

# Integrirano višenamjensko korištenje i zaštita geotemperiranih voda Velikog Korenova

---

**Katalenić, Klaudija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:220156>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

Klaudija Katalenić

**INTEGRIRANO VIŠENAMJENSKO KORIŠTENJE I  
ZAŠTITA GEOTEMPERIRANIH VODA VELIKOG  
KORENOVA**

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**INTEGRIRANO VIŠENAMJENSKO KORIŠTENJE I  
ZAŠTITA GEOTEMPERIRANIH VODA VELIKOG  
KORENOVA**

KANDIDAT:

Klaudija Katalenić

MENTOR:

Prof. dr. sc. Josip Mesec

NEPOSREDNI VODITELJ

Dr. sc. Denis Težak, dipl. ing. geot.

VARAŽDIN, 2019.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnica: KLAUDIJA KATALENIĆ  
Matični broj: 183 - 2017./2018.  
Smjer: GEOINŽENJERSTVO OKOLIŠA

### NASLOV DIPLOMSKOG RADA:

INTEGRIRANO VIŠENAMJENSKO KORIŠTENJE I ZAŠTITA GEOTEMPERIRANIH  
VODA VELIKOG KORENOVA

Rad treba sadržati: 1. Dosadašnje aktivnosti za bušotinu BK-2  
2. Geološko-fizikalni modeli  
3. Tehničko-tehnološki projekti izrade bušotine BK-2  
4. Zaključak

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak diplomskog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade diplomskog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 04.04.2019.

Rok predaje: 04.07.2019.

Mentor:

  
Prof.dr.sc. Josip Mesec

Neposredni voditelj:

  
Dr.sc. Denis Težak

Predsjednik Odbora za nastavu:

  
Izv. prof. dr. sc. Igor Petrović



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

---

**INTEGRIRANO VIŠENAMJENSKO KORIŠTENJE I ZAŠTITA  
GEOTEMPERIRANIH VODA VELIKOG KORENOVA**

---

(naslov diplomskog rada)

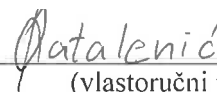
rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **Prof.dr.sc.Josipa Meseca**.

Izjavljujem da nijedan dio ovog diplomskog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Također izjavljujem da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 03. srpnja 2019. godine

**Klaudija Katalenić**

(ime i prezime)



(vlastoručni potpis)

## **SAŽETAK**

Ime i prezime autora: Klaudija Katalenić

Naslov teme: Integrirano višenamjensko korištenje i zaštita geotemperiranih voda Velikog Korenova

U ovom diplomskom radu objašnjava se primjena geotermalne vode Velikog Korenova u vidu ekonomskog i socijalnog boljitka. Koristimo pojam cirkularne ekonomije kao ishodišne premise za razvoj održivog društva. Cirkularna ekonomija je antiteza dosadašnjem linearnom modelu ekonomskih aktivnosti. Ona mijenja poslovne strategije i poslovne planove u segmentu tehničko tehnoloških rješenja s ciljem dodane vrijednosti u ekonomsko financijskim analizama projekta. Ovaj rad upravo promovira inženjerstvo okoliša kao znanstveno područje Geotehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na način da se produži životni ciklus svih gospodarskih aktivnosti koje se žele ostvariti, čime se zatvara cirkulacijski krug s minimalnim ostatkom koji degradira stanje okoliša.

***Ključne riječi:*** Cirkularna ekonomija, inženjerstvo okoliša, geotermalna energija.

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 7  |
| 2. DOSADAŠNJE AKTIVNOSTI ZA BUŠOTINU BK-2 .....  | 7  |
| 3. GEOLOŠKO FIZIKALNI MODEL .....  | 10 |
| 3.1. Uvod u istraživanje, obilazak terena, cirkularna ekonomija .....                    | 10 |
| 3.2. Zatvoreni kružni ciklus (cirkularna ekonomija).....                                 | 13 |
| 3.3. Geološka građa šireg prostora, prospekcija geološko geofizičkih<br>podataka .....   | 14 |
| 3.4. Strukturno tektonski odnosi ležišta Velikog Korenova.....                           | 21 |
| 3.5. Sažeti prikaz geološke razrade na lokaciji Veliko Koreново.....                     | 27 |
| 3.6. Prognozni geološki profil ležišta.....  | 28 |
| 3.7. Litostratigrafske jedinice i pripadajuće granice .....                              | 29 |
| 3.8. Geološko fizikalne karakteristike ležišta i fluida .....                            | 30 |
| 3.9. Prognozne vrijednosti gradijenata tlakova i temperatura .....                       | 30 |
| 3.10. Podjela voda prema hidrogeokemijskim svojstvima.....                               | 31 |
| 3.11. Dizalica topline u kružnom gospodarstvu na primjeru V. Koreново.....               | 33 |
| 4. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI PROJEKT IZRADE BUŠOTINE BK-2 .....                                | 35 |
| 4.1. Osnovni podatci o bušotini.....   | 35 |
| 4.2. Program bušaćih radova po fazama izvođenja i konstrukcija bušotine.....             | 36 |
| 4.3. Sažetak istraživačke studije za bušotinu BK-2 na lokaciji Velikog<br>Korenova ..... | 39 |
| 5. ZAKLJUČAK .....   | 40 |
| 6. LITERATURA.....   | 42 |
| 7. Popis slika .....   | 44 |
| 8. Popis tablica .....   | 46 |
| 9. Prilozi .....   | 46 |

## **1. UVOD**

Ovim diplomskim radom željela sam pojasniti kako cjelovito i višenamjensko korištenje geotermalnog resursa omogućuje inovaciju/program koji se može smjestiti u predviđeni okoliš na primjeru kružne ekonomije.

Dosadašnja istraživanja na lokalitetu Velikog Korenova u neposrednoj blizini grada Bjelovara s ciljem privođenja proizvodnji i komercijalnoj uporabi ležišta geotemperirane vode vrijednih balneoloških karakteristika, upućivala su na potrebu izrade projektne dokumentacije za ishođenje dozvola za istraživanje, eksploataciju i korištenje geotermalne vode iz bušotine BK-2 u predviđenoj zoni sporta i rekreacije sukladno Zakonu o vodama (NN 46/18).

Procjenu potencijala novoizgrađene bušotine BK-2 potrebno je izraditi na temelju geološko fizikalne analize i interpretacije postojeće dokumentacije te nužnih istražnih radova na bunaru BK-2 s ciljem dobivanja geotermalne vode znatno višega kapaciteta u komparaciji s postojećim bunarom (BK-1), gdje je utvrđena geotemperirana - hipotermalna voda od oko 29°C (Prilog 1).

Potrebno je provesti hidrodinamička mjerenja i ispitivanja na postojećoj bušotini BK-1 i/ili novoizgrađenoj bušotini BK-2, u cilju potvrde očekivanih viših vrijednost dotoka.

Navedena procjena je, uz kvalitetu i kakvoću pridobivane vode, nužna kao ishodišna premisa glede prijave na natječaj LIFE i NATURA 2000 za financiranje projekta

## **2. DOSADAŠNJE AKTIVNOSTI ZA BUŠOTINU BK-2**

Grad Bjelovar je na lokaciji sportsko - rekreativnog centra „Mladost“, u neposrednoj blizini centra grada uz postojeće otvorene bazene, planirao izgraditi manji kompleks zatvorenih bazena. Istraživačka studija za ovu namjenu napravljena je u siječnju 2014. godine sa istraživačkim timom koji je sudjelovao i na ovome projektu.

Interes grada bio je, korištenjem obnovljivih izvora energije između ostalih i geotermalne, produžiti kupališnu sezonu otvorenih bazena te smanjiti troškove grijanja zatvorenih bazena koje bi trebalo izgraditi.



Investicija izgradnje zatvorenih bazena u gradu Bjelovaru sastavni je dio dokumenta Strategije gospodarskog razvoja grada Bjelovara. Istovremeno rješava pitanje obveze škola i uvođenja obuke plivanja prema Zakonu o osnovnom i srednjem obrazovanju (NN 87/08). Grad Bjelovar bi ovom investicijom svojim građanima osigurao objekte koji bi bili u funkciji prevencije bolesti i razvoja zdravlja, razvitka sporta, školskih i vanškolskih aktivnosti, ali i mogućnosti programa rehabilitacije.

Kako bi se pristupilo planiranju istraživanja i eksploatacije geotermalne vode i njeno korištenje na naznačenoj mikro lokaciji u centru grada izrađeno je ekspertno mišljenje (2014.) o mogućnostima istraživanja i eksploataciji geotermalnih resursa šire zone, a koje je dalo ocjenu geotermalnog potencijala i procjenu investicije, radi pripreme projekta za dodjelu sredstava odnosno sufinanciranja pri izradi projektne dokumentacije u segmentu obnovljivih izvora energije.

U rujnu 2017. godine napravljeno je novo ekspertno mišljenje za izradu konceptijskog rješenja integriranoga, višenamjenskog korištenja i zaštite geotemperiranih voda Velikog Korenova u široj zoni Grada Bjelovara unutar mreže NATURA 2000.

Geotemperirani izvor u naselju Veliko Koreново, otkriven je 1990. godine prilikom bušenja bunara za potrebe opskrbe vodom farme za tov junadi, slika 1.

Izgrađen je do dubine 237-240 m, gdje se dotok ostvaruje kroz ugrađene filtere > 60 m visine, iz kojih se samoizljevanjem (arteški) dobiva približno 3,5 l/s vode geotemperirane na oko 29 °C. Povoljnije konstruiranom bušotinom-crpilišnom razradom, odnosno poboljšanim crpljenjem, upotrebom uronjenih pumpi ili nekim drugim vidom podizanja fluida očekuje se postizanje zadovoljavajućih rezultata za komercijalnu uporabu. Ova pojava sub-geotermalne vode odnosi se na značajne i duboke tektonske pojave vezane uz „Bjelovarski“ transkurentni rasjed, regionalno razmatran u prethodnoj istraživačkoj studiji za potrebe grada Bjelovara (2014). [1]



**Slika 1.** Bušotina u Velikom Korenovu [1]

Kemijskim sastavom te balneološkim karakteristikama vode iz postojeće bušotine BK-1, ove pojave razmatrane su u stručno-znanstvenoj analizi Laboratorija za ispitivanje voda i balneoklimatologiju Zavoda „A. Štampar“ Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu od 21. srpnja 2017. (Prilog 2).

Iz utvrđenog vodnog tijela u okružju BK-1 očekuju se koncipirani rezultati s temperaturama relativno višim od 30 °C, i specifične mineralizacije i balneoloških karakteristika vode crpljenih iz vodnog tijela iz dubine od 450-500 m, što je potrebno potvrditi bušenjem nove istražne bušotine BK-2. Nakon integriranog višenamjenskog korištenja i zaštite geotemperiranih voda predviđa se prihranjivanje korištenog vodnog tijela, a time i realizacija primarnog kružnog i izbalansiranoga crpljenja vodnog resursa.

Relevantne podloge za izradu projektne dokumentacije sukladno Zakonu obavljene su od strane naručitelja (grada Bjelovara) i to:

- izvod iz Prostornog plana uređenja područja Velikog Korenova,
- otkup zemljišta za novoizgrađenu bušotinu BK-2,
- geodetski snimak predmetne lokacije u Velikom Korenovu mjerila 1:1.000.

Geodetsku izmjeru lokacije obavila je Tvrtka „Metra“ iz Bjelovara s prikazom katastarskog plana za novu bušotinu BK-2, što je na sastanku u Poglavarstvu Grada, dana 20. ožujka 2017. prihvaćeno, te je konačno odabran precizan smještaj bušotine na katastarskoj čestici u vlasništvu grada, čime su zadovoljeni nužni preduvjeti za nastavak istraživanja.

Budući da su formalnosti oko otkupa zemljišta i pribavljanje potrebnih dozvola od strane naručitelja premašile rokove i dogovorenu dinamiku prethodnog ugovora, dana 21. veljače 2018. sklopljen je Aneks br.1 Ugovora br. 67-06/17-U. kako je gore navedeno (Prilog 3). [1]

### **3. GEOLOŠKO FIZIKALNI MODEL**

#### **3.1. Uvod u istraživanje, obilazak terena, cirkularna ekonomija**

Temelj ovog diplomskog rada je studija kojom se uzimao u obzir širi prostor grada Bjelovara. Korišteno je dugogodišnje radno iskustvo projektnoga tima uz objavljene radove vezane na istraživanje i proizvodnju ugljikovodika, ali i istraživanja i publiciranja velikog broja radova glede korištenja resursa pitke i geotermalne vode. Realizacija studije i postizanje zadanih istraživačkih ciljeva, unatoč iskustvu i primjeni inovativnih pristupa, ne bi bilo moguće bez ranijih istraživanja i radova brojnih autora iz domene hidrogeološke i rudarsko-geološko-naftne struke. Isto tako, neki znanstveni radovi na tu temu pripomogli su realizaciji iste. Cijeli projekt treba se realizirati na način da istovremeno bude održiv i obnovljiv, što je ishodišna premisa za dugoročnost primjene, na način kružnoga gospodarstva.

Geotermalna energija je održiva energija u određenim granicama za svaki slučaj zasebno i može se nazvati obnovljivom samo u za to povoljnim geološkim strukturama. [1]

Održivost se postiže kada za resurs u eksploataciji, unutar zadanih granica, postoji mogućnost očuvanja i obnavljanja njegovoga znatnog dijela za daljnju upotrebu i na korist budućih generacija.

Obnovljivost nasuprot tome, objašnjava se sposobnošću svojstvenoj samo prirodnim resursima, koja isključivo ovise o kontinuiranim prirodnim procesima. Ti procesi po intenzitetu i svojim karakteristikama su izvan ljudske kontrole, čime se na određeni način štedi njihov prvotni potencijal.

Omjer proizvodnje (održivosti) i obnovljivosti u određenom razdoblju, trebao bi biti jednak prirodnom procesu regeneracije početnih rezervi, pa se samo tada može govoriti o potpunoj održivosti.

Omjer održivost/obnovljivost u kontekstu geotermalne energije ovisi o temperaturnim granicama, procesu prijenosa topline u ležištu (kondukcija, konvekcija, recentni vulkanizam, subdukcija, advekcija), vrsti resursa, rezervama i vremenskom faktoru, tehnologiji pridobivanja, vrsti i kemizmu fluida, načinu reinjektiranja, vremenu obnovljivosti i slično.

