДА У МАЧВИ

Садржај: По својим карактеристикама налазиште термалних вода у Мачви је светског значаја. Резервоар чине карстификовани тријаски кречњаци и доломити у којима се очекује температура воде од око 100°C. Ове појаве регистроване су у Дубљу, Богатићу, Мачванском Причиновићу, Белотићу, Метковићу и Клењу. Постоје реални предуслови да Мачва постане хидрогеотермална регија са интензивном експлоатацијом вода. Коришћењем енергије термоминералних вода могућа је интензивна аграрна и аква културна производња на територији читаве Мачве, нарочито органске хране по светским еколошким критеријумима, као и топлификација Богатића, Шапца, Лознице и Сремске Митровице.

Кључне речи: Мачва, термална вода, органска храна, топлификација, природни ресурс

Увод

Коришћењу геотермалне енергије у свету се даје све већи значај. У оквиру енергетског биланса Србије, геотермалној енергији до сада није била посвећена пажња. На то је између осталог утицао и низак ниво истражености геотермалних ресурса Србије, чиме је онемогућена не само одговарајућа енергетска валоризација геотермалних ресурса, већ и њихова практична примена.

У раду је анализиран просторни размештај и могућности коришћења термалних и термоминералних вода Мачве. Резултати досадашњих геотермалних истраживања у Мачви су позитивни. На основу тих истраживања може се закључити да су геотермални ресурси у Мачви високо економични и еколошки и да представљају енергију будућности.

У морфолошком погледу, Мачва заједно са Сремом, чији је наставак, представља део дна Панонског басена. Као изразита морфолошка целина, Мачва се простире између долине Дрине на западу, мачванско-поцерског одсека на југу и долине реке Саве, која је лучно окружује са севера и истока. То је велика алувијална равница површине 860 km². Највећи део равнице лежи између 78 и 90 m надморске висине. Мачва је макроплавина Дрине. Наслаге шљунка код Дреновца указују да је првобитно ушће Дрине било код Шапца. Мачванска акумулативна површ је временом, под утицајем ерозије и денудације, претворена у ерозивну површ рашчлањену речним долинама мањих токова: Беле реке, Јереца, Битве и Засавице, између којих су заравни и гредице (Марковић, Ј.1970).

мр Мирјана Гајић, асистент, Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд.

др Снежана Вујадиновић, доцент, Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд.

Рад представља резултате истраживања пројекта 146015 које финансира Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије.

Геолошка грађа и тектонска обележја Мачве

Мачва се налази на деловима Динарида и Панонског басена. Геотектонски посматрано, Мачва се простире унутар две јединице-терана: „Јадарског блока” на југу и „Вардарске зоне” на северу (Карамата, С. 1996). Област одликује сложена тектоника која се манифестује померањем великог броја мањих блокова. Поред дубинских разлома, који пресецају комплетно земљину кору и представљају изразите границе геотектонских јединица, на терену је геофизичким истраживањима потврђен већи број мањих раседа (Гајић, М., Вујадиновић, С. 2005). Реконструкција значајних тектонских процеса могућа је на основу карактеристичних литостратиграфских чланова и познавања глобалних тектонских покрета. Најмлађи тектонски покрети су терцијарне старости и трају до данас. За појаву термалних и термоминералних вода у Мачви, од великог значаја су управо дубински разломи и постојање младих магматских, пре свега плутонских тела. Она су условила настанак геотермалних аномалија и најзначајнијих налазишта термоминералних вода (Протић, Д., Анђелковић, М. 1998). Од значаја за геотермалну потенцијалност овог простора је мала дебљина Земљине коре и високе вредности густине терестичког топлотног тока.

Грађу старог копна Мачве, пре него што је поново постало морско дно у неогену, чинили су највећим делом тријаски кречњаци и доломити, а мањим делом горњокредни лапоровити и кречњачки седименти. С обзиром да стене јурске старости у Мачви нису откривене, карстификација тријаских кречњака и доломита одвијала се у дугом временском раздобљу, током целе јуре, доње креде и палеогена. Захваљујући таквим палеогеографским условима, који су трајали око 70 милиона година, тријаски кречњаци и доломити постали су порозни, и као такви, изванредни резервоари, најпре хладних а потом термалних вода (Гајић, М. 1999).

Почетком терцијара, као резултат великих тектонских покрета, дошло је до формирања Панонског мора. У границама тако велике депресије, смештене између данашњих Динарида, Алпа и Карпата, егзистовало је неколико мањих. Једна од њих је и мачванско-сремска депресија у којој седиментација почиње у миоцену. Разноврстан геолошки састав обода омогућио је уношење различитог материјала у плитко море и таложење стена. Томе је погодовао и разубуђен рељеф бившег морског дна.

Главном узвишењу на морском дну мачванско-сремске депресије био је карстни плато ширине до 20 km. Плато, изграђен од тријаских и мањим делом кредних кречњака, пружао се од данашњег Шапца ка Богатићу. Северно и јужно од подводног гребена, који се налазио на просечној дубини од око 250 m, дубина морског дна била је много већа. Дебљина седимената у њима је од 1.000 до 1.500 m. Највећи део тих седимената наталожен је у млађем неогену. То значи да је после трансгресије Панонског мора (крај миоцена - почетак плиоцена), преко дна од тријаских кречњака и доломита, почело таложење различитих плитководних седимената (глине и лапорци са прослојцима песка). Захваљујући глинама и лапорцима, као најбољим хидро и термоизолаторима, омогућено је после регресије мора загревање подземних вода у тријаским кречњацима и доломитима у подини.

Након повлачења Панонског мора крајем миоцена, заостала су многобројна језера и мочваре, у којима се током плиоцена и квартара вршила разноврсна плитководна седиментација. Испод моћних алувијалних наслага од шљунка и песка (60-150 m), у Мачви се налази серија шарених глина и пескова са прослојцима шљунка плиоцене старости. У појединим нивоима јављају се угљевите глине и танки слојеви угља. Шљунковито - песковито материјал значајан је за формирање налазишта термоминералних вода у неогену.

У постплеистоцену, речна ерозија створила је главне црте савременог рељефа Мачве и важан хидрогеолошки комплекс. По формирању долине реке Дрине, почело

је засипање плитководних језера и мочвара флувио-гласијалним наносом, који је пореклом од стена из горњег дела слива Дрине. На тај начин су стваране дебеле наслага шљунка у којима је данас велика фреатска издан са огромним резерама пијаће воде. Са овим седиментима смењују се лесоидне суглине и глине и на крају квартарни лес формиран за време последњег леденог доба.

Појаве термалних и термоминералних вода у Мачви

У Мачви је до сада изведено десетак истражних геотермалних бушотина и један експлоатациони бунар у Дубљу (IEDB-1). Почетак геотермалних истраживања у Мачви везује се за 1981. годину, када је откривена геотермална аномалија у Дубљу, 6 km јужно од Богатића. Истражним бушењем (D-1) у неогеним седиментима, на дубини од 178 m, константована је температура воде од 44°C, а из бушотине је добијен самоизлив од 1,7 l/s (Миливојевић, М., и др. 1982). Ради утврђивања узрока геотермалне аномалије и могућности експлоатације термалних вода, у близини претходне бушотине изведена је 1982. године истражна бушотина DB-1. До тријаских кречњака дошло се на дубини од 207m. Том приликом утврђено је постојање акумулације термалних вода у средњотријаским кречњацима, на дубини од 400 m. Из бушотине је добијен самоизлив од 15 l/s воде, температуре 50,5°C (Миливојевић, М., Перић, Ј. 1984).

