

STUDIJA GEOTERMALNIH POTENCIJALA FEDERACIJE BIH

DRAFT

August, 2026.

Ova publikacija objavljena je u okviru projekta koji realizuje Razvojni program Ujedinjenih nacija (UNDP) u partnerstvu sa Federalnim ministarstvom energije, rudarstva i industrije i drugim domaćim vlastima.

Sadržaj ove publikacije, kao i nalazi prikazani u njoj, ne odražavaju nužno stavove Razvojnog programa Ujedinjenih nacija (UNDP) niti partnera.

Naručilac	Izvršilac - konzorcij	
	GeoDa consulting d.o.o.	nLogic advisory
UNDP BIH Zmaja od Bosne bb, 71 000 Sarajevo Tel: Email:	**GeoDa Consulting d.o.o.** Ulica kralja Zvonimira 13 10000, Zagreb, Hrvatska Tel: +385 1 5556 561 Fax: +387 33 869 008 E-mail: info@geoda.hr Web: **www.geoda.hr**	**nLogic d.o.o. Sarajevo** Đoke Mazalića 2 71000 Sarajevo, BiH Tel: +387 33 863 951 Fax: +387 33 869 008 E-mail: info@nlogic.ba Web: **www.nlogic.ba**
Kontakt osoba Fejsal Ćorović	**Voditelj tima** Željka Sladović, MSc. geolog	
	Članovi tima Ivan Mesić, MSci. geolog. Mladen Validžić, MSci. geolog. Nihad Harbaš, Mr. dipl.ing.maš. Mirza Muratović, dipl.ecc. Asja Herenda, Mr. dipl.ing.arh. Elvedin Šabanović, PhD.Sci.biolog. Nermin Taletović, Mr. dipl.ing.geol. Emina Sijahović, PhD.Sci.agrik. Adnan Hodžić, BA turizma i okoliša Kemal Hodžić. Mr. prost.plan.	
	Saradnici Neven Šuica, dipl.ing.geol. Srebrenka Matej, MSci. geolog. Meho Kulovac, Mr.dipl.ing.maš. Ali Damadžić, Mr.dipl.ing.el. Amira Kasumović, Mr. kvaliteta Belmin Malagić, BA prost.plan. Hamdija Mujezin, Mr.dipl.ing.maš. Ajla Imamović, Mr.dipl.ing.maš. Selma Buljko, Mr.ecc.	
	Broj projekta NL-RES-001/26	
	Datum August, 2026	

Sadržaj

Rječnik pojmova VI
Popis slika VIII
Popis tabela X
1 Sažetak 1
2 Uvod 2
3 Osnovne informacije o geotermalnoj energiji 3
3.1 Historija i razvoj geotermalne energije 4
3.1.1 Primjena geotermalne energije u ključnim sektorima 6
3.1.2 Historija i razvoj geotermalne energije u odabranim zemljama okruženja 7
3.2 Metode korištenja geotermalne energije 13
3.2.1 Konvektivna geotermalna ležišta 14
3.2.2 Konduktivna geotermalna ležišta 16
3.2.3 Intrakratonski bazeni 17
3.3 Primjena geotermalne energije 18
3.3.1 Direktna upotreba geotermalne energije 18
3.3.2 Geotermalna energija u poljoprivredi i proizvodnji hrane 20
3.3.3 Indirektna upotreba geotermalne energije za proizvodnju električne energije 23
3.3.4 Kaskadno korištenje geotermalne energije 34
3.4 Metodologija kvantitativne procjene geotermalnog potencijala 35
3.5 Utjecaj korištenja geotermalne energije na okoliš 38
3.6 Ekonomska isplativost korištenja geotermalne energije 39
3.6.1 Ekonomski rizici 40
3.7 Prednosti i nedostaci korištenja geotermalne energije 44
3.7.1 Ekološke i klimatske prednosti 45
3.7.2 Ekonomski i finansijski aspekti 46
3.7.3 Tehnološke prednosti i ograničenja 46
3.7.4 Geološki i lokacijski faktori 47
3.7.5 Društveni i regulatorni aspekti 49
3.7.6 Prednosti korištenja geotermalne energije 50
3.7.7 Nedostaci korištenja geotermalne energije 51
4 Strateški i zakonodavni okvir za istraživanje i eksploataciju geotermalne energije u Federaciji BiH 53

4.1 Pregled postojećeg zakonodavstva u Federaciji BiH u vezi s istraživanjem, eksploatacijom, korištenjem i zaštitom geotermalne energije, ...53
4.1.1 Geološki podaci i podzemna istraživanja 53
4.1.2 Voda, termalne i mineralne vode 55
4.1.3 Zaštita okoliša i prostorno planiranje 55
4.1.4 Energetsko zakonodavstvo i geotermalna energija kao obnovljivi resurs 56
4.1.5 Zakoni na državnom nivou i drugi relevantni zakoni 58
4.2 Pregled mehanizama podrške (podsticaji, finansijski aranžmani) za istraživanje i korištenje geotermalne energije i poređenje sa zemljama u regionu i šire 59
4.3 Institucionalni okvir 61
4.4 Dostupnost podataka 64
4.5 Poređenje regulatornih okvira u Federaciji BiH s drugim zemljama u regiji i liderima u korištenju geotermalne energije u Evropi 65
4.5.1 Regulatorni okviri u zemljama u regiji i europskim liderima u korištenju geotermalne energije 65
4.5.2 Strateški kontekst EU za geotermalnu energiju u FBIH 78
4.5.3 Strateški kontekst UN-a za geotermalnu energiju u FBIH 78
4.6 Preporuke za unapređenje zakonodavnog, institucionalnog i provedbenog okvira za istraživanje i korištenje geotermalne energije 79
4.6.1 Integrirano upravljanje dubinskim geološkim resursima i podzemnim prostorom 79
4.6.2 Jasno definisanje regulatorne podjele 81
4.6.3 Centralna baza podataka o geotermalnim i dubinskim geološkim resursima 82
4.6.4 Standardizacija metodologije istraživanja i procjene resursa 83
4.6.5 Uređenje faza istraživanja i prijelaza u eksploataciju 84
4.6.6 Pojednostavljenje i koordinacija dozvolnih postupaka 85
4.6.7 Određivanje prioritetnih područja za daljnja istraživanja 85
4.6.8 Javni pozivi za istraživanje prioritetnih područja 86
4.6.9 Reinjektiranje i održivo upravljanje ležištem 87
4.6.10 Mehanizmi smanjenja geološkog i investicijskog rizika 87
4.6.11 Poticanje direktnog i kaskadnog korištenja toplote 88
4.6.12 Strateško planiranje i Federalni program razvoja geotermalnih resursa 88
4.6.13 Prioritetne kratkoročne mjere 89
5 Pregled prethodnih istraživanja geotermalne energije u Federaciji BiH 90
5.1 Historija istraživanja 90
5.1.1 Antičko, srednjovjekovno i osmansko korištenje termalnih voda 90

5.1.2 Početak naučnih istraživanja u 19. i 20. stoljeću....91
5.1.3 Sistematska geotermalna istraživanja od 1970-ih do 1990 ih....92
5.1.4 Savremena saznanja o geotermalnim resursima Bosne i Hercegovine....93
5.1.5 Današnje korištenje i razvojni projekti....94
5.2 Klasifikacija hidrogeotermalnih resursa....95
5.3 Procjena trenutne relevantnosti rezultata istraživanja....100
5.4 Model finansiranja u prethodnim istraživanjima....104
5.4.1 Finansijski okvir i indikativni troškovi za BiH....105
6 Osnovni geološki podaci za Federaciju BiH....106
6.1 Geološke karakteristike tektonostratigrafskih jedinica s naglaskom na geotermalnu energiju....106
6.1.1 Litostratigrafske karakteristike tektonostratigrafskih jedinica....109
6.1.2 Neotektonske karakteristike tektonostratigrafskih jedinica....117
6.1.3 Neotektonika tektonostratigrafskih jedinica....122
6.1.4 Termalna obilježja....127
6.1.5 Geohemijska obilježja....136
7 Geotermalni potencijal u Federaciji BiH....143
7.1 Dostupni podaci....143
7.2 Trenutno korištenje geotermalnih resursa....143
7.3 Pokazatelji geotermalnog potencijala....144
7.3.1 Termalne vode....146
7.3.2 Termomineralne vode....146
7.4 Zoniranje geotermalnog potencijala – tektonostratigrafske zone....147
7.4.1 Unsko-sanski paleozojski masiv....148
7.4.2 Mezozojski masiv sjeverozapadne Bosne....148
7.4.3 Mezozojsko-tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne....152
7.4.4 Ofiolitski masiv....158
7.4.5 Mezozojski srednjobosanski masiv....161
7.4.6 Srednjebosanski paleozojski masiv....165
7.4.7 Srednjobosanski mezozojski basen....168
7.4.8 Paleozojski masiv jugoistočne Bosne....171
7.4.9 Geotermalne zone-zaključak....173
7.4.10 Preliminarna procjena volumena vode u dubljim potencijalnim vodonosnicima 174
7.4.11 Regionalni energetski okvir do 3000 m i 3000- m....179

7.5 Količine toplote koju je moguće pridobiti iz geotermalne vode – pregled po kantonima 182
7.5.1 Zeničko-dobojski kanton 182
7.5.2 Sarajevski kanton 187
7.5.3 Srednjebosanski kanton 188
7.5.4 Tuzlanski kanton 191
7.5.5 Unsko sanski kanton 196
7.5.6 Posavski kanton 198
7.6 Procjena potencijala geotermalne energije za grijanje i hlađenje (duboka i plitka geotermalna energija) 200
7.7 Procjena geotermalnog potencijala za proizvodnju električne energije 202
8 Mogućnosti korištenja geotermalne energije u FBiH 206
8.1 Korištenje geotermalne energije za proizvodnju toplote 206
8.2 Korištenje geotermalne energije za proizvodnju električne energije 208
8.3 Korištenje geotermalne energije u poljoprivredi 212
8.4 Korištenje geotermalne energije u turizmu i balneologiji 213
8.5 Korištenje geotermalne energije u druge svrhe (ribnjaci, topljenje snijega itd.) 215
8.6 Korištenje plitke geotermalne energije 216
9 Preporuke za daljnja istraživanja usmjerena na razvoj i korištenje geotermalnog potencijala 219
9.1 Nivo istraživanja geotermalne energije u Federaciji BiH 220
9.2 Kriteriji za određivanje prioriteta istraživanja i korištenja geotermalne energije u Federaciji BiH 220
9.2.1 Geološki kriteriji 220
9.2.2 Energetski kriteriji 221
9.2.3 Tehnički kriteriji 221
9.2.4 Ekonomski kriteriji 221
9.2.5 Okolišni kriteriji 221
9.2.6 Razvojni kriteriji 221
9.3 Prioriteti istraživanja 221
9.3.1 Prioritetna područja i regije za istraživanje i korištenje geotermalne energije u Federaciji BiH 222
9.4 Očekivani utjecaji na energetski sektor i smanjenje proizvodnje energije iz termoelektrana 225
9.4.1 Potencijalni doprinos geotermalne energije 225
9.4.2 Utjecaj na proizvodnju električne energije iz termoelektrana 226

9.4.3 Dugoročni značaj za energetsku tranziciju 226
9.5 Tehnike i tehnologije za daljne istraživanje geotermalne energije 226
9.5.1 Geofizička mjerenja 226
9.5.2 Bušenje 230
9.6 Tehnike i tehnologije za korištenje geotermalne energije 233
10 Analiza prostornih kapaciteta i uslova za istraživanje i korištenje geotermalnog potencijala 234
10.1 Usklađenost korištenja geotermalne energije sa strategijama, programima i prostornim planiranjem 234
10.2 Analiza potreba lokalnih zajednica i tehnička izvodljivost korištenja geotermalne energije za grijanje, hlađenje i kaskadne namjene (npr. poljoprivreda, itd.) 237
10.3 Potencijal eksploatacije i metode korištenja od strane krajnjih korisnika/lokalnih zajednica 238
11 Procjena uticaja na okolinu tokom istraživanja i korištenja geotermalne energije i preporuke za zaštitne mjere 240
11.1 Procjena uticaja na okolinu i zaštitne mjere u fazi istraživanja 240
11.2 Procjena uticaja na okolinu i zaštitne mjere u fazi eksploatacije. 242
12 Glavne ekonomske koristi korištenja geotermalne energije 245
13 Potencijalne barijere za razvoj geotermalne energije i preporuke za njihovo uklanjanje 252
14 Zaključak 254
15 Izvori podataka 258
16 ANEX/TABELE/GRAFIČKI PRILOZI 262
17 UNSKO-SANSKI KANTON 274
18 POSAVSKI KANTON 276
19 TUZLANSKI KANTON 277
20 ZENIČKO-DOBOJSKI KANTON 279
21 BOSANSKO-PODRINJSKI KANTON 281
22 SREDNJOBOSANSKI KANTON 282
23 HERCEGOVAČKO-NERETVANSKI KANTON 284
24 ZAPADNOHERCEGOVAČKI KANTON 285
25 KANTON SARAJEVO 286