Hidrotermalna ležišta RH u područjima s recentnim vulkanizmom na relativno plićim dubinama mogu se istovremeno smatrati održivima i obnovljivima tako da omjer ukupne energije geotermalnoga ležišta i ukupno vrijeme eksploatacije ima najvišu vrijednost pri relativno niskoj proizvodnji. [2]

Kružno gospodarstvo (cirkularna ekonomija) integrirano s višenamjenskim korištenjem i zaštitom geotemperiranih voda podrazumijeva uporabu na racionalan i održiv način sveukupnog vrijednosnog lanca, uz slijedeće kriterije:

- racionalne uporabe, što podrazumijeva: indirektno energetske (u kombinaciji s drugim obnovljivim izvorima energije), balneološko, rekreativno, sanitarno i prehrambeno korištenje,
- zaštite voda i ponovne naturalizacije staništa,
- povezanosti sa ostalim tematskim prioritetima obnovljivih izvora energije,
- financijsku opravdanost i održivost.

Racionalno korištenje voda na način kružnoga gospodarstva ogleda se u njenom višenamjenskom korištenju u različite svrhe koje je moguće postići zahvaljujući njenim proizvodnim količinama i fizikalno kemijskim karakteristikama. Konceptualno predviđa se postepeni slijed korištenja:

- u kombinaciji s drugim raspoloživim obnovljivim izvorima energije (sunce, vjetar), geotemperirane vode bi osigurale energetske samoodrživost potrebnih komercijalnih sadržaja, već u primarnom krugu/optoku samog vodnog resursa; u dodatnom kružnom gospodarstvu, kao na primjer niskougličnom kružnom zbrinjavanju otpadne šumske mase, gdje bi se mogli ostvariti i dodatni energetske učinci,

- korištenje u lječilišne i SPA svrhe zahvaljujući svojim kemijskim i balneološkim karakteristikama vode,
- nadalje, količine i karakteristike vode te povoljni balneološki učinak omogućuje njeno korištenje za sport i rekreaciju, ali i za zagrijavanje ugostiteljskih i smještajnih kapaciteta uz uporabu dizalica topline,
- kroz prirodni sustav pročišćavanja i regeneracije voda i kontroliranih retencija, geotemperirana voda bi se koristila u svrhu unapređenja prirodne ravnoteže voda te ponovne naturalizacije kroz obnovu staništa ptica iz poplavnog područja rijeka Bjelovarke i Česme koje se nalaze u sklopu NATURE 2000, te u manjoj mjeri za upravljanje rizikom od poplava i suša što bi imalo povoljan utjecaj na okolno poplavno područje šume hrasta lužnjaka,
- kondicioniranje vode poslužilo bi za naprednu visoko produktivnu poljoprivredu stakleničkog uzgoja, koja će zbog svojih energetske pogodnosti, pripomoći u cjelogodišnjem ciklusu, što je bitan element kružnog gospodarstva s ciljem ostvarivanja većeg broja radnih mjesta za lokalno stanovništvo.

Povećanje količina lokalno raspoloživih voda i njena kružno balansiranje i zaštita, čini integrirani sistem s renaturalizacijom staništa, a ogleda se u nekoliko bitnih elemenata:

- za lokalne potrebe stanovništva, potrebe sporta, rekreacije ugostiteljstva i turizma, pa se tako umanjuje potreba za vodom iz sustava javne vodoopskrbe,
- prirodni sustav pročišćavanja i regeneracije voda smanjuje količine sredstava za dezinfekciju (Cl) kupališnih voda,
- prirodni sustav pročišćavanja i regeneracije voda je zamjena korištenja tehnoloških uređaja za filtriranje i biološku obradu, a koristile bi se kontrolirane retencije koje će pored toga omogućiti revitalizaciju staništa biljaka i životinja i konačno uravnoteženo crpljene iz podzemlja,
- zadržavanjem vode u akumulaciji stvorili bi se povoljniji hidrološki uvjeti na mikrolokaciji, koja je dugogodišnjim hidrotehničkim zahvatima, izgubila dio voda iz vodotoka i poplavnih ravnica rijeka Bjelovarke i Česme, gdje bi se viškovi prelijevali u recipijent rijeke Bjelovarke koja ima vrlo nisku razinu voda,
- potrebne količine i kondicioniranje vode poslužile bi se za naprednu visoko produktivnu poljoprivredu stakleničkog uzgoja što bi, zbog fizikalno-kemijskih pogodnosti, bilo ostvarivo u cjelogodišnjem kružnom ciklusu. [3]

Povezanošću s ostalim tematskim prioritetima ovaj program se uklapa u tematski prioritet za integrirano višenamjensko korištenje i zaštitu geotemperiranih resursa, uključujući tlo i šume te naprednu poljoprivredu u zelenim, kružnim gospodarstvima.

Projekt se planira na području gdje uz poplavne nizine rijeka dominiraju šume. Bjelovarsko - bilogorska županija treća je u RH po potencijalu biomase gdje se drveni ostatci, osim u šumama, pojavljuju u brojnoj drvoprerađivačkoj industriji, pri održavanju zelenih gradskih površina te voćnjaka i vinograda u neposrednoj blizini.

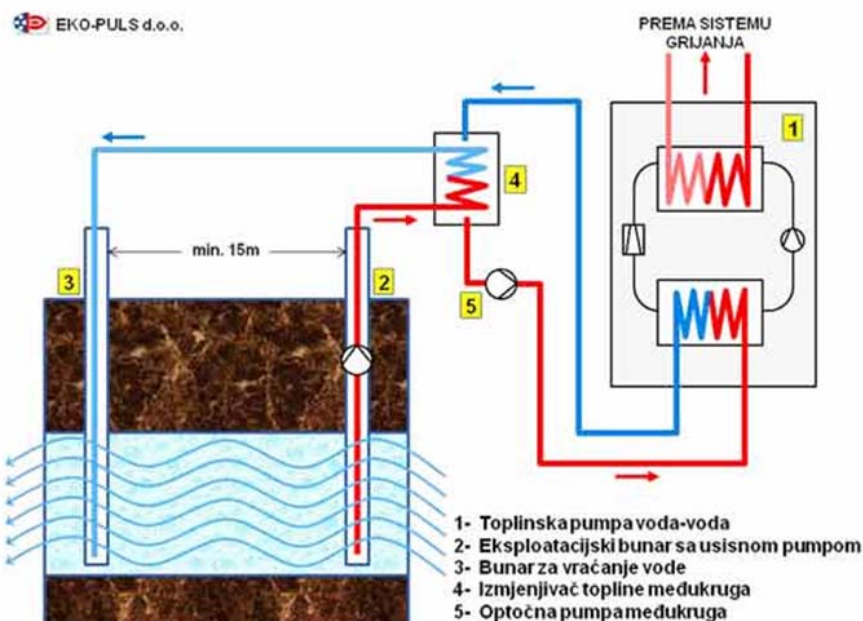
Dio energetske potreba moguće je sveobuhvatno riješiti, poštujući odredbe koje propisuju učinkovito korištenje resursa, zeleno i kružno gospodarstvo.

Ostale komercijalne sadržaje treba sastaviti modularno u više osnovnih smjerova:

- energetska neovisnost uz pomoć drugih obnovljivih izvora energije,
- balneoterapiju odnosno medicinski turizam,
- otvoreni sportsko rekreativni kompleks s wellness sadržajem,
- prirodno kondicioniranje vode na površini i prihranjivanje geotemperiranoga vodnog tijela,
- staklenici sa suvremenom visokoproduktivnom poljoprivrednom proizvodnjom.

### **3.2. Zatvoreni kružni ciklus (cirkularna ekonomija)**

Energetska neovisnost postigla bi se uz upotrebu sunčeve energije/biomase dok bi se dizalice topline koristile za grijanje/hlađenje osnovnih objekata, a višak energije (rekuperacija) za staklenike u suvremenoj visokoproduktivnoj poljoprivrednoj proizvodnji. Prirodno kondicioniranje vode obavljalo bi se u kontroliranim višenamjenskim retencijama koje će ujedno imati namjenu za regeneraciju izvornog močvarno šumskog okoliša, ali i za prihranjivanje geotemperiranoga tijela. Iz kompleksa bazena koje se namjerava izgraditi, preostalu filtriranu vodu trebalo bi koristiti za dizalicu topline voda/voda s napojnim bunarom, slika 2.



**Slika 2.** Shematski prikaz rada dizalice topline voda-voda. [4]

- Nakon iskorištavanja vode za sekundarnu primjenu u toplinskim pumpama, iz injekcijskog bunara trebalo bi transportirati pothlađenu vodu za navodnjavanje,
- obrađeni otpad iz kompleksa bazena i bio otpad (kompost) iskoristiti u cilju povećanja prinosa agrikultura,
- iz unutrašnjosti komercijalnih sadržaja koristiti rekuperaciju zraka, biomasu iz staklenika za proizvodnju bioplina te pirolitičke kotlove za pokrivanje vršne potrošnje toplinske energije za zagrijavanje.

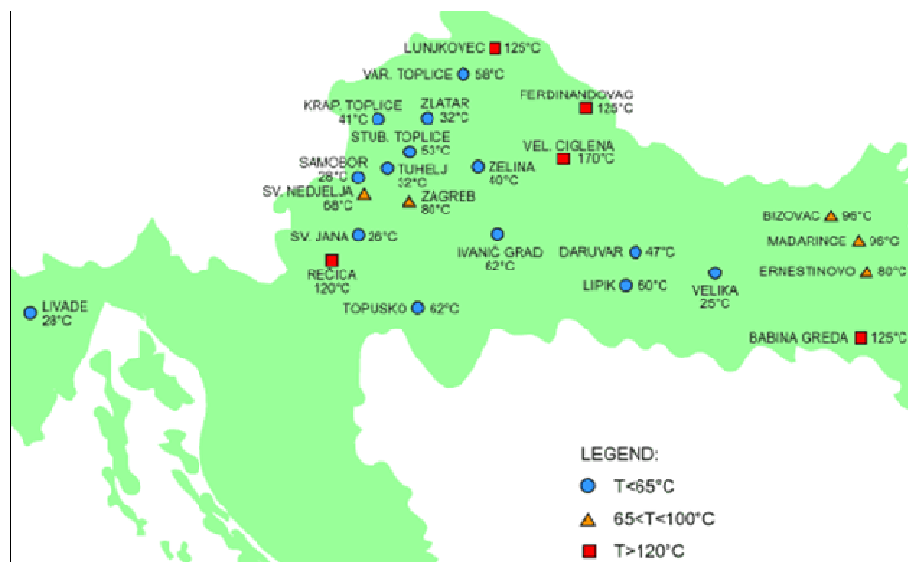
Za pripremu projektne dokumentacije navedenih sadržaja koja bi se izvodila temeljem Zakona o gradnji i temeljem drugih propisa RH potrebno je oko godinu dana. [5]

### 3.3. Geološka građa šireg prostora, prospekcija geološko geofizičkih podataka

Temperatura na površini Zemlje ovisi u najvećoj mjeri o zračenju Sunca. Kao što je poznato utjecaj sunčevog zračenja opaža se u gornjim dijelovima Zemljine kore i to do dubina od desetak metara gdje je temperatura tijekom godine približno konstantna, neovisno o klimatskim uvjetima s površine, s godišnjom amplitudom od svega  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

S porastom dubine daljnji porast temperature ovisi o geotermalnom gradijentu. Geotermalni gradijent je direktno proporcionalan toplinskom toku i obrnuto proporcionalan toplinskoj vodljivosti, koji se mijenja s dubinom, obzirom na povećanje gustoće stijena i smanjenje poroznosti.

Općenito za Panonski bazen vrijedi prosječni geotermijski gradijent od 0,040 - 0,070 °C/m uz srednji toplinski tok od 0,076 W/m<sup>2</sup>. Tako na primjer, za Savsku potolinu - srednji geotermalni gradijent iznosi 0,048 °C/m, uz srednji geotermalni toplinski tok od 0,067 W/m<sup>2</sup> dok za Dravsku potolinu - srednji geotermalni gradijent je 0,051 °C/m i srednji geotermalni toplinski tok od 0,082 W/m<sup>2</sup>. Karte geotermalnih gradijenata i toplinskog toka RH prikazane su na narednim slikama. Hrvatski dio Panonskog bazena općenito ima povišeni geotermalni dotok, posebno na prostoru Bjelovarske depresije (Velika Ciglena), slika 3. [6]



**Slika 3.** Temperature geotermalnih ležišta panonskog dijela RH. [6]

Geotermalni gradijent za prosječnu, konsolidiranu, Zemljinu koru iznosi 33 °C/km. Na promatranom prostoru Republike Hrvatske njegove vrijednosti također znatno variraju, pa prosječna vrijednost geotermalnog gradijenta za širi prostor Hrvatskog dijela Panonskog bazena karakterizira regionalno pozitivna anomalna vrijednost od 48 °C/km.

