

Eksploatacijsko polje geotermalne vode Zagreb i mogućnosti njezinog korištenja

Zagreb geothermal water exploitation field and possibilities of geothermal water use

Željko Jurilj
GPC INSTRUMENTATION
PROCESS d.o.o., Zagreb
zj@gpcip.eu

Vladimir Cazin, dipl.ing.
GPC INSTRUMENTATION
PROCESS d.o.o., Zagreb
cazin.vladimir@gmail.com



Ključne riječi: geotermalno polje Zagreb, hortikulturni centar, športsko-rekreacijski centar, akva park, lječilište

Key words: geothermal field Zagreb, horticultural centre, recreational centre, water park, health resort



Sažetak

Grad Zagreb obiluje geotermalnom energijom koja se koristi za grijanje bazena te radnih i skladišnih prostora. Niski stupanj iskorištavanja kapaciteta geotermalnog polja Zagreb za sadašnje namjene otvara mogućnost široke primjene geotermalne energije i za druge namjene, od kojih su najzanimljivije izgradnja hortikulturnog i športsko-rekreacijskoga centra, potom uporaba geotermalne vode u balneološke svrhe (zdravstveni turizam) i drugo.



Abstract

Zagreb area is plentiful with geothermal energy which is used for swimming pools heating as well as space heating. Low efficiency of the existing geothermal water utilization can be increased in variety of uses but primarily in geothermal water implementation for

agricultural and recreational/spa, the use geothermal water for balneological purposes (health tourism) and other.

Uvod

Grad Zagreb obiluje geotermalnom energijom, a koristi se samo za grijanje bazena (športsko-rekreacijski centar Mladost), grijanje radnih i skladišnih prostora na lokaciji Blato (KBNZ) te dogrijavanje poslovnih objekata unutar poslovne zone Lučko. Tijekom 2017. pridobiveno je samo 216 975 m³ (6,9 l/s) ili 8,9% rezervi geotermalne vode (77,14 l/s).

Niski stupanj korištenja kapaciteta geotermalnog ležišta na eksploatacijskom polju geotermalne vode Zagreb, otvara mogućnost široke primjene geotermalne energije i korištenja tople vode za cijeli niz različitih projekata kao što su: izgradnja hortikulturnog centra, korištenje toplinske energije za grijanje objekata u novo izgrađenim stambenim naseljima, grijanje prostorija Kineziološkog fakulteta, zatim za korištenje tople vode u zdravstvene svrhe (toplice), akva park te posebice korištenje vode kao balneološkog resursa (lječilišta), što bi bilo i sa stanovišta turističke ponude Grada Zagreba značajno te za druge svrhe.

U tom smislu, potrebno je ukazivati na mogućnosti korištenja geotermalne energije, kao obnovljivog izvora energije kroz postojeće institucije i kroz dugoročne planove razvitka Grada Zagreba s obzirom na dvije izuzetno povoljne činjenice.

Grad Zagreb se rasprostire iznad geotermalnog ležišta, odnosno, dobrim dijelom površina grada prekrivena je infrastrukturnim, stambenim i drugim objektima, gdje se na dubini od 730 do 1406 m nalazi ležište tople vode. Pri tome treba istaknuti i činjenicu da na području grada Zagreba zajedno s okolicom živi oko milijun stanovnika koji mogu biti potencijalni potrošači geotermalne energije ili tople vode.

Osim toga treba istaknuti da su društveno-ekonomske koristi od takvih projekata višestruke, a ogleđaju se u sljedećem:

- Doprinos energetske neovisnosti RH primjenom stabilnih energetske kapaciteta iz obnovljivih izvora energije;
- Zamjenom fosilnih goriva s energijom iz obnovljivih izvora postiže se smanjenje onečišćenja okoliša, što za posljedicu ima i pozitivan utjecaj na smanjenje klimatskih promjena, a što je u skladu s europskim direktivama;
- Korištenje geotermalne energije i tople vode je ujedno i doprinos poticanju razvoja lokalnog gospodarstva politikom angažmana lokalnih tvrtki u realizaciji projekata;
- Stvaranje uvjeta za razvoj ostalih popratnih gospodarskih projekata u turizmu, poljoprivredi i industrijskoj proizvodnji na lokalnom i regionalnom području;
- Otvaranjem novih radnih mjesta, a s tim ostanak i naseljavanje mlade populacije na lokalnom području ostvaruju se uvjeti za pozitivnu demografiju.

Intenzivnije pridobivanje i prodaja tople vode (toplinske energije) ostvarivo je uključivanjem novih potrošača, što je sukladno i s poslovnim planom društva GPC Instrumentation PROCESS d.o.o. iz Zagreba.

Na temelju svega iznijetog proizlazi da su neophodne određene pripreme na svim tehnološkim sustavima eksploatacijskog polja geotermalne vode Zagreb.

U Hrvatskoj postoji višestoljetna tradicija korištenja geotermalne energije iz prirodnih izvora, ponajprije u rekreacijske i balneološke svrhe. Eksploatacija novih i obnavljanje starih i zanemarenih prirodnih geotermalnih izvora, sudeći po veoma velikom interesu investitora i brojnih gospodarstvenika, imati će uskoro trend rasta i u nas. Vrlo je važno da se investitorima

pruži sigurnost ulaganja kroz odgovarajuću zakonsku regulativu, što će u konačnici biti dobrobit za cijelo društvo. U svijetu ima niz pozitivnih primjera takve uspješne suradnje, primjerice grijanje toplinskom energijom iz geotermalne vode stambene dijelove grada Pariza i drugo.



Slika 1. Geotermalna bušotina Mladost u središtu Zagreba

Osnovni tehnički pokazatelji geotermalnog resursa

Geotermalno polje Zagreb rasprostire se na više lokaliteta. Na polju je izrađeno ukupno 14 bušotina, od kojih je 13 u eksploatacijsko-utisnom fondu bušotina. Probna eksploatacija tople vode započela je 1981. s bušotinom Mla-1. Eksploatacija geotermalne vode na eksploatacijskom polju Zagreb odvija se kroz dva tehnološka sustava i jedan podsustav:

- tehnološki sustav na lokalitetu Mladost,
- tehnološki sustav na lokalitetu Blato (KBNZ) i
- tehnološki podsustav na lokalitetu Lučko.

Voda se koristi se za grijanje bazena i objekata u sklopu Športskog parka Mladost, skladišnih prostora unutar nedovršenog objekta Kliničke bolnice Novi Zagreb te dogrijavanja poslovnih objekata unutar poslovne zone Lučko.

