

ORIGINALNI NAUČNI RADOVI

**HIDROGEOLOŠKI UTICAJ SLIVA RAUTOVAČKOG POTOKA
NA KVALITET TERMALNIH VODA NIŠKE BANJE**

Vesna MINIĆ

Građevinska tehnička škola "Neimar" u Nišu

U ovom radu istraživana je hidrogeološki uticaj sliva Rautovačkog potoka na kvalitet termalnih voda Niške Banje: Glavnog vrela i Suve banje. Analizirani su uticaji atmosferskih padavina na promenu temperaturnog režima termalnih izvora u periodu od 1931. godine do 1999. godine. Merenja temperature vode počinju 1931. godine i odvijaju se punih sedam decenija sa dva prekida kontinuiteta.

Konstatovano je da sliv Rautovačkog potoka ima veliki uticaj na hidrološki režim kraško-termalnih vrela u Niškoj Banji: 85% kraškobujičnih voda koje se dreniraju putem termalnih vrela, potiče od atmosferskog taloga sa sliva Rautovačkog potoka.

Predložene su ekološke i hidrotehničke mere zaštite slivnog područja. Ukazano je na važnost organizovanog praćenja svih relevantnih parametara kvaliteta vode termalnih izvora u cilju zaštite lekovitih vodnih resursa Niške Banje i razvoja lečilišta.

Ova istraživanja su obavljena na Fakultetu zaštite na radu u okviru magistarskih studija: Ekološko inženjerstvo za zaštitu voda i tla. Rad je odbranjen 2000. godine, a objavljuje se povodom 70 godina od početka merenja temperatura vode na termalnim izvorima u Niškoj Banji.

Ključne reči: Sliv Rautovačkog potoka, hidrogeološki uticaj, kvalitet termalnih voda, Niška Banja

1. Uvod

Termalna vrela Niške Banje, Glavno vrela i Suva banja, izvire u podnožju Koritnika, ogranka Suve planine. Vrela se javljaju u rasednoj zoni Nišavskog raseda na tercijarnoj terasi Nišavske doline. Prema naslagama bigra koji je istaložila voda Glavnog vrela, njegova starost se ceni na preko 26 milenijuma (*Cvijić*, 1895). Kaptaža Glavnog vrela, delo rimskih graditelja iz perioda razvoja Naisusa i Medijane, odoleva zubu vremena približno dva milenijuma. Vrela Suva banja je novijeg datuma.

Niška Banja, kao organizovano lečilište, ima duboke korene sa usponima i padovima u zavisnosti od smena civilizacija. Geografski položaj i

obilje vode sa odlikama homeoterme, privlačili su pažnju raznih naroda, kako onih koji su je gradili, tako i onih koji su je razarali. Period njenog razvoja u okviru rimske civilizacije koja je negovala kult vode, naglo je prekinut varvarskom najezdom Huna pod Atilom u V stoleću. Tada sa lica zemlje nestaju velelepne tekovine civilizacije: Naisus, Medijana i terme Niške Banje. Ruševine terme, vreme pokriva zemljom i rastinjem. Vode Glavnog vrela otiču neiskorišćene preko ruševina sve do 1687. godine, kada se pod Otomanskim carstvom ponovo gradi kupatilo. Veće interesovanje za Nišku Banju, kao lečilište, javlja se tridesetih godina XX stoleća. Tada se pristupa izgradnji savremenog kupatila. Prilikom fundiranja objekta, 1932. otkrivene su ruševine rimske terme.

Uporedo sa izgradnjom i razvojem zdravstvene službe lečilišta, postavlja se kao osnovni problem, istraživanje uzroka i saniranje pojave povremenog drastičnog rashlađivanja i mućenja termalnih izvora. U zavisnosti od meteoroloških prilika (padavina i temperatura vazduha), kao i stanja biljnog pokrivača u slivu Koritnika, nastaju višednevna drastična rashlađivanja i mućenja vode. To dovodi do višekratnih prekida rada lečilišta u ukupnom godišnjem trajanju od 100 do 150 dana, što je bio osnovni problem za normalno funkcionisanje lečilišta. U tom cilju se obavljaju geološka i hidrogeološka istraživanja. Na bazi dobijenih rezultata istraživanja, predložena je hidrotehnička intervencija u masivu Koritnika, na lokaciji Suva banja, koja je realizovana 1956. godine. Taj hidrotehnički zahvat je u velikoj meri poboljšao režim isticanja i kvalitet termalnih voda u Niškoj Banji, što je od posebnog značaja za normalizaciju rada lečilišta, no problem nije u potpunosti rešen.

U ovome radu se istražuje hidrogeološki uticaj sliva Rautovačkog potoka na kvalitet termalnih voda Niške Banje.

2. Termalni izvori i njihova svojstva

Glavno vrelo izbija iz stene na koti 248,47 nad kojom je izgrađena kaptažna kupola, ozidana u slojevima od opeke i bigra - delo rimskih graditelja. Izdašnost Glavnog vrela je promenljiva. Pri temperaturi od 39°C dotiče 35 l/sec. Prilikom rashlađivanja i zamučivanja maksimalni doticaj iznosi 100l/sec. sa temperaturom vode 21 °C. Dugi niz godina Glavno vrelo je svrstavano kao radioaktivna homeoterma, obzirom na temperaturu vode između 36°C i 37°C koja je vladala u normalnim prilikama, da bi nakon hidrograđevinske intervencije, usled promene hidrološkog režima prešla u kategoriju radonska oligomineralna hiperterma, 1998. Maksimalnu temperaturu 41,3°C voda Glavnog vrela dostigla je 1999. godine.

Sadržaj minerala u vodi je neznan. Suvi ostatak iznosi 0,286 g/l pri temperaturi 37,3°C. Lekovito svojstvo ove terme potiče od radona i mikroelemenata. Radioaktivnost vode su izučavali *Leko* (1911), *Jovanović* (1913), *Vučić* (1950) idrugi.

Glavno vrelo snabdeva vodom kupatila: Staro kupatilo (bazen 3) koje potiče iz sedamnaestog veka, Glavno kupatilo (bazene 1 i 2), izgrađeno 1932. godine, kao i kupališne objekte novijeg datuma: "Ozren", "Zelengora", "Radon" i "Terme", izgrađene u drugoj polovini ilašeg stoleća.

Vrelo Suva banja javlja se na ukrštanju Nišavskog i Studenskog raseda, 300 m jugoistočno od Glavnog vrela. Prvobitno se pojavljivalo samo povremeno, posle otapanja snega i obilnih prolećnih kiša, kao mlaki izvor, na koti za oko 30 m višoj od Glavnog vrela. Godine 1931. otvoren je ulaz u pećinu i spušten nivo izliva čime je omogućeno povećano isticanje. Naredne, 1932. godine nivo izliva je spušten za ukupno 4,0 m, na kotu 274.26. Ovom intervencijom povremeni izvor Suva banja postaje stalni izvor sa temperaturom vode za nekoliko stepeni nižom od temperature Glavnog vrela. Radioaktivnost je nižeg stepena, a mineralni sastav sličan. Iste godine se pristupa izgradnji "Hladnog kupatila" (bazen 5) za lečenje bolesnika sa labilnim nervnim sistemom. Nakon 13 godina neprekidnog isticanja, izvor Suva banja ponovo počinje da presušuje.

Po projektu prof. *M. Pecinara* 1956. godine pristupa se drugom spuštanjem izliva Suva banja za 8,5 m, na kotu 265.70, čime nastaju promene u kraškom hidrauličkom sistemu Glavno vrelo — Suva banja. U novonastalom hidrološkom režimu vrela Suva banja minimalni doticaj iznosi 25 l/sec. sa temperaturom vode oko 39°C, a maksimalni oko 500 l/sec. sa temperaturom vode oko 11 °C.

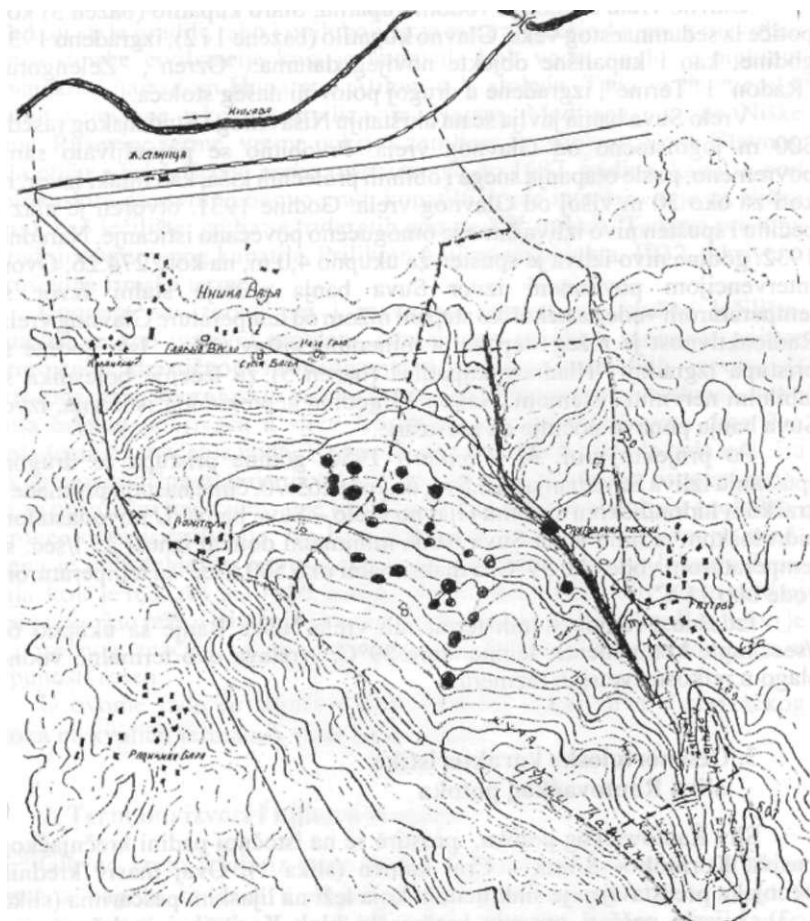
Izdašnost radioaktivnih termalnih vrela Niške Banje sa ukupno 60 l/sec. tople komponente, temperature 39°C, svrstava ovo termalno vodno blago u retkosti svetskih razmera.

3. Geomorfološke karakteristike sliva Rautovačkog potoka

Sliv Rautovačkog potoka, prostire se na istočnoj padini krečnjačkog masiva Koritnik — Sirina — Crni kamen (slika 1). Ovaj masiv krednih krečnjaka predstavljen je sinklinalom koja leži na lijaskim peščarima (slika 2, 3). Lijaski peščari opasuju krečnjački blok Koritnik i izoluju ga od krečnjačkog masiva Suve planine u posebnu hidrogeološku celinu.

Krečnjački blok Koritnik uklješten je između tri raseda: Zaplanjskog, na severozapadu, Nišavskog raseda na severu i Studenskog raseda na severoistoku. Duž Studenskog raseda usekao se Rautovački potok, koji ima poseban uticaj na kvalitet voda termalnih vrela Niške Banje.

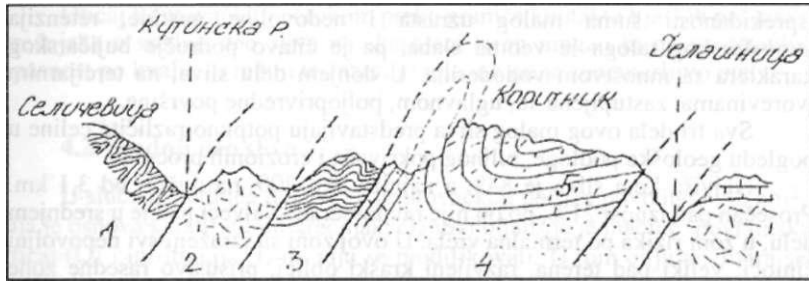
Gornji, manji deo sliva Rautovačkog potoka, formiran je u lijaskim peščarima. Srednji, daleko veći deo sliva, prostire se na skaršćenim krečnjacima, a donji na nepropusnim tercijarnim glinama. Na kontaktu lijaskih peščara i krečnjaka javlja se veliki broj stalnih, bistrih izvora sa temperaturom oko 10,5°C. Gornji deo sliva ima povoljan hidrogeološki uticaj na termalne izvore Niške Banje. Donji deo sliva je izolovan tercijarnim glinama i peskovima, te nema uticaj na kvalitet niti nakvantitet termalnih voda.