Rječnik pojmova

2D seizmika	Dvodimenzionalna seizmička istraživanja
3D seizmika	Trodimenzionalna seizmička istraživanja
ANUBiH	Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine
BiH	Bosna i Hercegovina
CHP	Combined Heat and Power (kombinovana proizvodnja toplote i električne energije)
CRM	Critical Raw Materials (kritične sirovine)
DKP	Dinarska karbonatna platforma
DOZ	Dinarska ofiolitna zona
EGS	Enhanced Geothermal Systems (poboljšani geotermalni sistemi)
EIA	Environmental Impact Assessment (procjena uticaja na okoliš)
ESIA	Environmental and Social Impact Assessment (procjena uticaja na okoliš i društvo)
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program
ETS	Emissions Trading System (sistem trgovine emisijama)
EU	Evropska unija
FBiH	Federacija Bosne i Hercegovine
FERK	Regulatorna komisija za energiju u Federaciji Bosne i Hercegovine
FHMZ	Federalni hidrometeorološki zavod
FMERI	Federalno ministarstvo energije, rudarstva i industrije
FZZG	Federalni zavod za geologiju
GIS	Geografski informacioni sistem
GPoS	Geothermal Play/System (geotermalni sistem / koncept geotermalnog ležišta)
GSHP	Ground Source Heat Pump (toplotna pumpa zemlja–voda)
MT	Magnetotelurska metoda
NDC	Nationally Determined Contributions (nacionalno utvrđeni doprinosi)

NECP	National Energy and Climate Plan (nacionalni energetski i klimatski plan)
OIE	Obnovljivi izvori energije
ORC	Organic Rankine Cycle (organski Rankineov ciklus)
PAT	Paleozojsko–trijaski alohton
PRB	Panonski rub
RED II / RED III	Direktiva Evropske unije o obnovljivim izvorima energije
RES	Renewable Energy Sources (obnovljivi izvori energije)
RGGF	Rudarsko-geološko-građevinski fakultet
RS	Republika Srpska
SDG	Sustainable Development Goals (ciljevi održivog razvoja)
SMB	Srednjobosanski mezozojski basen
TENE	Trans-European Energy Networks (transevropske energetske mreže)
UN	Ujedinjene nacije
UNDP	Razvojni program Ujedinjenih nacija
UNECE	Ekonomska komisija Ujedinjenih nacija za Evropu
UNFCCC	Okvirna konvencija Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama

Popis slika

Slika 3-1- Hidrotermalni sistem (izvor: https://www.inforse.org/) 3
Slika 3-2 - Petrotermalni sistem (izvor: https://www.cfgservices.fr/ 4
Slika 3-3 – Prikaz korištenja geotermalne energije kroz historiju 6
Slika 3-4 - Korištenje geotermalne energije u skladu s temperaturom geotermalnog fluida Izvor: Nguyen et al., 2015, zasnovano na Lindal, 1973. 7
Slika 3-5- Konvektivna aktivna ležišta s mladim vulkanizmom (izvor: prema Moeck et al., 2014). 14
Slika 3-6– Konvektivna geotermalna ležišta sa plutonizmom mlađim od tri miliona godina (izvor: prema Moeck et al., 2014) 15
Slika 3-7- Shematski prikaz konvektivnih nemagmatskih prostora; strelice pokazuju smjer širenja kore; 16
Slika 3-8 - Tipična konfiguracija intrakratonskog sedimentnog bazena s jarcima ili subbazenima (izvor: prema Moeck et al., 2014) 18
Slika 3-9- Glavne komponente geotermalnog sistema daljinskog grijanja Izvor: EGEC 19
Slika 3-10 - Shematski prikaz različitih izvedbi sistema grijanja staklenika 21
Slika 3-11- Sistem sušenja koji koristi geotermalnu energiju Izvor: Van Nguyen et al., 2015. 22
Slika 3-12 - Slika Rezervoar za predgrijavanje i zagrijavanje hrane sa spiralnim cijevima Izvor: Van Nguyen et al., 2015. 22
Slika 3-13 - Shematski prikaz korištenja geotermalne energije u akvakulturi 23
Slika 3-14- Shema geotermalne elektrane sa direktnom suhom parom 25
Slika 3-15 - Shema geotermalne elektrane na vruću paru 26
Slika 3-16 - Shema geotermalne elektrane s binarnim ciklusom 28
Slika 3-17 - Izbor optimalnog radnog fluida za različite temperature geotermalne vode 29
Slika 3-18 - Shema kombinovane geotermalne elektrane 30
Slika 3-19 - Modularna geotermalna elektrana, Fludir, Island Izvor: ThinkGeoEnergy 32
Slika 3-20 - Shema kaskadnog korištenja geotermalne energije Izvor: Van Nguyen et al., 2015. 35
Slika 3-21 - Geotermalni proces sa faznim uvodom 35
Slika 3-22 - Slika Rizici i investicije duž vremenskog plana geotermalnog projekta Izvor: Gehringer i Loksha, 2012 42
Slika 4-1 - Institucionalni okvir relevantan za geotermalna istraživanja i razvoj u FBIH 62
Slika 4-2 Predloženi model upravljanja istraživanjem i korištenjem geotermalnih i drugih dubinskih geoloških resursa u Federaciji Bosne i Hercegovine 81
Slika 5-1 Temperature lokaliteta 98
Slika 5-2 Lokacije termalnih, termomineralnih i mineralnih voda u Bosni i Hercegovini 99
Slika 6-1– Geološka mapa BIH (Hrvatović, 2000) 107
Slika 6-2 Osnovne geotektonske jedinice Dinarida Bosne i Hercegovine (prema S. Čičiću 1984.) 108
Slika 6-3 Litostratigrafski stub mezozojskih i tercijarnih tvorevina u Spoljašnjim Dinaridima Bosne i Hercegovine (prema Čičić, S., Kulenović, E. i Mojićević, M.). 113
Slika 6-4 Litostratigrafski stub fanerozojskih tvorevina u Središnjim Dinaridima Bosne i Hercegovine (S. Čičić, E kulenović i M. Mojićević) 115
Slika 6-5 Litostratigrafski stub fanerozojskih tvorevina u Unutrašnjim Dinaridima Bosne i Hercegovine (S. Čičić, E kulenović i M. Mojićević) 117

SLIKA 6-6 SHEMATSKI PRIKAZ GLAVNIH STRUKTURA DINARIDA BOSNE I HERCEGOVINE 118
SLIKA 6-7 GLAVNE STRUKTURE U DINARIDIMA BIH S NAZNAČENIM AKTIVNIM RASJEDIMA 124
SLIKA 6-8 REŽIMI TEKTONSKOG NAPREZANJA U BIH 126
SLIKA 6-9 DINARSKA, PANONSKA I PRIJELAZNA ZONA KORE 127
SLIKA 6-10 GEOTERMALNI GRADIJENTI U BIH 136
SLIKA 6-11 GEOHEMIJSKA ANALIZA – BUSOVAČKI RASJED 142
SLIKA 7-1 TERMALNA VODA SA IZVORISTA GATA, BIHAC 2025 146
SLIKA 7-2 TERMOMINERALNE VODE U KOMPLEKSU TERME ILIDŽA 2025 (IZVOR: GOOGLE MAPS) 147
SLIKA 7-3 ISJEČAK OGK SFRJ 1:100 000, LIST SLUNJ OKOLICE VELIKE KLADUŠE (KOROLIJA ET AL., 1980) 149
SLIKA 7-4 LITOSTRATIGRAFSKI STUP BUŠOTINE VKT-1 150
SLIKA 7-5 GEOHEMIJSKI KOMPOZIT UNSKO-SANSKI MASIV 151
SLIKA 7-6 GEOHEMIJSKI KOMPOZIT GRADAČAC-DOMALJEVAC 155
SLIKA 7-7 GEOHEMIJSKI KOMPOZIT GRAČANICA-TUZLA 157
SLIKA 7-8 GEOLOŠKA KARTA OLOVA 159
SLIKA 7-9 TEKTONSKA KARTA OLOVA 160
SLIKA 7-10 GEOHEMIJSKI KOMPOZIT TIČIĆI RIBNICA 163
SLIKA 7-11 SEIZMOTEKTONSKA KARTA TICICI 164
SLIKA 7-12 SHEMATSKI PRIKAZ PRESJEKA KROZ SARAJEVSKO ZENIČKI BASEN 165
SLIKA 7-13 SREDNJEBOSANSKI PALEOZOJSKI MASIV 167
SLIKA 7-14 GEOHEMIJSKI KOMPOZIT SARAJEVO – ILIDŽA 170
SLIKA 7-15 GEOHEMIJSKI KOMPOZIT PALEOZOJSKI MASIV JUGOISTOCNE BOSNE 172
SLIKA 7-16 PRORACUN VOLUMENA GEOTERMALNE VODE - DOMALJEVAC 176
SLIKA 7-17 PRORACUN VOLUMENA GEOTERMALNE VODE - TUZLA 177
SLIKA 7-18 PRORAČUN VOLUMENA GEOTERMALNE VODE - KAKANJ 178
SLIKA 7-19 PRORAČUN VOLUMENA GEOTERMALNE VODE - KLADUŠA 179
SLIKA 7-20 POTENCIJAL ENERGETSKOG ISKORIŠTAVANJA ENERGIJE ZA GRIJANJE I HLAĐENJE 202
SLIKA 7-21 POTENCIJAL ENERGETSKOG ISKORIŠTAVANJA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE 205
SLIKA 8-1 - ENERGETSKA STRUKTURA DALJINSKOG GRIJANJA U FBIH 207
SLIKA 8-2 – MODULARNA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ GEOTERMALNIH VODA NIŽIH TEMPERATURA 210
SLIKA 8-3 - PRIMJER KASKADNOG KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE 211
SLIKA 8-4 - PRINCIP RADA GEOTERMALNE TOPLOTNE PUMPE 218
SLIKA 9-1 BUŠAĆE POSTROJENJE IDECO-301 232

Popis tabela

TABELA 3-1 MJERE ZA SMANJENJE RIZIKA U GEOTERMALNIM PROJEKTIMA 52
TABELA 4-1 UPOREDNI REGULATORNI REŽIMI PO ZEMLJAMA 66
TABELA 4-2 PREGLED REGULATORNOG OKVIRA ZA GEOTERMALNE VODE ZA ENERGETSKE SVRHE U HRVATSKOJ 69
TABELA 4-3 KLASIFIKACIJA GEOTERMALNIH RESURSA PREMA ENTALPIJI I NJIHOVOJ UOBICAJENOJ NAMJENI.....73
TABELA 4-4 PREGLED REGULATORNOG OKVIRA ZA GEOTERMALNE VODE ZA ENERGETSKE SVRHE U ITALIJI 74
TABELA 4-5 PREGLED REGULATORNOG OKVIRA ZA GEOTERMALNE VODE ZA ENERGETSKE SVRHE U FRANCUSKOJ 76
TABELA 5-1 KORIŠTENJE TERMALNIH I MINERALNIH VODA U FBIH TOKOM RIMSKOG I OSMANSKOG PERIODA .. 91
TABELA 5-2 OSNOVNA KLASIFIKACIJA PODZEMNIH VODA PREMA TEMPERATURE I MINERALIZACIJI 96
TABELA 5-3 KLASIFIKACIJA VODE PRMEA TEMPERATURI 97
TABELA 5-4 KLASIFIKACIJA GEOTERMALNIH RESURSA PREMA TEMPERATURI (PRILAGOĐENO PREMA EGEC / IEA) 97
TABELA 5-5 LOKACIJE IZVORA TERMALNE I TERMOMINERALNE VODE U BOSNI I HERCEGOVINI 100
TABELA 5-6 RAJONIZACIJA GEOTERMALNOG POTENCIJALA DO DUBINE OD 5000M (N. MIOŠIĆ I S.ČIČIĆ 1986.) 102
TABELA 6-1 SREDNJI CLARKOV SADRŽAJ RADIOAKTIVNIH ELEMENATA U STIJENAMA I KOLIČINA RADIOGENE TOPLOTE 129
TABELA 6-2 TEMPERATURA I GEOTERMALNI GRADIJENTI POJEDINIH BUŠOTINA U BOSNI I HERCEGOVINI.....132
TABELA 6-3 TOPLOTNA VODLJIVOST STIJENA POJEDINIH LOKALNOSTI BIH 134
TABELA 6-4 GEOTERMALNI KONDUKTIVNO-KONVEKTIVNI PARAMETRI HIDROGEOTERMALNIH REGIONA NA RAZNIM DUBINAMA (MIOŠIĆ, 2003) 135
TABELA 7-1 PRIKAZ KORISTENJA GEOTERMALNIH POTENCIJALA U FBIH (PREMA PODACIMA MIOSIC, SAMARDZIC I HRVATOVIC, 2010.) 144
TABELA 7-2 GEOTERMALNE POJAVE, PRORACUN SNAGE 145
TABELA 7-3 RASPOLOZIVI POTENCIJALI LEZISTA TERMALNIH I TERMOMINERALNIH VODA.....147
TABELA 7-4 NAJZNACAJNIJI GEOTERMALNI LOKALITETI SJEVERNE BOSNE.....153
TABELA 7-5 IZVORI OLOVO 160
TABELA 7-6 HIDROGEOTERMALNI POTENCIJALI, RESURSI I REZERVE BOSNE I HERCEGOVINE (MIOŠIĆ, 1995) 180
TABELA 7-7 ENERGETSKI PRORACUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE -OLOVO 183
TABELA 7-8 ENERGETSKI PRORAČUN OBNOVLJENE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE UZ KORIŠTENJE PUMPE - - OLOVO 183
TABELA 7-9 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA OLOVO I RAZVOJNI POTENCIJAL..... 184
TABELA 7-10 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA LOKALITETA OLOVO 185
TABELA 7-11 ENERGETSKI PRORACUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE - KAKANJ..... 186
TABELA 7-12 KLJUCNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEZISTA KAKANJ I RAZVOJNI POTENCIJAL 186
TABELA 7-13 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA LOKALITETA OLOVO.....187
TABELA 7-14 ENERGETSKI PRORACUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE – LJETNA POZORNICA 187
TABELA 7-15 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA SARAJEVSKI KANTON – ILIDŽA/LJETNA POZORNICA I RAZVOJNI POTENCIJAL..... 188
TABELA 7-16 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA SARAJEVSKI KANTON – ILIDŽA/LJETNA POZORNICA 188