Lokacije potrošača nalaze se u blizini bušotina:

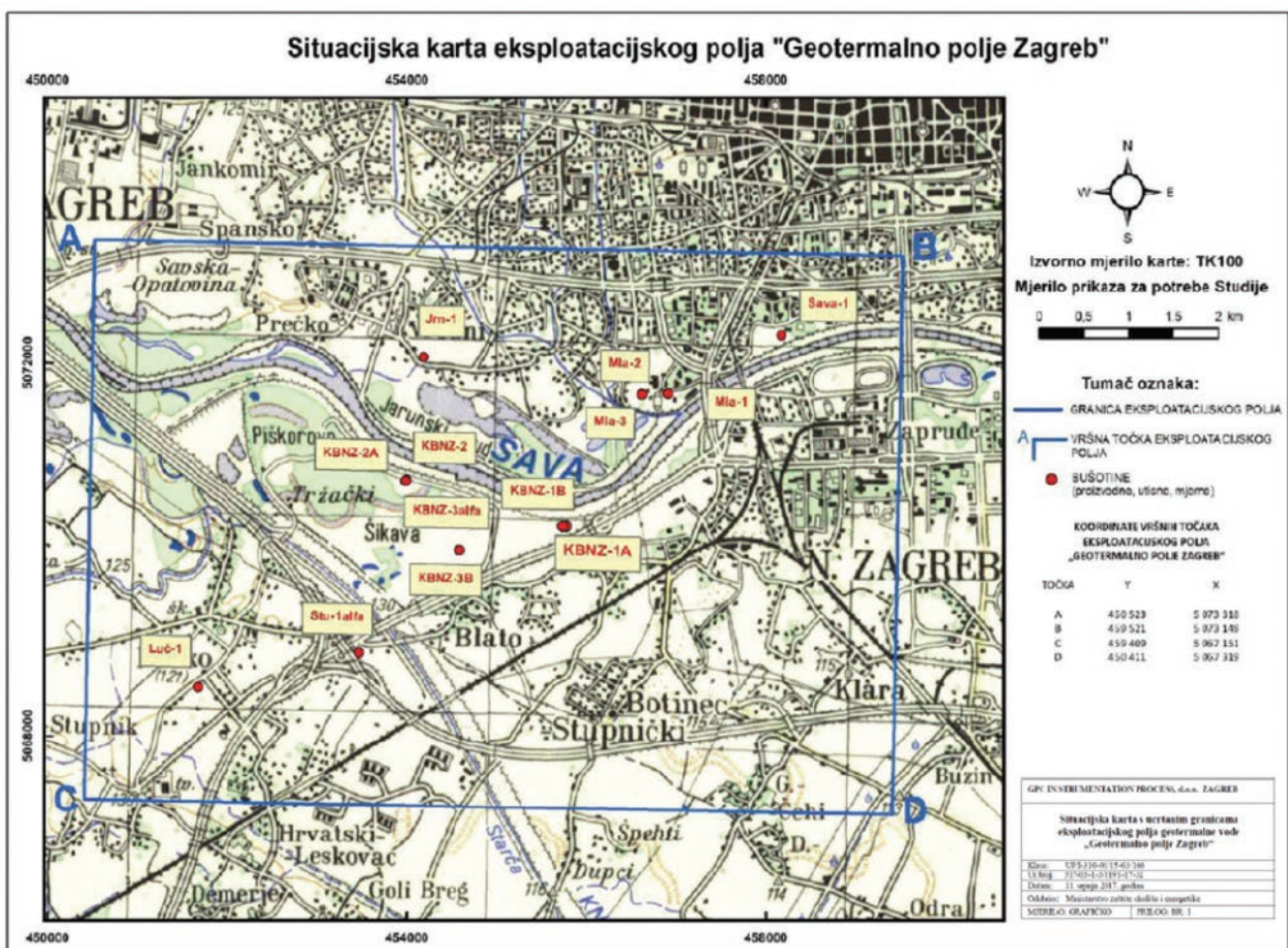
- bazeni i objekti u sklopu Sportskog parka Mladost,
- skladišni prostori unutar nedovršenog objekta Kliničke bolnice Novi Zagreb i
- poslovni objekti unutar poslovne zone Lučko.

Prema Glavnom rudarskom projektu i Elaboratu o rezervama na GTP Zagreb predviđeno je crpljenje, iskorištavanje i utiskivanje geotermalne vode u „zatvorenom sustavu“, što pretpostavlja da se ohlađena voda nakon predaje topline u izmjenjivaču topline vraća utiskivanjem kroz utisne bušotine u ležište te se na taj način zadovoljavaju ekološki kriteriji, kao i održavanje tlaka u ležištu (održavanje energetskeg nivoa). Skrb o zaštiti okoliša potvrđena je višegodišnjim pridobivanjem geotermalne vode za potrebe ŠRC Mladost, čije su bušotine namjenski izrađene za potrebe Univerzijade 1987. Na lokaciji Mladost izrađene su tri bušotine Mla-1, Mla-2 i Mla-3 od kojih je eksploatacijska bušotina Mla-3, eksploatacijsko-utisna Mla-2 i utisna Mla-1.

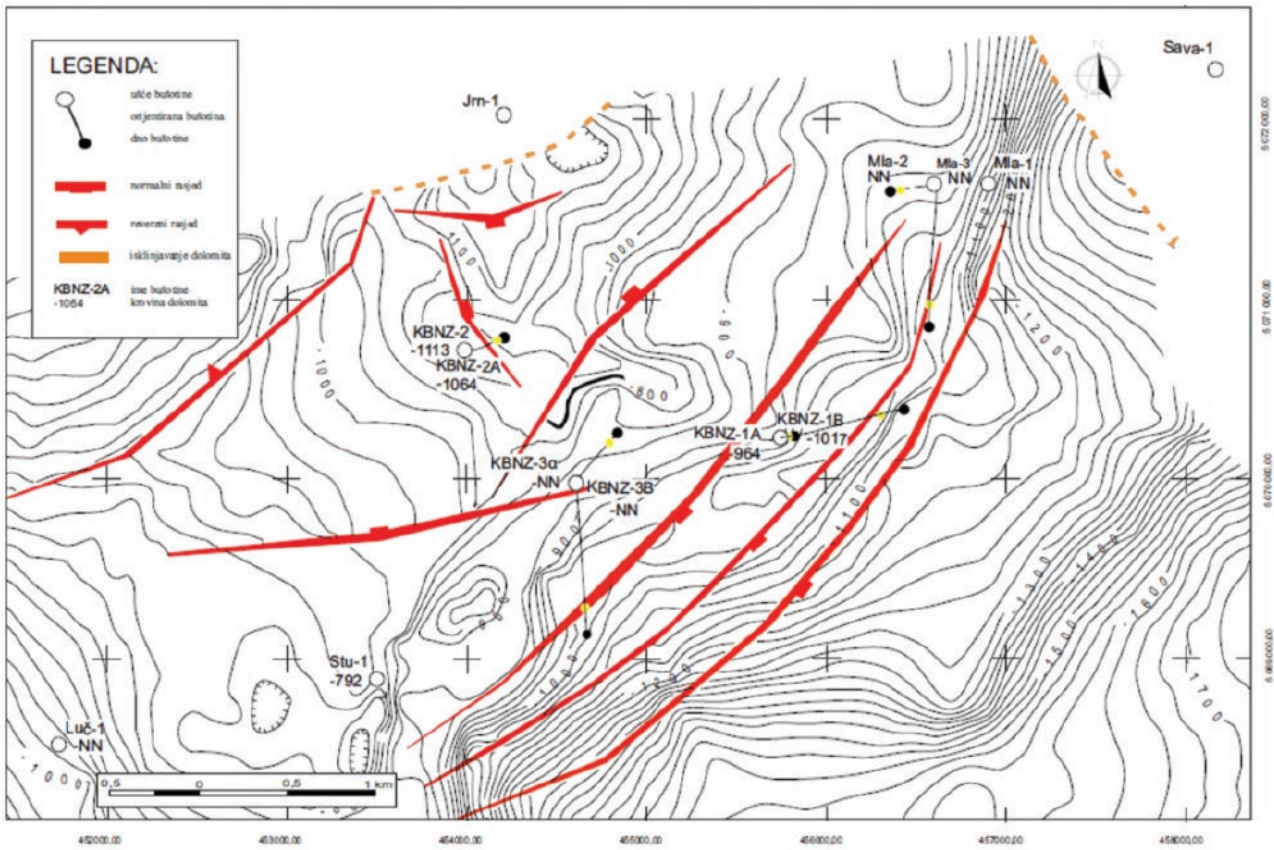
Polje se nalazi na jugozapadnom prilazu Zagrebu, a rasprostire se na površini od čak 54 km, koja je u određena u vrijeme intenzivnih istražnih radova s namjerom da se obuhvati što šire područje za analizu. Tijekom 2017. izvršena je reinterpretacija rezultata dosadašnjih seizmičkih mjerenja i dodatnih analiza od strane tvrtke Geoda Consulting d.o.o. što će biti