Најзначајније хидрогеолошке појаве у Мачви откривене су бушењем у Богатићу. Током 1986. године истражном бушотином ВВ-1 добијене су воде температуре 75°C у самом насељу, са вредношћу самоизлива 37l/s. Откривене термалне воде ове бушотине требале су да се користе за топлификацију насеља општине Богатић, али се од те намене одустало услед финансијских проблема и незаинтересованости локалне власти.

Најбољи резултати на пољу истраживања термалних вода постигнути су 1989. године, када је на 1,5 km северно од Богатића добијена вода температуре 78°C, са самоизливом 60 l/s. Дубина бушотине ВВ-2 износила је 618 m. Сматра се да је ово једна од најиздашнијих истражних бушотина у Европи. Резултати поменуте истражне бушотине потврђују богатство геотермалног ресурса Мачве као најперспективнијег у Србији. Током 2005. године бушотина ВВ-2 је санирана и припремљена за експлоатацију.

У селу Белотићу, 7 km удаљеном од Богатића, изведена је истражна бушотина ВеВ-1 дубине 450 m. До дубине 350 m заступљени су неогени седименти а затим се у подини јављају тријаски доломитични кречњаци. Добијен је самоизлив од 25 l/s са температуром воде од 35°C (Миливојевић, М. 1990). Бушотина се још увек не користи.

У селу Метковићу, десетак километара удаљеном од Богатића, изграђена је 1987. године бушотина ВМе-1, до дубине 630 m. Водоносни слој се налази на дубини од 560 m до 630 m. Температура воде износила је 62,8°C. Добијен је самоизлив од 11 l/s термалне воде, али се бушењем није изашло из неогених седимената (Миливојевић, М. 1990). Бушотина се припрема за експлоатацију.

О знатној моћности неогених седимената на појединим деловима Мачве указује бушотина DB-2 у Дубљу, урађена 2002. године. Бушотина укупне дубине 502 m није ушла у неогену подину и поред тога што је 2,5km јужно од бушотине DB-1, где су се тријаски кречњаци појавили на дубини од 207 m. Ови подаци указују на постојање дубљанске депресије.

Табела 1. Подаци изведених хидротермалних бушотина у Мачви

Бушотина	Локација	Дубина бушотине (m)	Подина терцијерних седимената	Издашност самоизлива (l/s)	Температура (°C)
D-1	Дубље	178	-	1,2	44
DB-1	Дубље	400	Ср. тријас	10	50,5
IEDB-1	Дубље	335	Ср. тријас	15	50,5
BB-1	Богатић	470	Ср. тријас	37,5	75,5
BB-2	Богатић	618	Тријас	60	78
BeB-1	Белотић	450	Ср. тријас	20	35
MeB-1	Метковић	627	-	10	62,8
BZ-1	Змињак	520	-	3	40
BZ-2	Змињак	1500	-		
BŠt-1	Штитар		Г. креда	-	-
DB-2	Дубље	502	-		

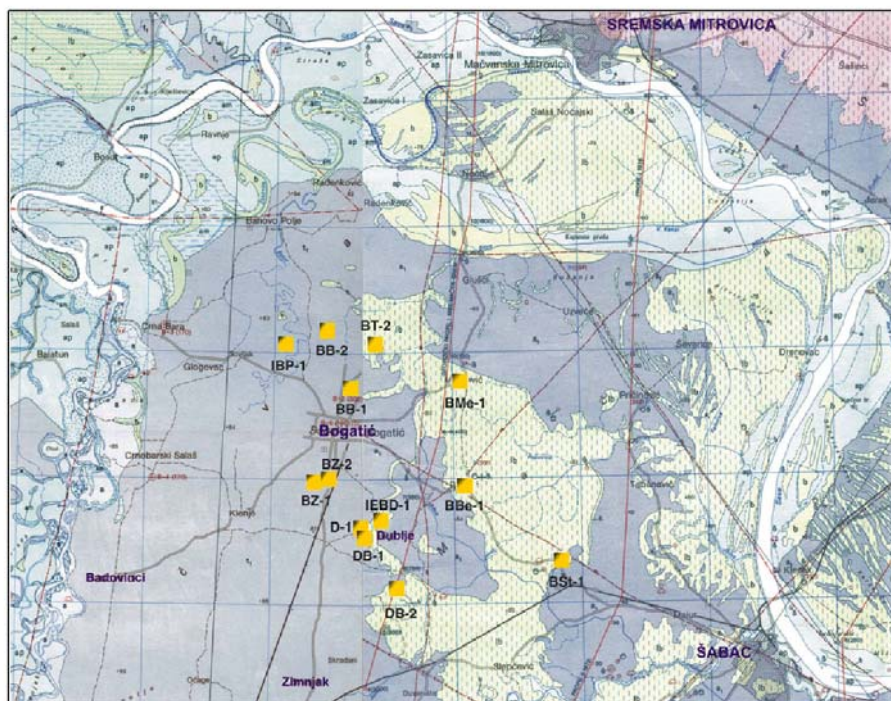
Источно од бушотине у Богатићу (BB-2) налази се најновија истражна бушотина BT-1 (Свето поље), којом се дошло до дубине од 70 m. Планирана дубина истражних радова је до 750 m. Претпоставља се да су до дубине од 700 m заступљени квартарни и неогени седименти, након којих су слојеви тријаских кречњака у којима се налази главни хидрогеотермални резервоар. На основу резултата ранијих истраживања, реално је очекивати температуре до 80 °C са могућношћу самоизлива од 20-25 l/s. Завршетком ове бушотине, у плану је израда новог бунара BT-2 до 850 m дубине (северно од постојеће бушотине) на локалитету Ракит.

Анализа резултата добијених истражним бушењем на територији Мачве указује на присутну литолошку хетерогеност у подини неогених седимената и то на релативно малим растојањима. Са хидрогеолошког становишта, најзначајнији су карстификовани тријаски кречњаци који представљају главне резервоаре термоминералних вода. То је доказано бушотинама у Дубљу (DB-1) и Богатићу (BB-1, BB-2).

Истражна бушења су показала да тријаски кречњаци имају велико распрострањење али и различиту моћност. У Дубљу је регистрована најмања дебљина кречњака од 200 m. Прецизна дебљина резервоара (тријаски кречњаци) није утврђена али према геолошким и геофизичким подацима она може износити од 500 до 1000 m. Дебљина повлатног изолатора (неогени седименти) изнад резервоара је различита и варира од 200 m у Дубљу до 620 m у Богатићу. Максималне температуре воде у резервоарима требале би износити око 100°C, с обзиром да је температура термалних вода на врху резервоара од 35 до 80°C.

Храњење резервоара термоминералних вода у Мачви врши се на неколико начина:

- директном инфилтрацијом падавина по северној подгорини Цера, где су откривени кречњаци тријаске и кредне старости;
- индиректно, кроз повлату, где је моћност мања;
- понирањем вода реке Дрине код Бање Ковиљаче;
- дотоком термалних вода из дубљих делова Мачве и Семберије (Миливојевић, М., Мартиновић, М. 1996).