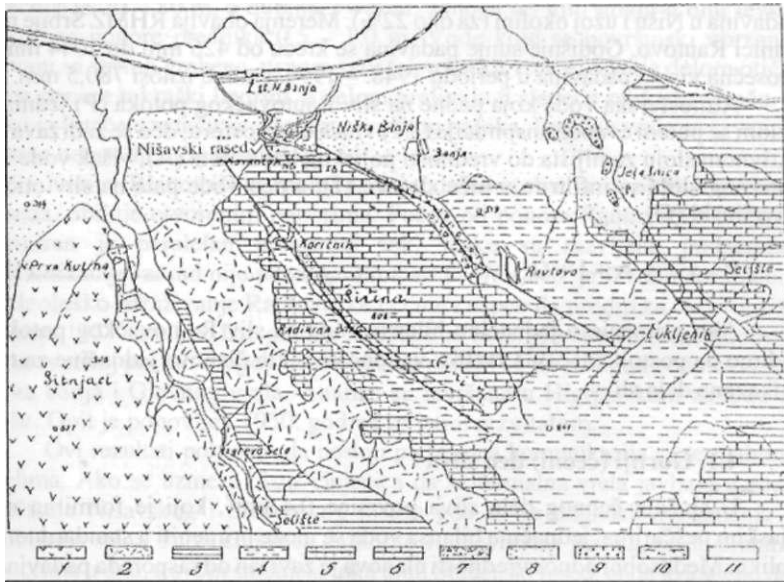
Slika 1. Sliv Rautovačkog potoka;
 раседи — ; вододелница...; vrtače •

Srednji deo sliva Rautovačkog potoka prostire se na skaršćenim krečnjacima sa veoma razvijenim kraškim oblicima, kako površinskim (vrtače i otvoreni ponori), tako i unutrašnjim oblicima karsta: sistem kaverni, pećina, sifona, pragova, preliva i drugim. Ovaj deo sliva predstavlja rizičnu zonu koja vrši direktan, nepovoljan hidrogeološki uticaj na termalna vrela.

Biljni pokrivač sliva Rautovačkog potoka je šarolik. U gornjem, čeonom delu sliva smenjuju se šumski pokrivač i ogoljena stenska masa. Šume su izdanačkog porekla, proređene sečom za lisnik, pečenje kreča i ogrev. Po vrsti drveća, zastupljen je kraški grab, jasen, cer, hrast, divlje voće i lipa, a pri vrhu, ispod ogolićenog grebena, zastupljen je pojas divljeg



Slika 2. Poprečni geološki profil terena Niške Banje;
 1 - kristalasti škriljci prve gmpe;
 2 - paleozojski škriljci;
 3 - crveni pešćar;
 4 - lijaski pešćari, škriljci i laporci;
 5 - kretacejski krečnjaci (Lukovici Petkovic, 1933)



Slika 3. Geološka karta Niške Banje i okoline:
 1. kristalasti škriljci prve gmpe; 2. paleozojski škriljci; 3. crveni pešćari (perm); 4. lijaski pešćari, škriljci i laporci; 5. peskoviti krečnjaci titon-valenžiniena; 6. zoogeni krečnjaci titon-valenžiniena; 7. brečasti i polomljeni krečnjaci; 8. terciarni peskovi laporci i glinci; 9. pretaloženi krečnjaci; 10. bigar; 11. diluvijum i aluvijum (Lukovici Petkovic, 1933)

jorgovana i bukve. Jlj srednjem delu su, takođe, ogoljeni blokovi stena i obradive površine. Šumski pojas nije integralan. Usled velike ogolelosti i

isprekidanosti šuma malog uzrasta i nedovoljne gustine, retenzija atmosferskog taloga je veoma slaba, pa je čitavo područje bujičarskog karaktera sa mnoštvom vododerina. U donjem delu sliva, na tercijarnim tvorevinama, zastupljene su, uglavnom, poljoprivredne površine.

Sva tri dela ovog malog sliva predstavljaju potpuno različite celine u pogledu geološke podloge, biljnog pokrivača i erozionih procesa.

Najviša kota sliva je 848, a najniža oko 200, na dužini od 3,1 km. Prosečan pad iznosi 21%, no on nije ravnomeran. Najveći pad je u srednjem delu, u zoni rizika po termalna vrela. U ovoj zoni su izraženi svi nepovoljni činioci: veliki pad terena, razvijeni kraški oblici, prisustvo rasedne zone Studenskog raseda i visok Stepjen erozije terena.

4. Hidrološke i hidrogeološke karakteristike sliva Rautovačkog potoka

Atmosferske padavine u slivu Rautovačkog potoka su znatno veće od padavina u Nišu i užoj okolini (za oko 22%). Merenja obavlja RHMZ Srbije na stanici Rautovo. Godišnje sume padavina se kreću od 426 mm do 1044 mm. Prosečna visina padavina u periodu 1948. - 1999. godine iznosi 780,5 mm.

Atmosferska voda koja padne na sliv Rautovačkog potoka (P) jednim delom se putem evapotranspiracije (ET) vraća u atmosferu; deo se zadržava u aktivnom sloju zemljišta do vrednosti poljskog kapaciteta (A); višak vode iz aktivnog sloja se infiltrira u niže slojeve (I); a deo vode pale na sliv otiče površinski (O).

$$P = ET + A + I + O \dots\dots\dots(1)$$

Ako primenimo jednačinu bilansa voda na sliv Rautovačkog potoka vidimo da postoji značajna razlika validnosti nekih članova jednačine za tri prikazana dela sliva.

4.1. Gornji (čeon) deo sliva

<

U slučaju čeonog dela sliva površine 0,4 km², koji je formiran na lijaskim peščarima, jednačina bilansa voda se može primeniti u standardnom obliku. Međusobni odnos vrednosti članova je zavisao od rasporeda padavina u odnosu na vegetacioni period, od učestalosti padavina i temperatura vazduha.

Analiza članova: infiltracija (I) i površinsko oticanje (O) zaslužuje posebnu pažnju.

Infiltracija vode u niže partije, lijaske peščare i crvene peščare, koji čine podinu krednim krečnjacima, ima povoljan efekat kako na opšti bilans vodnih resursa, tako i u pogledu uticaja na termalne izvore Niške Banje. Ove vode prihranjuju geotermalni basen Nišavske kotline.

Oticaj Rautovačkim potokom preko granice kontakta lijaskih pešćara i krečnjaka u srednji deo sliva na skaršćeni teren mogao bi da predstavlja opasnost po kvalitet i režim termalnih vrela, no on je zanemarljivo mali.

4.2. Srednji deo sliva

U slučaju srednjeg dela sliva Rautovačkog potoka površine 3,45 km², čija je osnova karstificirani krečnjak, članovi bilansne jednačine: površinski uticaj (O) i infiltracija (I) moraju se modifikovati. U torn cilju analizira se detaljnije geomorfološki sklop leve padine srednjeg dela sliva Rautovačkog potoka i korito toka Rautovačkog potoka.

Moćni i uporni vajar, voda, oblikovala je brojne vododerine na svome putu sa potesa Sirina prema koritu Rautovačkog potoka, koje je usečeno među zdrobljene krečnjake Studenskog raseda. Kao postaje na svojim vodnim putevima, formirala je nizove vrtača u kaskadnom poretku. Njihov prečnik je 20 - 80 m, a dubina 2 - 8 m. Mnoge od njih imaju u dnu levka otvorene ponore prečnika 0,5 — 1,0 m. Vode koje se površinski ubrzano slivaju sa strmih grebena, uspire svoj tok u levku vrtače, odakle delom otiču kroz ponore u kraški lavirint, a delom prelivaju u sledeću kaskadu-vrtaču. I tako iz vrtače u vrtaču sve do Rautovačkog potoka. Bujične vode su crvenomutne od erodiranog zemljišta.

Korito Rautovačkog potoka, u srednjem toku, u zoni Studenskog raseda, obiluje otvorenim ponorima. Počev od ponora Rautovačke pećine, formiran je paralelan podzemni tok. Kako su razvijene podzemne komunikacije, zasad nije poznato. Prof. dr *S. Milojević* izvršio delimično speleološko istraživanje Rautovačke pećine i uspeo da prodre za oko 70 m u dubinu 1937. godine. Iste godine izvršeno je bojenje vode fluoresceinom u Rautovačkoj pećini. Tragovi fluoresceina nađeni su u uzorcima vode sa vrela Suva banja i Glavnog vrela. Analize su izvršene u Higijenskom zavodu u Nišu. Ovit je ponovljen 1950. godine sa istim rezultatom.

Ovi rezultati pokazuju da postoji podzemna komunikacija sa termalnim vrelima. Ako se uzme u obzir činjenica da se termalna vrela javljaju u zoni ukrštanja Nišavskog i Studenskog raseda gde su se događala razlamanja i drobljenja stena, kao i činjenica da korito Rautovačkog potoka, sa otvorenim ponorima u dnu, u svom srednjem toku prati Studenski rased, onda je logično da su putevi kraške vode, linijom manjeg otpora, jednim delom razrađeni u pravcu vrela, kroz zonu Studenskog raseda. Kraški sprovodnici deo vode, svakako, upućuju i u niže partije pešćara u kojima se formiraju geotermalni resursi.

Prema izloženoj analizi, članovi jednačine vodnog bilansa: oticaj (O) i infiltracija (I), za slučaj srednjeg dela sliva Rautovačkog potoka, moraju se modifikovati, jer:

Voda koja se sliva površinski ili otiče koritom Rautovačkog potoka, dobrim delom ponire u podzemnu hidrografsku mrežu kroz vrtače i ponire.

Jedan deo te vode u periodu otapanja snega ili višednevnih kiša, kada se ispune podzemne kraške akumulacije i povisi opšti hidrostatički pritisak, drenira se putem termalnih vrela.

Bujično-kraške vode gornjeg i srednjeg sliva Rautovačkog potoka rashlađuju i mute termalne vode Glavnog vrela i Suve banje.

4.3. Donji (ravničarski) deo sliva

Donji, ravničarski deo sliva Rautovačkog potoka površine 0,4 km², razvijen je na nadmorskoj visini od oko 200 m, na podlozi tercijarnih glina, peskova i laporaca. U gornjem i srednjem delu sliva, sticajem topografskih i vegetacionih uslova, a dobrim delom i destruktivnim radom čoveka, došlo je do intenzivnog procesa erozije. Veliki padovi i slaba pokrivenost terena pospešuju erozivno dejstvo vode. Voda lako spira zemljište, karakteristične crvene boje koja potiče od lijaskih tvorevina, da bi ga u vidu crvenog mulja taložila u donjem delu sliva. Deo ovoga mulja se podzemnim kraškim tokovima sprovodi ka termalnim vrelima gde izaziva drastično mućenje i rashlađivanje lekovitih termalnih voda.

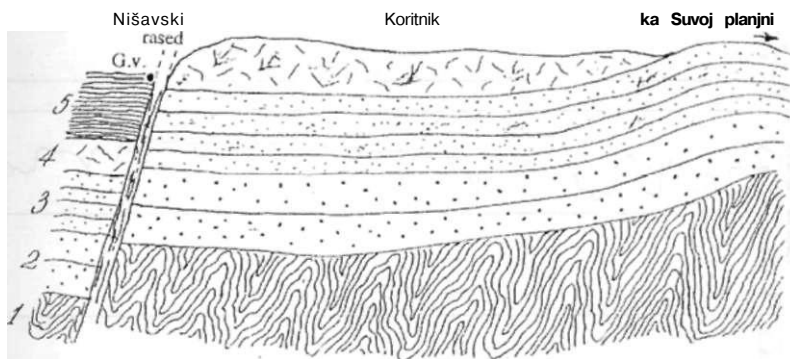
Rautovački potok nema svoje ušće. Dotekavši sa visova od preko 800 m n.v., tokom dugim svega 3,1 km, razliva se i nestaje na oranicama.