predstavljeno resornom Ministarstvu u sklopu novog elaborata o rezervama geotermalne vode. Otkriveno je 1977. nakon hidrodinamičkih ispitivanja u negativnoj naftnoj bušotini Stupnik-1 koja je izrađena još 1964. Ležište predstavljaju dolomitne i vapnenačke stijene, a raskriveni intervali nalaze se na dubinama od 730 do 1406 m.

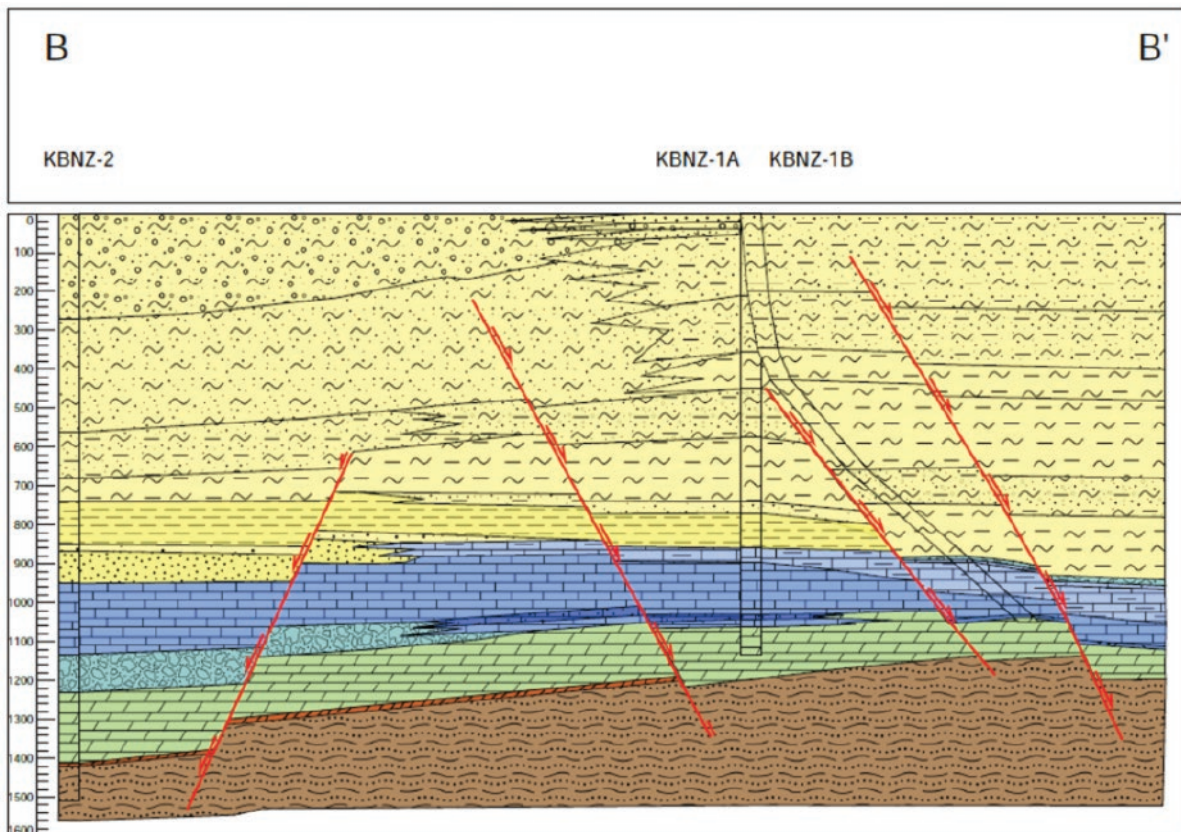
Na slici 2. prikazana je karta geotermalnog polja Zagreb, a na slici 3. karta po krovini ležišta (dolomita) iz koje je vidljivo da je postojanjem rasjednih zona to područje bilo izvrgnuto značajnim tektonskim aktivnostima. Na slici 4. prikazan je geološki profil B-B' ležišta po horizontu Ivanić Grad formacije gdje se vidi da se rasjedi pružaju do površine. Mehaničko drobljenje karbonata tijekom geološke povjesti osim same erozije i neposrednog odlaganja tektonskog kršja u novim sedimentnim ciklusima, iniciralo je i razvoj sekundarnog-pukotinskog pornog prostora, nastalog kemijskim otapanjem slatkim vodama u kopnenim fazama. Tektonika je omogućila i dijagenezu vapnenca u dolomit, pri čemu se formirao važan ležišni intrakristalni prostor. Recentni nagib je markiran nizom



Slika 2. Karta geotermalnog polja Zagreb



Slika 3. Karta po krovini ležišta (dolomita)



Slika 4. Geološki profil B-B' ležišta

paralelnih normalnih rasjeda smjera jugozapad - sjeveroistok, od kojih se rubni istočni rasjed može pratiti gotovo do površine.

Kako su bušotine uz taj rasjed povišenog geotermalnog gradijenta u ležištu i u plićim slojevima, tektonski sklop utječe i na konvergenciju topline iz dubljih dijelova podzemlja prema površini. Na slici 5. možemo vidjeti grafički prikaz distribucije topline u ležištu. Iz priloga je vidljivo da voda tijekom pridobivanja na nekim bušotinama KBNZ-1B, Mla-3 i Mla-1 ima višu temperaturu, što upućuje na činjenicu da dolazi iz veće dubine nego što je stvarna dubina bušotine.

Tijekom 1980. izrađena je bušotina Mladost-1, a do kraja 1988. izrađeno je dodatnih 13 bušotina. Sve su otkrile ležište geotermalne vode u litotamnjskim vapnencima miocenske starosti, a neke od njih i u doloomitima mezozojske starosti.