Карта 1. Локације истражних бушотина у Мачви ¹

Изотопским истраживањима утврђено је да воде из бушотина ВВ-1 и ВеВ-1, за разлику од бушотине DB-1, не садрже изотоп трицијума. То указује да је вода из јужног дела резервоара млађа од 30 година и да потиче од инфилтрације падавина и од речних вода. Воде у северном делу резервоара, односно Мачве, старије су од 50 година и дотичу са веће даљине, из Срема и Семберије. У хидротермалном систему Мачве долази до мешања хладних и топлих, односно млађих и старијих вода из различитих области прихрањивања. Проток термалних вода кроз резервоар је активан и брз, на шта указује мала минерализација вода. С друге стране, загревање вода је велико јер је притицање хладних вода непрестано. Зона природног истицања је долинама река Добраве и Думаче.

У термалних водама Мачве, од катјона најзаступљенији су јони натријума (Na^+), чији садржај варира од 144,0 до 256,1 mg/l. Висок садржај натријума својствен је свим истраженим термалним водама Мачве. С обзиром да садржај јона натријума прелази МДК, термалне воде се могу користити за пиће и друге намене после екстракције геотермалне енергије из њих. Други по концентрацији је јон калцијума (Ca^{++}) чији садржај износи од 30,6 mg/l до 50,0 mg/l. Садржај јона магнезијума је од 6,5 mg/l до 10,6 mg/l.

Табела 2. Хемијских састав термоминералних вода

¹ Извор: Основна геолошка карта 1:100.000. Лист Бијељина, РГФ, Београд, 1984
Основна геолошка карта 1:100.000. Лист Шабац, РГФ, Београд, 1982

Бушотина	ДВ-1 Дубље	IEDB-1 Дубље	ВВ-1 Богатић	ВВ-2 Богатић	ВВе-1 Белотић	ВМ-1 Метковић
Температура (°C)	50.5	51.5	65.9	77.8	35.0	59.8
Суви остатак	597	600	535	530	610	780
pH	7.1	6.95	6.90	6.85	7.15	6.95
Na	158.5	163.0	144.0	146.0	158.0	251.6
Ca	50.0	46.3	33.5	30.6	47.7	34.7
K	13.0	13.9	13.0	13.4	13.9	19.8
Mg	7.3	7.2	6.6	6.5	10.6	7.8
HCO ₃	574.0	578.0	361.6	346.0	470.0	640.0
Cl	42.6	42.7	103.4	104.1	106.8	112.7
Fe	1.2	1.03	0.17	0.43	0.57	0.21
Sr	1.06	1.02	0.95	0.85	1.58	1.10
Li	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.33
Rb	0.36	0.07	0.06	0.07	0.04	0.10
Ba		0.17	0.16	0.18	0.35	0.67
Zn	0.01	0.005	0.002	0.002	4.00	0.002
SiO ₂	24	22.1	39	43	25.0	25.0
B		1.1	2.5	2.5	2.4	3.0
F		2.3	1.2	1.1	1.2	1.9
N(NH ₄)		4.20	1.80	1.70	2.46	4.92
CO ₂	45	44.0	50.5	0	13.2	96.8
O ₂	7.02	1.5	0.5	0.5	0.5	2.5
H ₂ S	0.10	0.4	2.5	1.8	0.6	0.8

Извор података: Протић, Д. (1995). Минералне и термалне воде Србије. Београд: Геоинститут (Посебна издања, књ. 17, стр. 35); Миливојевић, М. (1990). Извештај о резултатима досадашњих хидрогеолошких истраживања у Мачви. Фонд РГФ, Београд.

Код анјона највеће учешће има хидрокарбонатни јон (HCO⁻) са најмањом концентрацијом у Богатићу (346,0 mg/l) и максималним у Метковићу (640,0 mg/l). Много мању заступљеност имају хлоридни јон (Cl⁻) који варира од 42,6 mg/l до 112,7 mg/l, а потом сулфатни јон (SO₄⁻) од 2 mg/l до 6 mg/l. Код свих анализираних узорака термалних вода вредност pH фактора је приближно иста и износи од 6.85 до 7.15.

Испитиване термалне воде свих бушотина у Мачви припадају хидрокарбонатном типу Na-HCO₃ и натријумској групи. Минерализација вода је мала и варира од 807,0 до 1082,5 mg/l. Суви остатак износи од 0,6 до 0,8 g/l. Термалне воде, према количини појединих макрокомпоненти, одговарају квалитету воде за пиће.

На основу количине, температуре и хемијских особина термалних вода, може се константовати да постоје повољни услови за њихово коришћење. Геотермална аномалија у Мачви (Дубље-Богатић) добила би пуни значај проналаском хидрогеолошких колектора са термалном водом температуре од 90°C до 100°C.

Резултати истраживања у југоисточном Срему, Посавини и Семберији указују да у подини неогених седимената, у тријаским кречњацима, леже главни колектори термалних вода. С обзиром да постоји сличност у погледу хемијског састава, температуре и вредности геотермалног степена, може се говорити о

постојању јединствене акумулације термалних вода на површини од око 4.000km². Мачва представља део тог великог хидрогеотермалног система чије су могућности коришћења велике и неисцрпне.

Дубоким геоелектричним сондирањем у Мачви је утврђена дебљина терцијарних и квартарних седимената. Најмања дебљина седимената је у централним деловима равнице, око Дубља и Богатића, где износи 220 до 300 m. Ка југу и према Срему дебљина седимената се повећава до 1.500 m, односно 2.000 m (Миливојевић, М., и др. 1982). У Мачви је утврђено неколико артеских хоризоната до 350 m дубине. Налазишта вода јављају се у песковитим и шљунковитим наслагама. Испод њих су глиновито-лапоровити седименти. Воде температуре 20-60°C и самоизлива 1-5 l/s, јављају се у већини насеља.

Табела 3. Налазишта термалних вода у неогеним седиментима

Локација	Дубина бунара (m)	Температура воде (°C)	Самоизлив (l/s)
Мачвански Причиновић	200	19	0,5
Белотић	200	23	0,5
Дреновац	250	20	-
Ноћај	300	29	1,7
Равње	280	20,8	-
Клењ	170	18	0,2

Највишу температуру имају воде у Ноћају. Изведена бушотина дубока је 300 m а из ње је добијена вода температуре 29°C у количини од 1,7 l/s. Термоминералне воде у Богатићу, у неогеним седиментима, имају температуру око 27 °C. Самоизлив из артеских бунара је око 2 l/s. У Шапцу се налази неколико бунара. Најдубљи бунар (230 m) је са водом температуре 24,5 °C и самоизливом од око 5 l/s.

Воде у неогеним седиментима, на основу хемијског састава, одговарају пијаћим. Високе температуре вода последица су дебљине неогених наслага између кречњака у подини и алувијалних шљункова у повлати. На основу утврђених различитих притисака у плитким и дубоким бушотинама, утврђено је да не постоји блиско претакање термоминералних вода из тријаских кречњака и доломита у неогене насlage у повлати. Подлога неогена, са водом температуре 50°C, делује као грејно тело које загрева стене и воде изнад ње (Миливојевић, М., Перић, Ј. 1984).

Коришћење термалних и термоминералних вода

Србија располаже значајним ресурсима термоминералних вода које се огледају у различитим могућностима коришћења. Ограничавајући фактор њиховог коришћења је недовољна истраженост простора. Поред широке примене у свету, у нашој земљи термалне воде се и данас највећим делом користе у балнеологији, за спорт и рекреацију. Исцрпљеност фосилних горива и нарушавање еколошке равнотеже наглашава све већу потребу развоја чистих технологија, које су у предности, јер су за разлику од других минералних сировина, обновљиве и економичније.