Geotermalni gradijent Bjelovarsko-bilogorske županije na naftnom polju Šandrovac kreću se od 55 do 68 °C/km, na naftnom polju Pavljani iznose 62 °C/km, dok je u Velikoj Cigleni procijenjen na 63 do 65 °C/km, te na strukturi Bačkovica ima vrijednost do 52 °C/km. [7]

Općenito uzevši, geotermalni gradijent može se predstaviti izrazom:

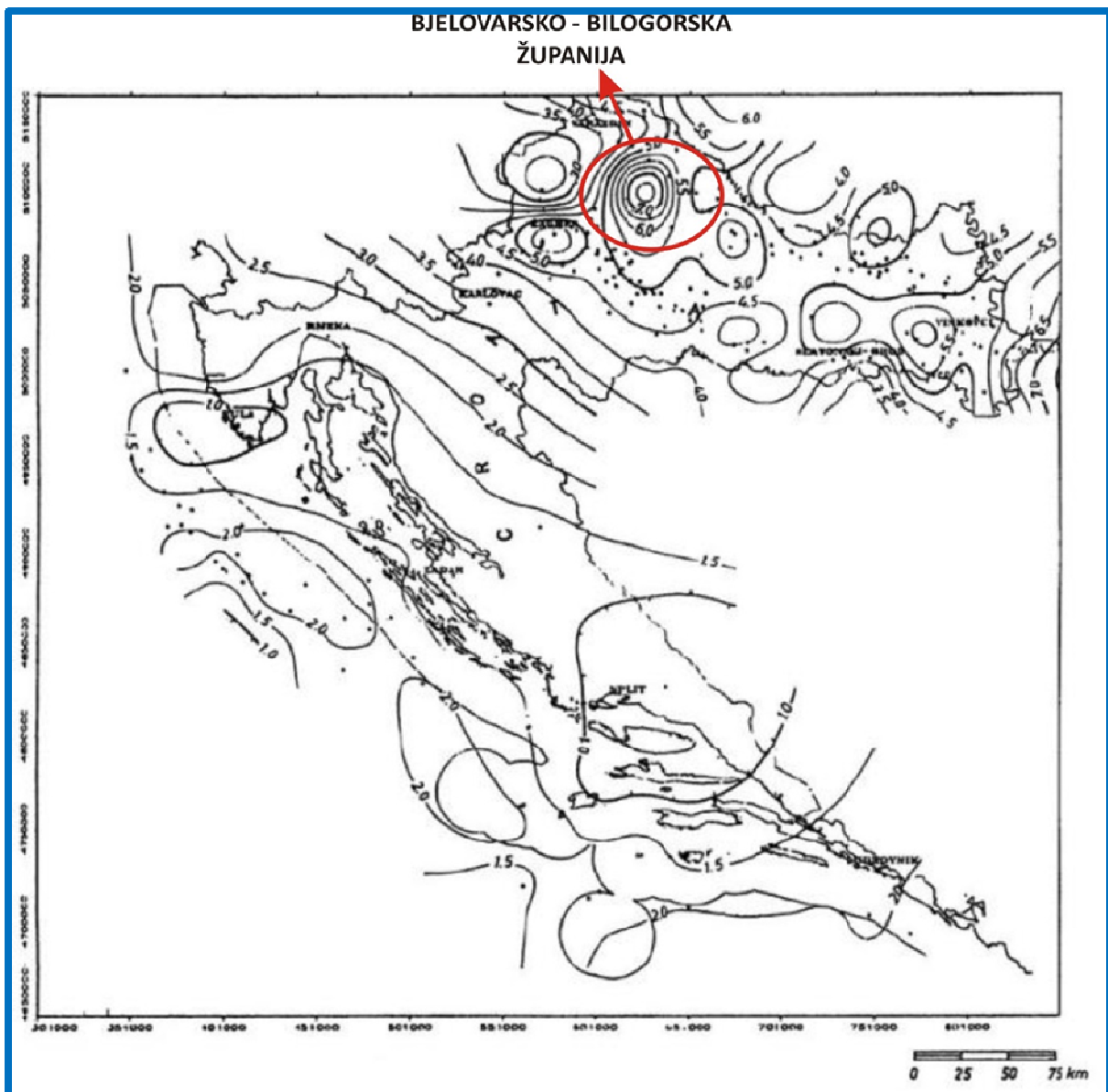


$$G_T = \frac{T_K - T_s}{d_K} \quad [^{\circ}\text{C}/\text{km}] \quad (1)$$

gdje je:

- $T_K$  - statička temperatura na krovini ležišta (K;  $^{\circ}\text{C}$ );
- $T_s$  - srednja godišnja temperatura tla (K;  $^{\circ}\text{C}$ );
- $d_K$  - dubina krovine ležišta mjerena od površine zemlje (m; km).

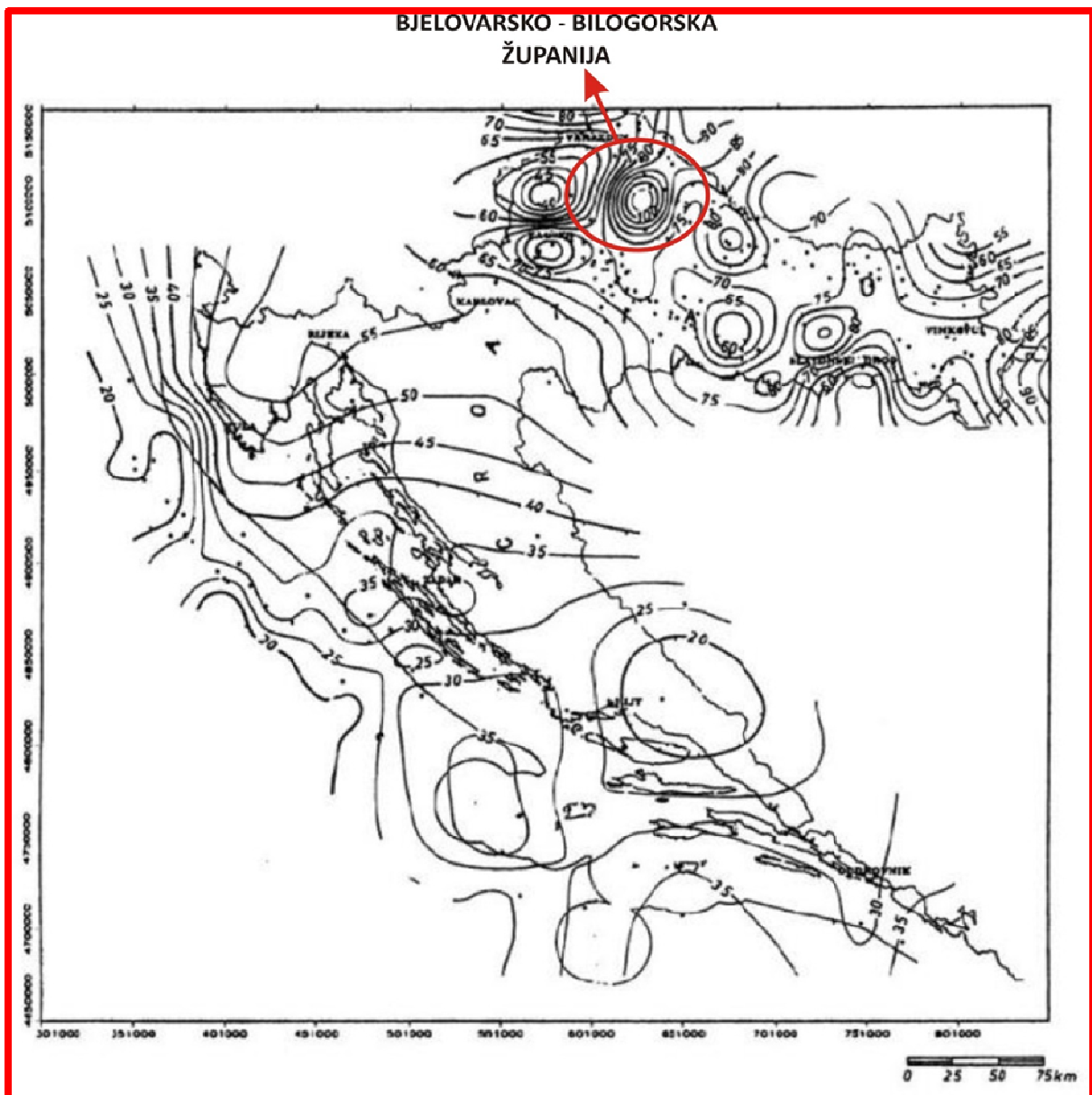
Karta geotermalnih gradijenata RH može se predstaviti narednom slikom 4., gdje posebice istaknuto područje Bjelovarsko-bilogorske županije:



**Slika 4.** Karta geotermalnih gradijenata za Bjelovarsko-bilogorsku županiju [8]

U okviru istraživačke studije, nakon uvida u bitne značajke geografskog smještaja izneseni su i utvrđeni relevantni elementi: geološko-geofizičkog istraživanja, geološke građe i geoloških značajki ležišta ugljikovodika i geotermalne vode, odnosno izložena osnova za regionalno istraživanje geopotencijala grada Bjelovara i lokaliteta Korenovo koji se očituju u nadasve relativno visokim vrijednostima geotermalnih gradijenata i količini toplinskog toka. [8]

Budući da su geotermijski gradijent i toplinski tok, kako je već ranije navedeno, u neposrednoj vezi, karta toplinskog toka RH nalazi se na slici 5.



**Slika 5.** Karta toplinskog toka s naznačenim vrijednostima za Bjelovarsko-bilogorsku županiju. [8]

Od kronostratigrafskih i litoloških jedinica, izdvojenih u regionalnoj studiji Panonskog bazena i raskrivenih bušenjem na širem promatranom prostoru, utvrđene su stijene: permske, trijaske (pri čemu je zastupljenost debelim naslagama, vjerojatno srednjeg trijasa od prvorazrednog značenja), i donjokredne starosti.

Pliocenske i kvartarne jedinice koje prekrivaju prethodno navedene, ovdje se razmatraju kao pokrovne stijene. Cjelovito sagledavanje tektonsko-stratigrafskih razvoja navedenih, jedinica i strukturnih deformacija, uz uvažavanje geotermalnih, hidrogeokemijskih i hidrodinamskih

značajki, ključ je za razumijevanje i odabir potencijalnog geotermalnog ležišta. Pri tome, osobit naglasak je na mogućnosti njegove fizikalne razrade. [9]

Stacionarna geotermijska energija odnosi se na toplinsku energiju pohranjenu ispod površine zemlje koja je funkcionalno vezana na porast temperature s dubinom. Pored pohranjene energije u različitim formacijama koja tvore zemljinu koru postoji još i izmjena topline uzrokovana kondukcijom, konvekcijom ili toplinskim zračenjem. Ove prve dvije vrste prijelaza topline ispod površine vezane su na materiju dok je ovaj treći slučaj prijelaza toplinske energije vezan na elektromagnetske valove.

Sve ove termodinamičke pretpostavke, u korelaciji sa konduktivnim i konvektivnim prijelazom topline u dinamičkim uvjetima, u funkciji su geološke građe sjeverozapadne Podravine te ih je nužno komparirati s mjernim podacima iz brojnih ugljikovodičnih i termalnih bušotina, a koja ujedno determiniraju buduća istraživanja. Tako je i na primjeru lokaliteta Korenovo napravljena znanstveno-stručna procjena glede perspektivnosti daljnjih istraživanja.

Zakonomjerni odnosi: temperature i dubine, specifične topline stijena i dubine ležišta i konačno toplinske energije i dubine omogućuju ishodišnu premisu za određivanje njihovih prosječnih vrijednosti. Ova i druga temeljna istraživanja omogućuju uočavanje i razumijevanje lokalnih odstupanja. U sveobuhvatnim razmatranjima ovih anomalija u funkciji geološke građe i fizikalno kemijskih značajki vodnih tijela u njima, moguće je postići nove spoznaje za direktnu eksploataciju nisko temperaturene toplinske energije, ali i drugih mineralnih sirovina u promatranom dijelu sedimentnog bazena Bjelovarsko-bilogorske županije.

Na području sjeverozapadne Hrvatske postoji nekoliko pozitivnih anomalija ustanovljenih bušenjem na ugljikovodičnim i geotermalnim ležištima. Anomalije se odnose na povišene geotermijske gradijente ustanovljene mjerenjem, a koji su rezultat konvektivnog prijelaza topline u ležištima visoke vertikalne propusnosti.

Konvektivni prijelaz topline uzrokuje povišene gradijente u gornjim dijelovima geološki zatvorenih ležišta pod termogravimetrijskim utjecajem (spontana, slobodna konvekcija), ali bez većih prirodnih dotoka. [9]

Isto tako, povišeni toplinski tok u vertikalnim ili nagnutim geološkim zonama/formacijama (rasjedi) može biti rezultat tzv. prisilne konvekcije u dinamičkim uvjetima za razliku od spontane konvekcije, obzirom na relativno visoki prtok vode u ležište iz prirodnih napajališta, kao što je to na primjer u Zagrebačkom termalnom akviferu.

U radu su korišteni brojni rezultati terenskih i laboratorijskih istraživanja, zatim selekcija podataka po geološkom položaju s obzirom na izdvojene dijelove sedimentnih bazena, analiza konduktivnog i konvektivnog prijelaza topline na arbitrarno odabranim geološkim cjelinama Bjelovarsko-bilogorske županije i grada Bjelovara, numerički i prostorni prikaz rezultata te izrada modela za pojedine tipske uvjete poznatoga prijenosa topline u projekcijama na neistraženi dio određenoga geološkog prostora sjeverozapadne Podravine.

Unutar Hrvatskog dijela Panonskog bazena postoji nekoliko geoloških depresija i subdepresija. Primjenom geostatističke analize na konkretnom primjeru Bjelovarske subdepresije, kao širega prostora Dravske depresije, nužni podaci za obradu ostvareni su temeljem strukturnih karata prethodno dobivenih manualnom interpolacijom u mreži 2x2 km iz čega su nastali eksperimentalni i teorijski semivariogrami.

Nakon toga, interpolacija za odabrano geološko područje dobivena je Kriging tehnikom uključujući pri tome granice pre-neogenskog paleoreljefa i e-log markera. Tako je na arbitrarnom primjeru lokaliteta Korenovo pokazana transformacija, manualnih karata u računalno interpolirane karte upotrebom regularnih mreža iz seta podataka.