Unatoč obimu geološko geofizičkih mjerenja, prostor zagrebačkog geotermalnog vodonosnika, koji u širem smislu podrazumijeva propusne naslage koje se prostiru od Samobora na zapadu, do Resnika na istoku i Dubranca na jugoistoku je tek djelomično istražen. Hidrodinamičkim mjerenjima tlaka, posebno mjerenjima interferencije u nekoliko bušotina dokazana je komunikacija vode kroz ležište. Kontrolnim mjerenjem ležišne temperature u središnjoj zoni ležišta eksploatacijskog polja geotermalne vode, gdje se nalaze eksploatacijske bušotine KBNZ-1B i Mla-1, potvrđena je viša vrijednost temperature (preko 80°C) u odnosu na prethodna mjerenja (cca 70°C). To je bio razlog da se za daljnje proračune usvoji vrijednost temperature od 80°C. Povećanje temperature posljedica je velike okomite propusnosti u području ležišta oko navedenih bušotina, te se znatno brže odvija prijenos topline (konvekcija) iz dubljih dijelova ležišta u pliće (s dubine 1500 m prema 900 m odnosno 1100 m).

Osnovni tehnički pokazatelji geotermalnog izvora su:

- temperatura vode u ležištu iznosi 80°C, tlak je hidrostatski;
- raspoloživa izdašnost ležišta iznosi 77,14 l/s ;
- pridobivene kol. vode u 2017. god.: Mladost (168960 m), Blato (28875 m) i
- Lučko (19140 m), odnosno ukupno je pridobiveno 216975 m vode (6,9 l/s) ili
- svega 8,9% rezervi geotermalne vode;
- raspoloživa toplinska snaga geotermalne vode za temperaturni pad od 50°C iznosi 15,7 MW_t;
- dubina ekspl. buš. KBNZ-1B iznosi 1374 m, a raskrivenih intervala 1217-1374 m (157 m);
- dubina utisne bušotine KBNZ-3a iznosi 981 m, a raskrivenih intervala 900-981 m (81 m);
 - usvojena vrijednost protočne debljine ležišta (h_p) za lokalitet Mladost iznosi 37 m, a za lokalitet Blato iznosi 36 m;
 - debljina ležišta (h) u ovisnosti o bušotinama iznosi od 90 do 320 m (prema litološkom stupu);
 - propusna sposobnost ležišta (kh), u ovisnosti o bušotinama iznosi od 5 do 550 $\mu\text{m}\cdot\text{m}$;
 - planirana pridobiva dnevna količina vode bušotinom Mla-3 iznosi 4320 m (50 l/s);
 - planirana pridobiva dnevna količina vode bušotinom KBNZ-1B iznosi 5616 m (65 l/s);
 - dubina eksploatacijske buš. Mla-3 iznosi 1362 m, a raskrivenih intervala 1169-1362 m (193 m);
 - dubina utisne bušotine Mla-2 iznosi 912 m, a raskrivenih intervala 881-912 m (31 m);
 - dubina utisne bušotine Mla-1 iznosi 1047 m, a raskrivenih intervala 911-1047 m (136 m);

Prema rezultatima kemijske analize uzoraka vode uzetih na lokalitetima Mladost i Blato može se zaključiti da postoje neznatne razlike u mineralizaciji (salinitet iznosi oko 2 g NaCl/dm), osim kod bušotine KBNZ-3a koja se odlikuje iznimno malom ukupnom mineralizacijom (oko 0,6 g/dm) te se time čak ne svrstava u mineralne vode.

Količina otopljenog plina u vodi je vrlo mala i iznosi 0,1 m/m vode. Iz uzorka otopljenog plina uzetog na lokalitetu Blato utvrđen je kemijski sastav: 98,31% CO₂, 1,22% CH₄ i 0,47% N₂.

Prema gama-spektrometrijskom mjerenju na uzorku vode iz bušotine KBNZ-1B u laboratoriju za nuklearnu kemiju i radiokemiju Instituta „Ruđer Bošković“, vidljivo je neznatno prisustvo radionuklida čija koncentracija ne prelazi dozvoljene granice po Pravilniku o graničnim vrijednostima opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama.

Rezultati analize tvrdoće vode pokazuju da se radi o srednje tvrdoj vodi, koju karakterizira raspon ukupne tvrdoće od 4,7° do 13°. Koncentracije natrija, kalcija, klorida, sulfata, hidrokarbonata i nedisocirane silicijeve kiseline znatno su više od graničnih vrijednosti koncentracija za vodu koja se koristi u sustavima za grijanje. To je uzrok što, uslijed pada tlaka i temperature, može dolaziti do taloženja i odlaganja kamenca u takvim sustavima. Na to ukazuju i pozitivne vrijednosti indeksa zasićenja u vodi s oba lokaliteta. Na temelju PVT analiza i teorijskog razmatranja indeksa taloženja (po *Stiffu i Davisu*) i izračunavanju topivosti kalcijevog sulfata (CaSO₄) u vodi po *Skillmanu*, uočeno je da do

odlaganja kamenca ne dolazi ako se radni tlak unutar eksploatacijsko-utisnih instalacija drži iznad 3 bar. Na temelju toga usvojeno je da tlak protoka vode valja održavati iznad te vrijednosti.

Prema balneološkoj analizi vode, na uzorku uzetom 1988. u bušotini KBNZ-1B, utvrđene su fizičke, kemijske i balneološke karakteristike. Analiza je izrađena u Zavodu za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a na temelju rezultata te analize voda je po sastavu mineralna, fluorna, natrijeva, hidrokarbonatna, kloridna i sulfatna.

Rezultati analize uzoraka vode uzetih na eksploatacijskom polju geotermalne vode Zagreb pokazuju da na temelju izvršene analize geotermalna voda ima mogućnost široke primjene, pogotovo jer u njoj nema sastojaka koji bi iritirali kožu ili sluznicu i time ograničili područje primjene u zdravstvenom smislu. Sadržaj fluora u vodi iznosi 3,32 mg/l, na temelju čega je ona klasificirana kao fluorna. Fluor je element, nužno potreban za normalno funkcioniranje organizma i radi toga takva voda može djelovati povoljno kod eventualnog deficita fluora u organizmu. Prethodnih godina fluoru se pridavalo veće značenje za održavanje kvalitete zuba, a danas se pridaje značaj za pravilnu mineralizaciju kostiju i terapijski se daje kod osteoporoze.

Blaga mineralizacija omogućuje široku primjenu, jer praktički nema razlike osmotskog tlaka između vode i tkiva, dok je kod vrlo jake mineralizacije područje primjene suženo i mnogo usmjerenije. Po kriteriju temperature, voda od 80°C jaka je hiperterma, što omogućuje široku terapijsku i tehničku primjenu. Za terapijsko korištenje, voda se mora hladiti na 24 do 42°C ovisno o obliku terapije (kupke, kada, bazen, tuš, rekreacija i drugo).

Također je pogodna za liječenje (balneoterapija) degenerativnih bolesti kralježnice i zglobova (artroze, spondiloze, diskopatije), reumatskih bolesti (reumatoidni artritis, ankilozantni spondilitis), zatim u cilju rehabilitacije nakon rekonstruktivno operativnih zahvata (zglobovi, kuk, koljeno, amputacije donjih ekstremiteta), neuroloških bolesti i nekih oblika kroničnih ginekoloških bolesti.