Donji deo sliva Rautovačkog potoka nema neposredan uticaj na kvalitet termalnih voda Niške Banje.

5. Hidrološki režim termalnih vrela

Vode termalnih, radonskih oligomineralnih vrela Niške Banje su složene iz tople i hladne komponente. O poreklu tople komponente postoje oprečna mišljenja. Prema istraživanjima *Petkovića* (1930), *Lukovića* i *Petkovića* (1939) i *Milojevića* i sar. (1990) i *Milivojevića* (1991) termalna komponenta je descendentnog (vadoznog) porekla. Istraživači: *Stevanović* (1941), *Ristić* i sar. (1956), *Vujanović* i sar. (1972), *Teofilović* i *Vujanović* (1979), na bazi sadržaja mikroelemenata, geochemije i geotektonike smatraju da su termalne vode Niške Banje magmatskog porekla (juvenilne). Hladna komponenta se sastoji iz ustaljenog dela, po količini i temperaturi, descendentne vode gornjih partija lijaskih peščara koja potiče sa slivnog područja Suve planine i varijabilnog dela kraške vode Koritnika.

Uvažavajući mišljenja eminentnih istraživača, ne upuštajući se u genezu termalne komponente, a u cilju razjašnjenja procesa mešanja termalne žice sa bujičnim kraškim vodama, treba istaknuti nepobitnu činjenicu da termalna komponenta izbija na površinu u rasednoj zoni Nišavskog raseda (slika 4). Bilo da je vadoznog porekla, sa sliva Suve planine, bilo da je juvenilna, ona se linijom manjeg otpora probija uz rased.



Slika 4. Uzdužni šematski profil sabirne oblasti:

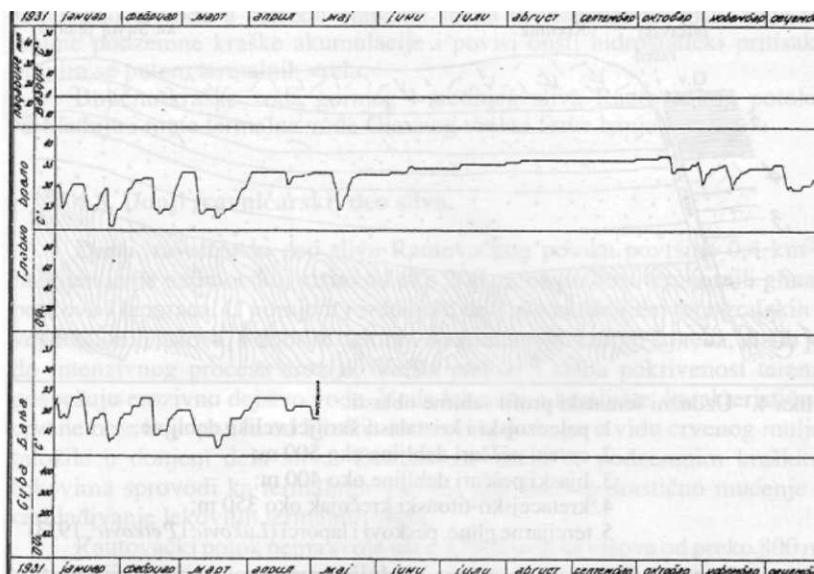
1. paleozojski i kristalasti škriljci velike debljine;
2. crveni peščari debljine oko 500 m;
3. lijaski peščari debljine oko 400 m;
- 4.*kretacejsko-titonski krečnjak oko 350 m;
5. tercijarne gline, peskovi i laporci (*Lukovici Petkovic, 1933*)

Na tome putu, svakako, prima stalne hladnije komponente iz gornjih partija lijaskih i crvenih peščara, a sasvim pri vrhu i promjenljive količine hladne mutne bujične vode iz skaršćenog masiva Koritnik. Jedini drenažni otvori na obodu Koritnika koji je obavijen nepropusnim tercijarnim glinama su Glavno vrelo, Suva banja i Malo grlo.

Analiza hidrološkog režima termalnih vrela ukazuje na dve posebne celine sa različitim karakteristikama. Razmeđe promjenjenog hidrološkog režima čini hidrograđevinska intervencija na vrelu Suva banja: drugo spuštanje nivoa izliva Suve banje za 8,5 m, putem tunelskog prilaza dužine 55,0 m, tokom 1956. godine.

5.1. Period 1931. -1955. godina

Prvi zabeleženi podaci o temperaturi vode Glavnog vrela i povremenog mlakog izvora Suva banja tokom 1931. godine pružaju saznanje o prirodnom hidrološkom režimu termalnih vrela pre svih intervencija na Suvoj banji. U periodu pre otvaranja pećine, kao i pre prvog spuštanja kote izliva Suve banje, kraške vode su se u najvećoj meri drenirale preko Glavnog vrela. Suva banja je postajala aktivni izvor samo u proleće, kada se usled otapanja snega i prolećnih kiša hidrostatički nivo u karstu Koritnika povisi iznad kote prirodnog izliva. Nakon perioda intenzivnog dreniranja kraških voda putem Glavnog vrela i Suve banje, kada se nivo vode u "spojenim sudovima" razuđenih kraških oblika Koritaika spusti ispod kote prirodnog izliva Suve banje, izvor Suva banja presušuje. Glavno vrelo ostaje i dalje jedini otvor za

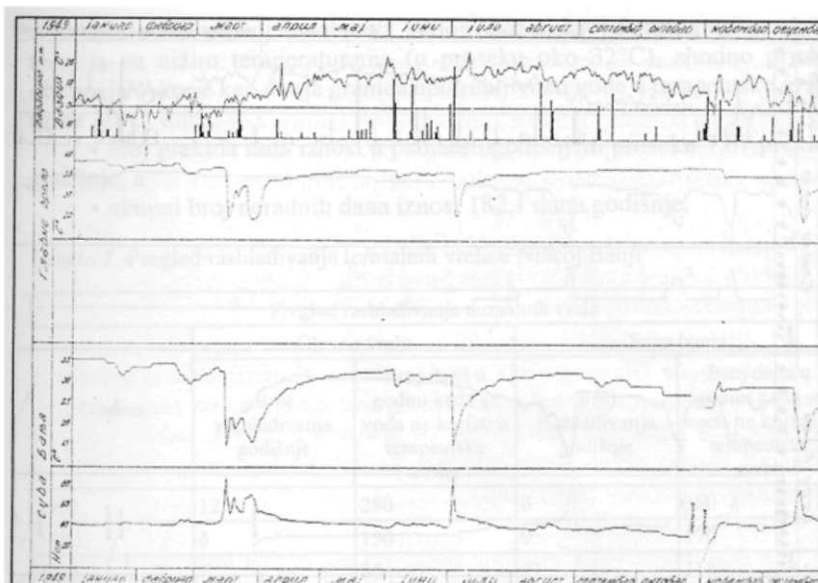


Slika 5. Temperatura vode Glavnog vrela i Suve banje:
prirodni poredak pre intervencija (1931. godine)

dreniranje kraških voda. Postoje u ovom periodu hidrostatički pritisak daleko manji, to su brzine isticanja, a time i oticaji kraških voda smanjeni. Ova konstatacija se izvodi iz dijagrama temperatura vode (slika 5), jer u tome periodu nisu mereni proticaji. Maksimalna dostignuta temperatura vode Glavnog vrela iznosi 37°C, a traje svega 85 dana u godini. Maksimalna temperatura Suve banje je 25°C.

Posle prvog sniženja nivoa izliva Suve banje 1932. godine za 4,0 m, nastaje ubrzano dreniranje kraških voda što ima za posledicu povećanje korisnog perioda u balneoterapiji. Tako se period nemogućnosti korišćenja vode Glavnog vrela u hidroterapiji od 280 dana u 1931. godini i 130 dana u 1932. godini, tokom niza sušnih godina sve do 1949. godine, smanjuje na 61 - 86 dana godišnje (tabela 1). Suva banja funkcioniše kao stalno vrelo punih trinaest godina, da bi 1945. godine ponovo počela da presušuje. U periodu kišnih godina (1950. - 1954.) broj dana kad se Glavno vrelo ne može koristiti u hidroterapiji usled rashlađivanja i zamučivanja, ponovo se povećava na 121 - 225 dana godišnje. U istom periodu Suva banja može da se koristi prosečno 182,9 dana godišnje (slika 6,7).

Analizom dijagrama (1931. - 1955.) (Minić, 1999.) može se konstatovati da su promene temperature i proticaja na termalnim vrelima Niške Banje zavisne od padavina, temperature vazduha i stanja biljnog pokrivača na



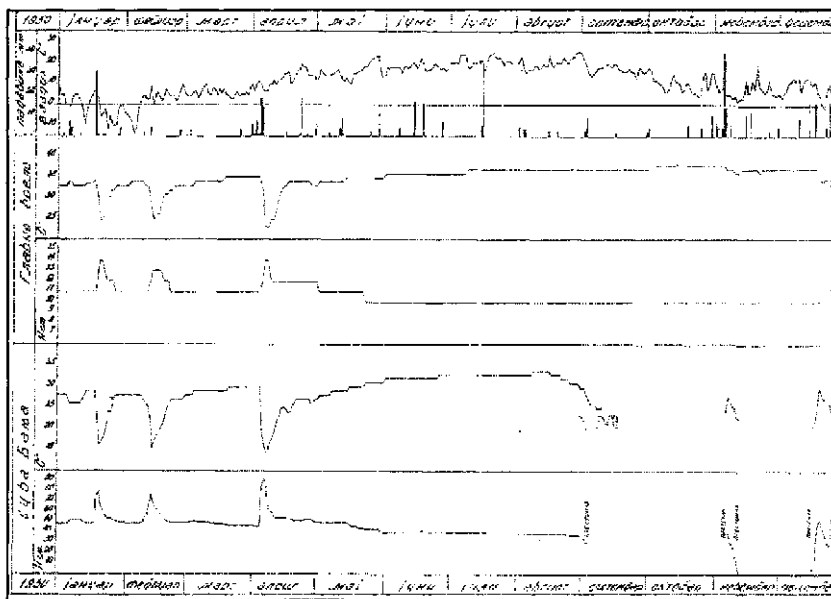
Slika 6. Temperatura vode Glavnog vrela i Suve banje: uticaj meteoroloških faktora (1949 godina): mart i april - rashlađivanje vode usled otapanja snega; juni i juli - rashlađivanje vode usled višednevnih kiša

Koritniku. Ove pojave su, uglavnom, vezane za zimski i prolećni period kada su padavine maksimalne, a biljni pokrivač minimalan. Do rashlađivanja i mućenja voda dolazi, mada rede, i u letnjim mesecima posle pljuskova velikog intenziteta ili višednevnih kiša.

Pad temperature nastupa naglo i jednovremeno na oba vrela. Minimum temperature Glavnog vrela kreće se između 19°C i 24°C , a najčešće 22°C . Minimum temperature Suve banje iznosi 11°C - 13°C što zavisi od meteoroloških uslova. Ukoliko je rashlađivanje *izazvano* otapanjem većih naslaga snega, minimalne temperature vode su niže i održavaju se duže.

Zamućivanje vode na oba vrela, događa se uporedo sa naglim rashlađivanjem. Ima, međutim, podataka da se dogodi zamućivanje bez promene temperature, nezavisno od padavina, što ukazuje na veliku složenost lavirinta i oblika kraških podzemnih sprovodnika u kojima povremeno nastaje sifonsko pretakanje istaloženog mulja.

Zagrevanje vode odvija se sporo i različito na oba vrela. Glavno vrelo se zagreva brže do temperature $36,5^{\circ}\text{C}$. Zatim, ako nastupi sušni period, tek posle nekoliko meseci dostigne svoj maksimum 38°C - 39°C . Suva banja zagreva se sporije, ali ravnomernije. Svoj maksimum 35°C i 36°C dostiže znatno pre Glavnog vrela.