Простор Мачве представља изузетан хидрогеотермални потенцијал. Хидрогеотермална енергија може се користити директно као топлотна и индиректно као механичка или електрична. Термалне воде се могу користити за потребе балнеологије, спорта и рекреације, за загревање просторија, у пољопривреди и аквакултури, индустрији, технологији и производњи електричне енергије.



Слика 1. Термоминерална вода из бушотине ВВ-2 у Богатићу (Белиште)

Открићем геотермалне аномалије у Дубљу створиле су се широке могућности коришћења термалних вода у *балнеолошке* и *спортско-рекреативне сврхе*. Захваљујући високим температурама, алкалне воде Дубља могу се користити за купање, а расхлађене за пиће. Термалне воде би нашле примену код лечења хроничних реуматских обољења локомоторног система и хроничних кожных обољења. У Дубљу су за ту сврху изграђена два базена са пратећом опремом, која би из бунара ДВ-1 користила термоминералну воду температуре 50,5°C. Услед недостатка финансијских средстава, 90-тих година прошлог века прекинути су истраживачки радови, изградња и уређење поменутог локалитета.

Потенцијалну бању Дубље, осим лечилишта, потребно је афирмисати као својеврсну индустрију за опоравак и негу тела. Осим што су у функцији побољшања здравља, бање морају бити и фактор оживљавања појединих делатности: здравства, туризма, трговине и др. (Гајић, М. 2003). Бројни wellness центри у Европи представљају добре примере полифункционалног коришћења термоминералних вода. Према евиденцији Француске туристичке организације wellness програми намењени здравим особама потискују класичне третмане намењене болесним особама, што потврђује комплементарност здравствено-лечилишне и туристичко-рекреативне функције бањских центара (Јовичић, Д. 2008).

Поред развоја бањског туризма, близина планине Цер са својим природним и антропогеним ресурсима отвара могућности развоја комплементарног туризма који ће бити у функцији привредног напретка читавог краја. Адекватном туристичком стратегијом и применом концепта одрживог развоја простор Мачве и Поцерине могу постати дестинације еко и осталих алтернативних облика туризма (Грчић, М., Грчић, Љ. 2003).

Налазишта термалних вода, повољна клима и плодно земљиште пружају могућности за интензивну производњу еколошки вредне и профитабилне хране. У пракси употреба термоминералних вода и геотермалне енергије *за потребе пољопривреде* је још увек у почетној фази. Коришћењем термоминералних вода у пољопривреди постижу се:

- квалитативни ефекти (обогаћеност пољопривредних производа минералним материјама)
- еколошки (здрава храна)
- економски (нижи трошкови производње, већи принос)

У производњи хране која има високе енергетске захтеве, све је присутније заливање усева термоминералном водом. Обрадиво земљиште је најчешће сиромашно есенцијалним микроелементима и другим минералним материјама којих нема у површинским и плитким подземним водама. У дубљим термоминералним водама минералне материје се налазе у раствореном и јонском облику. Искуства су показала да термоминерална вода повољно утиче на раст и развој биљака.

Хидрогеотермална енергија, као најјефтинији енергент, може се интензивно користити за биљну производњу (поврће, цвеће, расаде, баштинске саднице) у стакленицима. Са већим стакленицима смањују се трошкови производње. Стакленици су нарочито погодни за гајење култура које захтевају више светлости (оптимална температура за гајење краставца је 25-30°C, парадајза 20°C а зелене салате 15°C). Стакленичка производња је зими, услед велике потрошње фосилних горива, нерентабилна и скупа. Употребом хидрогеотермалне енергије смањили би се трошкови производње и омогућио целогодишњи рад стакленика (Гајић, М., Вујадиновић, С. 2005). Хидрогеотермална енергија је погодна за гајење стоке, живине као и слатководних организама у одговарајућој средини (рибњаци). Различите врсте риба захтевају различиту температуру воде, чијом регулацијом се остварује далеко већа производња у односу на традиционалну. Хидроминерална агрономија Мачве, уз додатна истраживања и инвестициона улагања, могла би имати сјајну перспективу брзог и разгранатог успона.

Једна од могућности коришћења термалних ресурса је **топлификација насеља**. Хидрогеотермална енергија не користи се за загревање насеља, и поред тога што Мачва представља најпреспективнију геотермалну регију Србије. Експлоатацијом термоминералних вода температуре од 80°C (100°C) могућа је топлификација Богатића, Шапца, Сремске Митровице и Лознице.

Комунални систем грејања захтева велика инвестициона улагања, која у данашњим отежаним условима привређивања и недостатка обртних средстава, представљају ограничавајући фактор коришћења. За потребе директног загревања неопходна је најмања температура воде од 70°C. Употребом топлотних пумпи за догревање могуће је искоришћавање термалних вода нижих температура. Искуства у другим земљама, која имају дугу традицију коришћења ових ресурса, показују да се уложене инвестиције могу амортизовати од шест до осам година, кроз уштеду у цени потребних горива. На бази постојећих ресурса, у Мачви је могућа изградња геотермалне топлане снаге 500 MW. На тај начин би се створили услови интензивног вишенаменског-каскадног коришћења топлоте термалних вода.

Бројне су могућности коришћења геотермалних вода **у индустрији**, у зависности од типа расположиве геотермалне воде и потребне температуре. Оне се могу користити за: сушење, испаравање, дестилацију, хлађење, печење, прање и бојење, процесно загревање и грејање индустријских објеката. Нарочито широку примену у индустрији има сушење помоћу топле воде. Загрејаним ваздухом могу се сушити пољопривредни производи (поврће, житарице, семење), лековито биље, речни и морски продукти, дрво и др. Прање и бојење се највише примењују у текстилној индустрији (вуна и вунене тканине). Прерада коже и крзна такође се остварује коришћењем геотермалних вода.

Највећи економски ефекти постижу се **каскадним коришћењем** геотермалних ресурса. Под тим се подразумева вишеструко коришћење истог геотермалног флуида ради постизања максималне користи, ефикасности и рентабилности. На основу израде симултаног геотермалног модела процењено је да се са изворишта у Богатићу може добити 2.000 l/s термоминералних вода температуре од 75°C до 80°C. Топлогна снага геотермалне топлане Богатић (500 MW) би се најпре користила за загревање просторија у грејној сезони са 250 MW. За производњу хране,

индустрију и спортско-рекреативне сврхе користили би се капацитети осталих 250 MW (Миливојевић, М., и др. 1996).

Термоминералне воде са највишом температуром (до 100°C) треба очекивати северно од Богатића. Стерилност вода условљена је њиховом старошћу, која износи од 15.000 до 26.000 година. Испитиване бушотине у Мачви имају укупну издашност од 145 l/s, односно 4.575.000.000 l годишње. Свакодневно, термалне воде износе енергију која одговара енергији добијеној сагоревањем 63 тоне течног горива, месечно око 2.000 t а годишње око 24.000 t (Миливојевић, М., и др. 1996).

Закључак

Мачва је једно од најпреспективнијих хидрогеотермалних налазишта у Европи. Главни резервоар термоминералних вода ниске минерализације чине карстификовани тријаски кречњаци и доломити. Максимална температура воде је 80°C. На овом простору реално је очекивати температуре вода до 100°C које се могу вишенаменски користити. Друштвено-економске, техничко-технолошке и еколошке предности су бројне у односу на друге изворе енергије.