Problemi površinskih geoloških i hidrogeoloških istraživanja prikazani su na postojećim regionalnim kartama i pripadnim tumačima. Na temelju postojećih materijala, stečena je nužna iskustvena inženjerska osnova za sintetički karakter ove studije, koji je zahtijevao integraciju svih raspoloživih podataka prikupljenih na površini i dubinskim sedimentno-petrografskim i fizikalnim analizama stijena i fluida te hidrodinamičkim mjerenjima, izvršenim u dubokim bušotinama prethodno izrađenima za eksploataciju ugljikovodika. [10]

Primjenom navedenih premisa odlučeno je da će istraživačka studija locirati optimalno mjesto za novu bušotinu BK-2 s procjenom geotermalnog potencijala na lokaciji Veliko Korenovo, s prognoznim geološkim profilom od 450 do 500 m dubine, koja bi dala odgovor o postojanju ležišta većeg energetske kapaciteta u odnosu na sadašnji BK-1. Detaljna procjena troškova izrade i opremanja nove bušotine kolonom zaštitnih cijevi izraditi će se nakon novoga prognoznog geološkog profila, nužnih prospekcija koje prethode bušenju, konstrukciji

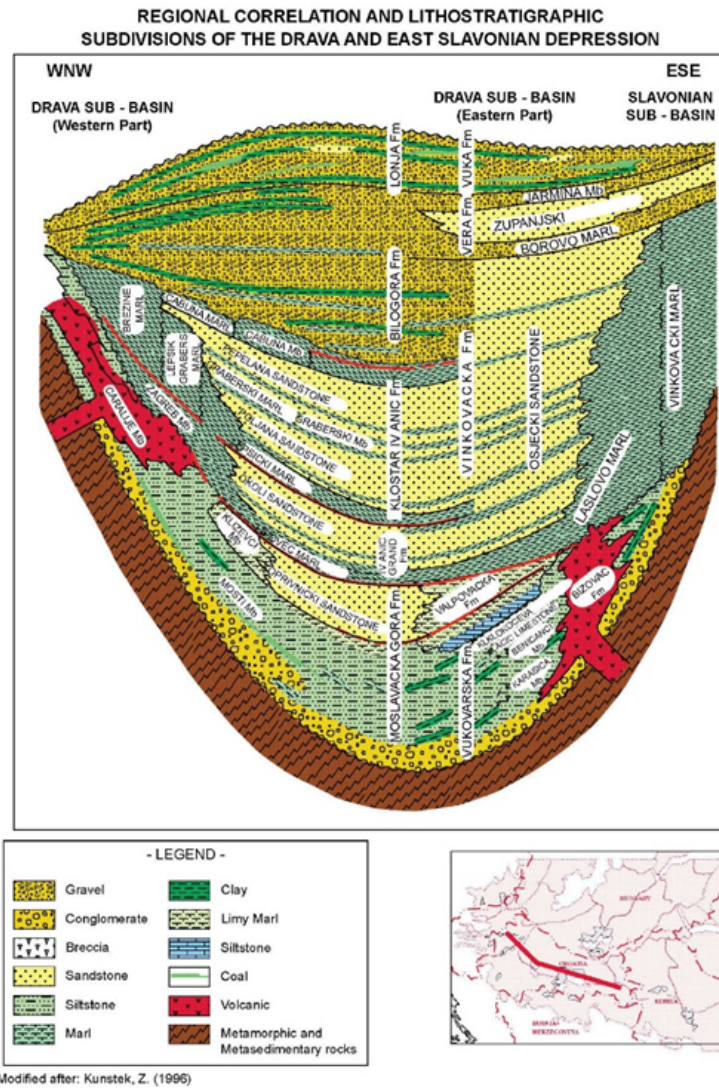
bušotine sukladno geološkom profilu, opremanju bušotine na ušću sukladno prognoznim količinama, tlakovima i kemizmu geotemperirane vode, te drugim specijalističkim rudarskim radovima. [1]

### **3.4. Strukturno tektonski odnosi ležišta Velikog Korenova**

Na mogućnost definiranja potencijala geotermalne vode na prostoru grada Bjelovara upućuju dosadašnja saznanja o rezervoarskim svojstvima i tektonsko-strukturnim odnosima s istražnih lokaliteta iz proizvodnje ugljikovodičnih i geotermalnih polja, kao bitnih premisa za procjenu ležišta termalne vode na odabranom prostoru.

Tim povodom, na dubinama od posebnog interesa očekuje se zadovoljavajući rezervoarski prostor za hidrotermalni dotok uslijed površinskih voda pod atmosferskim utjecajem. Ovakvi odnosi utvrđeni su na nekim lokalitetima, kao na primjer na jugu kod Korenova, te uočeni rudarskim aktivnostima na sjeveroistoku, kod Mišulinovca i Velike Ciglene.

Rezervoarske stijene geotemperirane vode utvrđene su na farmi „Kiš“ bušotinom BK-1 na nadmorskoj visini od 111 m, 1990. godine gdje iz propusnih pješćanih intervala raspoređenih od 50 odnosno 155 - 230 m (ili 61 odnosno 44 - 119 m u apsolutnim vrijednostima) samoizljevano daje dotok slatke vode od 3,5 l/s temperature 29°C. Korelacijom litološke građe i elektrokarotaznih mjerenja (EKM) s negativnom istražnom bušotinom na naftu i plin Korenovo - 1 (Kor-1) izrađenom 1958. godine i udaljene cca. 400 m istočno od BK-1, utvrđeno je da je taj pješćani razvoj u još povoljnijem obimu zastupljen do dubine od 425 m (-314 m). Njega se treba svrstati u najmlađe miocenske naslage Panonskog bazena Hrvatske (prethodno uvrštene u gornji pont), a po litostratigrafskim jedinicama u Hrvatski Panonski prostor, odnosno sjeverni dio Dravske potoline, u Bilogorsku formaciju, Jarmina član i Županjske pješćenjake, slika 6. [1]



**Slika 6.** Strukturno tektonske značajke rezervoarskih stijena geotemperirane vode na lokalitetu Veliko Korenovo [1]

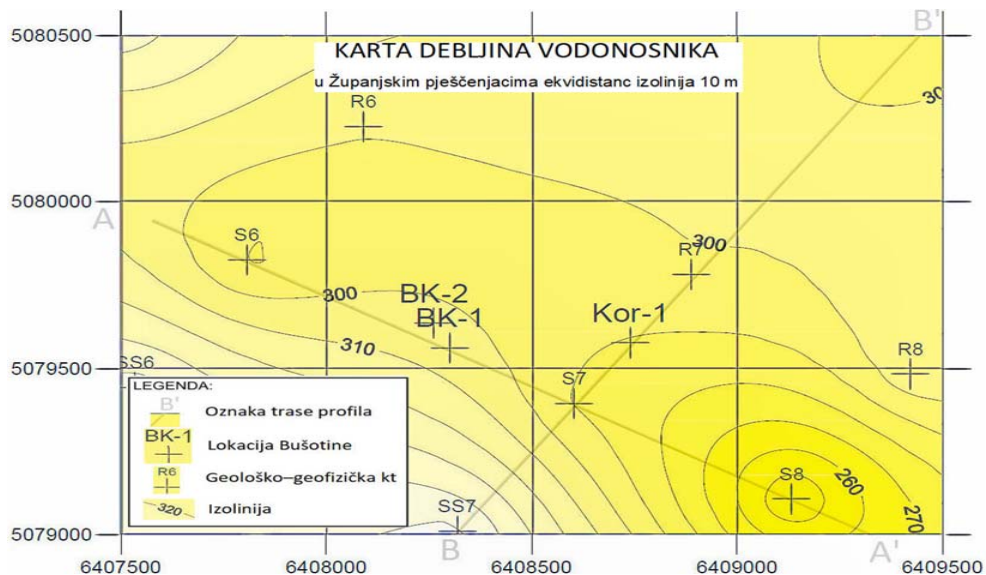
Za potrebe projekta grada Bjelovara prišlo se projektiranju bušotine na lokaciji BK-2 cca. 100 m sjeverozapadno od lokacije BK-1, slika 7.





**Slika 7.** Lokacija bušotine BK-1. [11]

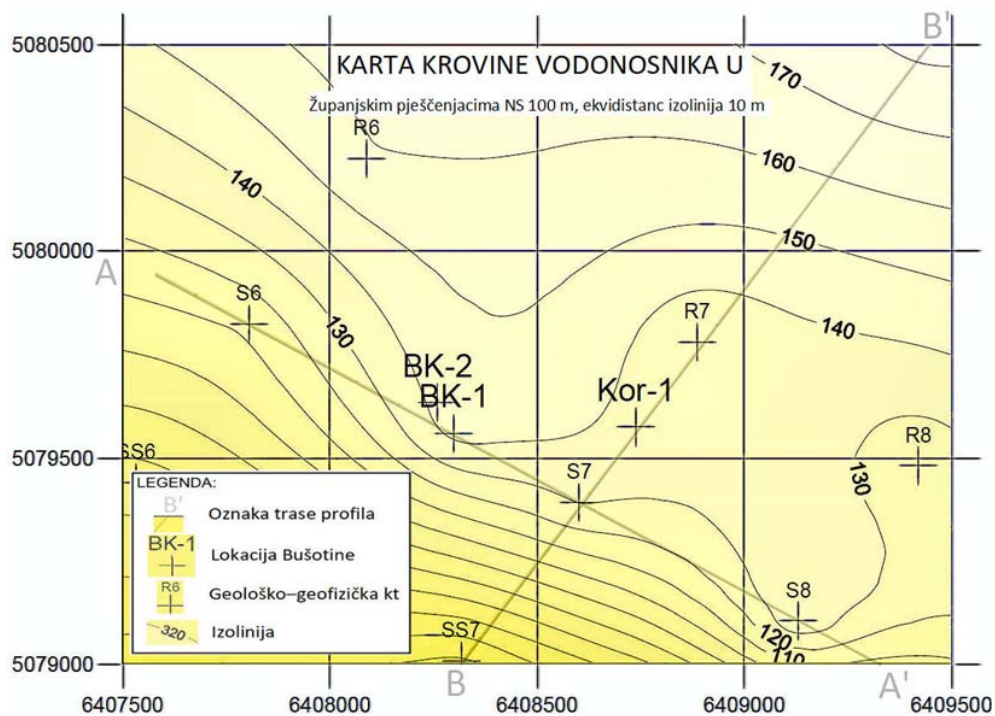
Ukupna debljina ovog rezervoarskog paketa izmjene pješčanog i glinovitog materijala u bušotinskim kanalima utvrđen je u debljini od 270 m, a prema geološko-geofizičkim rješenjima varira oko 300 m +/- 20 m. Na lokaciji BK-2 prema tom rješenju očekuje se ukupna debljina paketa Županjskih pješčenjaka nešto preko 300 m, slika 8.



**Slika 8.** Karta debljina vodonosnika u Županjskim pješčenjacima. [1]

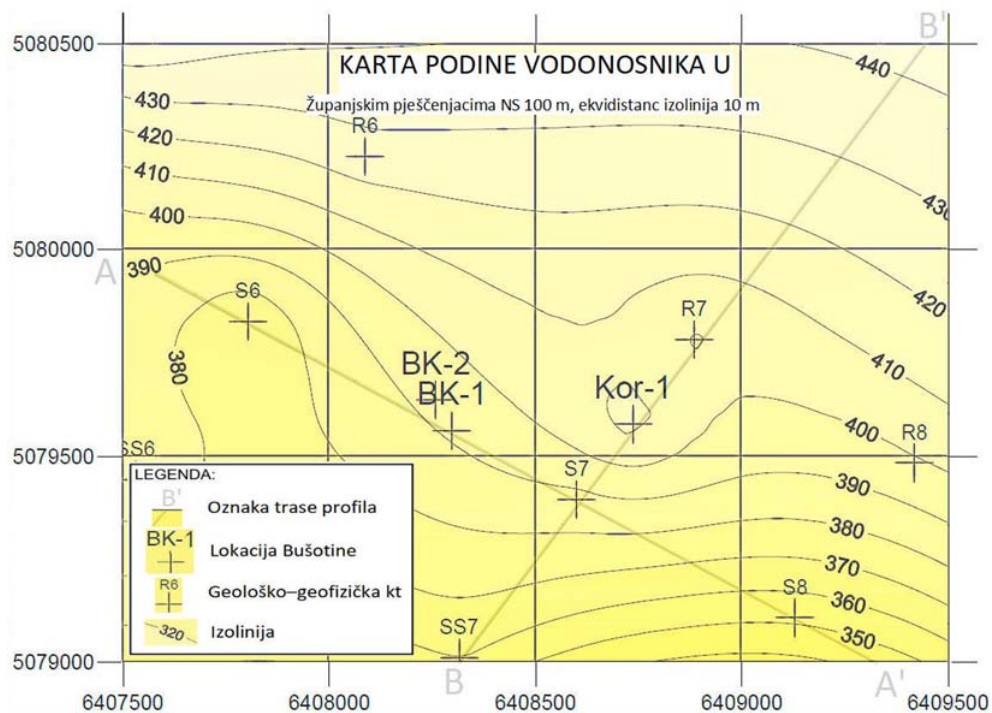
Ulaz u krovinski dio paketa Županjskih pješčenjaka na lokaciji BK-2 očekuje se na apsolutnoj dubini od nešto preko 40 m (ili 140 m na kartama s nivoom svođenja NS 100 m, slika 9.).





**Slika 9.** Karta krovine vodonosnika u Županjским pješčenjacima. [1]

Izlaz iz podinskog dijela paketa Županjских pješčenjaka na lokaciji BK-2 oćekuje se na apsolutnoj dubini od nešto preko 290 m (ili 390 m na kartama s nivoom svodjenja NS 100 m, slika 10.).

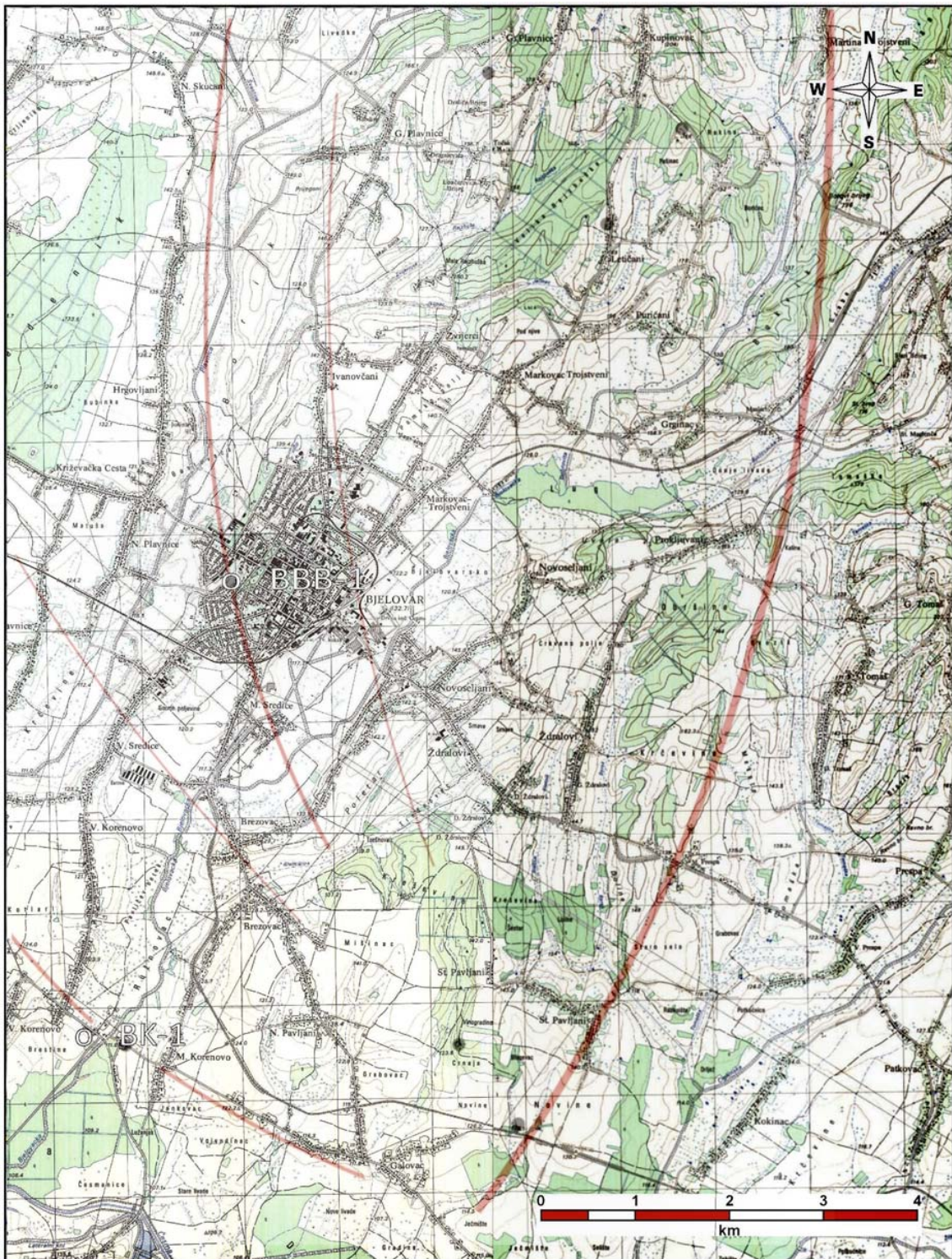


**Slika 10.** Karta podine vodonosnika u Županjским pješčenjacima. [1]

Pojava povišene temperature vode - „Geotemperirana“ voda ovdje se tumači ešalonskim poremećajima uz recentna desna naprezanja duž Bjelovarske transkurentne rasjedne zone, detaljno opisane u studiji iz 2014. godine.