TABELA 7-17 ENERGETSKI PRORACUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE - FOJNICA 189
TABELA 7-18 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA FOJNICA I RAZVOJNI POTENCIJAL..... 190
TABELA 7-19 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA FOJNICE 190
TABELA 7-20 PREGLED TEMPERATURE PREMA DUBINI MJERENJA – TUZLA 191
TABELA 7-21 ENERGETSKI PRORACCUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE - TUZLA 192
TABELA 7-22 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA - TUZLA..... 192
TABELA 7-23 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA - TUZLA 192
TABELA 7-24 ENERGETSKI PRORACUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE - GRACANICA..... 194
TABELA 7-25 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA GRAČANICA 194
TABELA 7-26 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA SARAJEVSKI KANTON – ILIDŽA/LJETNA POZORNICA 194
TABELA 7-27 ENERGETSKI PRORACUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE - GRADACAC 195
TABELA 7-28 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA - GRADAČAC 195
TABELA 7-29 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA - GRADACAC 195
TABELA 7-30 ENERGETSKI PRORACUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE - BIHAC 196
TABELA 7-31 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA - BIHAĆ..... 196
TABELA 7-32 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA - BIHAC 197
TABELA 7-33 SANSKI MOST 198
TABELA 7-34 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA – SANSKI MOST..... 198
TABELA 7-35 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA - SANSKI MOST 198
TABELA 7-36 ENERGETSKI PRORACUN POSTOJECE PROIZVODNE INFRASTRUKTURE – DOMALJEVAC-ŠAMAC 199
TABELA 7-37 KLJUČNE KARAKTERISTIKE GEOTERMALNOG LEŽIŠTA DOMALJEVAC - ŠAMAC 199
TABELA 7-38 PROCJENA RAZVOJNOG POTENCIJALA - DOMALJEVAC - ŠAMAC..... 200
TABELA 7-39 PROCJENA ENERGETSKOG POTENCIJALA FBIH 200
TABELA 7-40 MOGUĆA NETO ELEKTRIČNA SNAGA ZA RAZLIČITE TEMPERATURE I PROTOKE 203
TABELA 8-1 - POTENCIJALNE LOKACIJE ZA PILOT PROJEKTE GRIJANJA..... 208
TABELA 8-2 - POTENCIJALNE LOKACIJE ZA PILOT PROJEKTE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE 210
TABELA 9-1 - PRIORITETNI PROJEKTI..... 224
TABELA 9-2 GEOFIZIČKE METODE 228
TABELA 9-3 METODE DANJIH RADOVA 232
TABELA 9-4: OBLICI KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE, PREPORUČENE TEHNOLOGIJE I PRIORITET PRIMJENE U FBIH.....233
TABELA 10-1 - USKLAĐENOST POTENCIJALNIH LOKACIJA ZA RAZVOJ GEOTERMALNE ENERGIJE SA STRATEŠKIM I PLANSKIM DOKUMENTIMA.....237
TABELA 10-2 - POTENCIJALNI MODELI KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE OD STRANE KRAJNJIH KORISNIKA U FBIH 239
TABELA 12-1 - EKONOMSKA PERSPEKTIVA ZONA.....251
TABELA 14-1 – SWOT ANALIZA SEKTORA GEOTERMALNE ENERGIJE U FBIH 257
TABELA 16-1 - RELEVANTNI ZAKONI, POLITIKE I STRATEŠKI DOKUMENTI 263
TABELA 16-2 RELEVANTNI EU DOKUMENTI I REGULATIVE..... 264
TABELA 16-3 RELEVANTNI UN DOKUMENTI I REGULATIVE 265
TABELA 16-4 VLADINA I REGULATORNA TIJELA FBIH VEZANA UZ GEOTERMALNU ENERGIJU 267
TABELA 16-5 ADRESE INSTITUTA I AGENCIJA ZA DOHVAT PODATAKA 268

1 Sažetak

Studija geotermalnih potencijala Federacije Bosne i Hercegovine pruža sveobuhvatnu analizu postojećih podataka, geoloških uvjeta i mogućnosti korištenja geotermalne energije s ciljem procjene njenog energetskog i razvojnog potencijala.

Analiza je zasnovana na dostupnim prostornim, geološkim i geohemijskim podacima za ukupno 448 lokaliteta, uključujući izvore, bunare i bušotine termalnih i termomineralnih voda. Rezultati ukazuju na izraženu varijabilnost temperatura, uz dominaciju niskotemperaturnih geotermalnih sistema, gdje najveći broj lokaliteta ima temperature u rasponu od 10 do 30 °C, dok manji broj lokaliteta pokazuje temperature iznad 50 °C, s maksimalno zabilježenim vrijednostima do približno 96 °C.

Geotermalni resursi u FBiH pretežno su povezani s karbonatnim vodonosnicima i strukturnim zonama koje omogućavaju cirkulaciju fluida, dok se u sjevernim dijelovima javljaju i sedimentni rezervoari većih dubina. Najveći potencijal za energetsko korištenje vezan je uz lokalizirane geotermalne anomalije s povišenim temperaturama, koje predstavljaju ključne ciljeve za daljnja istraživanja.

Trenutno korištenje geotermalne energije u Federaciji BiH ograničeno je uglavnom na balneološke svrhe, rekreaciju i djelimično grijanje, dok je energetski potencijal u velikoj mjeri nedovoljno iskorišten. Postoji značajan prostor za proširenje primjene u sektorima daljinskog grijanja, poljoprivrede i industrije, dok je proizvodnja električne energije moguća u ograničenom broju lokaliteta s povišenim temperaturama, uz primjenu savremenih tehnologija poput binarnih (ORC) modularnih elektrana.

Studija identificira ključne prioritetne lokacije za razvoj geotermalnih projekata na području opština Sarajevo-Ilidža, Tuzla, Domaljevac, Kakanj, Olovo i Fojnica. Razvoj ovih lokaliteta zahtijeva dodatna geofizička istraživanja, bušenje i izradu detaljnih geološko-rezervoarskih modela.

Ključni izazovi u razvoju geotermalne energije uključuju ograničenu dostupnost dubinskih podataka, nedostatak sistematskih geofizičkih istraživanja i bušotinskih informacija, kao i institucionalne i regulatorne prepreke. Istovremeno, postoje značajne prilike kroz usklađivanje s energetskim i klimatskim ciljevima Evropske unije, posebno u segmentu dekarbonizacije grijanja i povećanja udjela obnovljivih izvora energije.

Zaključno, geotermalni potencijal Federacije Bosne i Hercegovine dominantno je niskotemperaturnog karaktera, ali uz prisustvo perspektivnih zona viših temperatura koje omogućavaju razvoj energetskih projekata. Sisteman pristup istraživanjima, uz integraciju geoloških, geofizičkih i bušotinskih podataka, predstavlja ključni preduvjet za budući razvoj i efikasno korištenje ovog resursa.

2 Uvod

Federacija Bosne i Hercegovine (FBIH) pokušava diverzificirati svoj energetski portfolio, smanjiti ovisnost o fosilnim gorivima i ojačati dugoročnu energetsku sigurnost. Geotermalna energija predstavlja uglavnom neiskorišteni domaći resurs sa značajnim potencijalom za grijanje u industriji i poljoprivredi, te buduću integraciju u sisteme daljinske energetike. Osim toga, postoji i mogućnost proizvodnje električne energije. Pojedinačne geotermalne manifestacije i izvori termalne vode su dobro poznati, a cilj Studije je izvršiti sveobuhvatnu, sistematsku i modernu procjenu geotermalnog potencijala Federacije Bosne i Hercegovine.

Ova studija ima za cilj uspostavljanje naučno utemeljene osnove za razvoj geotermalne energije, prikupljanjem, analizom i interpretacijom svih dostupnih geoloških, hidrogeoloških, geofizičkih i geotermalnih podataka za FBIH. Studija će podržati donošenje odluka zasnovanih na dokazima, usmjeravati buduće programe istraživanja i pružiti strateške preporuke za održivo korištenje resursa.

Općenito govoreći, Studija obuhvata cijelu teritoriju FBIH kao primarni prostorni obuhvat, uključujući svih deset kantona i pripadajućih općina gdje su geotermalne manifestacije, termomineralne vode ili potencijalni geotermalni rezervoari identificirani ili se očekuju na osnovu geoloških karakteristika. Prostorna analiza obuhvata i duboke i plitke geotermalne sisteme, sve poznate izvore, bunare, bušotine, geološke jedinice, rasjedne sisteme, hidrogeološke strukture i područja s potencijalnim geotermalnim gradijentima.

Granice projekta definirane su dostupnošću i pouzdanošću postojećih geoloških, hidrogeoloških, geofizičkih i geotermalnih podataka. Procjena se fokusira na geotermalne resurse relevantne za proizvodnju toplote (za daljinsko grijanje), proizvodnju električne energije, kaskadno korištenje, balneologiju, turizam, i poljoprivredu, unutar administrativnih granica FBIH.

Za potrebe izrade Studije, eksploatacioni podaci prikupljeni su od zvaničnih institucija i istraživačkih organizacija. Relevantni objavljeni naučni radovi i recenzirana literatura konsultovani su i korišteni kao prateći dokazi tokom pripreme ove studije.

3 Osnovne informacije o geotermalnoj energiji

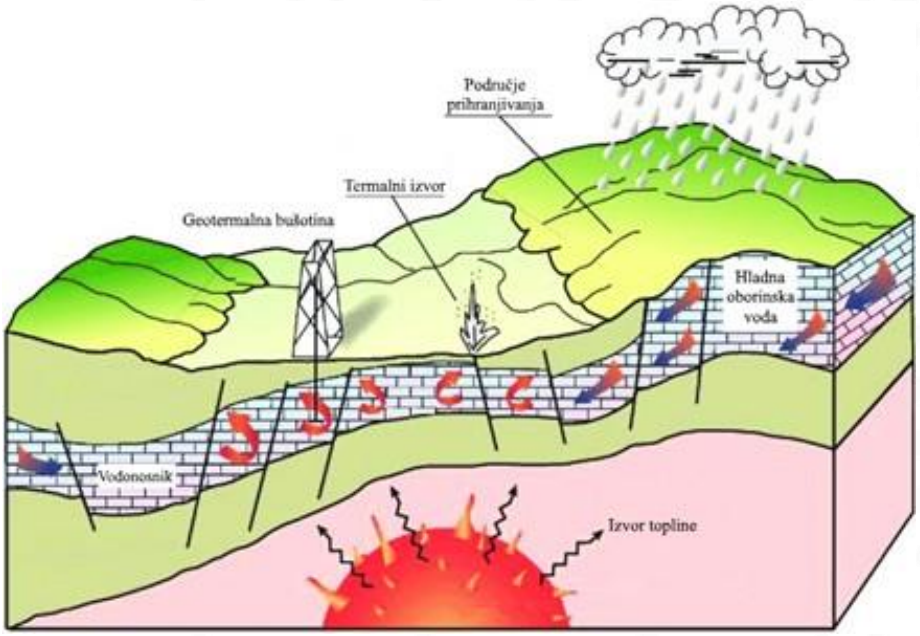
Geotermalna energija predstavlja pouzdan, obnovljiv i niskougljični izvor energije, koji karakterizira visoka sigurnost opskrbe, sposobnost osnovnog opterećenja i dugoročna održivost.

Geotermalna energija je toplotna energija pohranjena ispod Zemljine površine, a potiče prvenstveno od prirodnog raspada radioaktivnih izotopa i preostale toplote od formiranja planeta. Ova toplota kontinuirano teče iz Zemljine unutrašnjosti prema površini i može se iskoristiti u skladu s entalpijom sistema za različite svrhe, uključujući proizvodnju električne energije, daljinsko grijanje, industrijske procese, poljoprivredu, turizam te grijanje i hlađenje stambenih objekata.