Производња хране на плодном продуктивном тлу, првенствено поврћа у затвореним просторима, стакленицима и пластеницима, на бази коришћења енергије термалних вода, треба да буде приоритет развоја овога краја.

У условима савремене енергетске кризе природна богатства заснована на хидрогеотермалном потенцијалу представљају непроцењиву вредност. У том циљу неопходно је вршити детаљна хидрогеолошка истраживања. Експлоатација термоминералних вода представљаће основну стратегију регионалног развоја. Како у Мачви нема значајнијих фосилних горива, питању коришћења геотермалних ресурса мора се посветити све већа пажња.

Литература

- Гајић, М., Вујадиновић, С. (2005). Налазишта и могућности коришћења термалних вода у Дебрцу. *Гласник Српског географског друштва*, 85 (1), 57-62
- Гајић, М. (2003). Термоминералне воде Новопазарске бање. *Гласник Српског географског друштва*, 83 (1), 65-72
- Гајић, М. (1999). *Географски размештај и могућности коришћења термоминералних вода у Подрињско-колубарском крају*. Београд: Географски факултет, магистарски рад
- Грчић, М., Грчић, Ј. (2003). Планина Цер-потенцијали за развој туризма. *Гласник Српског географског друштва*, 83 (2), 11-18
- Јовичић, Д. (2008). Стање и перспективе развоја бањског туризма у Србији. *Гласник Српског географског друштва*, 88 (4), 3-18
- Карамата, С. (1996). Terrans definition of the terrane and importance for geologic interpretation, RGF, Brezovica
- Марковић, Ј. (1967). Рељеф Мачве, Шабачке Посавине и Поцерине. Београд: Географски институт ПМФ, (Посебна издања, књ.1, стр. 8-10)
- Протић, Д., Анђелковић, М. (1998). Геотермални и географско-туристички потенцијали Рајчиновића бање. *Гласник Српског географског друштва*, 78 (2), 71-75
- Миливојевић, М., Перић, Ј. (1984). Резултати истраживања геотермалне аномалије у Дубљу и њихов значај за процену хидрогеотермалне потенцијалности Мачве и Посаво-Гамнаве, Будва: *Зборник радова VIII Југословенског симпозијума о хидрогеологији и инжењерској геологији*, IV, 239-252.
- Миливојевић, М. и др. (1982): Новооткривена геотермална аномалија у Дубљу-Мачва и њена енергетска потенцијалност, Нови Сад: *Зборник реферата VII Југословенског симпозијума о хидрогеологији и инжењерској геологији*, I, 193-206
- Миливојевић, М. (1990). Извештај о резултатима досадашњих хидрогеолошких истраживања у Мачви. Фонд РГФ, Београд.
- Миливојевић, М., Мартиновић, М. (1996). Геотермални ресурси у регији Колубаре, Мачве и Подриња. Геолошки завод Гемини, Београд.
- Протић, Д. (1995). Минералне и термалне воде Србије. Београд: Геоинститут (Посебна издања, књ. 17, стр. 35)

MIRJANA GAJIC*
SNEZANA VUJADINOVIC

DISTRIBUTION AND POSSIBILITIES OF USE OF THERMAL AND THERMO-MINERAL WATERS IN MACVA

Abstract: According to its characteristics the deposit of thermal waters in Mačva is of world significance. The reservoir consists of the karstified Triassic limestone and dolomites where the water temperature of about 100°C is expected. These phenomena were registered in Dubalj, Bogatić, Mačvanski Pričinović, Belotić, Metković and Klenj. There are real prerequisites for Mačva to become “the hydro-geothermal region” with intensive exploitation of water.

Present assessment shows that geothermal energy from thermal waters, exploited near Bogatic, could utilized in intensive agri and aqua cultural production of whole Macva, especially organic food according to restri word ecologic standards, as well as heating of Bogatic, Sabac, Loznica and Sremska Mitrovica.

Key words: Macva, thermal waters, organic food, heating, natural resource

Introduction

The use of geothermal energy has become more and more significant in the world. Until now it has not called attention within the energetic balance of Serbia. That was influenced, among others, by low level of exploration of geothermal resources in Serbia, by which not only the corresponding energetic valorisation of geothermal resources is disabled, but also their practical use.

Spatial distribution and possibilities of the use of thermal and thermo-mineral waters of Macva are analysed in the paper. The results of the previous geothermal studies are positive. Based on those researches, it can be concluded that geothermal resources of Macva are highly economical and ecological and represent energy of the future.

Morphologically, together with Srem, Macva as its extension represents a part of the bottom of the Pannonian basin. As extremely morphological whole, Macva extends between the Drina valley in the west, the Macva-Pocerina scarp in the south and the Sava river valley which circles it from the north and east. It is large alluvial plain of the total area of 860 km². The largest part of the plain is between 78 m and 90 m above the sea level. Macva is macro flood plain of the Drina River. Gravel deposits near Drenovac signified that the original mouth of the Drina River was near Sabac. By the time, the accumulation surface of Macva, influenced by erosion and denudation, was turned into erosive surface, dissected by river valleys of the smaller flows of the Bela reka, the Jereza, the Bitva and the Zasavica, with plateaus and isthmuses between them (Markovic, J. 1970).

Geological Structure and Tectonic Characteristics of Macva

Macva lies on the parts of the Dinarides and Pannonian basin. Geo-tectonically, Macva extends within two units (terranes): the “Jadar block” in the south and the “Vardar zone” in the north (Karamata, S. 1996). The region is characterised by complex tectonics, manifested by moving of the large number of smaller blocks. Besides deep fissures, which completely cut the Earth’s crust and represent expressive boundaries of geo-tectonic units, a larger number of smaller faults is ascertained on the terrain by geophysical researches (Gajic, M., Vujadinovic, S. 2005). The reconstruction of more significant tectonic processes is possible on the basis of the characteristic lithostratigraphical members and knowledge of global tectonic movements. The youngest tectonic movements are of Tertiary age and they have lasted until today. Deep fissures and young magmatic and plutonic bodies are of great

significance for the phenomenon of thermal and thermo-mineral waters in Macva. They are the cause of the origin of geothermal anomalies and the most significant deposits of thermo-mineral waters (Protic, D., Andjelkovic, M. 1998). Small depth of the Earth's crust and high values of density of terrestrial thermal course are of the significance for geothermal potentiality of this area.

The structure of old land of Macva had mostly been characterised by Triassic limestone and dolomites and partly by Upper Cretaceous marls and limestone sediments before it again became the sea bottom in Neogene. Considering that rocks of Jurassic age were not discovered in Macva, the karstification of Triassic limestone and dolomites took place throughout the whole Jurassic, Lower Cretaceous and Palaeogene time period. Owing to such palaeogeographic conditions, which lasted for about 70 million years, Triassic limestone and dolomites became porous and, as such, they were excellent reservoirs of primarily cold water and then thermal waters (Gajic, M. 1999).

By the beginning of Tertiary, the formation of the Pannonian Sea had occurred as the result of large tectonic movements. Within the borders of such a large depression, located between the present Dinarides, Alps and Carpathians, several smaller ones had existed. The Macva-Srem depression was one of them in which the sedimentation had begun in Miocene. Diverse geological structure of the ridge enabled the carrying in of different material into the shallow sea and the deposition of rocks. Dissected relief of the former sea bottom also contributed to it.