Time se sistem rasjednih pukotina drži „otvorenim“ i omogućava konvektivno kretanje geotermalne vode manje obujamske mase u pliće vodonosnike kroz inače nepropusne pakete klastičnih naslaga. [12]



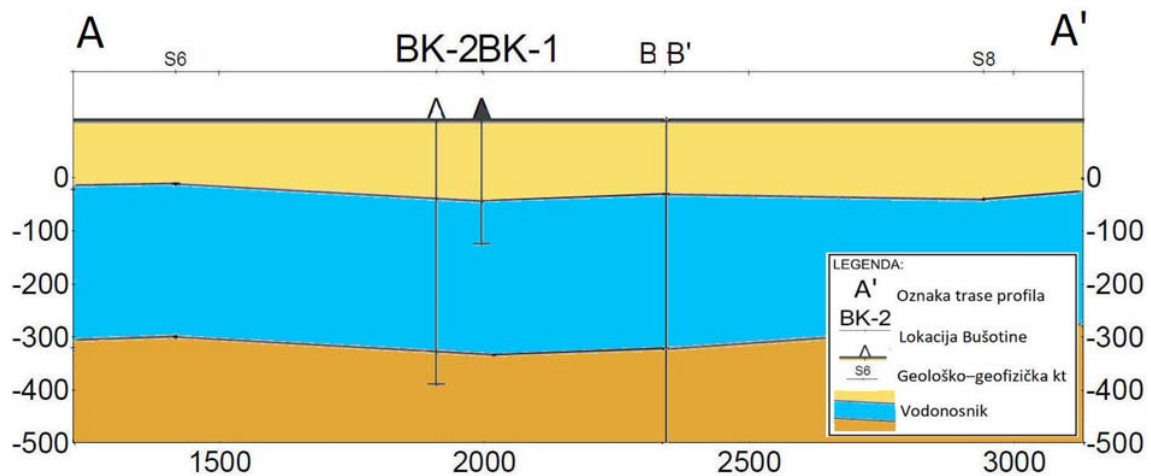


Slika 11. Površinsko javljanje rasjeda koji omogućuju geotemperiranje plitkih vodonosnika.

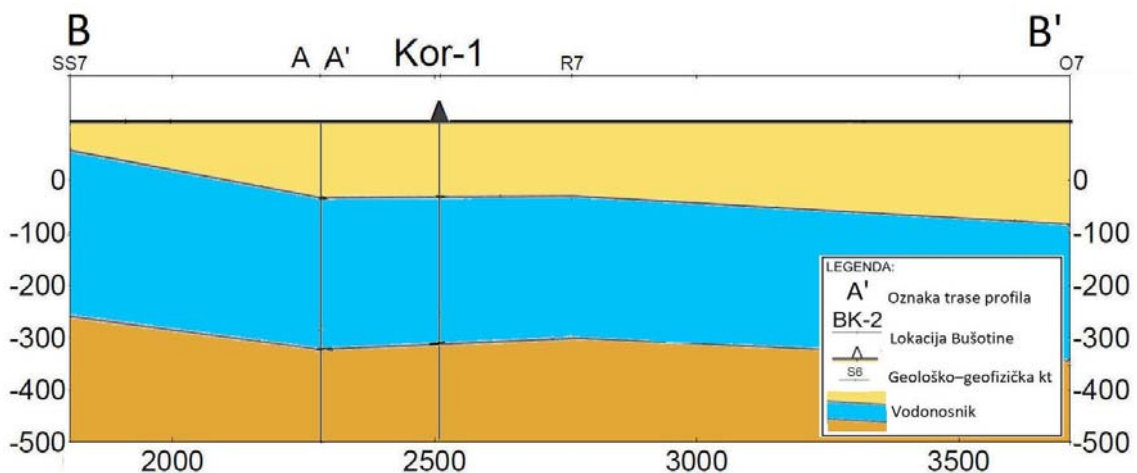
[1]

Na geološkim profilima AA', slika 12, i BB', slika 13, gdje su prikazani prognozni profili bušotina BK-2 i realizirani profili bušotine BK-1 odnosno relevantnog realiziranog profila na

bušotini Kor-1, zahvaćeni su južnijom trasom ešalonskih rasjednih sistema koji su zbog povoljnog stresa „otvoreni“ za konvektivni dotok geotermalne vode iz dubljih vodonosnika.



Slika 12. Geološki profil AA'. [1]



Slika 13. Geološki profil BB'. [1]

Projektirana bušotina BK-2 treba probušiti ukupnu debljinu zone u kojoj su razvijene kolektorske stijene geotemperiranog vodonosnika u Županjskim pješčenjacima. Njome bi se raskrio optimalan dio ovoga vodonosnika u cilju dobivanja povoljnih dotoka i temperatura. [13]

### 3.5. Sažeti prikaz geološke razrade na lokaciji Veliko Korenovo

Za potrebe projekta grada Bjelovara, kako je već ranije naglašeno, pristupilo se projektiranju bušotine BK-2 oko 100 m sjeverozapadno od lokacije BK-1.



Ukupna debljina ovog rezervoarskog paketa izmjene pješčanog i glinovitog materijala u bušotinskim kanalima utvrđena je u debljini od 270 m, a prema geofizičkim opažanjima varira oko 300 m (+/- 20 m, slika 8.). Na lokaciji BK-2 prema tom rješenju očekuje se ukupna debljina paketa Županjskih pješčenjaka nešto preko 300 m.

Ulaz u krovinski dio paketa Županjskih pješčenjaka na lokaciji BK-2 očekuje se na apsolutnoj dubini od nešto preko 40 m (ili 140 m na kartama s nivoom svodenja NS 100 m, slika 9.).

Izlaz iz podinskog dijela sadržaja Županjskih pješčenjaka na lokaciji BK-2 očekuje se na apsolutnoj dubini od nešto preko – 290 m (ili 390 m na kartama s nivoom svodenja NS 100 m, slika 10.).

Pojava povišene temperature vode pod nazivom „geotemperirana“ voda ovdje se tumači ešalonskim poremećajima uz recentna desna naprezanja duž Bjelovarske transkurentne rasjedne zone, detaljno opisane u studiji iz 2014. godine. Time se sustav rasjednih pukotina drži „otvorenim“ i omogućava konvektivno kretanje geotermalne vode manje obujamske mase u pliće vodonosnike kroz inače nepropusne pakete klastičnih naslaga.

Na geološkim profilima AA' i BB' (slika 12. i 13.) gdje su prikazani prognozni profili bušotina BK-2 i realizirani profili bušotine BK-1, odnosno relevantnog realiziranog profila na bušotini Kor-1, naznačena je i indicirana trasa jednog od ešalonskih rasjednih sustava koji su zbog povoljnog stresa „otvoreni“ za konvektivni dotok geotermalne vode iz dubljih vodonosnika. [13]

### **3.6. Prognozni geološki profil ležišta**

Prema karti očekivane raspodjele geotermalnih gradijenata, širi prostor Bjelovara ima izrazito povišene vrijednosti geotermalnih gradijenata između 50 i 60 °C/km. Iako je mogućnost njihove razlike, za svaki pojedini lokalitet relativno velika na pojedinim dubinama geotermalnih ležišta, srednja vrijednost relativne dubine zalijeganja ukupnog slijeda naslaga (pliokvartarne starosti) za hidro-geotermalna ležišta s dna pontske starosti, nalazi se na relativnim dubinama od 750 m do 850 m, uz konzervativno određenu srednju vrijednost geotermalnog gradijenta (GT) od 58 °C/km i srednju godišnju temperature tla na površini terena (Ts) od 11,6 °C. U ležištu se mogu očekivati temperature (TT) geotermalne vode i iznad 60 °C za što bi bila nužna izrada bušotine od gotovo tisuću metara, što u

konkretnom slučaju na primjeru Korenova zbog cijene samoga projekta u ovom trenutku nije realna opcija.

Budući da se ne namjerava ulagati u bušotinu koja zahtijeva značajnija novčana sredstva (približno 1.000.000 eura i više), nužno je tražiti potencijalno hidro-geotermalno ležište u plićim naslagama mlađe pliocenske starosti, na očekivanoj dubini ležišta od približno 350-500 m uz srednje vrijednosti geotermalnog gradijenta (GT) od 58 °C/km i srednju godišnju temperaturu na površini tla (Ts), kako je prije navedeno.

Dakle, u ležištu se na plićim dubinama mogu očekivati temperature (TT) geotermalne vode od oko 30 °C, kao što je slučaj na BK-1 u Velikom Korenovu. Indiciranim modelom ležišta te pogodnim tektonskim putovima za konvekciju geotermalne vode iz područja donje pontske starosti, mogu se očekivati temperature (TT) geotermalne vode koje zasigurno premašuju ovu vrijednost i ulaze u područje hiperterme. [14]

### **3.7. Litostratigrafske jedinice i pripadajuće granice**

Cilj izrade postojeće istražno-eksploatacijske bušotine BK-1 (1990.godine) bilo je određivanje dubine potencijalnoga hidro-geotermalnog ležišta i to u plićim naslagama mlađe pliocenske starosti čija je dubina zalijeganja krovine propusnih naslaga između 200- 250 m odnosno na BK-1, 237 m. Na osnovi tih poznatih parametara grad Bjelovar namjerava izraditi novu bušotinu BK-2, na lokaciji u vlasništvu g

rada i to do dubine cca 500 m, a za koju je predviđena tehnička konstrukcija s punim čeličnim cijevima do krovine ležišta i sitima (filterima) kroz ležište čija se debljina procjenjuje na cca 150-200 m.

Bušenje će se izvoditi rotacijskom metodom, a kao sredstvo za ispiranje kanala bušotine koristiti će se čista voda sve dok je to moguće, a zatim će se uporabiti laganu bentonitnu, odnosno polimernu, brzo razgradivu, ali ekološki prihvatljivu isplaku.

Ako bušotina bude izvedena bez većih odstupanja od prognoznoga geološkog profila, prije ugradnje eksploatacijske kolone izvesti će se elektrokarotazna mjerenja na temelju čije interpretacije će se odrediti proizvodni intervali u kojima će se ugraditi filteri.

Ta metoda bušenja i predviđena konstrukcija omogućiti će nakon osvajanja, puštanje bušotine u stalnu proizvodnju s proizvodnim parametrima utvrđenim tijekom ispitivanja. [1]

### 3.8. Geološko fizikalne karakteristike ležišta i fluida

Suvremena svjetska iskustva moguće je sažeti u osnovne pretpostavke da se u jednodimenzionalnom modeliranju ležišnih uvjeta pretežno razmatra kondukciona komponenta, osim ako proračunu kompakcije nije pridruženo i vertikalno kretanje fluida. U dvodimenzionalnim modelima simulira se i konvekcijski i kondukcijski prijelaz topline u ležištu. Konvekcija može poremetiti kondukcijski termalni režim posebno u prostorima s povećanim hidrodinamičkim kretanjem u zonama relaksiranih lomova i karbonatnim tijelima s razvijenim pornim prostorom uslijed njihovog otapanja.

U termalnim prostorima, pri ustaljenom stanju vrijedi sljedeći odnos:

$$\begin{array}{lcl} \text{Toplinski tok} & = & \text{Toplinska vodljivost} \times \text{Temperaturni gradijent} \\ (\text{mW/m}^2) & & (\text{mW/}^\circ\text{Cm}) \quad (\text{}^\circ\text{C/m}) \end{array}$$

To podrazumijeva da za određivanje temperature, na promatranoj dubini u funkciji vremena, treba poznavati toplinski tok i toplinsku vodljivost kolektora.

Ako se također razmatra tranzitivan efekt pri proračunu topline koja se želi pridobiti, nužno je uvažiti i dodatne uvjete kao što su toplinski kapacitet i difuzivnost. S tim u svezi tijekom ispitivanja u novoizrađenom kanalu bušotine BK-2 do dubine od oko 500 (m) utvrditi će se:

- temperatura termalne vode u ležištu,
- na ušću pri samoizljevu i
- pri crpljenju dubinskom crpkom,
- maksimalna izdašnost (proizvodnost) bušotine pri samoizljevu i
- pri crpljenju dubinskom crpkom kao i
- fizikalno-kemijski sastav termalne vode,
- njezina korozivnost i
- sklonost taloženju kamenca. [15]

### 3.9. Prognozne vrijednosti gradijenata tlakova i temperatura

Izješće uključuje: obradu i interpretaciju rezultata pokusnog crpljenja, uključujući i preporuke o režimu eksploatacije sukladno zahtjevima Hrvatskih voda.