Slika 7. Temperatura vode Glavnog vrela i Suve banje:
 uticaj meteoroloških faktora (1950. godine); januar i februar -
 rashlađivanje usled otapanja snega; april i novembar -
 rashlađivanje usled višednevnih kiša

Proticaji na Glavnom vrelu variraju između 40 l/s i 100 l/s, dok se na Suvoj banji kreću od 0 do 400 l/s. Glavno vrelo drenira najviše 60 sekundnih litara hladne kraške vode, dok Suva banja drenira oko 400 l/s, mada je kota izliva za 30 m viša.

Najkoncizniji zaključak hidrološke analize, u veoma složenim uslovima kraške hidrografije Koritnika koja je posrednik između meteoroloških faktora i proticaja na termalnim vrelima Niške Banje bio bi:

- Vrelo Suva banja evakuše daleko veće količine hladne kraške vode koja potiče od otapanja snega i padavina, nego Glavno vrelo.
- U zaleđu Glavnog vrela vladaju složeniji hidrauličko-hidrološki odnosi.
- Glavno vrelo prihranjuje jedan stalan slabiji tok hladne kraške vode, koja se sporije infiltrira u teren kroz prsline i pore. Njegova izdašnost postepeno opada u toku 6-8 sušnih meseci.

U pogledu balneoterapeutskih mogućnosti lečilišta, ako se kao donja granica za korišćenje termalne vode Glavnog vrela uzme 36°C, onda:

- broj prekida rada bazena koje snabdeva glavno vrelo iznosi u petnaestogodišnjem proseku 6,06 prekida godišnje, a
- ukupni broj dana kada ti bazeni ne rade, usled rashlađivanja i mućenja vode, u petnaestogodišnjem proseku iznosi 133,07 dana godišnje, što predstavlja veliki ekonomski gubitak i nesigurnost u radu.

Vrelo Suva banja snabdeva vodom bazen broj 5 u kome se odvija terapija na nižim temperaturama (u proseku oko 32°C), shodno prirodi oboljenja: Ako se kao donja granica upotrebljivosti vode u terapijske svrhe uzme 30°C, onda:

- broj prekida rada iznosi u petnaestogodišnjem proseku 7,07 prekida godišnje, a
- ukupni broj neradnih dana iznosi 182,1 dana godišnje.

Tabela 1. Pregled rashlađivanja termalnih vrela u Niškoj Banji

Pregled rashlađivanja termalnih vrela				
Godina	Glavno vrelo		Suva banja	
	Broj rashlađivanja godišnje	Broj dana u godini kada se voda ne koristi u terapijske svrhe	Broj rashlađivanja godišnje	Broj dana u godini kada se voda ne koristi u terapijske svrhe
280	12	280	6	360
150	6	150	9	170
86	7	86	11	118
81	5	81	5	104
61	3	61	4	80
82 _	5	82	5	150
86	4	86		177
67	6	67	–	196
74	5	74	7	146
156	4	156	5	241
121	6	1321	7	243
214	10	214	12	203
106	5	106	6	156
212	9	212	12	248
225	10	225	1,5	240
133,07	6,06	133.07	7,07	182,1

5. 2. Istraživanja na termalnim vrelima 1954. godine

Organizovano osmatranje hidrološko-meteoroloških pojava počinje početkom 1954. godine, i to: simultano merenje temperature vode na oba vrela proverenim termometrima, merenje proticaja putem baždarenih preliva, na Glavnom vrelu i Suvoj banji, kao i ažurno praćenje meteoroloških podataka o dnevnoj visini padavina i o temperaturi vazduha sa Meteorološke

stanice Rautovo i dopunske stanice u Niškoj Banji. Vrednosti temperature vazduha prikazane su kao srednje dnevne. Međutim, u periodu otapanja snežnog pokrivača, u okviru eksperimentalnih istraživanja na vrelima, analizirane su posebno jutarnje, podnevne i večernje temperature (t_7 , t_{13} i t_{19}), jer se njihov uticaj na otapanje snega pokazivao na oscilacijama dnevnih proticaja. Detalji istraživanja, rezultati i zaključci sadržani su u tekstu (Savić, 1954).

Istraživanja su se odvijala u dva pravca:

- hidrološko-hidraulički odnos Suva banja - Glavno vrelo, i
- kaptaža Glavno vrelo.

U cilju izučavanja uticaja nivoa preliva Suve banje na proticaj i temperature vode Glavnog vrela, izvršena su tri eksperimenta u prirodnoj hidrauličkoj laboratoriji i to u različitim fazama opšteg nivoa vode u karstu Koritnika. Od posebnog značaja bili su povoljni klimatski uslovi koji su omogućili lagano ravnomerno otapanje velikih naslaga snega u slivu, u kontinuiranom periodu (mart-april).

Opiti su obavljani:

- u fazi intenzivnog otapanja snega pri povećanju količine isticanja, odnosno visokom opštem nivou vode u karstnim oblicima Koritnika

($Q_{s,b} = 276,5 \text{ l/s} - 37 \text{ l/s}$),

- u fazi smanjivanja doticaja i sniženog nivoa vode u karstu, i

($Q_{s,b} = 100 \text{ l/s}$),

- u fazi stabilizacije proticaja, odnosno znatno sniženog nivoa vode u

($Q_{s,b} = 42 \text{ l/s}$) (slika 8, 9).

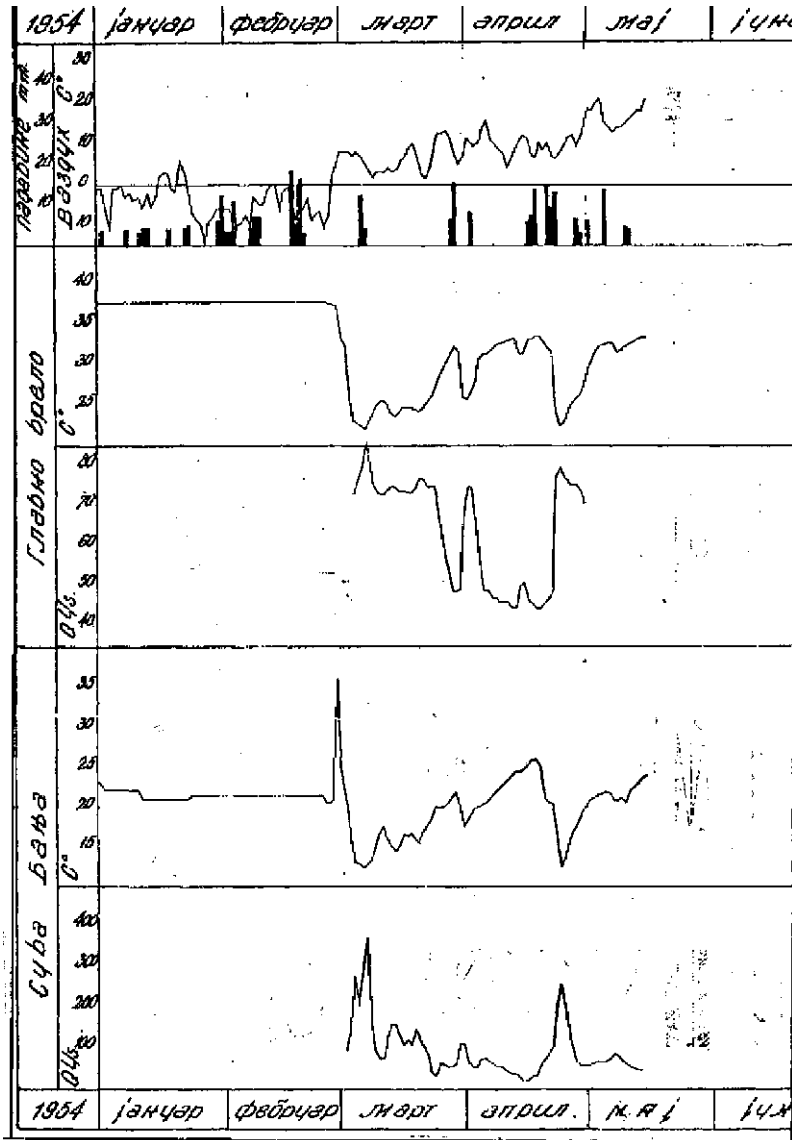
Rezultati ovih istraživanja pružili su značajne podatke o funkcioni sanju hidrauličkog podsistema Suva banja - Glavno vrelo. Na bazi saznanja o uticaju direktne veze Suva banja - Glavno vrelo na hidrološki režim vrela, predložene su mere sanacije putem sniženja praga izliva Suve banje za 8,56 m, probijanjem tunela do poznate kote ulaznog kanala (265,70).

5. 3. Period 1956 - 1999. godine

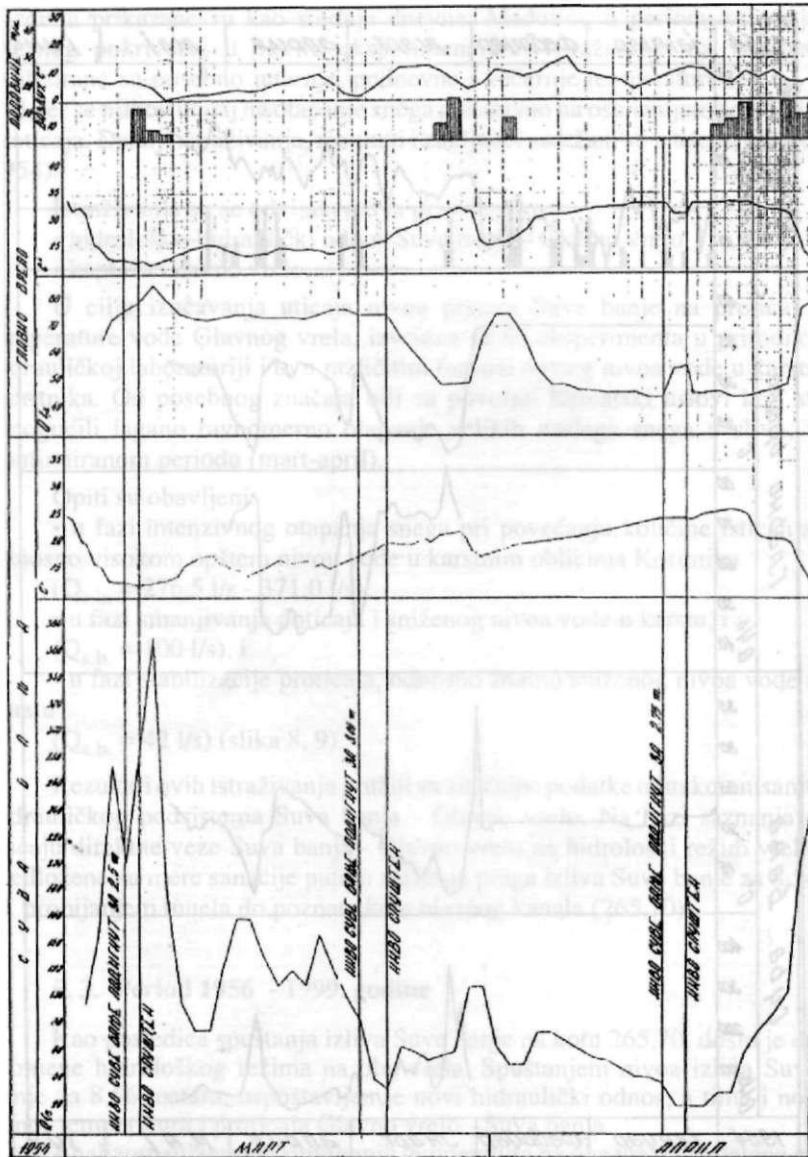
Kao posledica spuštanja izliva Suve banje na kotu 265,70, došlo je do promene hidrološkog režima na oba vrela. Spuštanjem nivoa izliva Suve banje za 8,56 metara, uspostavljen je novi hidraulički odnos, a time i nov odnos temperatura i proticaja Glavno vrelo - Suva banja.