The karst plateau up to 20 m wide had been the main elevation at the sea bottom of the Macva-Srem depression. The plateau, built of Triassic and partly Cretaceous limestone, had extended up to the present Sabac towards Bogatic. North and south of the sub-aqueous ridge, which was situated at average depth of about 250 m, the depth of the sea bottom was much larger. The thickness of sediments in them ranged from 1 000 to 1 500 m. The largest part of those sediments was deposited in younger Neogene. That means that after the transgression of the Pannonian Sea (the end of Miocene-the beginning of Pliocene), the deposition of different shallow-water sediments had begun (clay and marls with intercalations of sand) over the bottom of Triassic limestone and dolomites. Owing to clay and marls, as best hydro- and thermo-isolators, the warming up of underground waters in Triassic limestone and dolomites at the underlying layer was enabled after the regression of the sea.

After the regression of the Pannonian Sea at the end of Miocene, many lakes and swamps were left, in which diverse shallow-water sedimentation was carried out throughout Pliocene and Quaternary. Beneath alluvial deposits of gravel and sand (60-150 m), a series of colourful clay and sands with intercalations of gravel of Pliocene age was found in Macva. In some levels, coal clay and thin layers of coal appeared. The gravel-sandy material is significant for the formation of deposits of thermo-mineral waters in Neogene.

In Post-Pleistocene, river erosion created the main centres of the contemporary relief of Macva and significant hydro-geological complex. After the formation of the Drina river valley, the filling in of shallow-water lakes and swamps had begun by fluvial-glacial deposits that originated from the rocks of the upper part of the Drina river basin. Thus, thick deposits of gravel were being formed in which there has been a large phreatic water-table of significant reserves of drinking water today. With these sediments, the loess sub-clay and clay changed and finally there was Quaternary loess which was formed throughout the last ice age.

Phenomena of Thermal and Thermo Mineral Waters in Macva

A group of around ten investigating geothermal bore-holes in Macva and one exploitive well in Dublje (IEDB-1) have been carried out until now. The beginning of

geothermal researches in Macva is connected with 1981 when geothermal anomaly was discovered in Dublje, 6 km south of Bogatic. By investigating boring (D-1) in Neogene sediments, at depth of 178 m, the water temperature of 44°C was ascertained, whereas discharge of 1.7 l/s was obtained (Milivojevic, M. et al, 1982). In order to establish the causes of geothermal anomaly and the possibility of exploitation of thermal waters, the investigating bore-hole DB-1 was carried out near the previous one in 1982. Triassic limestone was found at a depth of 207 m. Existence of accumulation of thermal waters in Middle Triassic limestone was established at a depth of 400 m. The discharge of 15 l/s was obtained from the bore-hole, with temperature of 50.5°C (Milivojevic, M., Peric, J., 1984).

The most significant hydro-geological phenomena in Macva were discovered by boring in Bogatic. Throughout 1986, waters of 75°C were obtained by investigating bore-hole BB-1 in the very settlement, with a value of discharge of 37 l/s. These thermal waters should have been used for the heating of settlements of Bogatic municipality, but it was given up due to financial problems and disinterest of the local government.

The best results in the field of the research of thermal waters were achieved in 1989, when 1.5 km north of Bogatic, the water of the temperature of 78 °C and an amount of outflow of 60 l/s were ascertained. The depth of the bore-hole BB-2 was 618 m. This is considered to be one of the most abundant investigating bore-holes in Europe. The results of the mentioned investigating bore-hole have confirmed the wealth of the geothermal resource of Macva as the most perspective one in Serbia. The bore-hole BB-2 was repaired and prepared for exploitation during 2005.

In Belotic village, 7 km away from Bogatic, the investigating bore-hole BeB-1 was carried out at a depth of 450 m. Neogene sediments existed up to a depth of 350 m, and then Triassic dolomite limestone appeared at the underlying layer. The discharge of 25 l/s with the temperature of water of 35°C was obtained (Milivojevic, M. 1990). The bore-hole has not been used yet.

In 1987, the bore-hole BMe-1 was built at a depth of 630 m in Metkovic village, around ten kilometres away from Bogatic. The layer full of water was at a depth from 560 m to 630 m. The temperature of water was 62.8 °C. The outflow of thermal water of 11 l/s was obtained, but it was not come out of Neogene sediments by boring (Milivojevic, M. 1990). The bore-hole is being prepared for exploitation.

The bore-hole DB-2, made in 2002 in Dublje, pointed out to considerable strength of Neogene sediments at some parts of Macva. The bore-hole of the total depth of 502 m did not come into the Neogene underlying layer, even though it was 2.5 km south of the bore-hole DB-1, where Triassic limestone appeared at a depth of 207 m. These data have pointed to the existence of the Dublje depression.

The most recent investigating bore-hole BT-1 (Sveto polje) is situated east of the bore-hole in Bogatic (BB-2), by which it was come to a depth of 70 m. The planned depth of investigating works has been up to 750 m. It is supposed that Quaternary and Neogene sediments exist up to depth of 700 m, after which there are layers of Triassic limestone with the main hydro-geothermal reservoir. Based on the results of the previous researches, the expected temperatures are up to 80°C with a possibility of discharge up to 20-25 l/s. By the finishing of this bore-hole, the making of the new one BT-2 is being planned up to a depth of 850 m (north of the existing bore-hole) on the Rakit locality.

Table 1 Data on hydrothermal bore-holes, carried out in Macva

Bore-hole	Location	Depth of bore-hole (m)	Underlying layer of Tertiary sediments	Discharge (l/s)	Temperature (°C)
D-1	Dublje	178	-	1,2	44
DB-1	Dublje	400	Mid. Triassic	10	50,5
IEDB-1	Dublje	335	Mid. Triassic	15	50,5
BB-1	Bogatic	470	Mid. Triassic	37,5	75,5
BB-2	Bogatic	618	Triassic	60	78
BeB-1	Belotic	450	Mid. Triassic	20	35
MeB-1	Metkovic	627	-	10	62,8
BZ-1	Zminjak	520	-	3	40
BZ-2	Zminjak	1500	-		
BŠt-1	Stitar		Upper Cretaceous	-	-
DB-2	Dublje	502	-		

The analysis of the results, obtained by the investigating boring on the territory of Macva, pointed to the present lithologic heterogeneity at the underlying layer of Neogene sediments, especially at relatively small distances. From the hydro-geological point of view, the karstified Triassic limestone is the most significant, representing the main reservoirs of thermo-mineral waters. That was proved by the bore-holes in Dublje (DB-1) and Bogatic (BB-1, BB-2).

Map 1 Locations of investigating bore-holes in Macva¹

The investigating borings have shown that Triassic limestone has wide dispersal, but also different possibility. In Dublje, the least thickness of limestone of 200 m was registered. The precise thickness of reservoir (Triassic limestone) was not established, but according to geological and geophysical data it might range from 500 to 1 000 m. The thickness of the overlying layer isolator (Neogene sediments) above the reservoir is different and varies from 200 m in Dublje to 620 m in Bogatic. The maximum temperatures of water in reservoirs should be around 100°C, considering that the temperature of thermal waters ranges from 35 to 80°C on the top of the reservoir.