Tijekom prethodnih godina Grad Zagreb je uložio značajne napore kako bi osigurao preduvjete za realizaciju investicije: donošenje prostornog plana uređenja grada, generalni urbanistički plan s točno definiranim zonama i rješavanje imovinsko pravnih odnosa. Područje realizacije investicije prostire se na 27,8 hektara, a u neposrednoj blizini je i golf igralište sa 18 polja. Radi se o području na lokaciji Blato u blizini objekta u izgradnji Kliničke bolnice Novi Zagreb.

U tom smislu već postoji pripremljen projekt pod nazivom Terme Zagreb i smatra se jednim od strateških investicijskih projekata Grada Zagreba. Realizacijom projekta poboljšala bi se turistička, zdravstvena i rekreativno-sportska ponuda grada, a sadržajima bi se privukao velik broj građana, kako Zagreba, tako i drugih gradova i županija te turista iz drugih država. Projekt je zamišljen kao termalno kupalište s rekreacijskim sadržajima (otvoreni/zatvoreni bazeni, wellness, blagi tretmani rehabilitacije, restorani, i drugo).

Prema procjenama, Hrvatska još uvijek nije dosegla razinu razvoja wellnesa koji se događa u srednjoj Europi, a koji podrazumijeva visoku kvalitetu modernog kupališnog turizma kakvog u Hrvatskoj još uvijek nema. To je razlog zašto veliki broj turista odlazi u susjednu Sloveniju, npr. Terme Čatež i Terme Olimia.

Zagreb, kao glavni i najveći grad u Hrvatskoj, sa svojim turističkim resursima, prometnom povezanošću i ostalim pogodnostima predstavlja poželjnu lokaciju za razvoj termalnog kupališta. Terme ovakve vrste imaju iznimni regionalan doseg. Realizacija ovakvog ključnog projekta, kao što se vidi na mnogobrojnim primjerima u središnjoj Europi, stvara temelj ekonomskog rasta, utječe na otvaranje novih radnih mjesta, te donosi prosperitet sekundarnim i tercijarnim djelatnostima u cijeloj regiji.

Posebni dio infrastrukture bio bi izgrađen u suradnji sa zdravstvenim djelatnicima u cilju korištenja vode za balneološke potrebe (lječilišta). Pri tom bi se trebala koristiti iskustva osoblja Specijalne bolnice za medicinsku rehabilitaciju Krapinske toplice i iskustva osoblja Bizovačkih toplica.

Kod korištenja geotermalne vode za toplice, akva park ili za športsko-rekreacijske svrhe, praksa je u svijetu da u većini slučajeva voda prolazi kroz izmjenjivače topline, te grije vodu iz vodovodnog sustava kojom se pune bazeni (na primjer bazeni na lokaciji Mladost).

U slučaju direktnog korištenja geotermalne vode za punjenje bazena, posebnu pažnju kod projektiranja treba posvetiti fizikalno-kemijskoj obradi vode, prije punjenja bazena vodom i prije vraćanja vode utisnim bušotinama iz bazena u ležište.

Voda ima u svom sastavu željezo (Fe), odnosno, voda pridobivena bušotinom KBNZ-1A ili bušotinom KBNZ-1B sadrži ukupnu količinu željeza od preko 3 mg/dm, kao i nekih drugih komponenti, što će uzrokovati promjenu boje vode u bazenu pod utjecajem kisika iz zraka. Radi toga, potrebno je utvrditi najefikasniji postupak neutralizacije navedenih komponenti, odnosno deferizacije termalne vode. U tom

smislu izvršeni su pokusi deferizacije u zatvorenom sistemu, utvrđeno je vrijeme kontakta između zraka i vode, te potrebna količina zraka da bi efekt deferizacije bio zadovoljavajući u odnosu na odgovarajući protok termalne vode. U većini slučajeva da bi se dobila potrebna količina kisika dovoljna je intenzivna aeracija.

Spomenuta kemijsko-fizikalna obrada korištene vode potrebna je radi mogućeg utjecaja na smanjenje propusnosti u zoni ležišta radi taloženja čestica ili nečistoća. Prema potrebi treba predvidjeti također kiselinske obrade ležišta u nekim od utisnih bušotina kako bi se smanjili otpori utiskivanja.

Tehnološki sustav Klinička bolnica Novi Zagreb – lokacija Blato

Lokacija Blato je sa sjevera omeđena rijekom Savom, s istoka, odnosno jugoistoka, Jadranskom avenijom, a s jugozapada odnosno zapada, kanalom

Sava-Odra. Prema sjeveru pogled se pruža na novourbanizirane dijelove grada naselja Jarun, Staglišće, Prečko i u pozadini na Zagrebačku goru, dok se na jugu nalaze naselja Remetinec i Lučko. Jednim dijelom prostora dominira nedovršena zgrada Kliničke bolnice Novi Zagreb.

Lokalitet Blato se nalazi u južnom dijelu Grada Zagreba, a planski je podijeljen prema GUP-u Grada Zagreba na dio koji se odnosi na objekt u izgradnji Kliničku bolnicu Novi Zagreb i dio gdje su bušotine geotermalnog polja. Uz bušotine predviđena je izgradnja kako je već ranije spomenuto termalno kupalište Terme Zagreb, te objekata namijenjenih za korištenje vode u balneološke svrhe. U kasnijoj fazi planirana je izgradnja hotela s kongresnim centrom i parkom, te apartmansko naselje s uređenim zelenim površinama.

Smještaj samog lokaliteta koji se nalazi unutar Grada Zagreba, kemijsko-fizikalne karakteristike geotermalne vode, kapaciteti pridobivanja i mogućnosti

Tablica 1: Pregled bušotina

Redni broj	Lokalitet	Bušotina	Sadašnji status bušotine	Predviđeni budući status bušotine	Dubina bušotine, (m)	Raskriveni intervali (m)
1.	Blato	KBNZ-1A	Utisna	Eksploatacijska, utisna, mjerna	1133,8	961,2 – 1114,5
2.		KBNZ-1B	Eksploatacijska	Eksploatacijska, utisna, mjerna	1374,0	1217,0 – 1374,0
3.		KBNZ-2	Mjerna	Eksploatacijska, utisna, mjerna	1508,7	1177,2 – 1406,0
4.		KBNZ-2A	Utisna	Eksploatacijska, utisna, mjerna	1267,0	1028,0 – 1198,0
5.		KBNZ-3	Likvidirana	Likvidirana	1076,5	–
6.		KBNZ-3α	Utisna	Eksploatacijska, utisna, mjerna	981,0	900,0 – 981,0
7.		KBNZ-3B	Mjerna	Eksploatacijska, utisna, mjerna	1378,7	1245,0 – 1374,0

eksploatacijske: KBNZ-1B, s pridobivanjem vode od $q_{w \max} = 92 \text{ l/s}$, 80C ,
KBNZ-2A, s pridobivanjem vode od $q_{w \max} = 25 \text{ l/s}$, 56C ,
KBNZ-3α, s pridobivanjem vode od $q_{w \max} = 26 \text{ l/s}$, 65C .

utisne: KBNZ-1A, za koju se predviđa da može primati $q_w = 35 \text{ l/s}$,
KBNZ-2, za koju se predviđa da može primati $q_w = 25 \text{ l/s}$,
KBNZ-3B, za koju se predviđa da može primati $q_w = 55 \text{ l/s}$.

primjene geotermalne vode glavni su razlozi opravdanosti izgradnje toplica, lječilišta i akva parka s dodatnim sadržajima.