Analizom dijagrama simultanih temperatura na oba vrela i padavina za period 1956. - 1999. godina, koji su konstruisani na raspoloživim podacima direktnih merenja (slika 10, 11, 12), može se konstatovati:

- Suva banja, pri novom hidrauličkom odnosu, drenira veće količine hladne i mutne vode iz karsta, nego Glavno vrelo.



Slika 8. Proticaj i temperatura vode na Glavnom vrelu i Suvoj banji u zavisnosti od padavina i temperatura vazduha (1954. godine): mart - rashlađenje usled otapanja snega; april - otapanje snega i kiše; maj- rashlađenje usled kiše



Slika 9. Promene proticaja i temperature vode na Glavnom vrelu u zavisnosti od nivoa vode na Suvoj banji (eksperimentalno podizanje nivoa vode na Suvoj banji)

- Učestalost perioda rashlađenja smanjena je, od 7,07 na 3,0 rashlađen] \$ godišnje.

- Ukupno godišnje trajanje rashlađenja je smanjeno. Osmogodišnji prosek broja dana kada se voda ne koristi u terapiji iznosi 92,1 dana godišnje, dok petnaestogodišnji prosek u periodu pre sniženja izliva iznosi 182,1 dana godišnje (tabela 2).

Tabela 2. Pregled rashlađivanja termalnih vrela

Pregled rashlađivanja termalnih vrela				
Godina	Glavno vrelo		Suva banja	
	Broj rashlađivanja godišnje	Broj dana u godini kada se voda ne koristi u terapeutske svrhe	Broj rashlađivanja godišnje	Broj dana u godini kada se voda ne koristi u terapeutske svrhe
1956.	6	85	2	196
1957.	1	9	8	132
1958.	3	18	2	94
1959.	0	0	4	45
1960.	1	4	1	130
Nema podataka				
1997.*	1	2	3	59
1998.*	0	0	2	35
1999.	1	1	⁰	46
Prosek 1956-1999.	1,6	14,9	3,0	92,1
Prosek 1931 - 1955.	6,06	133,07	7,07	182,1

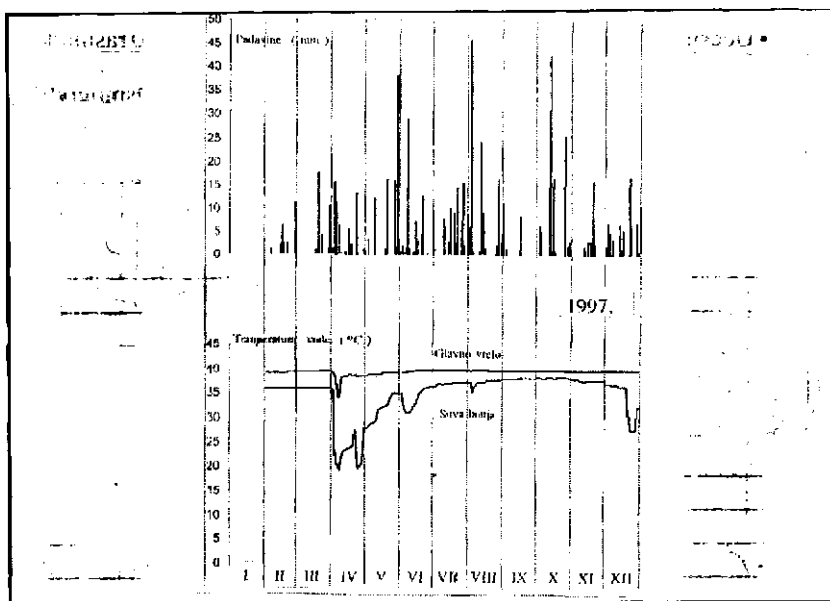
⁹ Maksimalna temperatura vode Suve banje povećana je na 39,3°C.

« Presušivanje Suve banje je otklonjeno. Ono je u prethodnom periodu bilo samo prividno, jer su se male vode Suve banje prelivale u Glavno vrelo i u podzemne akumulacije.

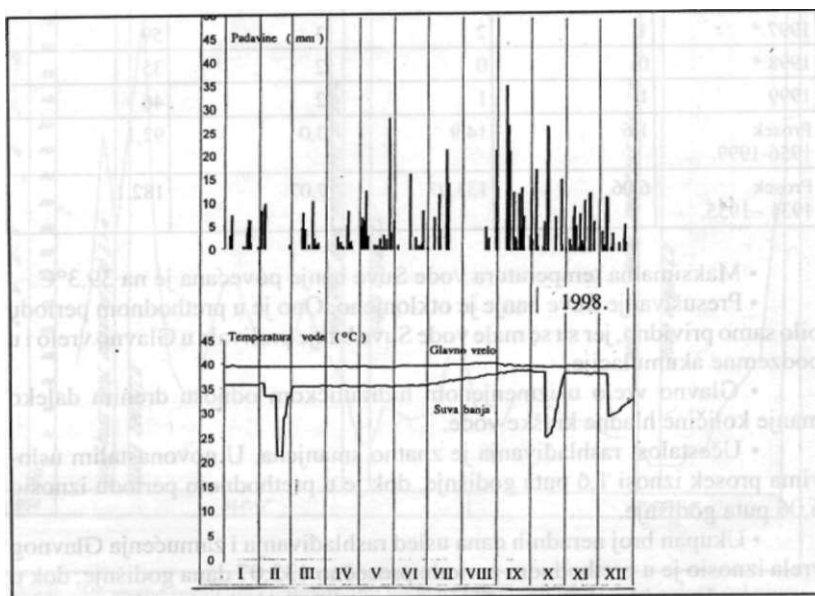
- Glavno vrelo u izmenjenom hidrauličkom odnosu drenira daleko manje količine hladne kraške vode.

- Učestalost rashlađivanja je znatno smanjena. U novonastalim uslovima prosek iznosi 1 ,6 puta godišnje, dok je u prethodnom periodu iznosio 6,06 puta godišnje.

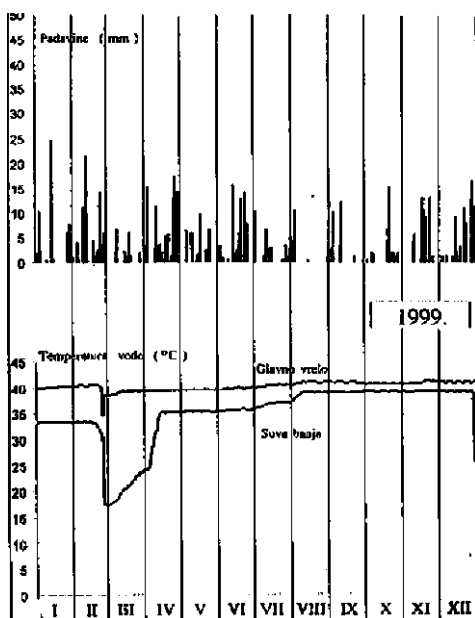
- Ukupan broj neradnih dana usled rashlađivanja i zamućenja Glavnog vrela iznosio je u prethodnom periodu prosečno 133,07 dana godišnje, dok u novonastalom hidrauličkom režimu osmogodišnji prosek iznosi svega 14,9 dana godišnje.



Slika 10. Temperatura vode i padavina 1997. godine



Slika 11. Temperatura vode i padavine 1998. godine



Slika 12. Temperatura vode i padavine 1999. godine

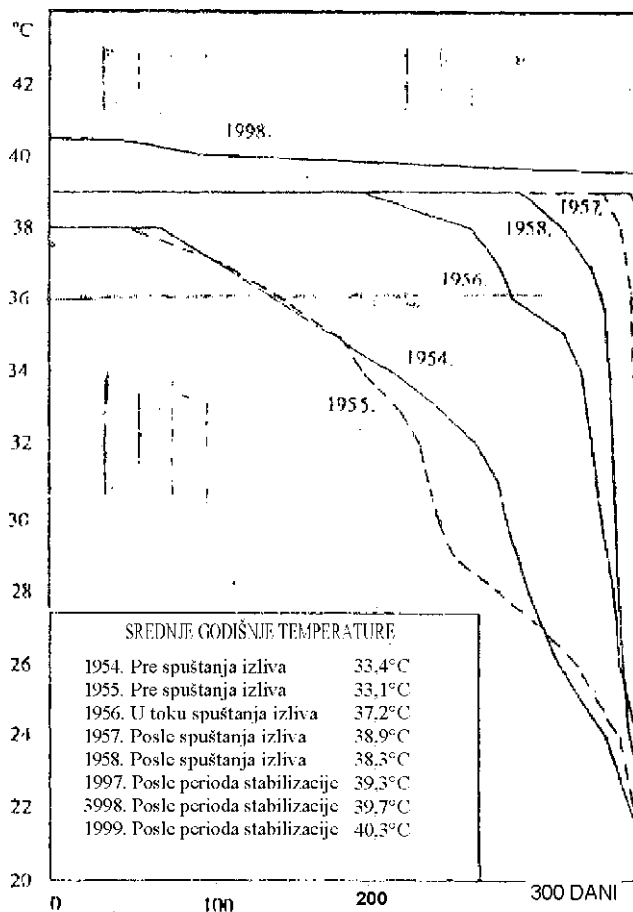
- Maksimalni proticaj Glavnog vrela pri rashlađivanju ostao je nepromenjen, 100 l/s, dok je maksimalni proticaj Suve banje povećan. Analiza dijagrama pokazuje da se pri veoma povišenom nivou podzemnih voda u karstnom hidrauličkom sistemu Koritnika, na podsistemu Suva banja - Glavno vrelo uspostavlja prethodno stanje (kratkotrajno).

- Maksimalna temperatura vode Glavnog vrela povećana je na 41,3°C, što iziskuje preduzimanje mera za povremeno rashlađivanje.

6. Analiza rezultata o rashlađivanju termalnih vrela

Analizirani period 1956 - 1999. sačinjen je od dve posebne celine 1956 -1960. i 1997 -1999., između kojih je period bez podataka merenja na termalnim vrelima. Izloženi zaključci, iako su izvedeni iz diskontinuiranog niza osmatranja, jasno pokazuju tendenciju postepenog povišavanja temperature vode na oba vrela (dijagram trajanja temperature) (slika 13, 14). U godini 1999. javlja se u dužem nizu (120 dana) na Glavnom vrelu temperatura viša od 41°C, a dostignuti maksimum iznosi 41,3°C. Na Suvoj banji, temperatura viša od 39°C traje 141 dan, dok je dostignuti maksimum 39,4°C. Sadašnji maksimum Suve banje dostiže temperaturni maksimum Glavnog vrela u prethodnom periodu.