The feeding of the reservoir of thermo-mineral waters in Macva is obtained in several ways:

- by direct infiltration of precipitation at northern piedmont area of Cer Mt., where limestone of Triassic and Cretaceous age were discovered;
- indirectly, through the overlying layer, where the possibility is smaller;
- by the sinking of waters of the Drina River near Banja Koviljaca;
- by the flow of thermal waters from deeper parts of Macva and Semberija (Milivojevic, M., Martinovic, M. 1996).

It was established by isotopic research that waters from BB-1 and BeB-1 bore-holes, in contrast to the bore-hole DB-1, do not contain the isotope of tritium. That means that water from the southern part of the reservoir is younger than 30 years and originates from the infiltration of precipitation and river waters. Waters in the northern part of the reservoir

¹ Source: Basic Geological Map at scale of 1:100 000. Bijeljina Paper, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 1984.

Basic Geological Map at scale of 1:100 000. Sabac Paper, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 1982.

(Macva) are older than 50 years and they are flowing from larger distance, from Srem and Semberija. In hydrothermal system of Macva, it comes to the mixing of cold and warm, i.e. younger and elderly waters from different areas of feeding. The discharge of thermal waters is active and fast through the reservoir, to which the small mineralization of waters point to. On the other side, the warming up of waters is large, because the flowing of cold waters is a constant one. The zone of the natural flowing out is along the valleys of the Dobrava and the Dumaca rivers.

Table 2 Chemical structure of thermo-mineral waters

Bore-hole	DB-1 Dublje	IEDB-1 Dublje	BB-1 Bogatic	BB-2 Bogatic	BBe-1 Belotic	BM-1 Metkovic
Temperature (°C)	50.5	51.5	65.9	77.8	35.0	59.8
Dry rest	597	600	535	530	610	780
pH	7.1	6.95	6.90	6.85	7.15	6.95
Na	158.5	163.0	144.0	146.0	158.0	251.6
Ca	50.0	46.3	33.5	30.6	47.7	34.7
K	13.0	13.9	13.0	13.4	13.9	19.8
Mg	7.3	7.2	6.6	6.5	10.6	7.8
HCO ₃	574.0	578.0	361.6	346.0	470.0	640.0
Cl	42.6	42.7	103.4	104.1	106.8	112.7
Fe	1.2	1.03	0.17	0.43	0.57	0.21
Sr	1.06	1.02	0.95	0.85	1.58	1.10
Li	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.33
Rb	0.36	0.07	0.06	0.07	0.04	0.10
Ba		0.17	0.16	0.18	0.35	0.67
Zn	0.01	0.005	0.002	0.002	4.00	0.002
SiO ₂	24	22.1	39	43	25.0	25.0
B		1.1	2.5	2.5	2.4	3.0
F		2.3	1.2	1.1	1.2	1.9
N(NH ₄)		4.20	1.80	1.70	2.46	4.92
CO ₂	45	44.0	50.5	0	13.2	96.8
O ₂	7.02	1.5	0.5	0.5	0.5	2.5
H ₂ S	0.10	0.4	2.5	1.8	0.6	0.8

Data source: Protic, D. (1995). Mineral and Thermal Waters of Serbia, Belgrade: Geo Institute (Special editions, book 17, p. 35); Milivojevic, M. (1990). Report on the results of the previous hydro-geological researches in Macva. Fund of the Faculty of Mining and Geology, Belgrade.

In thermal waters of Macva, ions of sodium (Na⁺) are the most prevailing the content of which varies from 144.0 to 256.1 mg/l. High content of sodium is characteristic for all explored thermal waters of Macva. Considering that the content of ions of sodium exceeds Maximum Acceptable Concentration (MAC), thermal waters can be used for drinking and other purposes after the extraction of geothermal energy out of them. Ion of calcium (Ca⁺⁺) is the second one by the concentration, the content of which ranges from 30.6 mg/l to 50.0 mg/l. The content of ion of magnesium ranges from 6.5 mg/l to 10.6 mg/l.

The least concentration of hydro-carbonated ion (HCO^{*}) is in Bogatic (346.0 mg/l), whereas the maximum one is in Metkovic (640.0 mg/l). The concentration of ion of chloride (Cl^{*}), which varies from 42.6 mg/l to 112.7 mg/l, is less prevailing, as well as the

concentration of sulphate ion (SO_4^{**}), which ranges from 2 mg/l to 6 mg/l. The pH value factor is approximately the same at all analysed samples and ranges from 6.85 to 7.15.

Examined thermal waters of all hole-bores in Macva belong to hydro-carbonated type of Na-HCO_3 and sodium group. The mineralization of waters is small and varies from 807.0 to 1082.5 mg/l. Dry rest ranges from 0.6 to 0.8 mg/l. According to the quantity of some macro-components, the quality of thermal waters corresponds to the quality of drinking water.

On the basis of quantity, temperature and chemical characteristics of thermal waters, it can be concluded that the conditions for their use are favourable. Geothermal anomaly in Macva (Dublje-Bogatic) would gain its full significance by the discovery of hydro-geological collectors with thermal water of the temperature from 90 °C to 100 °C.

The results of the research in south-eastern Srem, Posavina and Semberija have pointed that the main collectors of thermal waters lie at the underlying layer of Neogene sediments, in Triassic limestone. Considering that there is similarity in regard of the chemical structure, temperature and value of geothermal degree, it can be spoken on the existence of the unique accumulation of thermal waters on the area of about 4 000 km². Macva represents the part of that large hydro-geothermal system, the possibility of the use of which is large and inexhaustible.

By deep geo-electrical sounding, the depth of Tertiary and Quaternary sediments was established in Macva. The least depth of sediments is in the central parts of the plain, around Dublje and Bogatic, being from 220 to 300 m. The depth of sediments increases towards south and Srem up to 1 500 m, i.e. 2 000 m (Milivojevic, M., et al, 1982). Several artesian horizons up to 350 m in depth were ascertained in Macva. Waters appear both in sandy and gravel deposits. Sediments of clay and marl are beneath them. Waters of the temperature from 20 to 60°C and discharge from 1 to 5 l/s appear in most of the settlements.

Table 3 Thermal water deposits in Neogene sediments

Location	Depth of well (m)	Temperature of water (°C)	Discharge (l/s)
Macvanski Pricinovic	200	19	0,5
Belotic	200	23	0,5
Drenovac	250	20	-
Nocaj	300	29	1,7
Ravnje	280	20,8	-
Klenj	170	18	0,2

The temperature of waters in Nocaj is the highest. The bore-hole is 300 m deep, and the temperature of obtained water is 29°C in amount of 1.7 l/s. The temperature of thermo-mineral waters is around 27°C in Bogatic, in Neogene sediments. The discharge of artesian wells is around 2 l/s. There are several wells in Sabac. The temperature of the water of the deepest well (230 m) is 24.5°C and the amount of outflow is around 5 l/s.

Waters in Neogene sediments, based on chemical structure, correspond to drinking ones. High temperatures of waters are the consequence of the depth of Neogene deposits between limestone at the underlying layer and alluvial gravel at the overlying layer. On the basis of different pressures in shallow and deep bore-holes, it was established that close transformation of thermo-mineral waters from Triassic limestone and dolomites into Neogene deposits did not exist at the overlying layer. The base of Neogene, with the temperature of water of 50°C, works as heating body which warms up rocks and waters above it (Milivojevic, M., Peric, J. 1984)

Use of Thermal and Thermo-Mineral Waters

Serbia possesses significant resources of thermo mineral waters, characterised by different possibilities of use. The insufficient research of the area has been the limiting factor of their use. Besides wide-spread use in the world, in our country thermal waters have mainly been used in balneology, for sports and recreation. The exhaustion of fossil fuels and disturbance of ecological balance emphasize the need for developing pure technologies, because they are restorable and more economical in contrast to other mineral raw materials.