Izgradnja navedenog sustava i pratećih objekata bila bi od koristi za širu društvenu zajednicu (porezi, takse i drugo). Osim toga, kako je već ranije spomenuto, takvi projekti će pridonijeti i otvaranju novih radnih mjesta, te utjecati na razvoj možda i nekih drugih djelatnosti (staklenici, lječilišni turizam i drugo). Valja naglasiti da je geotermalna energija ekološki prihvatljiv energent i da porast trenda korištenja takve energije može dovesti do smanjenja potrošnje fosilnih goriva. Za namjeravani zahvat u prostoru izrađena je i Studija utjecaja na okoliš i dobiveno Rješenje 25. srpnja, 2014.

Što se tiče postojećeg bušotinskog fonda u tablici 1. iznijeti su podaci o izrađenim bušotinama na lokaciji Blato kojih je ukupno 7, s tim da je jedna likvidirana, četiri su aktivne, a za dvije bušotine odredit će se konačni status nakon hidrodinamičkih mjerenja.

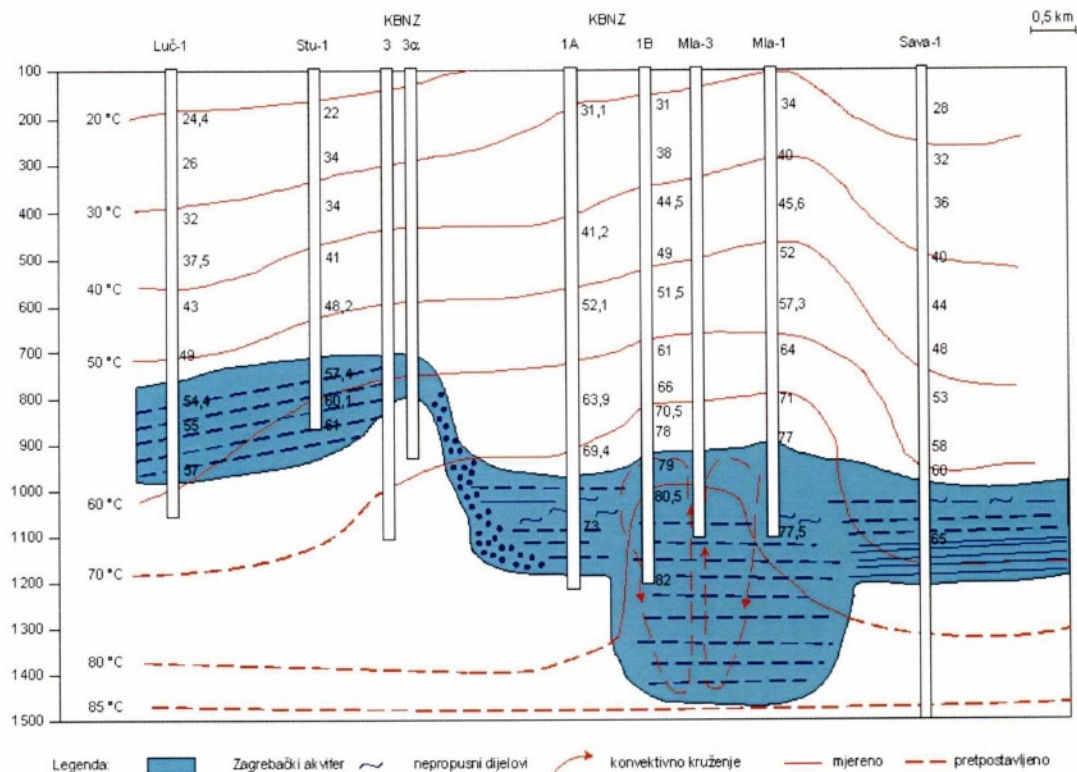
Na temelju rezultata hidrodinamičkih mjerenja predviđa se kretanje vrijednosti dinamičkog tlaka utiskivanja na ušću bušotina od 10 do 20 bar. U ovisnosti o temperaturi utiskivane vode dinamički tlak utiskivanja može biti i niži u većem dijelu godine na račun razlika gustoća vruće prodobivene i pothlađene vode koja se utiskuje. Stupac pothlađene vode u kanalu

bušotine je teži, što će omogućiti utiskivanje vode bez korištenja crpki (termosifonski efekt).

Radi što manjeg utroška električne energije za utisne crpke, važno je da se tijekom maksimalnog pridobivanja vode osigura na svakom od navedenih sustava barem po jedna utisna bušotina dobrih utisnih svojstava, što se po potrebi može postići kiselinom obradom ležišta i uz odgovarajući tlak utiskivanja. Godišnja količina utiskivanja ohlađene vode na taj način će biti ravnomjerno raspoređena, s obzirom na raspored tehnoloških sustava.

Na temelju rezultata hidrodinamičkih mjerenja (lit.2) dobivena je maksimalna količina pridobivene vode bušotinom KBNZ1B i iznosi 92 l/s, međutim planirana maksimalna količina pridobivanja vode spomenutom bušotinom je 65 l/s. Pri tom treba uzeti u obzir, da se kod svih spomenutih projekata, crpljenje geotermalne vode ne odvija kontinuirano tijekom cijele godine, već postoji takozvani ljetni i zimski režim crpljenja. Za očekivat je da će takav povoljni režim crpljenja imati značajan utjecaj na brže toplinsko obnavljanje utisnute ohlađene vode u ležištu.

U slučaju promjene u iznosu maksimalne količine pridobivanja vode, pri realizaciji tehničko-tehnoloških rješenja treba uzeti u obzir procjenu budućih potreba za geotermalnom vodom na lokalitetu Blato i



Slika 5. Prikaz prijenosa topline u ležištu (S. Čubrić, 1987.)

budućih potreba za geotermalnom vodom na lokalitetu Mladost. Navedeni odnosi protoka vode po lokalitetima mogu odstupati u ovisnosti od zahtjeva potrošača.

Maksimalne količine pridobivene vode ostvarit će se uglavnom u zimskim mjesecima, dok će pridobivene količine vode u ljetnim mjesecima biti znatno manje, pa se može računati s prosječnom količinom od oko 60 do 65 l/s.

Prema geološkom rješenju eksploatacijskog polja geotermalne vode Zagreb, rezultatima hidrodinamičkih mjerenja, te prikupljenim podacima o bušotinama i ležištu tijekom dosadašnje razrade ležišta smatramo da treba intenzivirati crpljenje ležišta. Kako više nema velikih rizika oko pronalaska geotermalnog resursa i izrade bušotina, očekuje se od investitora da za neke od bušotina KBNZ-2, KBNZ-2A, KBNZ-3B i KBNZ-3α pokrenu izgradnju nadzemnog eksploatacijsko-utisnog sustava u cilju realizacije spomenutih projekata.