Dubinska crpka i površinska oprema (cjevovodi, mjerno regulacijska oprema), također se treba uzeti u obzir i definirati će se naknadno nakon provedenog ispitivanja i utvrđivanja proizvodnih parametara (kapacitet, korozivnost, taloženje kamenca) na temelju kojih se odabire navedena oprema. No, za uporabu geotemperirane vode važna su dva parametra: temperatura i količina proizvedene kapljevine pri standardnim uvjetima na ušću bušotine. Geotemperirana voda dijeli se sukladno temperaturnom režimu. Ova podjela je najčešće korištena u praksi, pa se tako geotermalne vode dijele na niske ( $<90^{\circ}\text{C}$ ), srednje ( $90-150^{\circ}\text{C}$ ) i visoko temperaturene fluide ( $> 150^{\circ}\text{C}$ ). Visoko temperaturni fluidi se koriste pretežito za proizvodnju električne energije u kogeneracijskom i kaskadnom nizu, dok se srednje i nisko temperaturni fluidi koriste u izravnoj, direktnoj uporabi. [15]

Nadalje, nisko temperaturene fluide se može dijeliti na:

- subtermalne                       $13-20^{\circ}\text{C}$  ,
- hipotermalne                     $20 -30^{\circ}\text{C}$  ,
- homeotermalne                  $30 -38^{\circ}\text{C}$  ,
- hipertermalne                  više od  $38^{\circ}\text{C}$ .

Kod toga vrijednost temperature jako utječe na kemijska svojstva vode, kao što su na primjer topljivost minerala i poratnih plinova. [16]

### 3.10. Podjela voda prema hidrogeokemijskim svojstvima

Vode se dijele prema vrsti i količini elemenata i spojeva koje sadrži. Najjednostavnija podjela je prema ukupnoj mineralizaciji prikazanoj u narednoj tablici:

**Tablica 1:** Podjela voda prema mineralizaciji:

| Vrsta vode | Ukupna mineralizacija |
|------------|-----------------------|
| slatka     | $< 1 \text{ g/kg}$    |
| slankasta  | $1 - 10 \text{ g/kg}$ |



|        |               |
|--------|---------------|
| slana  | 10 - 100 g/kg |
| slanci | > 100 g/kg    |

Mineralne podzemne vode su sve one kod kojih je ukupna mineralizacija veća od 1 g/kg vode. Ako se uzme u obzir i temperatura vode govori se o termomineralnim vodama:

**Tablica 2.** Podjela termomineralnih voda prema nazivu:

| Značajka         | Sastojak    | Naziv vode    |
|------------------|-------------|---------------|
| temperatura      | < 20 °C     | subtermalna   |
|                  | 20 -30 °C   | hipotermalna  |
|                  | 30 -38 °C   | homeotermalna |
|                  | > 38 °C     | hipertermalna |
| mineralizacija   | > 1 g/L     | mineralna     |
|                  | < 9 g/L     | hipotonična   |
|                  | 9 g/L       | izotonična    |
|                  | > 9 g/L     | hipertonična  |
| Fe               | > 10 mg/L   | željezovita   |
| F                | > 2 mg/L    | fluorna       |
| I                | > 1 mg/L    | jodna         |
| H <sub>2</sub> S | > 1 mg/L    | sumporna      |
| As               | > 0,7 mg/L  | arsenska      |
| Rn               | > 81,4 mg/L | radonska      |
| Ra               | > 3,7 mg/L  | radijska      |
| CO <sub>2</sub>  | > 1 mg/L    | kiselica      |

Temeljem navedenoga, za buduću komercijalnu upotrebu vode na lokaciji Velikog Korenova bilo je nužno analizirati vodu iz postojeće bušotine BK-1 na farmi „KIŠ“ (Prilog 2), u cilju prognoznih balneoloških vrijednosti bušotine BK-2 koja se želi izgraditi. [17]

Na temelju obavljene balneokemijske analize u Laboratoriju za ispitivanje voda i balneoklimatologiju ŠNZ „Andrija Štampar“ izvorište vode BK-1, na lokaciji Veliko Korenovo, po svojoj balneološkoj klasifikaciji spada u: kalcijsko-magnezijsku-hidrogenkarbonatnu hipotermu, temperature 28,3 °C sa sadržajem dominantnih iona: kalcija, magnezija i hidrogenkarbonata.

Uspoređujući analitičke podatke iz BK-1, u komparaciji s analizama Fonda stručne dokumentacije i arhivske građe Zavoda za zdravstvenu ekologiju, medicinu rada i sporta, pridobivena voda iz BK-1 pokazuje veliku podudarnost s vodama koje se već koriste za kupanje i rekreaciju kao na primjer: Mađarevo, Šemničke toplice, Svetojanske toplice, te s bušotinom „Vratno“ koja vodom opskrbljuje Grad Križevce. Nadalje, voda je također slična po kemizmu s vodama Daruvarskih, Krapinskih i Stubičkih toplica.

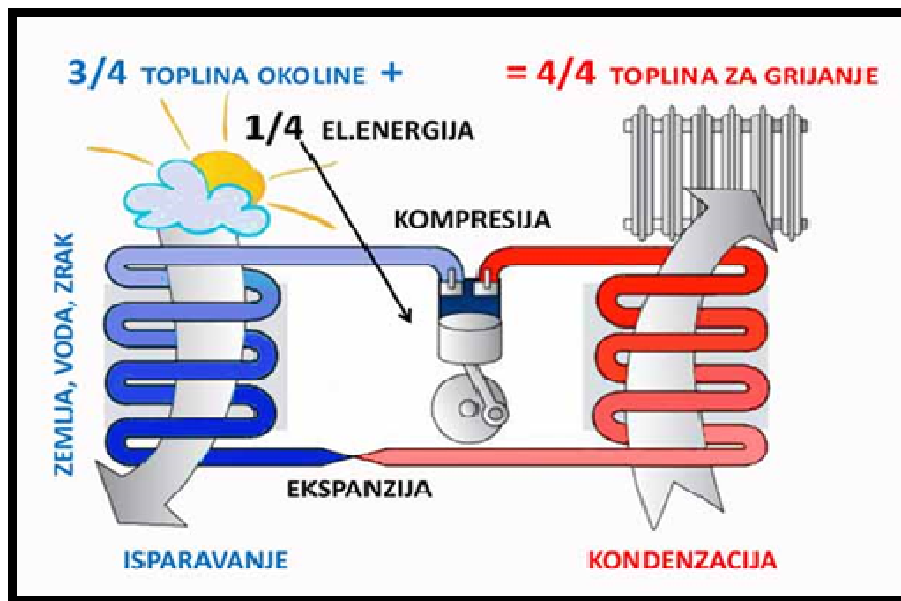
Dakle, perspektivnost izrade bušotine BK-2 za komercijalnu uporabu, po principu kružnog gospodarstva, nije upitna obzirom na navedene stručno-znanstvene činjenice koje su već potvrđene i dokazane na izvorištu BK-1. Kod toga treba naglasiti da će bušotina BK-2, u komparaciji s postojećom BK-1 biti za oko 250 m dublja te bi trebala zahvatiti dublji vodonosni sloj, pretpostavljeno gotovo sličnih karakteristika. Osim toga treba naglasiti da se voda iz BK-1 može koristiti za piće u lokalnim razmjerima, budući da je bezbojna i bistra, bez mirisa i okusa. No prije toga treba se provesti njena analiza sukladno Pravilniku vode za piće.

Lokacija bušotine BK-2 od postojeće bušotine BK-1 bit će udaljena u tlocrtu svega stotinjak metara, no razlikovat će se po vertikalnoj dubini za oko 250 m. [18]

### **3.11. Dizalica topline u kružnom gospodarstvu na primjeru V. Korenovo**

Dizalica topline je svaki uređaj koji podiže toplinsku energiju s niže na višu energetska razinu (temperaturu) uz privedeni vanjski rad s ciljem korištenja toplinske energije više razine za potrebe grijanja ili hlađenja. U konkretnom slučaju to bi bila geotemperirana voda u sekundarnom cirkulacijskom krugu. Dakle  $\frac{3}{4}$  energije ostvaruje se vodom iz upojnoga bunara, te  $\frac{1}{4}$  dodaje u mehaničkom obliku, ali konvertiranom u toplinu, čime se ostvaruje

efekt grijanja ili hlađenje ovisno o desnokretnom ili ljevokretnom termodinamičkom ciklusu koji se želi ostvariti. Shematski prikaz dizalice topline predstavljen je slikom 14.



Slika 14. Shematski prikaz rada dizalice topline/toplinske pumpe. [5]

Mjerenom brojem instaliranih jedinica u svijetu, dizalice topline povezane s tlo/vodom, kao obnovljivim spremnikom topline, bilježe jedan od najbržih porasta u području primjene obnovljivih izvora energije. Prema normativima Europske unije, objekti izgrađeni poslije 2015. g. trebaju koristiti energetski učinkovit sustav grijanja i hlađenja koji se, pored sličnih, mahom zasniva na geotermalnoj energiji uz primjenu toplinskih pumpi. Shematski prikaz pridobivene topline prikazom s gornje slike može se zaključno ilustrirati gdje se:

- $\frac{3}{4}$  topline pridobiva se iz okoline,
- $\frac{1}{4}$  dovodi mehaničkim putem te pri tome pretvara u toplinsku energiju, a
- termodinamički proces moguće je koristiti za grijanje i hlađenje.

Dimenzioniranje otvorenog sustava dizalice topline uključuje:

- modeliranje protoka podzemne vode za potrebe dizalice topline,
- opremanje i testiranje proizvodne opreme prije modeliranja mehaničkoga sustava,
- odabir pumpe za proizvodnju podzemne vode,
- dimenzioniranje izmjenjivača topline,

- odabir metode zbrinjavanja podzemne vode nakon izmjene topline i prepuštanje u tercijarni krug za navodnjavanje ili neku drugu namjenu.

Kad se govori o vodi kao toplinskom izvoru za dizalice topline, misli se na toplinsku energiju površinskih, podzemnih ili otpadnih voda. Glavna karakteristika vode je relativno stalna temperatura tokom cijele godine. Takav sustav može biti izveden kao izravni, kada se podzemna voda (uz filtriranje) izravno dovodi do isparivača i neizravni, kada se ugrađuje dodatni izmjenjivač topline. S obzirom na pogonsko održavanje i sigurnost, prednost ima neizravna izvedba.

Za instalaciju dizalice topline sistemom voda-voda potrebno je izvesti crpni (eksploatacijski) zdenac i njegov upojni parnjak u kojega se vraća voda iz dizalice topline. Voda se u vodonosnik vraća s nepromijenjenim kemijsko-biološkim svojstvima, ali nešto toplija nego kada je uzeta iz vodonosnika. Sustav voda-voda je zatvoren cirkulacijski krug i ničim ne ugrožava vodonosnik. [5]

## **4. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI PROJEKT IZRADE BUŠOTINE BK-2**

### **4.1. Osnovni podatci o bušotini**

Grad Bjelovar i okolnih osam općina opskrbljuju se vodom sa vodocrpilišta u Podravini. Razvojem naselja i priključenjem novih potrošača na sustav javne vodoopskrbe kao i priključenje ostalih naselja i gradova u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji na sustav javne vodoopskrbe raste potreba za osiguravanjem novih izvora pitke vode na užem bjelovarskom području.

Proteklih godina provedena su velika ulaganja u razvoj vodoopskrbe te sa projektima aglomeracija, inače nizak stupanj priključenosti na javne vodoopskrbne sustave, značajno povećati pa shodno tome i potreba za dugoročno stabilnim izvorima vode.

Zbog navedenoga, potrebno je na području grada Bjelovara provesti vodoistražne radove na perspektivnim lokacijama na kojima ima indikacija o nalazima kvalitetne vode za piće.

Prema istražnim bušotinama i dostupnim geološkim podacima, prva potencijalno značajna lokacija novog vodocrpilišta je u naselju Veliko Korenovo kod Bjelovara.

Prognozni geološki profil za bušotinu BK-2 izrađen je na osnovu korelacije sa geološkim podacima dobivenim prilikom izrade bušotine BK-1 izrađene 1990. godine do dubine 237 m i duboke bušotine Korenovo-1 izrađene 1958. godine do dubine 1458 m te komparacijom EK dijagrama snimljenim na tim bušotinama.

Prema prognoznom geološkom profilu projektirana je konstrukcija bušotine i konačna dubina od cca 500 m.

Izradom bušotine do te dubine očekuje se bušenje u formaciji sastavljenoj od glina, praha i sitnozrnih pijesaka (djelomično zaglinjenih ) sa proslojcima ugljena.

0 - 15 m Aluvijalne tvorevine zastupane obradivom smeđom zemljom na površini, a u dubljem dijelu sa osjetnom komponentom glinovitih primjesa,

15 - 150 m Glinovita forma u izmjeni sa prašinastim pijeskom, treset u izmjeni s glinom te možda malo pijeska,

150 - 500 Izmjena slojeva žuto-smeđih i zelenih plastičnih glina, te tamno sivih sitno zrnatih tinjčastih, zaglinjenih vodenih pijesaka i sivih mekih glinenih lapora.

Na bazi korelacije elektrokarotažnih mjerenja očekuju se zone vodenih pijesaka u ukupnoj debljini od 120 m za ugradnju mostičavih sita. Za dokazivanje stvarnih mogućnosti prethodno otkrivenih vodonosnih slojeva i određivanje hidrogeoloških parametara i realnih vodozahvatnih kapaciteta budućih vodnih objekata, izradit će se istražno - eksploatacijska bušotina BK-2 za istraživanje potencijala planiranja novog vodocrpilišta Veliko Korenovo kod Bjelovara. [1]

Istražna bušotina BK-2, izvodila bi se na čestici 651/2 (Livada Brestina) K.O. Korenovo koja je u vlasništvu grada Bjelovara.

#### **4.2. Program bušaćih radova po fazama izvođenja i konstrukcija bušotine**

Bušenje istražno-eksploatacijske bušotine predviđeno je početnim profilom  $\varnothing = 17 \frac{1}{2}$ " (444,5 mm) direktnom rotacijskom metodom, do dubine 30,00 m, kako bi se omogućila ugradnja i cementacija uvedne kolone promjera  $\varnothing = 16$ " (406x6 mm) s cementnom smjesom  $\gamma=1,8 \text{ kg/dm}^3$  do dubine - 30 m .