The area of Macva represents an extraordinary hydrothermal potential. Hydro-geothermal energy can directly be used as heating energy and indirectly as mechanical or electrical energy. Thermal waters can be used for the needs of balneology, sports and recreation, heating. Moreover it can be used in agriculture and aquaculture, industry, technology and power production.

Picture 1 Thermo-mineral water from BB-2 bore-hole in Bogatic (Beljiste)

By discovering geothermal anomaly in Dublje, the possibilities are made for using the thermal waters in **balneology** and for **sports and recreation purposes**. Owing to high temperatures, alkaline waters of Dublje can be used for bathing, while cool ones for drinking. Moreover, thermal waters could be used for medicinal purposes, in treatment of chronic rheumatic diseases of locomotive system and chronic skin diseases. For that purpose, two pools were built in Dublje for which the thermo-mineral water of 50.3 °C would have been used from DB-1 well. In the 1990s, the research works stopped, as well as the construction and organisation of the mentioned locality due to the lack of the financial means.

The potential spa of Dublje, except sanatorium, is necessary to be affirmed as the unique industry for recovery and body care. Except their function in the improvement of health, spas have to be the factor in the reviving of some activities: health care, tourism, trade, etc. (Gajic, M 2003). Many wellness centres in Europe represent good examples of semi functional use of thermo mineral waters. According to evidence of the French Tourist Organisation, the wellness programmes aimed for healthy persons are holding back the classical treatments aimed for ill persons, which confirms the complement of health-treatment and tourist-recreation function of spa centres (Jovicic, D. 2008).

Besides the development of spa tourism, the closeness of Cer Mountain, with its natural and anthropogenic resources, opens the possibilities for the development of complementary tourism that will be in the function of the economic progress of the whole region. By adequate tourist strategy and the use of the concept of the sustainable development, the area of Macva and Posavina may become the destinations of eco and other alternative forms of tourism (Grcic, M., Grcic, Lj. 2003)

Thermal water deposits, favourable climate and fertile soil represent possibilities for intensive production of ecologically valuable and profitable food. In practice, the use of thermo-mineral waters and geothermal energy for the needs of agriculture has still been in the initial phase. By using thermo-mineral waters in **agriculture**, the following can be achieved:

- qualitative effects (enrichment of agricultural products with mineral materials),
- ecological (healthy food),
- economic (lower costs of production, higher returns).

In food production, which has its energetic demands, the watering of the crops by thermo-mineral water is more and more present. Cultivable soil most often lacks essential microelements and other mineral substances which cannot be found in surface and shallow

underground waters. In deeper thermo-mineral waters, the mineral substances can be found in dissolved and ionic form. Experience showed that thermo-mineral water influences favourably the growth and development of plants.

Hydro-geothermal energy, as the cheapest energy, can be intensively used for plant production in greenhouses (vegetables, flowers, nursery plants, garden seedlings). The costs of production reduce with larger greenhouses. Greenhouses are especially suitable for growing cultures which demand more light (optimal temperature for cucumber growing is 25 to 30°C, tomato 20°C, while 15°C for lettuce). Greenhouse production is unprofitable and expensive in winter, due to large consumption of fossil fuels. By the use of hydro-geothermal energy, the costs of production would be reduced and the function of greenhouses would be enabled throughout the whole year (Gajic, M., Vujadinovic, S. 2005). Hydro-geothermal energy is suitable for cattle and poultry breeding, as well as for freshwater organisms in corresponding milieu (fish ponds). Different temperature of water is needed for different sorts of fish, by the regulation of which a far larger production could be realised in relation to the traditional one. Hydro-mineral agronomy of Macva, along with additional researches and investments, could have great perspective on fast and involved rise.

Heating of settlements is one of the possibilities of the use of thermal resources. Hydro-geothermal energy is not used for the heating of settlements, even above the fact that Macva represents the most perspective geothermal region of Serbia. By the exploitation of thermo-mineral waters of the temperature of 80°C (100°C), heat could be supplied to Bogatic, Sabac, Sramska Mitrovica and Loznica.

The communal heating system demands large investments which, at difficult present-day conditions of economy and the lack of the working capital, represent the limiting factor of use. For the needs of direct heating, the least temperature of water of 70°C is necessary. By the use of heating pumps for additional heating, the use of thermal waters of lower temperatures is possible. Experience from other countries, which have long tradition of using these resources, showed that the investments can be amortized from six to eight years, through the saving of the price of necessary fuels. On the basis of the existing resources, the construction of geothermal heating plant of 500 MW is possible in Macva. Thus, the conditions would be created for intensive multi-restricted and cascading use of the heat of thermal waters.

The possibilities of use of geothermal waters are numerous in **industry**, depending on the type of available geothermal water and necessary temperature. They can be used for drying, evaporation, distillation, cooling, broiling, washing and dyeing, processed warming and heating of industrial structures. Drying by warm water has especially been widely used in industry. Agricultural products can be dried by warmed air (vegetables, grains, seeds), as well as medicinal herbs, river and sea products, lumber, etc. Washing and dyeing is mostly applied in textile industry (wool and woollen fabrics). Processing of leather and fur could also be realized by using geothermal waters.

The largest economic effects can be achieved by the **cascading** use of geothermal resources. It is meant on multiple use of the same geothermal fluid for achieving the maximum benefit, efficiency and profitability. On the basis of making the simultaneous geothermal model, it is estimated that 2 000 l/s of thermo-mineral water with temperature from 75°C to 80°C can be obtained from the source in Bogatic. The heating power of geothermal heating plant of Bogatic (500 MW) would primarily be used for heating the rooms throughout the heating season with 250 MW. The capacities of other 250 MW would be used for food production, industry and sports-recreation purposes (Milivojevic, M., et al, 1996).

Thermo-mineral waters of the highest temperature (100°C) should be expected north of Bogatic. The sterility of waters is caused by their age, which ranges from 15 000 to 26 000

years. Total discharge of the examined bore-holes in Macva is 145 l/s, i.e. 4 575 000000 litres per year. Every day, thermal waters take out energy which corresponds to the one obtained by combustion of 63 tonnes of liquid fuel, which is around 2 000 t per month and around 24 000 t per year (Milivojevic, M., et al, 1996).

Conclusion

Macva is one of the most perspective hydro-geothermal deposits in Europe. The main reservoir of thermo-mineral waters of low mineralization includes karstified Triassic limestone and dolomites. The maximum temperature of water is 80°C. It is realistic to expect the water temperatures up to 100°C in this area, which can be multiply used. Socio-economic, technical-technological and ecological advantages are numerous in relation to other sources of energy.

Food production on fertile, productive land, primarily the production of vegetables in closed areas and greenhouses, based on the use of energy of thermal waters, should be the priority in the development of this region.

Based on hydro-geothermal potential, the natural wealth represents the priceless value in conditions of the contemporary energetic crisis. Therefore, the detailed hydro-geological researches are necessary to be made. The exploitation of thermo-mineral waters will represent the basic strategy for regional development. Since there are not more significant fossil fuels in Macva, the question of the use of geothermal resources has to be the primary one.

References

See References on page 124