Spuštanjem izliva Suve banje sprečeno je stalno izlivanje njenih voda u Glavno vrelo. Izlivanje je ograničeno samo na retke kratkotrajne periode



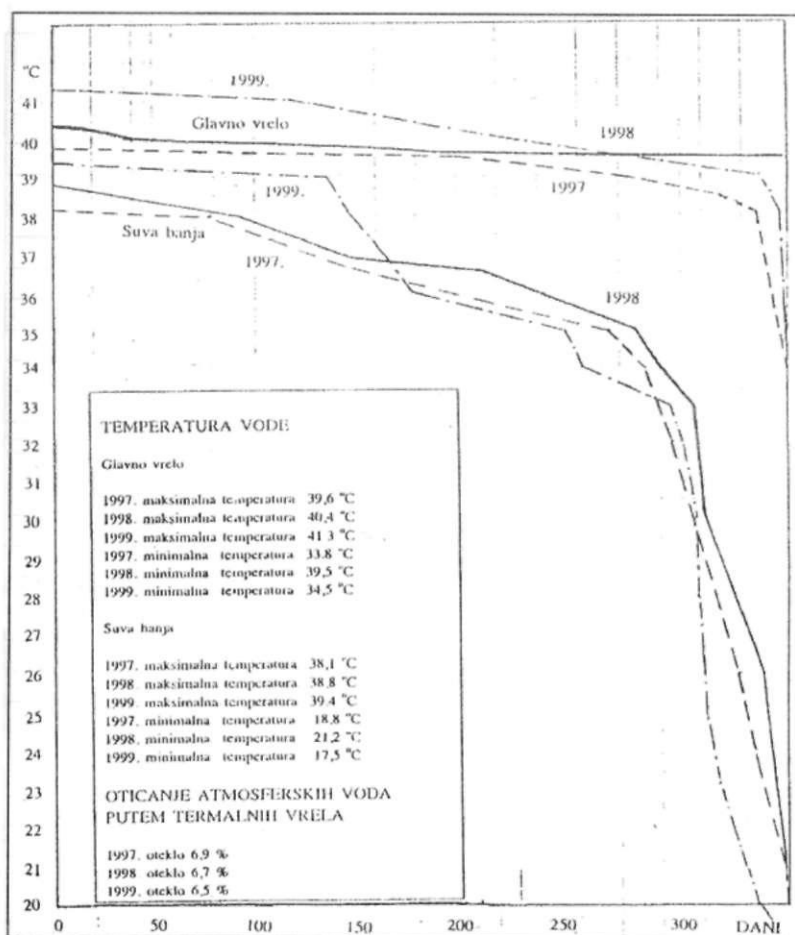
Slika 13. Trajanje temperature vode na Glavnom vrelu

bujičnih mutnih voda kada se opšti nivo voda, u karstu Koritnika podigne iznad nivoa praga preliva u karstnom hidrauličkom sistemu Suva banja - Glavno vrelo. Takav slučaj se dogodio u 1997. i 1999. godini nakon visokih i dugotrajnih padavina. Lokacija i kota ovog praga, ili pragova, nije poznata. Proticaji na Suvoj banji su povećani, a na Glavnom vrelu smanjeni. Temperature vode su bitno povećane, sa tendencijom blagog porasta usled ubrzanog dreniranja karsta (slika 15). Ovim poduhvatom je omogućeno korišćenje vode Glavnog vrela, praktično, tokom cele godine, sa retkim izuzecima što je najveća korist spuštanja izliva Suve banje.

Iz dijagrama trajanja temperature vode na Glavnom vrelu u pojedinim godinama, pre i posle spuštanja izliva Suve banje, sledi:

Temperatura vode od 36°C, ili viša, trajala je na Glavnom vrelu:

u 1954. godini	140 dana
u 1955. godini	150 dana
u 1956. godini	280 dana
u 1957. godini	356 dana
u 1958. godini	347 dana
u 1959. godini	365 dana
u 1960. godini	361 dan
u 1997. godini	363 dana
u 1998. godini	365 dana
u 1999. godini	364 dana



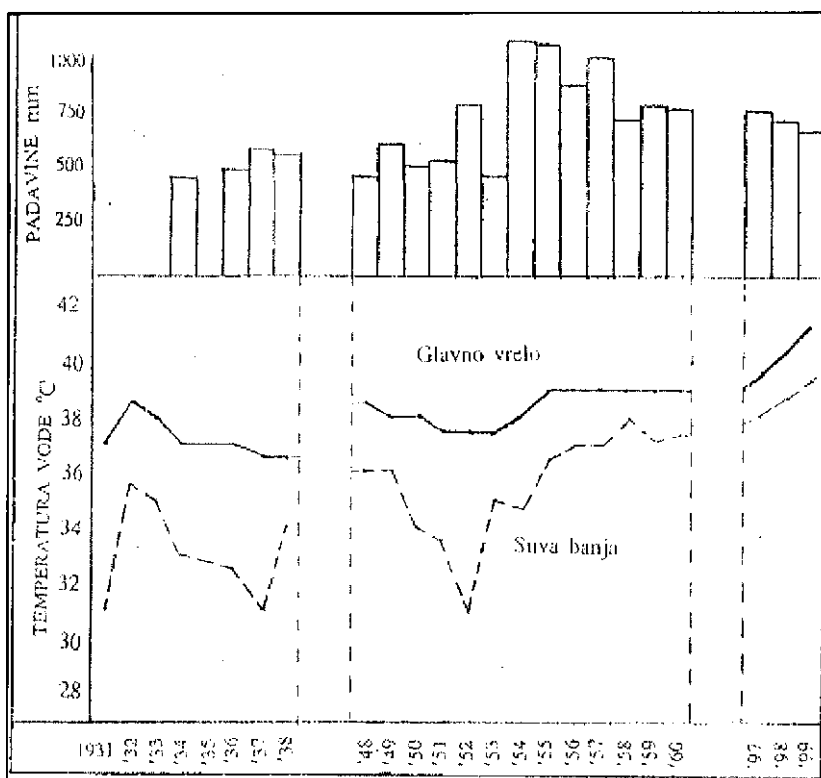
Slika 14. Trajanje temperature vode na Glavnom vrelu i Suvoj banji

To znači da je balneoterapeutski potencijal Instituta "Niška Banja" u veoma velikoj meri poboljšan hidrograđevinskim radovima, ali problem rashladivanja nije u potpunosti otklonjen.

Analizom raspoloživih podataka merenja, može se očekivati da buduća istraživanja, uz kontinuirana merenja, pokažu da se u slučaju termalnih vrela Niške Banje ne radi o dve posebne termalne žice, već o jednoj istoj, koja je negde u rasednoj zoni Koritnika razdeljena u dva mlaza. Kako obe tople žice primaju na svome putu i hladne komponente, to se, ne može utvrditi ukupna dolazna količina i temperatura tople komponente, tim pre što u novijem periodu nema podataka merenja količine vode koja izvire na vrelima.

Tabela 3. Maksimalne i minimalne temperature vode

God.	Glavno vrelo		Suva banja		Godišnje sume padavina mm
	maksimalna temperatura °C	minimalna temperatura °C	maksimalna temperatura °C	minimalna temperatura °C	
1931.	37,0	22,0	31,0	12,0	
1932.	38,5	14,0	35,5	9,0	
1933.	38,0	20,0	34,8	12,0	
1934.	37,0	22,0	33,0	12,0	495
1935.	-	-	-	-	-
1936.	37,0	21,0	32,5	13,0	483
1937.	36,5	19,0	31,0	11,0	576
1938.	36,5	21,0	34,0	13,0	556
nema merenja					
1948.	38,5	24,0	36,0	11,0	426
1949.	38,0	25,0	36,0	15,0	586
1950.	38,0	23,0	34,0	14,0	494
1951.	37,5	21,0	33,5	12,5	511
1952.	37,0	20,5	31,5	13,5	775
1953.	37,5	21,5	35,0	13,0	441
1954.	38,0	22,0	34,8	12,5	1044
1955.	39,0	21,2	36,4	11,5	1037
1956.	39,0	24,0	36,4	11,8	843
1957.	39,0	31,5	37,0	11,7	975
1958.	39,0	22,5	38,0	11,8	702
1959.	39,0	37,8	37,4	16,6	766
1960.	39,0	24,4	37,4	10,0	771
nema podataka merenja					
1997.	39,6	33,8	38,1	18,8	768
1998.	40,4	39,5	38,8	21,2	772
1999.	41,3	34,5	39,4	17,5	678



Slika 15. Maksimalne temperature Glavnog vrela i Suve banje maksimalne temperature Glavnog vrela—maksimalne temperature Suve banje—Ono što se sa sigurnošću može tvrditi, jeste, da su stalne hladne komponente vode u opadanju. Uzrok opadanju stalnih komponenata može biti dvojak:

- opadanje ukupnog vodnog potencijala podzemnih voda usled višegodišnjeg sušnog perioda, ili
- opadanje lokalnog nivoa vodnog potencijala Koritnika, usled pojačanog dreniranja podzemnih voda, izazvanog spuštanjem kote izliva Suve banje.

Moguće je, takođe, da se radi o udruženom hidrološko-meteorološkom delovanju.

7. Zamućivanje termalnih vrela

Na termalnim vrelima Niske Banje javljaju se povremeno "crvena" i "bela" zamućivanja.

Crvena mućenja su vezana za naglo nadolaženje vode na vrelo Suva banja i Glavno vrelo i nemaju nikakve veze sa običnim mućenjima koja nastaju kod oba vrela i daju beličastu vodu, sličnu koloidnoj mutnoći. Crvena mućenja bujičnih voda potiču od spiranja crvene zemlje, kojom obiluju tvorevine lijasa izvorne čelenke Rautovačkog potoka. Na levoj padini srednjeg dela sliva Rautovačkog potoka javljaju se tvorevine lijasa sa veoma izraženom erozijom. Kako su te površine ujedno i setvene površine, to se erozija zemljišta intenzivira, a isprani mulj crvene boje spira u korito Rautovačkog potoka i ponore, odakle nesmetano i brzo, razrađenom podzemnom hidrografskom mrežom stiže na termalna vrela i zamuti ih. Deo ove mutnoće potiče i od ispiranja nataloženog crvenog mulja u pukotinama krečnjaka na putu podzemnih bujičnih tokova.

Crvena mućenja mogu se umanjiti dvojakim merama:

- sprečavanjem da mutne bujične vode sa površine dospevaju u ponore, i
- pošumjavanjem Koritnika, što je predmet posebne studije.

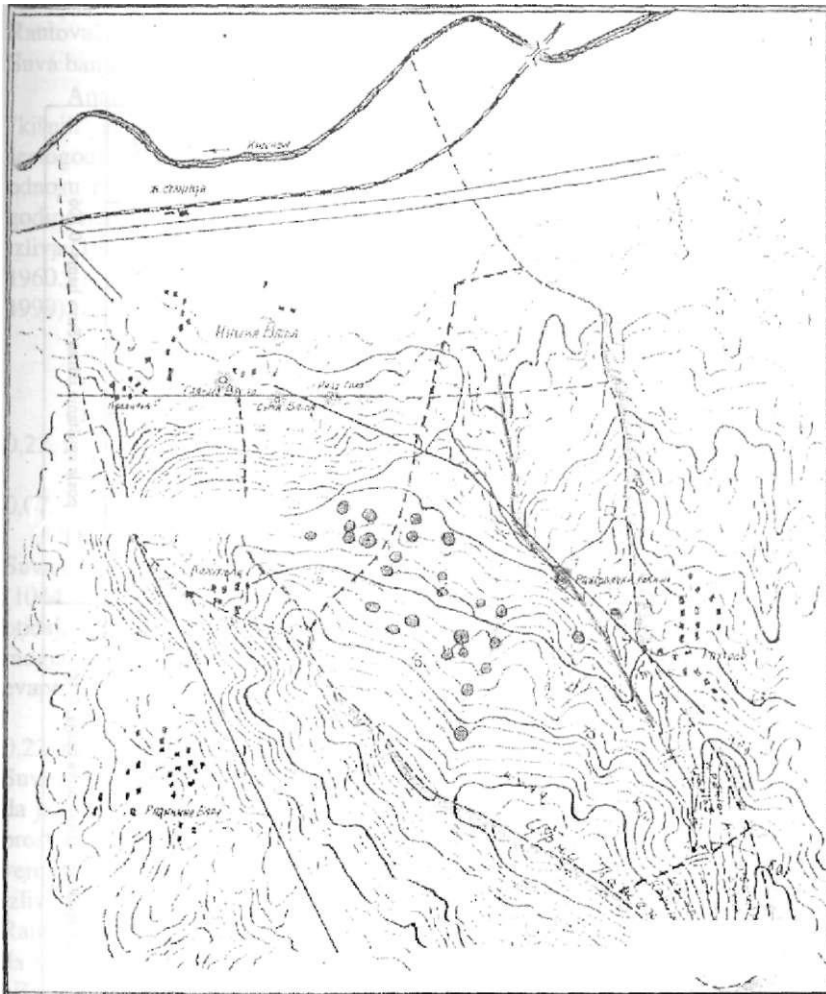
Obična bela mućenja koja se javljaju na oba vrela uopšte nemaju veze sa crvenim mućenjem. Ova mućenja se dešavaju nezavisno od proticaja. Njih je detaljno opisao prof. dr *S. Stevanović(194)*. Prema njegovom mišljenju, bela mućenja potiču od hladnih komponentata kad one ojačaju, ili od promena atmosferskog pritiska, kada se na vrelima dešavaju pulzacije. Obična "bela" mućenja nije moguće sprečiti, no ona i ne predstavljaju nikakvu smetnju u balneoterapiji.