Postoje dvije glavne vrste geotermalnih sistema:

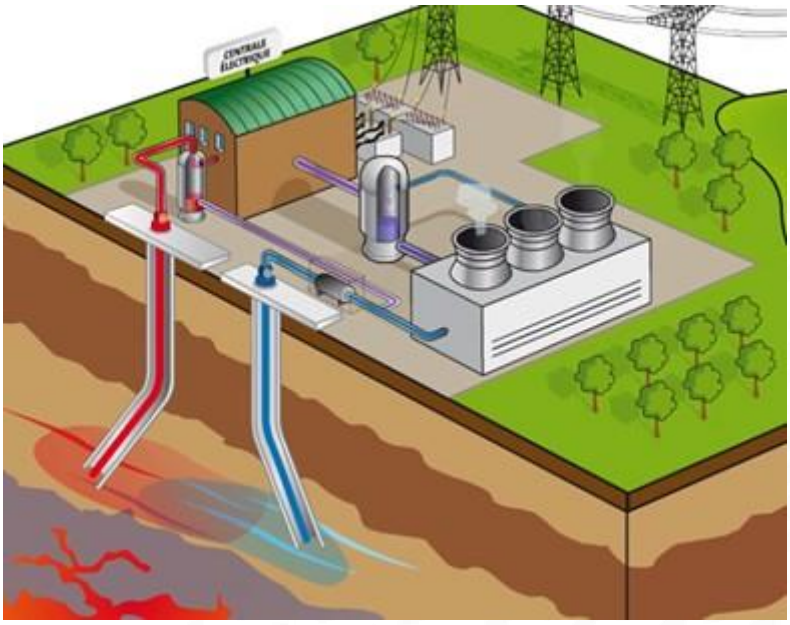
- ✓ hidrotermalni sistemi i
- ✓ petrotermalni sistemi.

Hidrotermalni sistem se odnosi na geotermalne rezervoare koji sadrže dovoljno prirodne toplote, gdje stijene imaju visoku propusnost koja omogućava protok fluida i omogućava prirodno punjenje sistema vodom (Slika 3-1).



Slika 3-1- Hidrotermalni sistem (izvor: https://www.inforse.org/)

Petrotermalni sistem se odnosi na geotermalne rezervoare u kojima se toplota skladišti u vrućim stijenama bez prisustva prirodnih fluida. Da bi se takvi sistemi koristili, radni fluid mora se ubrizgati u vruću stijenu, gdje apsorbuje toplotu, a zatim se vraća na površinu (Slika 3-2).



Slika 3-2 - Petrotermalni sistem (izvor: https://www.cfgservices.fr/

Hidrotermalni sistemi uključuju geotermalne akvifere, koji su prirodno nastale porozne i propusne formacije zasićene geotermalnim fluidima.

3.1 Historija i razvoj geotermalne energije

Korištenje geotermalne energije datira hiljadama godina unazad, mnogo prije nego što je ona prepoznata i sistemski razvijena kao savremeni energetski resurs. Još u prahistorijskom periodu, ljudske zajednice i rane civilizacije su intuitivno prepoznavale vrijednost toplote koja potiče iz unutrašnjosti Zemlje, prvenstveno kroz prirodne tople izvore. Ovi izvori su korišteni za kupanje, liječenje, pripremu hrane i grijanje, predstavljajući jedan od najranijih oblika korištenja obnovljive energije u ljudskoj historiji. Arheološki nalazi u Sjevernoj Americi ukazuju da su paleoindijanska plemena koristila geotermalnu toplotu Zemlje još prije više od 10.000 godina, što potvrđuje kontinuitet njenog korištenja kroz različite civilizacijske epohe.

Pisani i materijalni tragovi iz drevnih civilizacija dodatno potvrđuju široku primjenu geotermalnih izvora. U Kini se korištenje toplih izvora u svrhe kupanja i medicinskih tretmana bilježi prije više od 3.000 godina, dok su u antičkoj Grčkoj i Rimskom carstvu razvijeni sofisticirani sistemi termalnih kupatila, sistema podnog grijanja (*hipokaust*) i javnih spa kompleksa. Ovi sistemi ne samo da su imali higijensku i zdravstvenu ulogu, već su predstavljali i rane inženjerske primjene upravljanja toplotnom energijom. Na području današnje Bosne i Hercegovine, posebno na lokalitetima Ilidže u Sarajevu i Banje Vrućice kod Teslića, postoje osnovane pretpostavke da su geotermalni izvori korišteni još u rimsko doba, prvenstveno u balneološke svrhe.

U Aziji, posebno u Japanu, korištenje geotermalnih izvora (*onsena*) ima duboko kulturno i duhovno značenje. Oni su kroz historiju smatrani svetim mjestima iscjeljenja, koje su koristili carevi, monasi i ratnici, a njihova upotreba se održala do današnjih dana. Island predstavlja poseban primjer dugotrajnog oslanjanja na geotermalne resurse, gdje korištenje toplih izvora seže još od ranog srednjeg vijeka. Jedan od prvih dokumentovanih uređenih bazena, Snorri

Sturluson bazen (*Snorralaug*), datira iz 12. stoljeća i smatra se pretečom današnjih savremenih geotermalnih sistema grijanja.

Ove rane i raznovrsne primjene jasno ukazuju da je geotermalna energija kroz historiju bila prepoznata kao pouzdan, lokalno dostupan i održiv prirodni resurs. One su postavile temelje za savremeni razvoj geotermalnih tehnologija, koje danas imaju ključnu ulogu u tranziciji ka niskokarbonskim i klimatski otpornim energetskim sistemima.

Savremena era korištenja geotermalne energije započela je početkom 20. stoljeća, u periodu ubrzane industrijalizacije i rastuće potrebe za novim izvorima energije. Prelomni trenutak dogodio se 1904. godine u Larderellu, u regiji Toskana u Italiji, kada je italijanski inženjer Piero Ginori Conti po prvi put uspješno proizveo električnu energiju koristeći prirodnu geotermalnu paru. U tom pionirskom eksperimentu, geotermalna para je korištena za pogon male turbine koja je proizvela dovoljno električne energije da osvijetli nekoliko sijalica, što se danas smatra prvom geotermalnom proizvodnjom električne energije u historiji. Već 1911. godine u Larderellu je puštena u rad i prva komercijalna geotermalna elektrana, čime se Italija pozicionirala kao globalni lider u geotermalnoj energiji narednih nekoliko decenija.

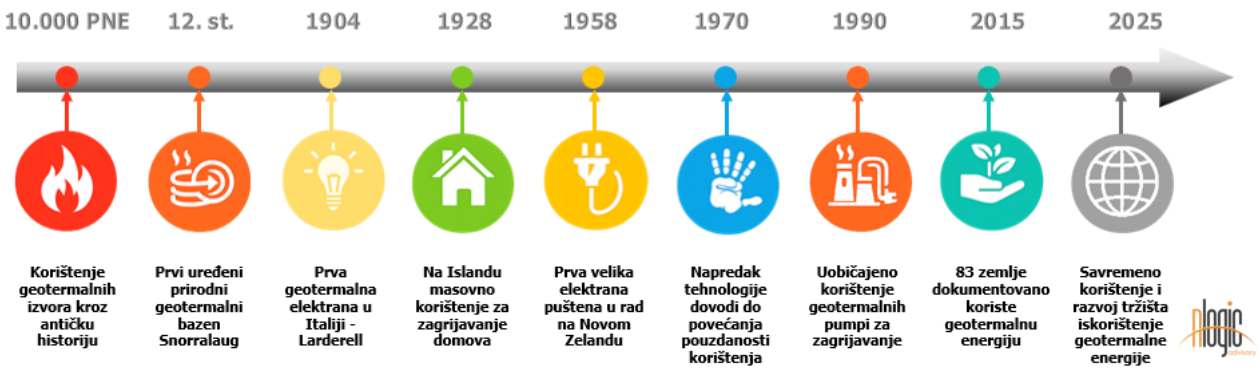
Tokom sredine 20. stoljeća, uz snažan tehnološki napredak i ulaganja, geotermalna proizvodnja električne energije počinje se širiti i izvan Evrope. Novi Zeland je razvio geotermalne kapacitete u području Wairakei, gdje je 1958. godine puštena u rad jedna od prvih velikih geotermalnih elektrana na svijetu. Sjedinjene Američke Države su započele intenzivan razvoj u Kaliforniji, dok su Japan i Island, zahvaljujući svojoj vulkanskoj aktivnosti i povoljnoj geološkoj strukturi, paralelno ulagali u geotermalna istraživanja i izgradnju elektrana, ali i u direktnu upotrebu geotermalne toplote. Ove zemlje su investirale u geološko istraživanje, tehnologije bušenja, dizajn elektrana i upravljanje rezervoarima, što je omogućilo komercijalizaciju geotermalnih resursa.

Posebno značajan iskorak u ovom periodu predstavlja razvoj sistema daljinskog grijanja baziranih na geotermalnim resursima. Island je već sredinom 20. stoljeća započeo masovnu primjenu geotermalne energije za grijanje stambenih i javnih objekata. Slični sistemi su razvijeni i u Francuskoj, naročito u regiji pariškog basena, gdje se geotermalna energija srednje entalpije koristi za grijanje urbanih zona još od 1960-ih godina.

NA ISLANDU, DANAS VIŠE OD 90% DOMAĆINSTAVA KORISTI GEOTERMALNU ENERGIJU ZA GRIJANJE

Ovi primjeri jasno su pokazali da geotermalna energija nije ograničena isključivo na proizvodnju električne energije, već ima izuzetno široku primjenu u direktnoj potrošnji toplote.

Od 1970-ih godina nadalje, posebno nakon globalnih energetskih kriza, geotermalna energija dobija dodatni strateški značaj kao domaći, stabilni i niskokarbonski izvor energije. Značajan napredak ostvaren je u tehnologijama dubinskog bušenja, modeliranju i upravljanju geotermalnim rezervoarima, kao i u razvoju binarnih elektrana koje omogućavaju iskorištavanje resursa niže temperature. Paralelno s tim, unaprijeđene su metode geofizičkih i geohemijskih istraživanja, što je značajno smanjilo istražni rizik i povećalo pouzdanost procjene geotermalnog potencijala.



Slika 3-3 – Prikaz korištenja geotermalne energije kroz historiju

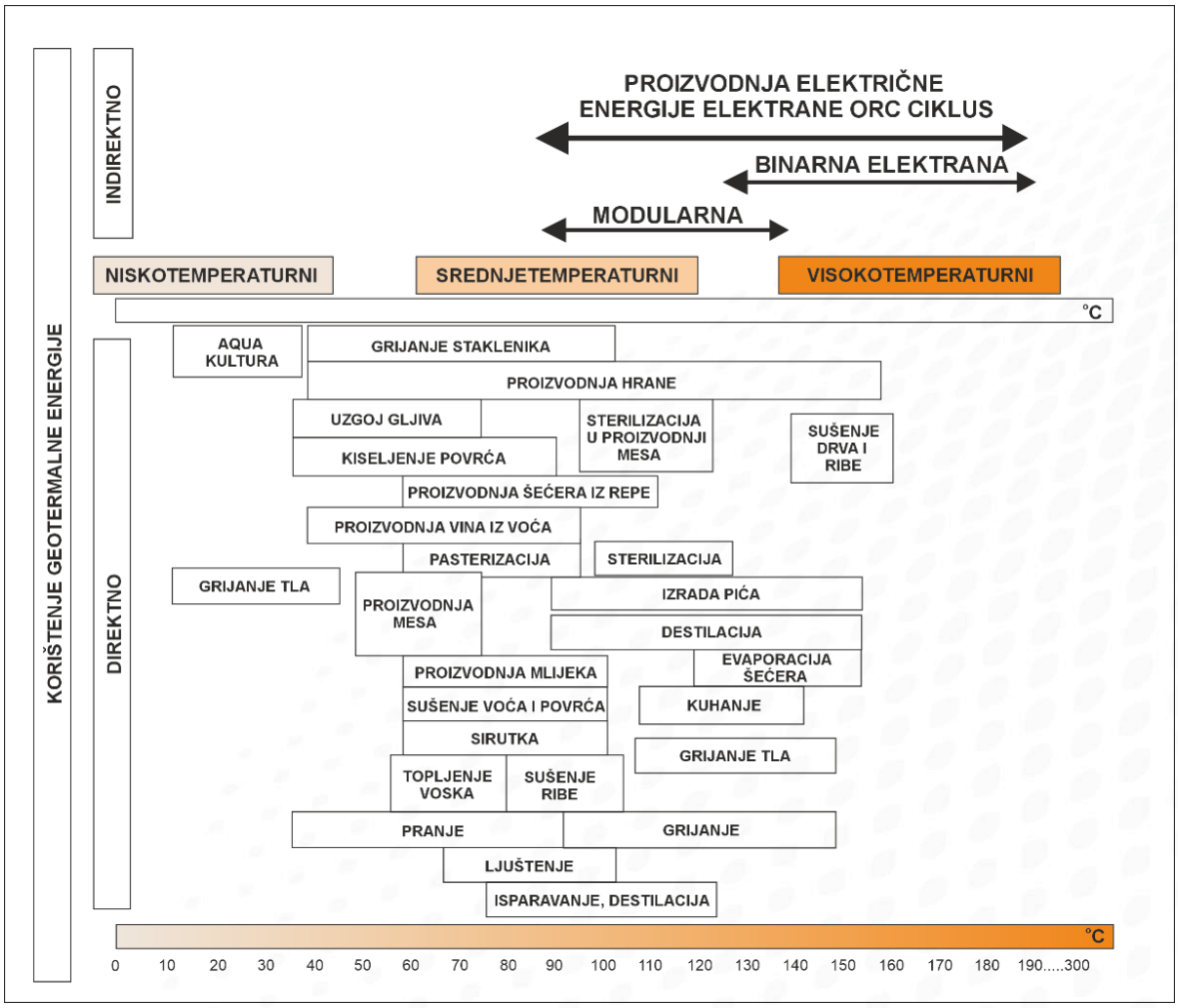
Ovi tehnološki iskoraci učinili su geotermalnu energiju sve konkurentnijom u odnosu na konvencionalne izvore, posebno u kontekstu dekarbonizacije energetskih sistema, energetske sigurnosti i dugoročne stabilnosti cijena energije.