U slučaju izgradnje športsko-rekreacijske zone zapadno od nedovršene Kliničke bolnice Novi Zagreb (lokacija Blato) s ljetnim i zimskim kupalištem, u početku bi se koristile četiri bušotine (dvije eksploatacijske i dvije utisne) za snabdijevanje pojedinih objekata u sportsko-rekreacijskoj zoni, dok bi se preostale dvije koristile kao mjerne, a kasnije u ovisnosti od zahtjeva za većim količinama vode i svih 6 bušotina, od kojih bi tri bile eksploatacijske KBNZ-1B, KBNZ-2A i KBNZ-3α, a tri utisne KBNZ-1A, KBNZ-2 i KBNZ-3B.

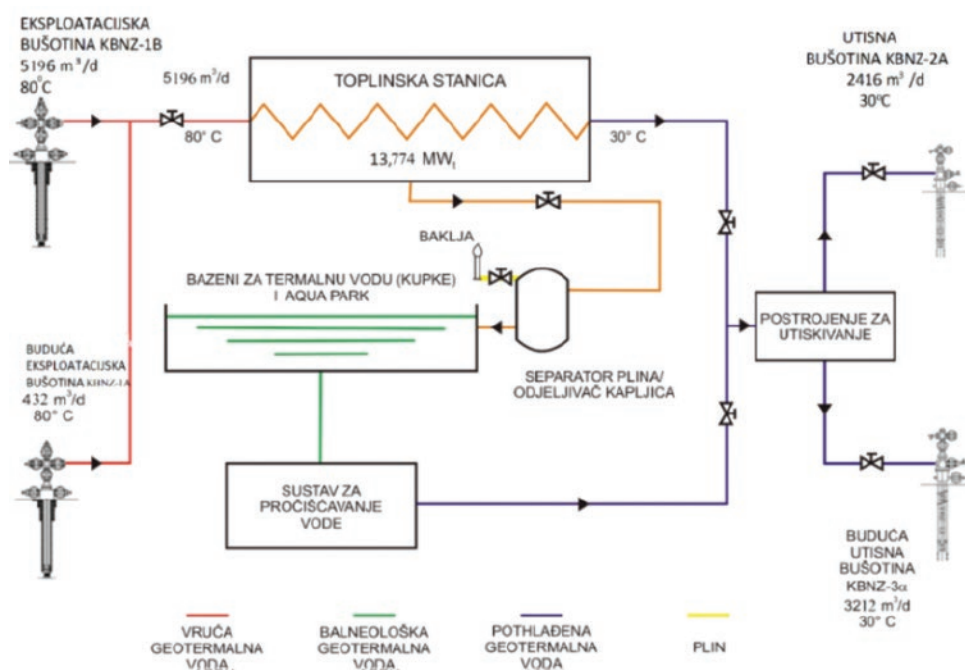
Manji dio pridobivenih količina geotermalne vode koristio bi se u balneološke svrhe i u tom slučaju dio

eksploatacijsko-utisnog sustava ne bi bio zatvoren. Geotermalna bi se voda nakon fizikalno-kemijske obrade utiskivala u ležište. Na slici 6. prikazana je tehničko-tehnološka shema SRC Blato.

Iz prikazane tehničko-tehnološke sheme SRC Blato vidi se da ulazna temperatura vode u toplinsku stanicu iznosi 80°C, što znači da je prevruća za korištenje u termama (toplice), dok je za tu namjenu idealna temperatura vode od 30°C. Stoga je vodu moguće koristiti za toplice u sekundarnome krugu, nakon odvođenja određene količine topline u primarnome krugu za grijanje buduće bolnice.

U svijetu postoje i drugi primjeri korištenja geotermalne vode, primjerice geotermalno jezero **Hévíz** u Zalskoj županiji u Mađarskoj (Slika 7., 8. i 9.). Jezero se nalazi zapadno od Balatona, 8 km od grada Kestela. S površinom od 47 500 m jedno je od najvećih termalnih jezera na svijetu. Preko ljeta prosječna temperatura vode kreće se u rasponu od 33 do 38°C. Tijekom jeseni i u zimskom razdoblju prosječna temperatura vode iznosi od 24 do 26°C.

Sljedeći primjer je iz Islanda. Umjetno termalno jezero Plava laguna (Blue Lagoon) površine oko 5 000 m, danas je jedno od najvećih turističkih atrakcija zemlje, koja privlači više od 400 tisuća posjetitelja na godinu (slika 10.). Plava laguna se nalazi na jugoistoku poluotoka **Reykjanes**, pored grada Grindavika, a udaljena je oko 13 km od međunarodnog aerodroma u Keflaviku i oko 40 km od glavnog grada Reykjavika. Geotermalna voda je ljekovita, temperature od 37 do



Slika 6. Tehničko-tehnološka shema SRC Blato



Slika 7. Geotermalno jezero Hévíz u Mađarskoj



Slika 8. Prosječna temperatura vode tijekom ljeta kreće se od 33 do 38C



Slika 9. Brojni turisti posjećuju mađarsko jezero

39C, bogata je silicijevim mineralima i sumporom, a ljekovita je za pacijente koji boluju od psorijaze. Plava laguna nastala je slučajno, zbog jednog tehničkog incidenta u geotermalnoj elektrani Svartsengi formiralo se jezero. Voda se mijenja svakih nekoliko dana kako bi uvijek bila čista i svježija. Popularnost kupanja u tamošnjem jezeru je porasla nakon što je utvrđeno da lijeći psorijazu. Nakon toga osnovana je kompanija Plava laguna 1992. godine koja je izgradila hotel i lječilište.

U tvrtki GPC INSTRUMENTATION PROCESS, d.o.o. razmatra se realizacija jednog takvog sličnog projekta na lokaciji Blato. Izgradnja bi se odvijala u više faza. U prvoj fazi izgradio bi se centralni objekt – geotermalno jezero temperature vode od 35 do 40C sa otokom u sredini, na kojem bi se nalazili objekti s različitim sadržajima (saune, sunčališta, ugostiteljski objekti i drugo).



Slika 10. Umjetno termalno jezero Plava laguna

Predviđeno je da jezero ima površinu od oko 10 000 m s tehnološkim sustavom za opskrbu geotermalnom vodom, sustavom za fizikalno–kemijsku obradu vode i sustavom za vraćanje vode u ležište (cjevovodi, crpke i drugo). Izgradili bi se u prvoj fazi i objekti za svlačionice, zatvoreni zimski ulaz i otvoreni ljetni ulaz u jezero, pristupne ceste, parking i drugo.

Kod ljetnog režima rada zbog viših vanjskih temperatura geotermalna voda bi se pridobivala iz dvije bušotine KBNZ-2A (25 l/s, 56C) i bušotine KBNZ-3a (26 l/s, 65C), dok bi se nakon korištenja ohlađena voda utiskivala u ležište bušotinama KBNZ-2 i KBNZ-3B. Tijekom zimskog režima zbog nižih vanjskih temperatura geotermalna voda bi se pridobivala bušotinama KBNZ-2A i KBNZ-3a, dok bi se po potrebi dodatno crpilo ležište bušotinom KBNZ-1B (47 l/s, 80C), a utiskivala u ležište ohlađena voda bušotinama KBNZ-2, KBNZ-3B i KBNZ-1A.

Zaključak

Na području Grada Zagreba, osim korištenja različitih mineralnih sirovina crpi se i geotermalna voda, koja se bez posebnog razloga ne koristi u dovoljnoj mjeri.