8. Oticanje sa sliva Rautovačkog potoka putem termalnih vrela

Atmosferske vode koje padnu na sliv Rautovačkog potoka, jednim delom ispare, delom se utroše na transpiraciju, a delom otiču površinskim tokom Rautovačkog potoka. Ove vode preskaču rasednu zonu i otiču na vododržljivo tlo nišavske ravnice. Drugi deo propada u skaršćeni teren i duž Studenskog raseda odlazi ka vrelima.

Koji će deo padavina oteći u podzemlje i pojaviti se na vrelima, a koji će se utrošiti na evapotranspiraciju ili preći preko rasedne zone na vododržljiv teren, nemoguće je odrediti. Ovaj odnos je jako promenljiv i zavisao od mnogih meteoroloških i vegetacionih uslova. U slučaju sliva Rautovačkog potoka ne možemo govoriti o klasičnom koeficijentu oticanja atmosferskih voda. Velike količine tih voda otiču posredno putem termalnih vrela u Niškoj Banji.

Oticanje atmosferske - kraških voda putem termalnih vrela proračunato je za merodavni geomorfološki sliv koji se sastoji od srednjeg dela sliva Rautovačkog potoka i sliva bujice Suva banja, ukupne površine 4,0 km² (slika 16, tabela 4). Merodavni deo sliva Rautovačkog potoka iznosi 86%



Slika 16. Merodavni sliv Rautovačkog potoka i bujice Suva banja

ukupne površine geomorfološkog sliva sa koga se atmosferske vode posredstvom površinskih kraških oblika i podzemne kraške hidrografske mreže, dreniraju putem termalnih vrela Niške Banje.

Analiza koeficijenta oticanja je urađena za desetogodišnji period u kome postoje pouzdani podaci merenja proticaja i temperatura vode na termalnim vrelima. Podaci o merenju padavina su pouzdani i upotrebljivi, kako za ovaj period, tako i za prethodni period. Za procenu koeficijenta oticanja uzete su atmosferske padavine u merodavnom srednjem slivu

Tabela 4. Procena koeficijenta oticanja karstnih voda putem termalnih vrela u Niškoj Banji

Godina		1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1997	1998	1999
Padavine	mm/god)	1044	1037	843	975	702	766	771	768	722	678
Srednja godišnja temperatura vode (°C)	Suva banja	25,2	26,4	29,5	32,5	32,4	34,9	32,0	34,7	35,7	35,0
	Glavno vrelo	33,4	31,1	37,2	38,9	38,3	39,0	38,2	39,3	39,7	40,3
Srednji godišnji proticaj (l/s)	Suva banja	74,5	68,0	70,3	49,0	63,8	35,8	46,1	32,0	31,5	32,0
	Glavno vrelo	67,5	71,0	45,2	35,6	38,2	35,0	35,3	34,8	34,6	33,5
Godišnji oticaj (1000 m ³)	Suva banja	1972	2144	2218	1550	2010	1128	1470	1009,2	993,4	1009,2
	Glavno vrelo	2120	2236	1424	1120	1139	1100	1110	1094,3	1091,1	1056,5
Ukupni godišnji oticaj na oba vrela (1000 m ³)		4092	4380	3642	2670	3203	2228	2580	2103,5	2084,5	2065,7
Srednja godišnja temperatura vode na oba vrela f Q		29,5	29,7	32,6	35,1	34,5	36,9	33,1	37,0	37,7	37,6
Ukupni godišnji oticaj termalne komponente od 39°C na oba vrela (1000 m ³)		1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890
Ukupni godišnji oticaj karstne vode na oba vrela (1000 m ³)		2202	2490	1752	780	1313	338	690	213,5	194,5	175,7
Ukupne godišnje padavine na sliv površine 4,0 km ² (1000 m ³)		4176	4148	3372	3896	2808	3064	3084	3072	2888	2712
Koeficijent oticanja karstne vode putem termalnih vrela		0,53	0,60	0,53	0,20	0,47	0,11	0,22	0,069	0,067	0,065
Koeficijent oticanja karstnih voda putem termalnih vrela		pre spuštanja izliva Suva banja 0,46					posle spuštanja izliva Suva banja 0,106				

Rautovačkog potoka i slivu bujice Suva banja, kao i ukupni oticaji na vrelima Suva banja i Glavno vrelo, umanjani za veličinu termalne komponente.

Analizirani desetogodišnji period sastoji se od četverogodišnjeg niza "kišnih" godina sa godišnjim atmosferskim talogom od preko 1000 mm i šestogodišnjeg niza sa prosečnom visinom padavina od oko 700 mm. U odnosu na spuštanje nivoa izliva vrela Suve banje, period obuhvata dve godine neposredno pred spuštanje izliva (1954. i 1955.), sam period spuštanja izliva (1956. - 1958.), dve godine neposredno po izvršenju radova (1959. - 1960.) i tri godine nakon četrdesetogodišnje stabilizacije stanja (1997. do 1999).

Koeficijent oticaja sa sliva, putem termalnih vrela iznosi:

- u periodu pre definitivnog spuštanja izliva Suve banje 0,46,
- u godinama neposredno posle izvršenja hidrotehničkih radova 0,11 - 0,22, i
- u periodu posle četrdesetogodišnje stabilizacije hidrološkog režima 0,07.

Dobijene visoke vrednosti koeficijenta oticaja pre intervencije na vrelu Suva banja, javljaju se u godinama sa visokim atmosferskim talogom: 1954. (1044 mm), 1955. (1037 m) i 1956. (843 mm). Odgovarajući koeficijenti oticaja su: 0,53; 0,60 i 0,52. Koeficijenti oticaja od 0,50, pa i veći, sasvim su mogući u karstnom terenu, pošto voda u njega propada i nema više prilike za evapotranspiraciju.

Kako je do drastičnog smanjenja koeficijenta oticanja od preko 0,50 na 0,22, pa čak i 0,11, došlo u periodu neposredno posle spuštanja nivoa izliva Suve banje za 8,56 metara, ne može se sa sigurnošću tvrditi. Stoji mogućnost da je došlo do promene komuniciranja u spletu podzemnih akumulacionih prostora koji vrše izravnavanje vode. Takođe, stoji mogućnost, sa velikom verovatnošću, da je u periodu izvođenja građevinskih radova na spuštanju izliva Suve banje izvršeno zatvaranje (betoniranje) otvora ponora u koritu Rautovačkog potoka, kao i otvora ponora u nekim vrtačama, što bi omogućilo da se veća količina bujičnih voda površinski evakuise na nepropusno tlo nišavske ravnice, ali o tome nema podataka.

Analizirani tekući period, četiri decenije nakon sniženja izliva Suve banje, karakteriše veoma nizak koeficijent oticaja putem termalnih vrela 0,07. U ovom slučaju treba imati u vidu da se dugi period konsolidacije hidrološkog režima termalnih vrela odvijao, uglavnom, u veoma sušnom periodu. Poseban značaj na smanjenje koeficijenta oticaja ima razvoj, tačnije - stihijni samorazvoj biljnog pokrivača na Koritniku, koji svakako, posle nekoliko decenija pokazuje svoje blagotvorne efekte. Naime, selo Koritnjak je imalo 1954. godine 28 domaćinstava sa ukupno 158 stanovnika. Migracija selo-grad je učinila da 1999. godine, u selu živi jedan stanovnik. Obradivo zemljište sela Koritnjak predstavljali su tereni u predelu vrtača, u srednjem delu sliva Rautovačkog potoka, a posebno same vrtače. Odlaskom žitelja,

ziratno zemljište je priroda sama pretvarala u šikare, koje sada imaju značajan udeo u smanjenju brzine oticanja sa sliva, smanjenju erozije i spiranja zemljišta, što vidno utiče na poboljšanje hidrološkog režima termalnih vrela. Međutim, treba naglasiti da u slivu Rautovačkog potoka, neposredno uz tok, obraslost terena nije značajno izmenjena. U ataru sela Rautovo, ziratno zemljište se i dalje obrađuje, čak i na kritičnim padinama.

Stanje biljnog pokrivača na slivnom području koje ima neposredni uticaj na hidrološki režim termalnih vrela, kao i smernice za dalje akcije, kako u cilju zaštite vodnog blaga, tako i u cilju zaštite terena od erozije, obrađeno je u posebnom radu (*Minic, 2000*).

Odgovor na značajno pitanje o promeni koeficijenta oticaja treba da pruže buduća sistematska istraživanja zasnovana, kako na meteorološkim metenjima i simultanim metenjima temperature vode na termalnim vrelima, koja se obavljaju, tako i na metenjima proticaja na oba termalna vrela koja se u dužem, tridesetogodišnjem periodu, ne obavljaju.

Tabela 5. Pregled oticanja atmosferskih voda sa merodavnog dela sliva Rautovačkog potoka putem termalnih vrela u Niškoj Banji

Godina	Kraška voda drenirana putem termalnih vrela (u i 000 m3)	Zastupljenost sliva Rautovačkog potoka	Dreniranje voda sa sliva Rautovačkog potoka putem termalnih vrela (u 1000m3)
1954.	2202	86	1893,7
1955.	2490	86	2141,4
1956.	1752	86	1506,7
1957.	780	86	748,2
1958.	1313	86	1129,1
1959.	338	86	290,7
1960.	690	86	593,4
1997.	213,5	86	183,6
1998.	194,5	86	167,2
1999.	175,7	86	136,8

Prema analiziranim i izloženim rezultatima istraživanja hidrološko-geološkog uticaja sliva Rautovačkog potoka na kvalitet termalnih voda Niške Banje, može se konstatovati da 86% bujično-kraških voda, koje povremeno rashlađuju i mute termalna vrela, potiče sa sliva Rautovačkog potoka.

9. Praćenje parametara kvaliteta termalnih voda u Niškoj Banji

Parameter kvaliteta termalnih voda Niške Banje prate se počev od 1931. godine, najpre pri Upravi lečilišta Niska Banja, a kasnije pri Institutu za prevenciju, lečenje i rehabilitaciju reumatičkih i kardiovaskularnih bolesnika "Niška Banja".

U presanacionom periodu (1931 - 1955) godina, obavljano je pri Upravi lečilišta svakodnevno merenje temperature vode na oba vrela, sa nekoliko intervala prekida, od kojih je najduži bio za vreme okupacije u II svetskom ratu. Registrovano je presušivanje vrela Suva banja, kao i njeno ponovno isticanje. Registrovana je pojava crvene mutnoće. Termini pojave bele mutnoće nisu zabeleženi, ali postoje zapisi da se one povremeno javljaju. Radioaktivnost voda i terena je istraživana kontinuirano u nekim periodima (*Vučić, 1950*). Fizičko-hemijske analize vode su obavljane povremeno, od slučaja do slučaja. Zabeleške o nivou vode na termalnim vrelima nisu vezane za stalnu tačku, te su mogle da posluže samo za konstrukciju nivograma, ali i za uspostavljanje korelacije sa proticajima.

Mada su zabeleženi podaci nepotpuni i diskontinuirani, korisno su poslužili za kvalitativnu analizu hidrološkog režima termalnih vrela pod uticajem meteoroloških faktora u okviru postojećih geomorfoloških i vegetacionih prilika u slivnom području.

Prekretnica u osmatranju učinjena je 1954. godine kada se uspostavlja sistematsko kontrolisano merenje temperatura i proticaja na oba vrela. Uporedo se organizuju dve lokalne kontrolne kišomerne stanice na Koritniku. Kako su dvogodišnji podaci sa kontrolnih stanica bili odgovarajući vrednostima koje se dobijaju na MS Rautovo, to je nakon dve godine njihov rad obustavljen. Lokalna meteorološka stanica u Niškoj Banji registruje padavine i temperature vazduha počev od oktobra 1933. do 1955. godine. To je omogućilo uspešnu analizu uticaja temperatura vazduha na otapanje snega i doticaj na vrela u obavljenim istraživanjima 1954. godine.

Postsanacioni period (1956 — 1999) karakterišu tri faze. U prvoj fazi, održanje kontinuitet merenja temperatura vode i proticaja na Glavnom vrelu i Suvoj banji pod patronatom prof. *M. Pećinara* (1961), zaključno sa 1960. godinom.