3.1.1 Primjena geotermalne energije u ključnim sektorima

Upotreba geotermalne energije danas generalno se može podijeliti na direktnu upotrebu u obliku toplotne energije i indirektnu upotrebu kroz proizvodnju električne energije. Najraniji oblici korištenja geotermalne energije odnose se na direktnu upotrebu geotermalne energije za kupanje, grijanje i medicinske svrhe. Tek početkom 20. vijeka, početkom proizvodnje električne energije na lokaciji Larderello u blizini Pise u Italiji, započela je indirektna upotreba geotermalne energije, odnosno proizvodnja električne energije.

S tehnološkim napretkom u iskorištavanju geotermalne energije i sve većim prepoznavanjem njenih prednosti, geotermalna energija je posljednjih godina postala sve važniji izvor energije. Posebno je raslo interesovanje za direktnu upotrebu geotermalne energije, jer to omogućava korištenje geotermalnih resursa nižih temperatura, koji su daleko rasprostranjeniji.

Pregled potencijalnih primjena geotermalne energije u skladu s temperaturom geotermalnog resursa prikazan je na narednoj shemi.



Slika 3-4 - Korištenje geotermalne energije u skladu s temperaturom geotermalnog fluida
Izvor: Nguyen et al., 2015, zasnovano na Lindal, 1973.

3.1.2 Historija i razvoj geotermalne energije u odabranim zemljama okruženja

Za usporedbu razvoja geotermalne energije u Federaciji Bosne i Hercegovine odabrane su države u okruženju koje predstavljaju različite geološke, tehnološke i institucionalne modele. Italija je uključena kao primjer zemlje s dugotrajnom proizvodnjom električne energije iz visokotemperaturnih geotermalnih sistema. Mađarska predstavlja vodeći primjer direktnog korištenja toplote iz sedimentnih vodonosnika Panonskog bazena, posebno u daljinskom grijanju i poljoprivredi. Slovenija i Hrvatska relevantne su zbog geološke povezanosti s južnim dijelom Panonskog bazena, dok Srbija i Sjeverna Makedonija pružaju primjere razvoja niskotemperaturnih resursa u državama sa značajnom tradicijom balneološkog korištenja, ali još uvijek ograničenom širom energetskom primjenom.

Italija

Italija zauzima posebno mjesto u historiji razvoja geotermalne energije jer je upravo u Larderellu u Toskani 1904. godine prvi put demonstrirana proizvodnja električne energije korištenjem prirodne geotermalne pare. Prva operativna geotermalna elektrana puštena je u

rad u Larderellu 1913. godine, čime je započeo kontinuirani razvoj geotermalne elektroenergetike koji traje više od jednog stoljeća.

Najznačajnija geotermalna područja nalaze se u Toskani, prvenstveno na područjima Larderello–Travale i Monte Amiata. Geotermalni sistemi povezani su s mladim magmatskim i vulkanskim procesima te omogućavaju proizvodnju fluida i pare visoke temperature, pogodnih za direktnu proizvodnju električne energije. Za razliku od država Panonskog bazena, u kojima dominiraju niskotemperaturni i srednjetemperaturni hidrogeotermalni resursi, italijanski razvoj zasniva se prvenstveno na visokotemperaturnim geotermalnim ležištima.

Višedecenijska eksploatacija omogućila je razvoj naprednih metoda istraživanja, bušenja, praćenja ležišnog pritiska, reinjektiranja fluida i numeričkog modeliranja. Italijansko iskustvo posebno je značajno za razumijevanje dugoročnog upravljanja geotermalnim ležištima, utjecaja proizvodnje na okolinu te potrebe stalnog monitoringa hemijskog sastava fluida, emisija i promjena u rezervoaru. U italijanskim geotermalnim elektranama široko se primjenjuju sistemi za smanjenje emisija vodik-sulfida i žive, što pokazuje važnost povezivanja razvoja geotermalne energije sa strogim okolišnim standardima.

Pored proizvodnje električne energije, geotermalna toplota koristi se i za grijanje objekata, staklenike, banjske sadržaje i druge direktne namjene. Međutim, glavno obilježje italijanskog modela ostaje industrijska proizvodnja električne energije iz prirodnih visokotemperaturnih hidrotermalnih sistema.

Geotermalni resursi u Italiji uređuju se kroz sistem istražnih dozvola i eksploatacijskih koncesija, uz podjelu nadležnosti između državne i regionalne razine. Dio naknada koje plaćaju nosioci geotermalnih koncesija usmjerava se lokalnim zajednicama na čijem se području nalaze proizvodna polja. Italijanski propisi tako povezuju korištenje nacionalnog energetskog resursa s finansijskom koristi za općine koje neposredno snose prostorne i okolišne utjecaje geotermalnih projekata.

Za Federaciju Bosne i Hercegovine Italija nije neposredan geološki analog, jer FBiH do sada nema potvrđena visokotemperaturna parna ležišta usporediva s Toskanom. Ipak, italijansko iskustvo važno je kao primjer dugoročnog upravljanja resursom, institucionalnog praćenja proizvodnje, reinjektiranja, okolišne kontrole i uključivanja lokalnih zajednica u raspodjelu koristi od geotermalne eksploatacije.

Mađarska

Mađarska je jedna od najvažnijih evropskih država u području direktnog korištenja geotermalne energije. Njen geotermalni potencijal povezan je s Panonskim bazenom, koji karakteriziraju relativno tanka kontinentalna kora, povišen toplotni tok i velik broj dubokih sedimentnih vodonosnika. Termalne vode najčešće su vezane za neogenske pješčane kolektore, a lokalno i za karbonatne stijene podloge.

Poznavanje geotermalnih resursa razvijalo se kroz hidrogeološka istraživanja, bušenje vodozahvatnih bunara te istraživanja nafte i prirodnog gasa. Tokom 20. stoljeća izveden je velik broj bušotina kojima su potvrđene termalne vode različitih temperatura i hemijskog sastava. Raspoloživost velikog broja bušotinskih podataka omogućila je sistematsko kartiranje geotermalnog gradijenta, dubine vodonosnika i mogućih oblika korištenja.

Mađarska geotermalnu energiju koristi prvenstveno kao izvor toplote. Najvažnije primjene obuhvataju daljinsko grijanje, grijanje javnih i stambenih objekata, staklenički proizvodnju, stočarstvo, sušenje poljoprivrednih proizvoda, industrijske procese te velik broj banjskih i rekreacijskih sadržaja. Posebno je razvijeno korištenje termalne vode u poljoprivredi, zbog čega je Mađarska jedan od vodećih evropskih primjera povezivanja geotermalne energije s proizvodnjom hrane.

U više gradova razvijeni su geotermalni sistemi daljinskog grijanja, uključujući sisteme u Miskolcu, Szegedu, Győru i drugim naseljima. Razvoj takvih projekata pokazuje da geotermalna energija srednje temperature može imati značajnu ulogu u dekarbonizaciji urbanog grijanja kada postoji dovoljno velika i koncentrirana potrošnja toplote. Mađarska je dodatno uvela sistem garancija porijekla za obnovljivu toplotu koja se koristi u daljinskom grijanju, čime se omogućava formalno dokazivanje obnovljivog porijekla proizvedene toplotne energije.

Jedan od ključnih izazova mađarskog geotermalnog sektora odnosi se na održivo upravljanje podzemnim vodama. Historijski se značajan dio iskorištene termalne vode nakon upotrebe ispuštao u površinske vodotoke, što može uzrokovati gubitak ležišnog pritiska, termalno i hemijsko opterećenje okoliša te dugoročno smanjenje raspoloživosti resursa. Zbog toga se sve veća pažnja usmjerava na reinjektiranje, efikasnije iskorištavanje toplote i kaskadnu upotrebu fluida prije njegova vraćanja u ležište.

Mađarska nastavlja institucionalno podupirati istraživanje i razvoj geotermalnih resursa. Krajem 2025. godine odobren je nastavak Nacionalnog programa geotermalnih istraživanja za razdoblje 2026–2029., s ciljem jačanja energetske suverenosti uz sudjelovanje ministarstva nadležnog za energetiku, univerziteta i državnog regulatornog tijela u sistematsko istraživanje domaćih resursa.

Za Federaciju Bosne i Hercegovine mađarski model posebno je značajan jer pokazuje kako se resursi niže i srednje temperature mogu koristiti za daljinsko grijanje, poljoprivredu i industriju, bez potrebe da je primarni cilj proizvodnja električne energije. Istovremeno, iskustvo Mađarske upozorava da intenzivna eksploatacija bez dovoljnog reinjektiranja i praćenja ležišta može ugroziti dugoročnu održivost hidrogeotermalnog sistema.

Slovenija

Razvoj geotermalne energije u Sloveniji najvećim je dijelom povezan sa sjeveroistočnim dijelom države, koji pripada slovenskom dijelu Panonskog bazena. Sistematska geotermalna istraživanja intenzivirana su nakon energetske krize 1970-ih godina, dok su podaci prikupljeni tokom hidrogeoloških, regionalnih geoloških te naftnih i plinskih istraživanja predstavljali osnovu za prepoznavanje i procjenu dubokih geotermalnih vodonosnika. Najvažniji niskotemperaturni resursi vezani su za neogenske pješčane vodonosnike Mursko-zalskog bazena, dok se termalne vode pojavljuju i u karbonatnim kolektorima.

Geotermalna energija u Sloveniji koristi se prvenstveno direktno, za potrebe banjskog turizma, grijanja bazena i objekata, stakleničke proizvodnje, lokalnih sistema grijanja te u kombinaciji s većim toplotnim pumpama. Posebno je razvijeno korištenje u banjskim i turističkim kompleksima sjeveroistočne Slovenije. U Renkovcima se termalna voda koristi za grijanje staklenika i tla u proizvodnji paradajza, dok su na području Murske Sobote izvedene

proizvodna i reinjekciona bušotina za potrebe planiranog sistema grijanja. Razvoj duboke geotermalne energije posljednjih godina ipak je bio relativno spor, a važni razvojni izazovi ostaju povećanje stepena iskorištenja postojećih bušotina, kaskadno korištenje toplote i reinjektiranje u slabo konsolidirane pješčane vodonosnike.

Slovenija je u odnosu na Bosnu i Hercegovinu ostvarila viši nivo sistematskog praćenja geotermalnih izvora i bušotina te veću primjenu geotermalne energije u poljoprivredi i lokalnim sistemima grijanja. Međutim, kao i u Bosni i Hercegovini, velik dio poznatog dubokog geotermalnog potencijala još nije u potpunosti iskorišten.

Hrvatska

Savremeno poznavanje geotermalnog potencijala Hrvatske neposredno je povezano s višedecenijskim istraživanjem i eksploatacijom nafte i prirodnog gasa, namjenskim bušenjem geotermalnih bušotina tokom 1980-ih godina te dugotrajnim korištenjem termalnih voda u banjskim lokalitetima, na kojima temperature vode lokalno dosežu približno 65 °C.

U Hrvatskoj je regulatorno razdvojeno korištenje geotermalnih voda u zdravstvene, balneološke i rekreacijske svrhe od istraživanja i eksploatacije geotermalnih voda u energetske svrhe. Korištenje geotermalnih voda za zdravstvene, balneološke, rekreacijske, sanitarne i druge namjene uređeno je propisima iz oblasti voda, dok je istraživanje i eksploatacija geotermalnih voda u energetske svrhe uređeno posebnim propisima iz oblasti naftnog rudarstva.

Tokom istraživanja nafte i prirodnog gasa izveden je velik broj dubokih bušotina te su prikupljeni seizmički, karotažni, temperaturni i hidrodinamički podaci koji su naknadno omogućili izdvajanje i procjenu geotermalnih ležišta, posebno u hrvatskom dijelu Panonskog bazena. U tom području geotermalni gradijent i površinski toplotni tok lokalno su viši od evropskog prosjeka, dok su geotermalna ležišta vezana za neogenske klastične sedimente, mezozojske karbonate i predneogenske stijene podloge. Geotermalna voda otkrivena je i testirana u brojnim dubokim bušotinama, a pojedina ležišta privedena su korištenju, među ostalim na područjima Bizovca, Ivanić-Grada i Svetog Martina.

Tokom 1980-ih godina izvođena su dodatna geofizička istraživanja i namjenska bušenja radi otkrivanja i ispitivanja geotermalnih vodonosnika, posebno u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske. Izvedene su geotermalne bušotine na području Grada Zagreba te na područjima Svete Nedelje, Siska i Križevaca. Ta su istraživanja predstavljala važan prijelaz od slučajnog otkrivanja termalnih voda u naftnim i plinskim bušotinama prema ciljanim istraživanjima geotermalnih resursa.