Geotermalnom vodom griju se bazeni na lokaciji Mladost, griju se radni i skladišni prostori na lokaciji Blato i služi za dogrijavanje vode u sustavu grijanja poslovnih objekata unutar poslovne zone Lučko i to u ukupnim količinama od svega 6,9 l/s ili 8,9% rezervi geotermalne vode. Kako se radi o niskom stupnju iskorištenja kapaciteta geotermalnog polja potrebno je ukazivati kroz postojeće institucije i kroz dugoročne planove razvitka Grada Zagreba na mogućnosti korištenja geotermalne energije, kao obnovljivog izvora energije. Poglavitito iz razloga što se Grad Zagreb

rasprostire iznad geotermalnog ležišta, koje se nalazi na dubini od 730 do 1406 m, odnosno, dobrim dijelom površina grada prekrivena je infrastrukturnim, stambenim i drugim objektima. Pri tome treba istaknuti činjenicu da na području grada zajedno s okolicom živi cca milijun stanovnika koji mogu biti potencijalni potrošači geotermalne energije ili tople vode.

Lokalitet Blato nalazi se u južnom dijelu Grada Zagreba i planski je podijeljen prema GUP-u Grada Zagreba na dio gdje se nalazi objekt u izgradnji Klinička bolnica Novi Zagreb i dio gdje su bušotine geotermalnog polja. Na zemljištu uz bušotine predviđena je urbanističko-arhitektonskim rješenjem izgradnja športsko-rekreacijskog centra s ljetnim i zimskim kupalištem–Terme Zagreb, izgradnja akva parka, te objekti namijenjeni za korištenje vode u balneološke svrhe (lječilišni turizam). Postoji pripremljen projekt pod nazivom Terme Zagreb i smatra se jednim od strateških investicijskih projekata Grada Zagreba. Također je predviđena u kasnijoj fazi izgradnja hotela s kongresnim centrom i parkom, te apartmansko naselje s uređenim zelenim površinama.

Polozicija lokaliteta Blato unutar Grada Zagreba, fizikalno-kemijske karakteristike geotermalne vode, te kapaciteti pridobivanja vode po bušotinama i mogućnosti primjene geotermalne vode, trebali bi biti glavni razlozi opravdanosti izgradnje potrebne infrastrukture, kao i pratećih objekata, tim više, što postoji mogućnost financiranja takvih zahvata iz fondova EU, poglavito jer se radi o korištenju jednog od obnovljivih izvora energije.

Navedeni projekti putem učinka multiplikatora nude značajne koristi društvenom okruženju na lokaciji polja. Valja istaknuti da će se navedenim projektima na ekološko prihvatljiv način koristiti neuređeno gradsko zemljište (cca 70% je u vlasništvu grada, a 30% u privatnom vlasništvu) i pridonjeti gospodarskom razvoju Grada Zagreba.

Literatura:

1. S. Čubrić, (1987.): Obnovljiva geotermijska energija i njen utjecaj na ekonomiku proizvodnje geotermijske energije na nekim ležištima u Republici Hrvatskoj, doktorska disertacija, RGN fakultet;
2. S. Čubrić, (1989.): Mogućnost znatnijeg povećanja proizvodnje geotermalne energije na lokalitetu Mladost, Časopis DIT-a INA Naftaplin, broj 23, Zagreb;
3. Grupa autora, (1995.): Glavni rudarski projekt geotermalnog polja »Zagreb«, INA Industrija nafte d.d., Zagreb;
4. Grupa autora (1993.): Elaborat o rezervama geotermalne vode zagrebačkog geotermalnog ležišta, INA Industrija nafte d.d.; Zagreb;
5. Grupa autora (1999.): Elaborat o rezervama geotermalne vode eksploatacijskog polja »Geotermalno polje Zagreb«, INA Industrija nafte d.d., Zagreb, 1. obnova;
6. Grupa autora (2003.): Elaborat o rezervama geotermalne vode eksploatacijskog polja »Geotermalno polje Zagreb«, INA Industrija nafte d.d., Zagreb, 2. obnova;
7. Grupa autora (2008.): Elaborat o rezervama geotermalne vode eksploatacijskog polja »Geotermalno polje Zagreb«, INA Industrija nafte d.d., Zagreb, 3. obnova;
8. Grupa autora (2014.): Elaborat o rezervama geotermalne vode eksploatacijskog polja »Geotermalno polje Zagreb«, Terme Zagreb d.o.o., Zagreb, 4. obnova;
9. Grupa autora (2014.): Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije geotermalne vode na eksploatacijskom polju »Geotermalno polje Zagreb«, RGN fakultet, Zagreb;
10. Grupa autora (2006.): Studija utjecaja na okoliš »Geotermalno polje Zagreb« - lokalitet Blato. RGN fakultet, Zagreb;
11. K. Jelić, (1987.): Stacionarna geotermijska energija u Savskoj i Dravskoj potolini Panonskog bazena Republike Hrvatske, Časopis »Nafta«, Zagreb;
12. Grupa autora (2006.): Poslovni plan, Tehničko-tehnološko rješenje za optimalnu proizvodnju »Geotermalno polje Zagreb«, lokalitet Blato, RGN fakultet, Zagreb;
13. Grupa autora (2018): GRP-a probne eksploatacije geotermalne vode i remontnih radova na rudarskim objektima i postrojenjima na eksploatacijskom polju geotermalne vode »Geotermalno polje Zagreb«, GPC instrumentation process, d.o.o., Zagreb;
14. M.Golub, J.Križ, V.Cazin, (2016.): Geotermalna energija 2013., sadašnje stanje i buduće aktivnosti, knjiga »Hrvatska prirodna bogatstva i kulturna dobra«, HAZU, Zagreb;
15. D. Babić, S. Čubrić, A. Dujić, S. Duvančić, I. Rogan, Z. Rožman, B. Smoljanović, Z. Šaić, L. Špišić (1977-1989.): Izvještaji i interpretacije hidrodinamičkih i termometrijskih ispitivanja zagrebačkog geotermijskog ležišta, INA Naftaplin, d.d., Zagreb;
16. Feigl, A. Getliher, V. Cazin, T. Grgić (2006.): Primjena analitičkog modela pomicanja fronte hladne vode pri uporabi geotermalne energije iz ležišta »I«+»K« eksploatacijskog polja Ivanić u Republici Hrvatskoj, INA Naftaplin d.d., Zagreb;
17. A. Getliher, Siniša Horvat (2008.): Uporaba geotermalnih resursa na području Grada Zagreba u cilju gospodarskog razvitka, INA Naftaplin, d.d., Zagreb;
18. Grupa autora (2017.): Geološka podloga za smanjenje obuhvata istražnog prostora
19. »Geotermalnog polja Zagreb«, Geoda Consulting d.o.o., Zagreb;
20. Fond stručne dok. trgovačkih društava INA Industrije nafte d.d. i Terme Zagreb d.o.o.;
21. Generalni urbanistički plan grada Zagreba (GUP);
22. Grupa autora (2018.): Idejni projekt - Rudarski zahvat eksploatacije geotermalne vode na
23. eksploatacijskom polju »Geotermalno polje Zagreb«, GPC instrumentation process, d.o.o., Zagreb.