Nakon stvrdnjavanja cementne smjese u procesu cementacije uvodne kolone nastavak bušenja je predviđen profilom  $\varnothing = 15''$  (381 mm) od - 30 m do - 150 m koristeći polimernu bentonitnu isplaku za održavanje stabilnosti bušotine.

Nakon postignute dubine - 150 m ugradila bi se tehnička kolona, čelična cijev  $\varnothing = 13 \frac{3}{8}''$  (339,7x7 mm) s pet centralizera i izvršila njena cementacija s cementnom kašom  $\gamma = 1,8$  kg/dm<sup>3</sup> s dodatkom 2% CaCl<sub>2</sub> za brže stvrdnjavanje.

Bušenje bi se nastavilo do konačne dubine s promjerom  $\varnothing = 6 \frac{1}{2}''$  od - 150 m do - 500 m s polimerno bentonitnom isplakom za održavanje stabilnosti bušotine.

Kad se postigne konačna dubina istražnog bušenja izvelo bi se karotažno mjerenje po cijeloj dužini bušotine.

Predviđena su slijedeća karotažna mjerenja:

- gama-gama sonda,
- mala i velika normala (elektrofokusirajuća),
- prirodna radioaktivnost,
- mjerenje temperature,
- kaliper i
- inklinacija bušotine.

Tijekom bušenja pratile bi se promjene nabušenoga litološkog materijala kako bi se osigurala pravilna ugradnja tehničke konstrukcije istražno-eksploatacijske bušotine.

U slučaju da se istražnim bušenjem bušotina BK-2 pokaže pozitivnom prema prognoznom očekivanju bušotinu bi se proširilo od promjera  $\varnothing = 6 \frac{1}{2}''$  na  $\varnothing = 12 \frac{1}{4}''$  od - 150 m do - 500 m. [1]

Prognozni profil naslaga kroz koje bi se bušilo su slijedeće:

- 0 - 15 m, aluvijalne tvorevine zastupane obradivom smeđom zemljom na površini, a u dubljem dijelu s osjetnom komponentom glinovitih primjesa,
- 15 m - 150 m, glinovita forma u izmjeni sa prašinastim pijeskom i treset u izmjeni sa glinom uz malo pijeska,

- 150 m - 500 m, izmjena slojeva žuto-smeđih i zelenih plastičnih glina, te tamno sivih sitno-zrnatih tinjčastih, zaglinjenih vodenih pijesaka i sivih mekih glinenih lapora.

Odmah po proširenju bušotine predviđena je ugradnja tehničke kolone (konstrukcije) istražno -eksploatacijske bušotine izrađene od punih čeličnih cijevi promjera  $\varnothing = 6 \frac{5}{8}$ " (168,3 x 6 mm) i mostičavih sita s otvorom 1 mm, promjera  $\varnothing = 6 \frac{5}{8}$ " (168,3 x 6 mm) , zatim dna "taložnika" i "centralizera" - 12 kom koji bi bili ugrađeni zavarivanjem iznad i ispod sita na pune cijevi kvalitete materijala čelika S 235 JR.

Ukupna dužina tehničke konstrukcije istražno-eksploatacijske bušotine je 365 m, u izmjeni 245 m punih cijevi i 120 m mostičavih filtra, a ugrađivala bi se od dna bušotine do 135 m dubine bušotine na slijepo.

Cijevi i filtri bi se međusobno spajali zavarivanjem prstena na rubovima cijevi.

S obzirom na litološku građu slojeva utvrđenu determinacijom probušenog materijala, nadzorni inženjer će odrediti dubine ugradnje pojedinih zaštitnih cijevi. Centralizeri će biti u pravilnim razmacima raspoređeni i ugrađeni po cijeloj dužini ispod i iznad vodoprijemnih sita na punim cijevima .

Za tehničku konstrukciju od čelika priložit će se certifikati i atesti za kvalitetu čelika S 235 JR.

Skica konstrukcije bušotine BK-2 i ugrađene proizvodne opreme prikazana je na slici 15.  
[1]

**BK-2 Skica konstrukcije bušotine i ugrađene proizvodne opreme**

| RED BR | NAZIV I KARAKTERISTIKA OPREME  | DUBINA ( m ) | DUŽINA ( m ) | PROM. (mm) |    |
|--------|--|--------------|--------------|------------|----|
|        |  |              |              | Dv         | Du |
| 1      | Cementacija uvodne kolone 16"  | 0-30         | 30           |            |    |
| 2      | Uvodna kolona 16"  | 0-30         | 30           |            |    |
| 3      | Peta uvodne kolone 16"   | 30,00        |              |            |    |
| 4      | Proizvodni tubing 3 1/2"   | 100          |              |            |    |
| 5      | Kabel za centrifugalnu pumpu   | 100          |              |            |    |
| 6      | Centrifugalna pumpa  | 100          |              |            |    |
| 7      | Cementacija tehničke kolone 13 3/8"  | 0-150        |              |            |    |
| 8      | Tehnička kolona 13 3/8"  | 0-150        | 150          |            |    |
| 9      | Peta tehničke kolone 13 3/8"   | 150          |              |            |    |
|        |  |              |              |            |    |
|        |  |              |              |            |    |
| 10     | Tehnička kolona 6 5/8" punih cijevi 245 m u izmjeni sa 120 m mostičavih sita promjera 6 5/8" | 150-460      | 365          |            |    |
| 11     | Peta tehničke kolone 6 5/8"  | 460,00       |              |            |    |
| 12     | Dno bušotine   | 500,00       |              |            |    |

Slika 15. Skica konstrukcije bušotine KB-2 i ugrađene proizvodne opreme. [1]

#### 4.3. Sažetak istraživačke studije za bušotinu BK-2 na lokaciji Velikog Korenova

- dubina bušotine cca. 500 (m),
- moguća proizvodnja geotermalne vode do 15 (l/s),
- temperatura vode na površini približno 40 (°C),



- ukupna ulaganja u bušotinu cca 3 000 000 (kn),
- za proizvodnju od 50 000 m<sup>3</sup>/god. (a to su planirane potrebe vanjskog i kompleksa zatvorenih bazena) povrat ulaganja je već u četvrtoj godini realizacije projekta i to na račun uštede troškova za vodu iz gradskog vodovoda, njezinog zagrijavanja na potrebnu temperaturu za kupanje i rekreaciju (bez energetske valorizacije geotermalne vode za grijanje prostora),
- u slučaju potvrde prognoznoga geološkog stupa i proizvodnih parametara, velike perspektive razvoja i upotrebe zelene energije ostvarit će se gospodarski razvitak i zapošljavanje lokalnoga stanovništva. [1]

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj diplomskog rada bio je pojasniti kako možemo implementirati geotermalnu energiju u svrhu poboljšanja kvalitete života stanovnika grada Bjelovara.

Program koji želi realizirati grad Bjelovar izgradnjom i uporabom novoizgrađene bušotine BK-2 pridonjeti će olakšan pristup snabdijevanju i uporabi obnovljivih izvora energije. Ovim zahvatom, sukladnim osnovnim postulatima cirkularne ekonomije, grad želi ostvariti dvije kompatibilne pretpostavke:

- uporabu vode u kupališno rekreacijske svrhe uz pomoć istražno-eksploatacijske bušotine BK-2 za istraživanje potencijala planiranja vodocrpilišta Veliko Korenovo, te u konačnosti pridobiti,
- vodu za piće.

Ovaj istraživački zadatak potaknut je težnjom da se u prostoru Bjelovara razvije svijest za potrebom daljnjeg istraživanja plitkog i dubokog geopotencijala za razvoj lokalne zajednice. Zatražena regionalna analiza geološke građe i izrada tehno-ekonomske osnove, upućuju prema mogućnosti otkrivanja i proizvodnje geotermalne vode opravdanost za nastavak istraživanja i korištenja geopotencijala grada Bjelovara i Bjelovasko-bilogorske županije.

Poticanjem odgovornih ljudi grada Bjelovara, uvjetovanih razumijevanjem da se tu nalaze, osim utvrđenih i već korištenih ležišta i drugi vidovi mineralnih sirovina prišlo se izradi ove istraživačke studije. Njenim donošenjem stvara se premisa koja će potaknuti razvoj te donijeti nova radna mjesta i tehnološku inovativnost gospodarstvu grada. To su i bile glavne

pretpostavke grada za prijavu sufinanciranja projekta od strane Hrvatskih voda. Analizom ukupnih geološko-geofizičkih saznanja te postupnom primjenom pojedinih geoloških metoda sužavan je prostor istraživanja kako je već ranije prikazano.

U prvom koraku, u potrazi za najboljom kolektorskom-rezervoarskom jedinicom iz ukupnog geološkog stupa, izdvojene su naslage donjo pontske starosti - glavnih nosilaca geopotencijala za gospodarsku uporabu.

U sljedećem koraku, strukturno-tektonskom analizom, gdje su geofizičke informacije provjeravane i na morfologiji i geološkoj građi površine terena, praćeno je zalijeganje podine i krovine, prethodno izdvojenih, naslaga donje pontske starosti ili regionalnih markera „Z“ i „Delta“.

Pored relativnih odnosa dubina i debljine odabrane geološke jedinice, izdvojeni su i njeni glavni-regionalni tektonski poremećaji, ali i naslućeni sedimentološki, reducirani i kolektorski povoljnije razvijeni prostori „paleo uvale“, odnosno prostori za daljnje sužavanje i usmjerenje detaljnih istražnih radova na ukupnom prostoru grada.

Posljednji učinjen korak, uključivanja geotermijskih značajki, ima dvojaki karakter. S jedne strane zaokružuje predodžbe o izdvojenim geološkim formacijama, no istovremeno ostavlja otvoreno pitanje o prirodi geotermalne anomalije.

Kao dodatak dosadašnjem pristupu, uklopljene su i dodatne „površinske“ informacije, kojima se, u nekim drugim slučajevima ne bi poklanjala veća pozornost. Uvođenje dosad „marginalnih“ geotermalnih objekata u ukupnu ponudu resursa važno je obostrano i to zbog znanstvene i ekonomske logike. Proširenjem korisničke baze i uvođenjem novih tehnologija istraživanja, istraživačkom studijom „Korenovo“ postiže se mnogo šire znanstveno-stručno značenje koje nadilazi okvire same studije.

## 6. LITERATURA

- [1] Golub., M, Škrlec., M, Kolbah S., Mesec., J, (2018): Istraživačka studija za izradu projektne dokumentacije za ishođenje dozvola za istraživanje, eksploataciju i uporabu geotemperirane vode na lokaciji Velikog Korenova, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet.
- [2] Kolbah, S. (1976): Geotermičke značajke jugozapadnog dijela Panonskog bazena, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- [3] Čubrić, S. (1987), Obnovljena geotermijska energija i njen utjecaj na ekonomiku proizvodnje geotermijske energije na nekim ležištima u Republici Hrvatskoj, disertacija, RGN-fakultet Sveučilišta u Zagreb.
- [4] Eko-Puls, Shematski prikaz rada dizalice topline/toplinske pumpe, Dostupno na: [info@eko-puls](mailto:info@eko-puls) , Datum pristupa: 15.3.2019..
- [5] Tkalec M. (2015.), Dizalice topline i njihova ekonomska isplativost, dostupno na: [http://www.gfv.unizg.hr/modules/m\\_gfv/zavrzni\\_diplomski\\_radovi/Marko\\_Tkalec\\_zavrzni.docx](http://www.gfv.unizg.hr/modules/m_gfv/zavrzni_diplomski_radovi/Marko_Tkalec_zavrzni.docx), datum pristupa: 17.3.2019..
- [6] Hurtig, E.,V. Čermak, R. Haenel, V. Zui (1992): GEOTHERMAL ATLAS OF EUROPE, GeoForschungsZentrum Potsdam, Publication No. 1, Hermann Haach Verlagsgesellschaft mbH, Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha, Germany.
- [7] Zelić, M. (1997): “Šandrovac 1967. – 1997.”, Monografija, Izdanje INA-industrija nafte d. d. Zagreb, Naftaplin, SPC – Sektor proizvodnje nafte i plina, prosinac. 1997., Zagreb.
- [8] Ravnik, D., Kolbah, S., Jelić, K., Milivojević, M., Miošić, N., Tonić, S. (1992): Regional Contribution to the GEOTHERMAL ATLAS OF EUROPE, SGZ, Beograd..
- [9] Golub, M., Kolbah, S. & Škrlec, M. (2011): Istraživačka studija za mjerenje Geopotencijala Općine Šandrovac. p 1-84, pr 9, Fond dok. Fonda za zaštitu okoliša i

energetsku učinkovitost, Općine Šandrovac.

- [10] Malvić, T. (2003): Naftogeološki odnosi i vjerojatnost pronalaska novih zaliha ugljikovodika u bjelovarskoj uleknini. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 123 str..
- [11] Malvić, T. (1998): Strukturni i tektonski odnosi te značajke ugljikovodika širega područja naftnoga polja Galovac-Pavljani. Magistarski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, p. 112, Zagreb.
- [12] Malvić, T. & Cvetković, M. (2013): Lithostratigraphic units in the Drava Depression (Croatian and Hungarian parts) – a correlation, Korelacija litostratigrafskih jedinica u Dravskoj depresiji (hrvatski i mađarski dio). Nafta, 64, 1, 27-33, 34-38, Zagreb.
- [13] Grupa autora (1998): GEOEN, Program korištenja geotermalne energije – prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb.
- [14] Kolbah, S., Syrinek, M., Dvornik, Lj., Zahariev, S., i Rafael-Gujić, G. (2005): Proizvodnja geotermalne energije u Panonskom bazenu Republike Hrvatske - Geološke osnove na sjeveroistoku istražnog bloka Drava 1., »3. Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom rudarstvu, Zadar, 4.-7. listopada 2005., "Naftaplin" Znanstveno - stručno glasilo HUNIG-a, Br.4, Vol 15/06, p. 53-68., 2006., Zagreb.«.
- [15] Zaninović, K., Gajić - Čapka, M., Perčec Tadić, M. et al., (2009): Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia, 1961-1990., 1971-2000., Državni hidrometeorološki zavod, 200 str., 25 karata, 3 grafička prikaza, Zagreb.
- [16] Kurevija, T. (2010), Energetsko vrednovanje plitkih geotermalnih potencijala Republike Hrvatske, disertacija RGN fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu, 183 pp..
- [17] Mesec J., (2009.), Mineralne sirovine-vrste i načini dobivanja, Varaždin, Sveučilišni udžbenik Geotehničkog fakulteta, str. 69-116.
- [18] Kolbah, D. (1986): Priručnik za kemičare (3 prerađeno izdanje), SKTH - Kemija u industriji, Zagreb.