U drugoj fazi (1961 - 1996) nastavljeno je samo merenje temperatura vode na oba vrela. No, nažalost, podaci merenja za period od 35 godina (1961 - 1996.) nestali su krajem 1996. godine. To predstavlja veliki, nenadoknativ gubitak za studiozno praćenje uticaja hidrogeoloških faktora na režim i kvalitet termalnih vrela u cilju preduzimanja mera zaštite.

U trećoj fazi (1997 - 1999) obavlja se merenje temperature vode na oba vrela i evidentira crvena i bela mutnoća pri Institutu "Niška Banja". Ovi podaci su korišćeni pri izradi rada *V. Minić (1999)* u okviru magistarskih studija "Zaštita životne sredine", na predmetu Ekološko inženjerstvo za zaštitu voda, kao i u ovom radu, i na taj način trajno sačuvani.

Prema izloženom, može se zaključiti da se gazdovanje termalnim vodnim resursima Niške Banje, koji predstavljaju javno vodno blago retkih prirodnih osobina i osnovni lečilišni faktor, ne odvija dovoljno stručno i odgovorno.

Praćenje fizičko-hemijskih parametara termalne vode Niške Banje, odvija se povremenim analizama uzoraka vode u Zavodu za zaštitu zdravlja u Nišu, Institutu za rehabilitaciju u Beogradu, Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu u Beogradu, kao i drugim.

Od posebnog je značaja da se istakne činjenica daje spektrohemijskom analizom 1956. godine prvi put konstatovano prisustvo mikroelemenata, oligominerala, rubidijuma i cezijuma u termalnoj vodi Niške Banje (*Ristić i sar.*, 1956). Prisustvo oligominerala u termalnoj vodi, pored balneološke vrednosti, ima poseban *značaj* za izučavanje porekla termalne vode Niške Banje.

Prema kategorizaciji iz 1997. godine: "Prirodna oligomineralna voda iz Glavnog izvora Niške Banje pripada kategoriji: kalcijum — hidrokarbonatnim, radonskim oligomineralnim, hipertermalnim vodama" (Institut za rehabilitaciju Beograd, 1997., sadržano u dokumentu: Utvrđivanje područja banje "Niška Banja", 1998.

10. Zaključak

U radu je istraživana hidrogeološki uticaj sliva Rautovačkog potoka na kvalitet termalnih voda Niške Banje. Istraživanja su zasnovana na geološkim podlogama, meteorološkim podacima RHMZ Srbije, na rezultatima eksperimentalnih hidrogeoloških istraživanja koja su obavljena 1954. godine, na podacima praćenja parametara kvaliteta vode: temperature i mutnoće, koje se obavlja pri Institutu za prevenciju, lečenje i rehabilitaciju reumatičkih i kardiovaskularnih bolesnika - Niška Banja, kao i na brojnim značajnim podacima istraživača koji su zabeleženi u citiranoj literaturi. Promene biljnog pokrivača u slivu, tokom druge polovine XX veka, kao i njihov uticaj na erozione procese, hidrološki režim i kvalitet voda termalnih vrela, detaljno je obrađen u radu *Minić* (2000). U ovom radu su analizirani prirodni procesi i antropogeni uticaj na promenu vegetacije i njihov značaj za poboljšanje kvaliteta termalnih voda Niške Banje i produženje perioda njihove upotrebljivosti u balneoterapiji.

Značajno poboljšanje hidrološkog režima i kvaliteta termalnih voda, postignuto je hidrogradevinskim sanacionim radovima na lokaciji Suva banja 1956. godine, čime je izmenjeno funkcionisanje prirodnog kraško — hidrauličkog sistema Suva banja — Glavno vrelo.

Analiza hidrološkog režima termalnih vrela u presanacionom periodu (1931 - 1955) i postsanacionom periodu (1956 - 1999) zasnovana je na rezultatima istraživanja svih relevantnih faktora u oba perioda, a posebno na rezultatima eksperimentalnih hidrauličkih istraživanja u 1954. godini, kao i na podacima tekućih opažanja parametara kvaliteta termalnih voda.

Uporednom analizom hidrološkog režima i parametara kvaliteta termalnih voda Niške Banje u oba perioda, može se konstatovati da je hidrograđevinskom intervencijom, izvršenom 1956. godine, po projektu akademika *M. Pecinara*, zasnovanom na eksperimentalnim istraživanjima *S. Milojevića* i *V. Savića*, postignuto značajno poboljšanje hidrološkog režima i kvaliteta vode, čime je produžen period korišćenja termalnih voda u balneoterapiji.

Značajni doprinos poboljšanju hidrološkog režima termalnih vrela ostvaruje se progresivnim razvojem biljnog pokrivača u slivu, koji tokom četiri decenije postepeno pokazuje pozitivne efekte.

Postignuti rezultati pokazuju da je problem povremenog drastičnog dreniranja bujično-kraških voda putem termalnih vrela u velikoj meri poboljšan, ali da nije otklonjen. To nalaže stručno praćenje svih manifestacija na kraško-termalnim vrelima u cilju preduzimanja sanacionih mera za dalje poboljšavanje kvaliteta i obezbedenje sigurnosti kontinuirane eksploatacije termalnih voda u balneoterapiji.

Literatura

Vujanović, V., Teofilović, M. i Arsenijević, M. (1972). Sadržaj elemenata u tennomineralnoj vodi Niške Banje i njena geneza. Srpsko geološko društvo. Beograd.

Vujanović, V. i Teofilović, M. (1980). Problemi geochemije i geneze mineralnih voda Srbije. Radovi Geoinstituta. 14, Beograd.

Vujanović, V. i Teofilović, M. (1983). Banjske i mineralne vode Srbije. "Privredna knjiga". Gornji Milanovac.

Vučić, V. (1950). Radioaktivnosti voda i gasova Niške Banje i njihovo aktiviranje. SAN posebno izdanje, knjiga CLXII. Beograd.

Zujović, J. (1892). Geologija Srbije I deo. Beograd.

Jovanović, D. (1931). O radioaktivnim vodama Kraljevine Jugoslavije. Glas Srpske kralj, akademije CXLV. Beograd.

Leko, M. (1911). Ispitivanje radioaktivnosti voda u Srbiji. Glas Sipske kralj, akademije LXXXITI. Beograd.

Luković, M. i Petković, K. (1933). Niška Banja, geološki sastav šire okoline banje i pojava termalnih radioaktivnih izvora. Srpska kralj, akademija. Glas CLVIII. Beograd.

Milivojević, M., Perić, J. i Simić, M. (1990). Preliminarni model hidrogeotermalnog sistema Niške Banje i Niške kotline. XII kong. geol. Jugoslavije. IV. Ohrid.

Milivojević, M. (1991). Elaborat o eksploatacionim rezervama termomineralnih voda izvora Niske Banje, Fond RDF. Beograd.

Milojević, S. (1958). Problem asanacije termalnih i radioaktivnih vrela Niške Banje. Zbornik radova Instituta za proučavanje krša "Jovan Cvijić", knjiga 2-3. Beograd.

Minić, V. (1999). Zaštita termalnih vrela u Niškoj Banji. Fakultet zaštite na radu. Niš.

- Minić, V.* (2000). Uticaj prirodnih i antropogenih faktora na zamučivanje termalnih vrela u Niškoj Banji, seminarski rad. Fakultet zaštite na radu. Niš.
- Petković, K. V.* (1930). Geološki sastav i tektonski sklop Suve Planine. Posebno izdanje Sipske kralj, akademije. Beograd.
- Pecinar, M.* (1961). Hidrologija termalnih vrela Niške Banje i njihova zaštita od rashladivanja i mućenja. Glas CCXLVII SANU. Beograd.
- Protić D.* (1995). Mineralne i termalne vode Srbije, Geoinstitut, posebno izdanje, 17, Beograd.
- Ristić, S., Arsenijević, S. i Milutinović, V.* (1956). Spektrohemijski nalaz Rb i Cs u mineralnoj vodi Niške Banje. Glasnik hem. društva. Beograd.
- Savić, V.* (1954). Proučavanje problema rashladivanja i mućenja termalnih vrela u Niškoj Banji, zaključci o uzrocima i predlog mera za njihovo otklanjanje ili ublažavanje. Diplomski rad. Građevinski fakultet. Beograd.
- Stevanović, S.* (1941). Niška Banja, geološki sastav terena, poreklo radioaktivnih materija, hlađenje i mućenje vode glavnih vrela. Beograd.
- Teofilović, M. i Vujanović, V.* (1979). Prilog geotektonici Srbije sa aspekta mineralnih voda. Srpsko geološko društvo. Beograd.
- ... (1998). Utvrđivanje područja banje "Niška Banja". Institut za prevenciju, lečenje i rehabilitaciju reumatičkih i kardiovaskularnih bolesnika Niska Banja.
- Cvijić, J.* (1895). Pećine i podzemna hidrologija u Istočnoj Srbiji, Glas Sipske kralj, akademije XLVI.

INFLUENCE HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN DE RUISSEAU DE RAUTOVAC SUR LA QUALITE DES EAUX THERMALES DE NISKA BANJA

Vesna MINIĆ

Ecole technique de construction "Neimar" a Niš

On recherche j'influence hydrogeologique do bassin de ruisseau de Rautovac sur la qualite des eaux thermales de Niska Banja: du Bassin Principal (glavno vrelo) et de Suva banja. On fait l'analyse des precipitations atmospheriques sur le changement du regime de temperature des sources thermales pendant la periode de 1931 a 1999. Les mesures de la temperature de l'eau commencent en 1931 et se deroulent plus de sept duree de dix ans avec les deux cessations de la continuite.

On constate que le bassin du ruisseau de Rautovac a une grande influence sur le regime hydrogeologique des bassins karstiquo-thermal a Niska Banja: 85 pour cent des eaux karstiques de torrents, qui drainent par les bassins thermals, provient des precipitations atmospheriques du bassin de ruisseau de Rautovac. L'auteur a propose les mesures ecologiques et hydrotechniques pour la protection de la region du bassin. On a indique sur l'importance de la suite organisee de tous les parametres relevant de la qualite de l'eau des sources thermales dans le but de proteger les ressources des eaux guerissables de Niska Banja et de developpement de la station balneaire. Ces

recherches sont publiées à la Faculté pour la protection du travail dans le cadre des études magistrales Engineering écologique pour la protection de l'eau et du terrain.

Les mots des: Bassin du ruisseau de Rautovac, influence hydrogéologique, qualité des eaux thermales, Niška Banja

HYDROGEOLOGICAL INFLUENCE OF THE RAUTOVAC STREAM BASIN UPON THE QUALITY OF THE NIŠKA BANJA THERMAL WATERS

Vesna MINIĆ

Construction Engineering School "Neimar", Niš

The object of study is the hydrogeological influence of the Rautovac stream basin upon the quality of the Niška Banja thermal waters, namely, of Glavno vrelo and Suva banja. The influences of the atmospheric precipitation upon the temperature regime change of the thermal springs in the period from 1931 to 1999 are analyzed. The water temperature measurements started in 1931 and they have been kept for no less than seven decades with two interruptions.

It is stated that the Rautovac stream basin has a considerable influence upon the Hydrological regime of the karst-thermal springs in Niška Banja, namely, 85% of the karst-torrent waters drained by the thermal springs come from the atmospheric sediment from the Rautovac stream basin.

Ecological and hydro-engineering protection actions of the basin are suggested. The importance of the organized follow-up of all the relevant parameters of the thermal springs' water quality is stressed for the sake of protecting the healing water resources of Niška Banja and developing the medical center.

The research was done at the Faculty of Safety at Work within the Master's studies dealing with the Ecological Engineering for Water and Soil Protection.

Key words: Rautovac stream basin, hydrogeological influence, quality of the thermal waters, Niška Banja

Autor: Ing. Vesna Minić, dipl. ing. grad., Građevinska tehnička škola "Neimar" u Nišu; kućna adresa: Niš, Vojvode Tankosica 11/43.

(Rad je Uredništvo primilo 3. maja 2001. godine)