Tradicionalno korištenje termalnih voda u Hrvatskoj dugo je bilo povezano s banjama, zdravstvenim i rekreacijskim sadržajima, grijanjem objekata te poljoprivrednom proizvodnjom. Značajniji iskorak u proizvodnji električne energije ostvaren je izgradnjom geotermalne elektrane Velika Ciglena, dok se posljednjih godina sve veća pažnja usmjerava na korištenje geotermalne energije u centraliziranim toplotnim sistemima.

Državna istraživanja i novi investicijski projekti obuhvatili su niz područja u kontinentalnoj Hrvatskoj. Pri tome se koriste postojeći podaci naftne industrije, ali se izvode i nove, namjenske geotermalne bušotine. Hrvatska je izradila Plan razvoja geotermalnog potencijala

Republike Hrvatske do 2030. godine te uspostavila poseban institucionalni i dozvolni okvir za istraživanje i eksploataciju geotermalnih voda u energetske svrhe.

Institucionalni model Hrvatske zasniva se na podjeli regulatornih, upravnih, stručnih i operativnih poslova između Ministarstva gospodarstva i Agencije za ugljikovodike. U okviru Ministarstva gospodarstva djeluje Sektor za naftno-rudarstvo i geotermalne vode za energetske svrhe, koji priprema propise, vodi upravne i dozvolne postupke, provodi postupke javnih poziva i dodjele dozvola, vodi registre istražnih prostora i eksploatacijskih polja, provjerava elaborate o rezervama i naftno-rudarske projekte te izdaje građevinske i upotrebne dozvole za odgovarajuće objekte i postrojenja.

Agencija za ugljikovodike pruža stručnu, podatkovnu i operativnu podršku razvoju geotermalnih projekata. Njena uloga uključuje prikupljanje, obradu i prezentaciju geoloških, geofizičkih i bušotinskih podataka, pripremu stručnih podloga, podršku postupcima nadmetanja, promociju investicijskih mogućnosti te provedbu strateških istraživanja koja finansira država. Ministarstvo i Agencija zajednički sudjeluju u prikupljanju, pohrani i obradi podataka nastalih tokom istraživanja i eksploatacije geotermalnih voda u energetske svrhe.

U okviru projekta pripreme i istraživanja geotermalnog potencijala za potrebe centraliziranog grijanja, finansiranog sredstvima Nacionalnog plana oporavka i otpornosti, tokom 2025. godine izvedene su istražne geotermalne bušotine na području Velike Gorice, Osijeka i Vinkovaca. Na svim trima lokacijama potvrđen je geotermalni potencijal, dok je krajem 2025. godine započelo bušenje na području Zaprešića, kao posljednjoj od četiri lokacije obuhvaćene programom.

Hrvatska je time prešla iz faze pretežnog korištenja historijskih naftno-plinskih podataka u fazu ciljane državne kampanje istraživanja geotermalnih resursa i pripreme gradskih toplotnih projekata. Posebno je značajno da država, putem Agencije za ugljikovodike i sredstava Nacionalnog plana oporavka i otpornosti, preuzima znatan dio početnog istražnog i geološkog rizika, nakon čega potvrđeni resursi mogu predstavljati osnovu za razvoj lokalnih sistema grijanja.

U poređenju s Bosnom i Hercegovinom, Hrvatska raspolaže većim brojem dubokih bušotina te obimnijom seizmičkom, karotažnom i bušotinskom dokumentacijom, koja je organizirana u nacionalnu bazu podataka s propisanim načinom prikupljanja, pohrane i korištenja. Dostupnost baze podataka važan je element razvoja geotermalnog potencijala. Hrvatska također ima razvijeniji sistem dodjele prava na istraživanje i eksploataciju geotermalnih voda u energetske svrhe, kao i jasnije definiranu podjelu odgovornosti između institucija uključenih u istraživanje, regulaciju i razvoj geotermalnih projekata.

Srbija

Sistematska istraživanja geotermalnih resursa u Srbiji intenzivirana su nakon prve svjetske naftne krize, približno od 1974. godine, dok je prva procjena geotermalnih resursa za cijelu teritoriju Srbije izrađena krajem 1980-ih. Istraživanjima je izdvojeno više geotermalnih provincija i više od osamdeset hidrogeotermalnih sistema. Posebno povoljne karakteristike imaju područje Panonskog bazena, južni rub bazena i zone neogene magmatske aktivnosti, dok su brojni termalni izvori i karbonatni vodonosnici poznati i u centralnim i južnim dijelovima Srbije.

Geotermalna energija u Srbiji tradicionalno se koristi prvenstveno u banjama, za rekreaciju i zdravstveni turizam. Pored balneološke primjene, postoje projekti grijanja objekata i staklenika, poljoprivredne primjene te sistemi koji koriste toplotne pumpe. Međutim, centralizirani sistemi daljinskog grijanja zasnovani na dubokoj geotermalnoj energiji još su relativno rijetki. Noviji pregledi ukazuju na velik nesrazmjer između raspoloživog potencijala i stvarnog korištenja: u analizi iz 2024. godine procijenjena ukupna snaga obrađenih geotermalnih pojava i bušotina iznosila je približno 370 MW, dok se koristilo oko 80 MW.

Novije aktivnosti usmjerene su na energetsko korištenje postojećih termalnih bušotina i voda koje se nakon balneološke ili druge primjene ispuštaju bez iskorištavanja preostale toplote. Istovremeno raste primjena plitke geotermalne energije i toplotnih pumpi u stambenim, poslovnim i javnim objektima. U Srbiji se stoga razvoj može očekivati prvenstveno kroz direktno korištenje toplote, kaskadne sisteme, energetsku valorizaciju postojećih bušotina i pripremu lokalnih projekata grijanja.

Srbija je za usporedbu s Bosnom i Hercegovinom posebno značajna zbog sličnog historijskog razvoja istraživanja, velikog broja banjskih lokaliteta i činjenice da je znatan dio potencijala poznat, ali nedovoljno energetski iskorišten. Iskustva Srbije pokazuju da se razvoj može započeti i bez novih dubokih bušotina, sistematskom analizom i boljim korištenjem postojećih izvora, bušotina i otpadno-ispusnih termalnih voda.

Sjeverna Makedonija

Geotermalni resursi Sjeverne Makedonije vezani su prvenstveno za hidrogeotermalne sisteme razvijene duž većih rasjednih zona i u neogenim kotlinama. Poznati resursi uglavnom pripadaju niskotemperaturnoj kategoriji, dok srednje i visokotemperaturni potencijal nije dovoljno istražen. Geotermalna istraživanja uključivala su hidrogeološka, geohemijska i geofizička ispitivanja te izradu bušotina u više geotermalnih područja, među kojima se izdvajaju Kočanska, Strumička, Gevgelijska, Kumanovska i Skopska kotlina.

Najrazvijenija primjena geotermalne energije ostvarena je u Kočanskoj kotlini, gdje se termalna voda koristi za grijanje staklenika i poljoprivrednu proizvodnju. Termalne vode koriste se i za banjske, rekreacijske i lokalne toplotne potrebe. Uprkos dugogodišnjem korištenju pojedinih izvora i bušotina, ukupni geotermalni potencijal države i dalje je nedovoljno iskorišten, a proizvodnja električne energije iz geotermalnih resursa nije razvijena.

Glavna ograničenja razvoja uključuju nedostatak novih dubokih istraživanja, ograničena ulaganja, starenje postojećih sistema, nedovoljno razvijenu reinjekciju i slabo povezivanje raspoloživih resursa s lokalnim energetskim potrebama. Iskustvo Sjeverne Makedonije ipak je značajno jer pokazuje mogućnost dugotrajnog korištenja niskotemperaturnih resursa u poljoprivredi, posebno za grijanje staklenika.

U usporedbi s Bosnom i Hercegovinom, Sjeverna Makedonija ima razvijeniju praktičnu primjenu geotermalne energije u intenzivnoj poljoprivredi, ali se obje države suočavaju sa sličnim problemima nedovoljne istraženosti dubokih resursa, ograničenih ulaganja i nepostojanja šireg sistema geotermalnog grijanja.

Regionalno poređenje

Iskustva država u okruženju pokazuju različite razvojne puteve. Slovenija je razvila sistematsko praćenje resursa i više oblika direktnog korištenja, ali se suočava sa stagnacijom novih dubokih projekata i izazovima reinjektiranja. Hrvatska se oslanja na opsežnu dokumentaciju naftne industrije i posljednjih godina intenzivno razvija namjenske projekte za proizvodnju električne i toplotne energije. Srbija raspolaže velikim brojem termalnih pojava i bušotina, ali koristi samo manji dio procijenjenog potencijala. Sjeverna Makedonija predstavlja važan primjer korištenja niskotemperaturnih resursa u poljoprivredi, posebno za staklenčku proizvodnju.

Za Federaciju Bosne i Hercegovine posebno su primjenjiva iskustva Hrvatske u korištenju podataka iz naftno-plinskih bušotina, Slovenije u upravljanju prekograničnim i sedimentnim vodonosnicima, Srbije u ponovnoj procjeni postojećih bušotina i ispusnih termalnih voda te Sjeverne Makedonije u korištenju geotermalne toplote za poljoprivrednu proizvodnju.

U Bosni i Hercegovini dosadašnje korištenje geotermalnih resursa najvećim je dijelom bilo vezano za banjska lječilišta, rekreacijske sadržaje i lokalnu direktnu upotrebu toplote. Širi razvoj sistema daljinskog grijanja, poljoprivrednih i industrijskih primjena te proizvodnje električne energije još je ograničen. Detaljan pregled historije istraživanja mineralnih, termalnih i termomineralnih voda, provedenih hidrogeoloških i geofizičkih istraživanja te važnijih istražnih i naftno-plinskih bušotina na području Bosne i Hercegovine i Federacije Bosne i Hercegovine prikazan je u Poglavlju 5.

Danas se geotermalna energija smatra zrelom i pouzdanom tehnologijom, sa velikim potencijalom daljnjeg razvoja, uključujući i primjenu u zemljama koje do sada nisu bile tradicionalno prepoznate kao geotermalne.

3.2 Metode korištenja geotermalne energije

Terminologija koja se koristi za definiranje volumena geotermalnih rezervoara zasniva se na terminologiji usvojenoj u naftnoj industriji. Shodno tome, termini kao što su geotermalni resurs, geotermalni rezervoar i geološki rizici preuzeti su iz istraživanja nafte i prilagođeni za upotrebu u geotermalnom sektoru.

Geotermalno ležište je geografsko područje gdje se geološki uslovi kombiniraju kako bi stvorili visoku vjerovatnoću geotermalnih resursa, definiranih izvorom toplote, propusnošću rezervoara, strukturnim kontrolama i prisustvom fluida[1].

Geotermalni rezervoar, s druge strane, je podzemni volumen propusne ili frakturirane stijene koji sadrži vruće fluide koji se mogu ekstrahirati za geotermalnu energiju[2]. Geotermalni rezervoar je dio kompletnog prirodnog geotermalnog sistema koji se sastoji od izvora toplote, rezervoara i puteva cirkulacije fluida.

[1] Izvor: Moeck (2014)

[2] Izvor: Hochstein (1990)

Geološki rizici predstavljaju stepen neizvjesnosti vezan za geološke karakteristike podzemnog sistema koje utiču na postojanje, veličinu i kvalitet geotermalnog resursa. On obuhvata neizvjesnosti u pogledu temperature rezervoara, propusnosti i poroznosti stijena, raspoloživog protoka geotermalnog fluida, hemijskog sastava fluida te geometrije i kontinuiteta rezervoara.

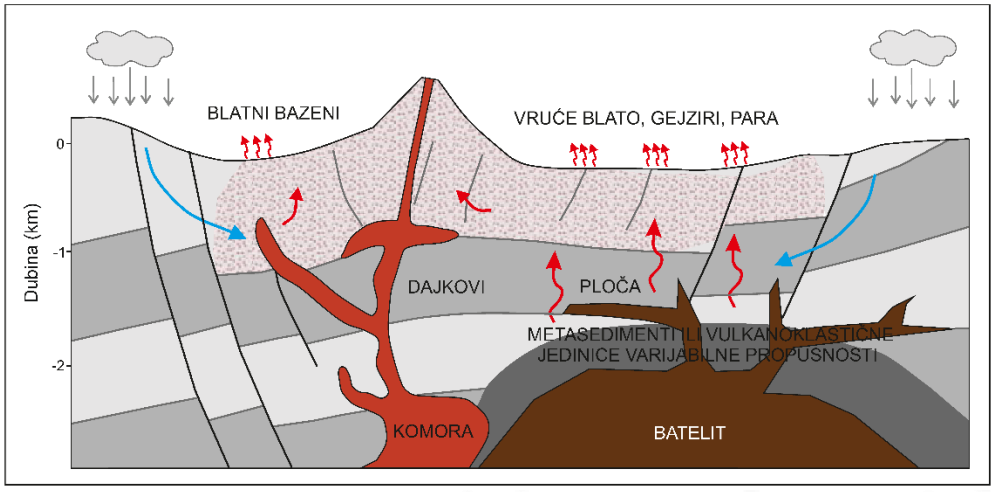
3.2.1 Konvektivna geotermalna ležišta

U pretežno konvektivnim ležištima, toplota se prenosi iz dubine u pliće rezervoare ili na površinu uzlaznim kretanjem fluida duž propusnih zona. Lateralno opsežne formacije sa visokom propusnošću djeluju kao primarni geotermalni rezervoari.