[19] Malvić, T. (2011): Geological maps of Neogene sediments in the Bjelovar Subdepression (northern Croatia). Journal of Maps, S.I., 304-317.

## 7. Popis slika

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 1.</b> Bušotina u Velikom Korenovu [1].....  | 9  |
| <b>Slika 2.</b> Shematski prikaz rada dizalice topline voda-voda. [4].....  | 14 |
| <b>Slika 3.</b> Temperature geotermalnih ležišta panonskog dijela RH. [6] .....   | 15 |
| <b>Slika 4.</b> Karta geotermalnih gradijenata za Bjelovarsko-bilogorsku županiju [8] .....                                     | 17 |
| <b>Slika 5.</b> Karta toplinskog toka s naznačenim vrijednostima za Bjelovarsko-bilogorsku županiju [8].....                    | 18 |
| <b>Slika 6.</b> Strukturno tektonske značajke rezervoarskih stijena geotemperirane vode na lokalitetu Veliko Korenovo [1] ..... | 22 |
| <b>Slika 7.</b> Lokacija bušotine BK-1. [11] .....  | 23 |
| <b>Slika 8.</b> Karta debljina vodonosnika u Županjskim pješčenjacima. [1].....   | 23 |
| <b>Slika 9.</b> Karta krovine vodonosnika u Županjskim pješčenjacima. [1].....  | 24 |
| <b>Slika 10.</b> Karta podine vodonosnika u Županjskim pješčenjacima. [1].....  | 24 |
| <b>Slika 11.</b> Površinsko javljanje rasjeda koji omogućuju geotemperiranje plitkih vodonosnika. [1].....                      | 26 |
| <b>Slika 12.</b> Geološki profil AA'. [1] .....   | 27 |
| <b>Slika 13.</b> Geološki profil BB'. [1] .....   | 27 |
| <b>Slika 14.</b> Shematski prikaz rada dizalice topline/toplinske pumpe. [5] .....  | 34 |

**Slika 15.** Skica konstrukcije bušotine KB-2 i ugrađene proizvodne opreme. [1]..... 39


## 8. Popis tablica

**Tablica 1:** Podjela voda prema mineralizaciji: ..... 31

**Tablica 2.** Podjela termomineralnih voda prema nazivu: ..... 32

## 9. Prilozi

### Prilog 1 Bušotina BK-1 farma „KIŠ“

|   |  |
|---|--|
|  | str. ___   |
| <b>NARUČILAC RADOVA:</b>  | "AGRARIA", Poduzeće za poljoprivrednu proizvodnju, trgovinu i usluge,<br>V. KORENOVO, BJELOVAR |
| <b>IZVOĐAČ RADOVA:</b>  | "GEO-DRILL", Poduzeće za hidrogeološke istražne radove i bušenje bunara,<br>ZAGREB             |
| <b>IZRADA IZVJEŠTAJA:</b>   | Dragan Čulinović, ing.geot.<br>Todor Mitić, ing.geot.  |
| <b>GRAFIKA:</b>   | Dragan Čulinović, tehničar inf.  |
| <b>SURADNICI:</b>   | INSTITUT "GEOEXPERT", ZAGREB<br>Anđelko Salković, dipl.ing.                                    |
| <b>PRIJEPIS MANUSKRIPTA:</b>  | Katarina Čulinović, ing.geot.  |



## 1. U V O D

Tokom mjeseca lipnja i srpnja 1990. godine, izvedena je istražno-eksploataciona bušotina za potrebe vodoopskrbe farme "Kiš". Polazna osnova za program radova bila je postojeća bušotina sa cca 0,2 (l/sek) samoizljevne vode i ostalim vrlo šturim nepisanim podacima o dubini i zacjevljenjima.

## 2. O P I S I Z V R Š E N I H R A D O V A

### 2.1. Bušenje

U postojeći kopani bunar dubine 11 (m) ugrađena je čelična cijev  $\phi$  324 (mm) do dubine 11,60 (m) te je izvedena cementacija prstenastog prostora radi učvršćivanja takozvane uvodne kolone i njene hermetičnosti.

Nakon stvrđnjavanja cementne smjese, nastavljeno je bušenje s promjerom  $\phi$  12/4" (311 mm) do predviđene dubine od 127 (m). Tokom bušenja svaki metar vršeno je uzorkovanje nabušenog materijala iz isplake, što je prikazano u prilogu br. 1. Nabušeni materijal je ukazivao da se još nije izašlo iz pliocenskih ugljena (treseta), glina, prahova i sitnozrnatog pijeska, kao potencijalnih vodonosnika. Elektrokarotazna mjerenja koja su uvedena do te dubine, također su ukazivala na isto. Uvažavajući navedene činjenice, naručilac radova je odlučio da se nastavi bušenje još slijedećih 100 (m), da bi se zahvatilo što više vode.

Bušenje je nastavljeno istim promjerom sve do dubine 237 (m). Temeljem nabušenog materijala zaključuje se da i u dublje zalije-gajućim naslagama nema znatnih promjena, odnosno radi se o izmjenama treseta, glina, prašine i sitnog pijeska, prilog br. 1.

Neposredno nakon bušenja i kondicioniranja bušotine izvedena su elektrokarotazna mjerenja i na licu mjesta interpretacija podataka, prilog br. 2.





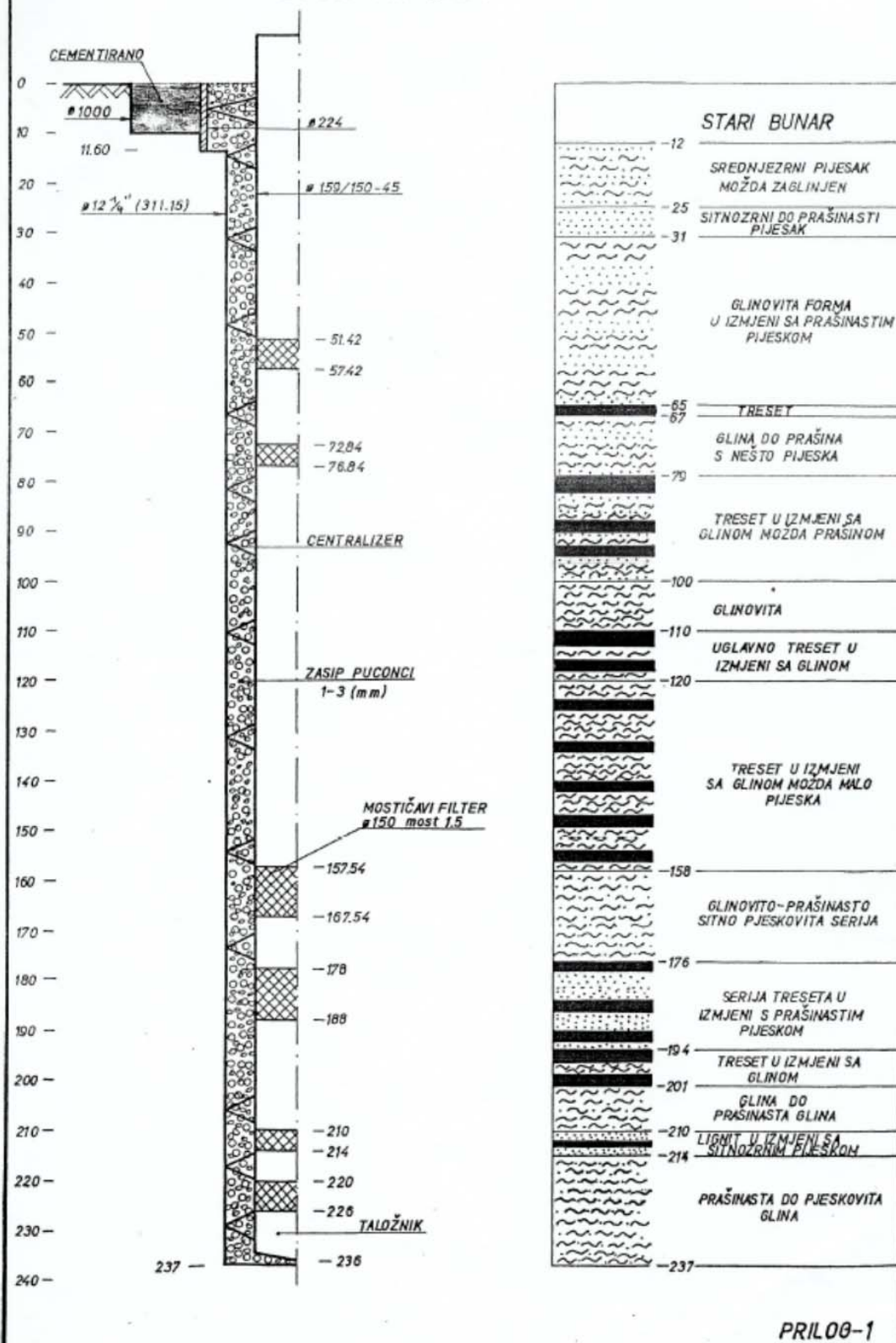
Tlak vode na ušću bušotine nije mjereno iz tehničkih razloga odnosno nemogućnosti, te se preporuča ugradnja bušotinske glave koja će i to omogućiti.

Ne preporuča se crpljenje vode tokom eksploatacije većim kapacitetom od 3,5 (l/sek).

Potrebno je izvršiti sveobuhvatnu analizu vode s posebnim osvrtom na balneološke karakteristike.

Dobiveni rezultati ukazuju na perspektivnost makrolokaliteta u smislu daljnjih geotermičkih istraživanja i vodozahvata te se preporuča nastavak radova.

# TEHNIČKI PROFIL ISTRAŽNOEKSPLOATACIONE BUŠOTINE-„KIŠ“



## Prilog 2 Balneološka analiza vode bušotine BK-1

Broj: 7/3-17

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU MEDICINSKI FAKULTET  
ŠKOLA NARODNOG ZDRAVLJA "ANDRIJA ŠTAMPAR"  
ZAVOD ZA ZDRAVSTVENU EKOLOGIJU, MEDICINU RADA I SPORTA  
LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE VODA I BALNEOKLIMATOLOGIJU

REPUBLIKA HRVATSKA  
BJELOVARSKO - BILOGORSKA ŽUPANIJA  
GRAD BJELOVAR

|                        |         |                   |
|------------------------|---------|-------------------|
| Primiteno: 31-07-2017  |         |                   |
| Klasifikacijska oznaka |         | Organiz. jedinica |
|                        |         |                   |
| Uredbeni broj          | Priloga | Wjedaost          |
|                        |         |                   |

### BALNEOLOŠKA ANALIZA I MIŠLJENJE O MOGUĆNOSTI UPOTREBE TERMALNE BUŠOTINE BK-1 U KORENOVOM KOD BJELOVARA



ZAGREB  
2017.

Na temelju narudžbenice broj 22/17-a od 03. 07. 2017. grada Bjelovara, Trg Eugena Kvaternika 2 zatraženo je od Laboratorija za ispitivanje voda i balneoklimatologiju Škole narodnog zdravlja "Andrija Štampar" Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Rockefellerova 4, analiza vode bušotine BK-1 i balneološko mišljenje o mogućnosti primjene ispitane vode.

Dana 06. 07. 2017., izvršen je očevid izvorišta sa svrhom uzimanja uzoraka vode. Od strane Laboratorija za vode i balneoklimatologiju Škole narodnog zdravlja "Andrija Štampar" Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, izašli prof. dr. sc. Ankica Senta Marić, dipl. ing. Damir Andabaka i dipl. ing. Radovan Čepelak, a od strane grada Bjelovara kao investitora dipl. ing. Ivica Markovinović, mag.ing.silv Anamarija Vnouček. U svojstvu stručne ekipe, prof.dr.sc. Miroslav Golub i prof.dr.sc. Josip Mesec od Geotehničkog fakulteta, te stručni konzultanti za korištenje geotermalne energije mr.sc. Slobodan Kolbah i dipl. ing Mladen Škrlec. Uzorkovanje su izvršili dipl.ing. Damir Andabaka i dipl. ing. Radovan Čepelak, zapisnik vodila prof. dr. sc. Ankica Senta Marić. Svrha balneološke analize i mišljenja je da se na sada napuštenoj stočarskoj farmi izvidi mogućnost korištenja vode postojeće bušotine u rekreacijske ili balneološke svrhe na temelju kojeg bi se planiralo produbljenje bušotine s ciljem dobivanja vode više temperature. Drugim riječima sadašnja analiza bila bi pokazivala 0-to stanje za buduća istraživanja.

**kalcijeva-magnezijava-hidrogenkarbonatna, hipoterma**

min 651,5 mg/lit, Ca 53,95 mval % - Mg 29,7 mval % - HCO<sub>3</sub> 98,7 mval %,  
temp. vode 28,3 °C

Kao što je vidljivo prema balneološkoj klasifikaciji, voda ima jake balneološke karakteristike po temperaturi, te sadržaju dominantnih iona: kalcija, magnezija i hidrogenkarbonata koji ujedno čine balneološku karakteristiku vode.

**Prilog 3 Natječajna dokumentacija za Hrvatske vode**

(Program radova istražno-eksploatacijske bušotine BK-2)

Predano Naručitelju 17.svibnja 2018.



Sveučilište u Zagrebu  
GEOTEHNIČKI FAKULTET



Klasa: 303-02/17-02/101  
Urbroj: 2186-73-11-18-7  
Varaždin, 15. svibnja 2018. godine

**GRAD BJELOVAR**  
Trg Eugena Kvaternika 2  
43 000 BJELOVAR  
Upravni odjel za komunalne djelatnosti i uređenje prostora

**Predmet : PROGRAM RADOVA**

**Istražno - eksploatacijske bušotine BK-2 za istraživanje  
potencijala planiranja vodocrpilišta Veliko Korenovo kod Bjelovara**



**Voditelj projekta**

Prof. dr.sc Miroslav Golub, dipl.ing.

**Dekan**

Prof. dr.sc Ranko Biondić, dipl. ing.



GEOTEHNIČKI FAKULTET, Hallerova aleja 7, HR - 42000 Varaždin  
Tel.: + 385 (0)42 408 900, Faks: + 385 (0)42 313 587  
OIB: 16146181375 E - mail: ured.dekana@gfv.hr, www.gfv.unizg.hr