Konvektivna nalzišta se klasifikuju prema vrsti izvora toplote na:

- ✓ Aktivna ležišta - visokotemperaturni geotermalni sistemi (temperature iznad 200 °C na dubinama manjim od 3.000 m), smješteni na granicama ploča (Nukman, Hickman)
- ✓ Prostori smješteni u regijama visoke tektonske aktivnosti, sa plutonizmom mlađim od tri miliona godina
- ✓ Prostori u područjima stanjivanja kore zbog ekstenzije (Faulds)

Povoljna tektonska okruženja za geotermalna ležišta kojima dominira konvekcija uključuju magmatske lukove iznad subdukcijskih zona na konvergentnim rubovima ploča (npr. indonezijski Sundski luk ili filipinsko-japanski luk); divergentne zone smještene u okeanskim okruženjima (npr. Srednjoatlantski greben) ili unutar kontinentalnih okruženja (npr. Istočnoafrički rift ili ekstenzijske provincije); transformne granice ploča sa horizontalno-kliznim rasjednim sistemima (*strike-slip*) (npr. rasjed San Andreas u Kaliforniji); i okeanski ostrvski lukovi unutar tektonskih ploča, poznati kao 'hot-spot' zone (npr. Havaji).



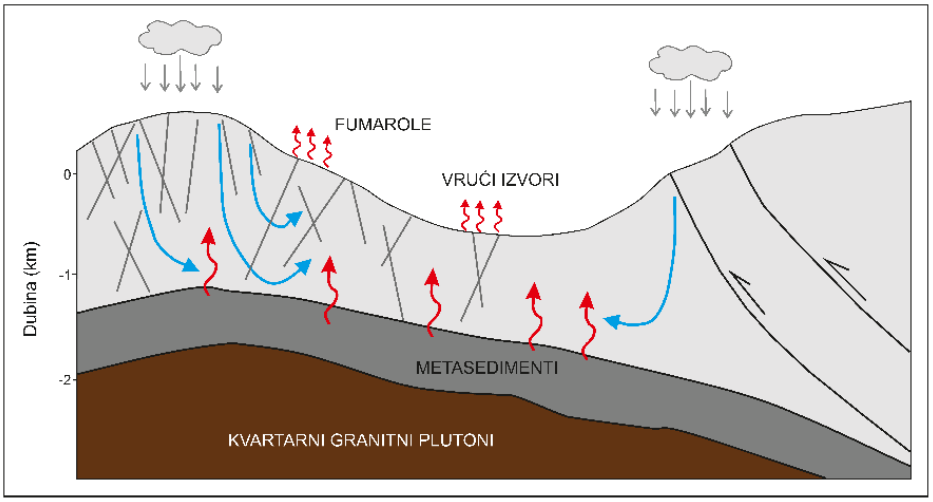
Slika 3-5- Konvektivna aktivna ležišta s mladim vulkanizmom (izvor: prema Moeck et al., 2014)

Različite vrste konvektivnih ležišta mogu se nalaziti geografski blizu jedan drugom, gdje se strukturni parametri razlikuju na kratkim udaljenostima.

Relativno plitka magmatska komora je dominantna karakteristika svih magmatskih geotermalnih prostora. Magmatska komora se topi, ponovo puni bazaltom i podvrgava se kristalizaciji, što kontroliše hemiju fluida, protok i utiče na cijeli geotermalni sistem.

Takvi sistemi se nalaze duž kontinentalnih konvergentnih ili transformnih granica sa mlađim magmatizmom, kao što su margine južnoevropskog alpskog luka (Italija). Primjer je geotermalni sistem Larderello, koji karakteriše interakcija magmatskih stijena i rasjedanja. Instalirani kapacitet od 1 GWe u Larderellu pokazuje geotermalni potencijal ovog tipa ležišta.

Geotermalna ležišta povezana sa širenjem kore karakterišu se plićim nivoom plašta zbog stanjivanja i širenja kore. Plitki izvor plašta obezbjeđuje toplotu sistemu.



Slika 3-6– Konvektivna geotermalna ležišta sa plutonizmom mlađim od tri miliona godina (izvor: prema Moeck et al., 2014)

Konvektivna nemagmatska ležišta kontroliraju ili rasjedne zone ili propusnost kontrolirana rasjedom. Hidrauličko punjenje i hidrološki balansi kontroliraju regionalni sistem podzemnih voda.

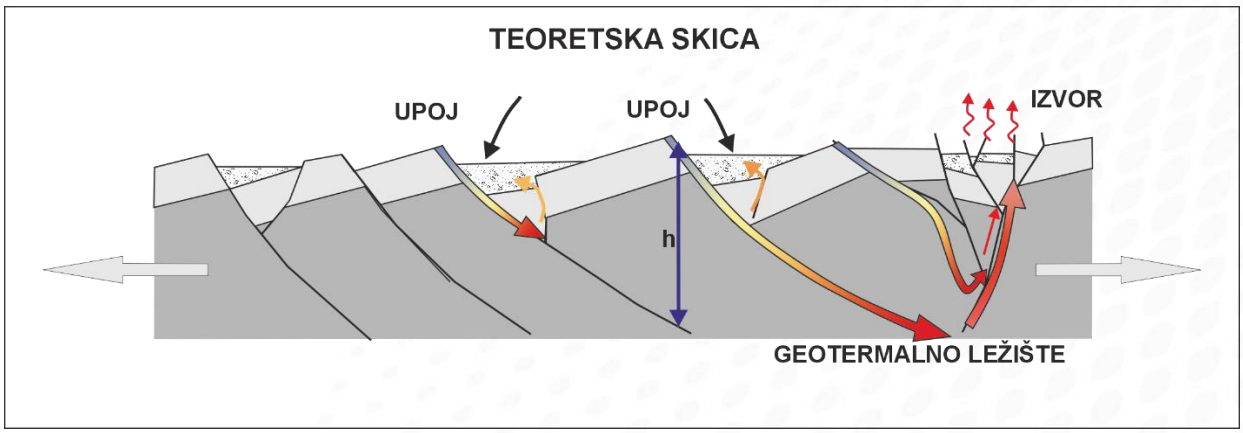
U prostorima kontroliranim rasjednim zonama, meteorska voda ulazi u plitke rasjede, cirkulira i zagrijava se duž duboko ukorijenjenih rasjeda, a zatim se uzdiže duž istih struktura (Reed 1983). U rasjednim prostorima kontroliranim propusnošću, voda cirkulira kroz kombinaciju rasjeda i propusnih formacija, obično putem mehanizma punjenja i pražnjenja (ako se sistemi ispuštaju na površinu) duž rasjednih zona.

Pažljiva interpretacija hemije vode, u kombinaciji s analizom izotopa (posebno kisika i deuterija), omogućava razvoj modela miješanja i identifikaciju krajnjih komponenti geotermalnih fluida (Flynn & Ghusn 1983).

Općenito, manji, segmentirani rasjedi su povoljniji za geotermalne sisteme od velikih rasjeda s velikim pomakom. Lokalni režimi napona i njihova orijentacija u odnosu na geometriju rasjeda utječu na propusnost putanje toka. Rasjedi orijentirani okomito na najmanji glavni kompresivni napon imaju veću vjerojatnost da će biti propusni (Barton 1977).

Presjecišta, preklapanja ili relejne strukture rasjednih zona – kao što su prelamanje rasjeda, zone završetka rasjeda i zone akomodacije – stvaraju propusne puteve za cirkulaciju geotermalnog fluida unutar gustih mreža brečastih pukotina.

Na primjer, u zapadnom dijelu Sjedinjenih Država, većina poznatih geotermalnih polja nalazi se u zonama preklapanja rasjeda ili relejnih zona, dok su geotermalni rezervoari postavljeni duž maksimuma pomjeranja ili unutar segmenata sredine rasjeda (Faulds 2012).



Slika 3-7- Shematski prikaz konvektivnih nemagmatskih prostora; strelice pokazuju smjer širenja kore; (izvor: prema Moeck et al., 2014)

3.2.2 Konduktivna geotermalna ležišta

Konduktivna geotermalna ležišta kategorizirana su kao pasivni geotermalni sistemi jer im nedostaje brzi konvektivni tok fluida ili kratkoročne varijacije u dinamici fluida. Ovi prostori dominiraju u pasivnim dijelovima tektonskih ploča gdje nije došlo do značajnog mladog tektonizma ili magmatizma. U takvim okruženjima, temperatura stalno raste s dubinom (iako ne nužno linearno).

Konduktivno zagrijani geotermalni rezervoari s temperaturama od ekonomskog značaja nalaze se na većim dubinama od onih u konvektivnim ležištima.

Ekonomska isplativost je usko povezana s *geotermalnim gradijentom*. Gradijenti veći od globalnog prosjeka javljaju se u regijama s povišenim vrijednostima toplotnog toka (npr. zbog visokih koncentracija elemenata koji proizvode toplinu u kori) ili gdje slojevi koji prekrivaju površinu djeluju kao toplotni izolatori (Beardsmore & Cull 2011).

Konduktivna geotermalna ležišta se dalje dijele prema poroznosti rezervoara, propusnosti i prisutnosti ili odsutnosti prirodnih produktivnih fluida. Klasifikuju se u intrakratonske bazene, orogene pojasne bazene i bazene kontrolirane podzemljem (Moeck 2014).

Geološke postavke provodnih ležišta uključuju:

Rasjedi u provodnim ležištima ne djeluju kao toplotni vodovi; umjesto toga, funkcioniraju kao barijere ili kao lokalizirani kanali koji dijele ležište na blokove.

Na kvalitet ležišta u provodnim ležištima utječu:

- ✓ **Litofacijesi** — sedimentne jedinice čije taložno okruženje određuje veličinu zrna, geometriju pora i mineralni sastav
- ✓ **Dijageneza** — fizičke i hemijske promjene tokom transformacije iz sedimenta u sedimentnu stijenu
- ✓ **Karstifikacija**

Određivanje tipova litofacijesa i karakteristika rasjeda primarni je cilj istraživanja konduktivnih ležišta.

3.2.3 Intrakratonski bazeni

Geotermalna ležišta u intrakratonskim bazenima uključuju rezervoare unutar sedimentnih sekvenci nastalih riftovanjem ili termalnim slijeganjem. Intrakratonski bazeni nastali kroz litosfersko stanjivanje i slijeganje obično su podijeljeni u nekoliko depresija ili pod-bazena (Salley).

Njihova duga geološka historija rezultira sedimentnim sekvencama debelim nekoliko kilometara, koje pokrivaju širok raspon taložnih okruženja (Slika 3-8). To može uključivati fluvijalne siliciklastične stijene, morske karbonate, muljevite stijene i evaporite.

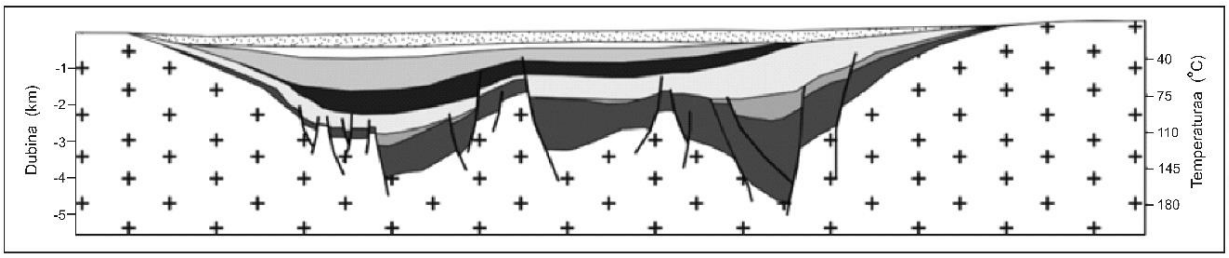
Litologija, rasjedanje i dijageneza utječu na razvoj poroznosti (Hartmann & Beaumont). Poroznost i njena anizotropija kontrolirani su litologijom, dijagenezom, rasjedanjem i poljem napona. Potencijalni geotermalni rezervoari javljaju se na različitim dubinama bazena ovisno o evoluciji bazena. Dublje formacije bazena mogu biti geotermalni rezervoari ako se mogu postići odgovarajuće brzine protoka (70 kg/s ili više, prema Testeru).

Primarna poroznost (kontrolirana povoljnim taložnim litofacijesima) i sekundarna poroznost (proizvedena tektonikom i dijagenezom) značajno utječu na kapacitet rezervoara.

Potencijalne rezervoarske stijene uključuju siliciklastične sekvence kontinentalnog eolskog i fluvijalnog porijekla, plitko-morske i duboko-morske klastične sedimente, karbonatne sekvence, škriljevce i pelagične gline.

Geotermalni fluidi uključuju "bazinalne slanice" s visokim udjelom klorida i visokim salinitetom ili infiltrirajuće fluide bogate bikarbonatima (HCO_3).

Geološki okviri mnogih sedimentnih bazena i grabenskih sistema već su dobro poznati iz kampanja istraživanja ugljikovodika. Opsežne baze podataka, 2D i 3D seizmička istraživanja refleksije, podaci iz bušotina, temperaturni podaci, testovi bušotina i drugi podaci iz bušotina moraju se ponovo obraditi i ponovo procijeniti kako bi se procijenio geotermalni potencijal (Moeck).



Slika 3-8 - Tipična konfiguracija intrakratonskog sedimentnog bazena s jarcima ili subbazenima (izvor: prema Moeck et al., 2014)

3.3 Primjena geotermalne energije

Primjena geotermalne energije prepoznata je u komunalnom, stambenom i industrijskom sektoru, a nivo njene upotrebe zavisi od dostupnosti i karakteristika geotermalnih resursa na određenom području. Razvojem geotermalnih tehnologija omogućeno je korištenje resursa različitih temperaturnih nivoa, kroz više tehničkih rješenja za eksploataciju toplote iz geotermalnih rezervoara putem bušotina. Danas se geotermalna energija koristi:

- Direktno u obliku toplote (tzv. direktna upotreba),
- Indirektno za proizvodnju električne energije, kao i
- Kroz kaskadne sisteme koji omogućavaju maksimalno iskorištenje raspoloživog energetskog potencijala.

Geotermalni resursi se, u funkcionalnom smislu, često klasifikuju prema temperaturnom nivou (niskotemperaturni, srednjotemperaturni i visokotemperaturni), pri čemu svaki temperaturni opseg odgovara specifičnim oblicima primjene. Niskotemperaturni resursi najčešće se koriste za grijanje prostora, pripremu potrošne tople vode, staklenike, akvakulturu i industrijske procese niske entalpije. Srednjotemperaturni i visokotemperaturni resursi, pored direktne upotrebe, mogu biti pogodni i za proizvodnju električne energije ili kombinovane sisteme proizvodnje toplote i električne energije. Kaskadna upotreba geotermalne energije, gdje se toplota koristi u više uzastopnih procesa različitih temperaturnih zahtjeva, dodatno povećava energijsku efikasnost sistema i doprinosi optimalnom upravljanju resursom.

3.3.1 Direktna upotreba geotermalne energije

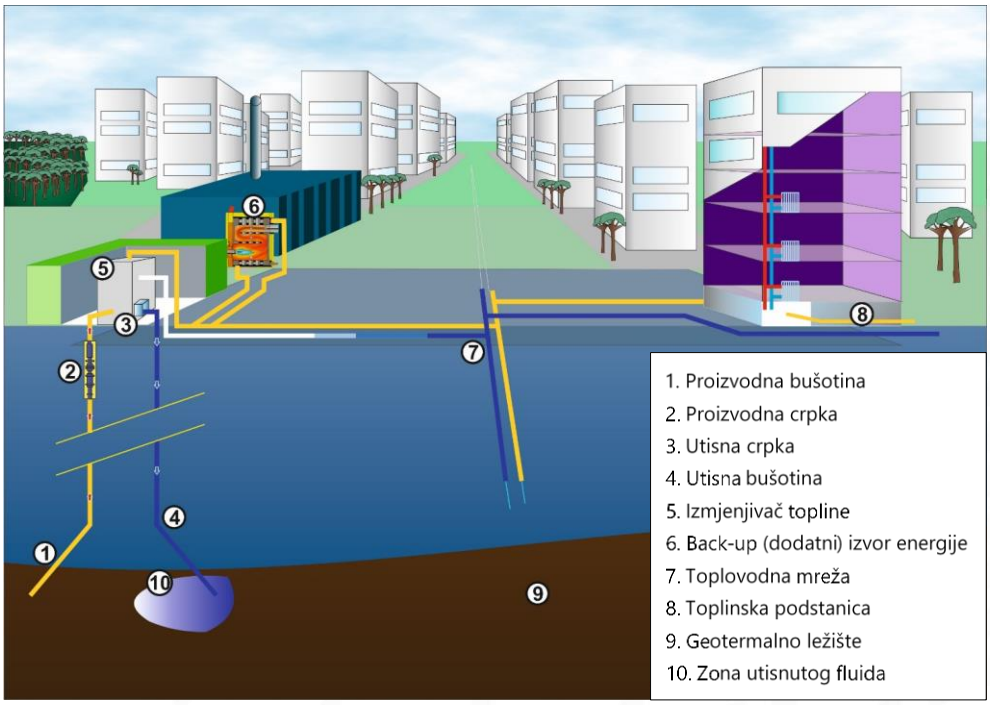
Direktna upotreba geotermalne energije ima širok spektar primjena, a najistaknutija je njena upotreba u daljinskom grijanju, balneologiji, poljoprivredi i proizvodnji hrane. Posljednjih godina, potencijal geotermalne energije za sisteme daljinskog grijanja sve je više prepoznat.

Prvi geotermalni sistemi daljinskog grijanja (geoDH) bili su ograničeni na lokacije koje karakterizira odličan hidrotermalni potencijal. Razvoj novih i efikasnijih tehnologija za korištenje geotermalne energije poboljšao je geotermalne sisteme daljinskog grijanja i omogućio da sve veći broj lokacija postane pogodan za izgradnju mreža daljinskog grijanja na bazi geotermalne energije.

Prema dostupnim podacima, oko **25% stanovništva Evropske Unije** živi u područjima pogodnim za direktnu upotrebu geotermalne energije za daljinsko grijanje i hlađenje.

Kapacitet geotermalnih sistema daljinskog grijanja

Kapacitet geotermalnih sistema daljinskog grijanja varira u zavisnosti od geotermalnih karakteristika i potražnje za daljinskim grijanjem. Manji sistemi obično imaju kapacitet od **0,5 do 2 MWt**, dok veći sistemi mogu premašiti **50 MWt**.



Slika 3-9- Glavne komponente geotermalnog sistema daljinskog grijanja
Izvor: EGEC

Generalno, geotermalni sistemi daljinskog grijanja sastoje se od tri glavne komponente (Slika 3-9):

1. **Proizvodnja toplote**, koja se sastoji od geotermalnog izvora toplote (9) i, gdje je potrebno, rezervnog izvora toplote (6), proizvodnog bunara (1) i pumpe (2), injekcijskog bunara (4) i pumpe (3), te izmjenjivača toplote na ušću bunara (5).
2. **Sistem za prenos toplote**, koji isporučuje toplotnu energiju (putem mreže daljinskog grijanja) krajnjim korisnicima (7).
3. **Toplotne podstanice i unutrašnje opreme zgrade**.

Postoje različite konfiguracije geotermalnih sistema daljinskog grijanja. Na primjer, može postojati jedan centralni izmjenjivač toplote za sve zgrade ili više izmjenjivača toplote u pojedinačnim zgradama. Može se ugraditi i skladištenje toplote kako bi se sistemu omogućilo prilagođavanje promjenjivim potrebama za toplotom.

3.3.2 Geotermalna energija u poljoprivredi i proizvodnji hrane

Postoji značajan potencijal korištenja geotermalne energije u poljoprivredi i preradi hrane. Njena upotreba je posebno značajna u proizvodnji u plastenicima, kao i u sušenju i preradi hrane kao što je prikazano Lindalovim dijagramom (Slika 3-4).

Tehnološka rješenja za primjenu geotermalne energije u poljoprivrednoj proizvodnji prvenstveno zavise od:

- vrste rada plastenika – da li je geotermalna toplota potrebna tokom cijele godine ili samo tokom hladnijih mjeseci,
- uloge termalnih instalacija i potražnje za toplotom – da li geotermalna energija služi kao dopunsko grijanje ili kontinuirano kompenzira temperaturnu razliku između unutrašnjih i vanjskih uslova,
- vrste bunara i akvifera – da li geotermalna voda teče arteški ili zahtijeva pumpanje,
- hemijskih karakteristika geotermalnog fluida.

Za optimizaciju korištenja geotermalne energije i izvodljivosti projekta, preporučljivo je primijeniti barem jedan od sljedećih principa:

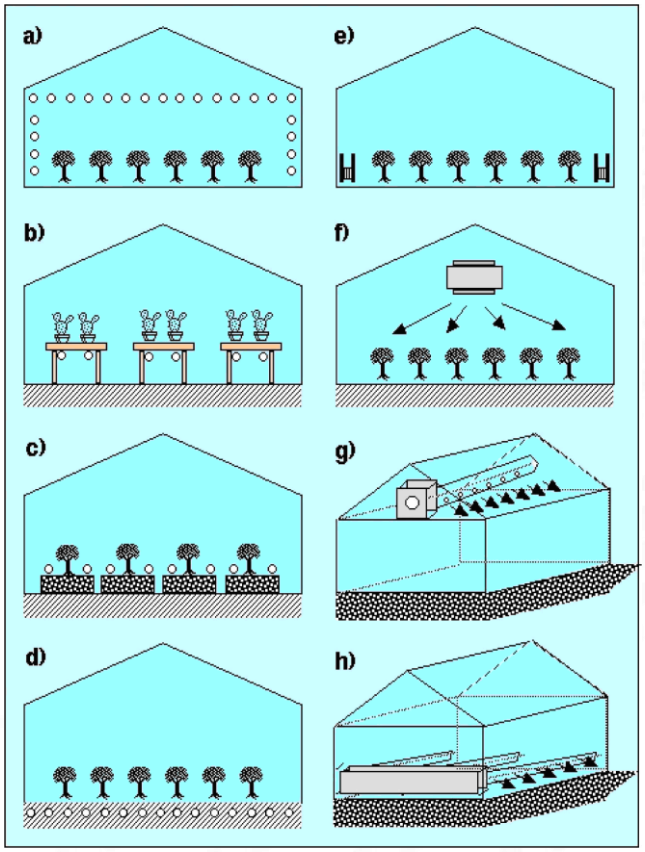
- Korištenje geotermalne energije za pokrivanje osnovnog opterećenja, dok se vršna potražnja obezbjeđuje fleksibilnim pomoćnim izvorom toplote. Ovo izbjegava visoke kapitalne troškove povezane s dimenzioniranjem geotermalnih instalacija za vršna opterećenja.
- Projektovanje termalnih sistema tako da uključuju više korisnika s različitim profilima opterećenja, čime se smanjuje vršno opterećenje.
- Uključivanje skladištenja toplotne energije, omogućavajući sistemu da reaguje na promjenjivu potražnju za toplotom.

Komponente geotermalnih sistema koji se koriste u proizvodnji u staklenicima

Geotermalni sistemi grijanja u staklenicima obično se sastoje od:

- proizvodnog bunara sa pripadajućom infrastrukturom za ekstrakciju geotermalnog fluida,
- cjevovoda od proizvodnog bunara do separatora pare,
- separatora koji uklanja gasovitu fazu iz geotermalne vode,
- cjevovoda od separatora do izmjenjivača toplote (sistem može, ali i ne mora, uključivati izmjenjivač toplote; u sistemima bez izmjenjivača toplote, geotermalna voda se direktno koristi za grijanje),
- izmjenjivača toplote gdje se geotermalna toplota prenosi na sekundarni radni fluid (najčešće vodu),
- plinovoda od separatora do baklje za sagorijevanje odvojenog gasa,
- cjevovoda od izmjenjivača toplote do injekcijskog bunara ili određenog kanala za ispuštanje ohlađene geotermalne vode,

- različitih vrsta infrastrukture za grijanje u staklenicima, koja može uključivati i skladištenje toplote.



Slika 3-10 - Shematski prikaz različitih izvedbi sistema grijanja staklenika[3]

Uobičajene konfiguracije grijanja staklenika (Slika 3-10**)**

Najčešće konfiguracije geotermalnog grijanja staklenika uključuju:

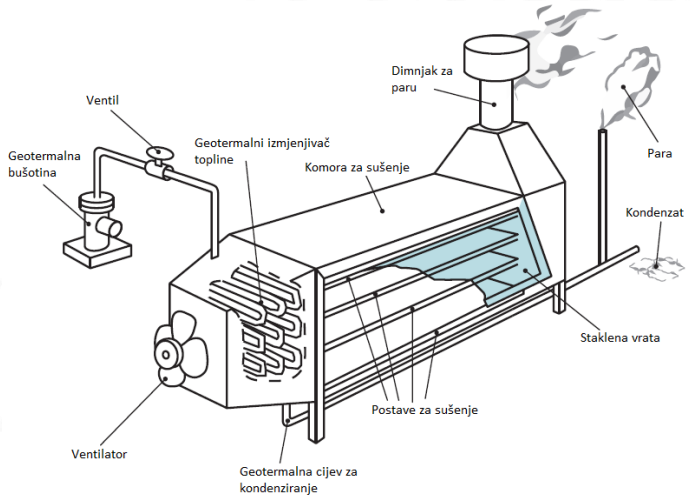
- sistem grijanja zračnim kanalima,
- grijanje klupa,
- kombinovano grijanje zraka i tla niskog nivoa,
- grijanje tla,
- konvektorsko grijanje,
- grijanje ventilator-konvektorima,
- mlazno grijanje – povišeno grijanje zračnim kanalima,
- grijanje nisko postavljenih zračnih kanala.

Za sušenje i preradu hrane, geotermalni resursi niskih i srednjih temperatura nude najveći potencijal zbog učestalosti primjena koje spadaju u ove temperaturne raspone. Toplotna energija može se dobiti direktno iz geotermalnog fluida ili kao otpadna toplota nakon proizvodnje električne energije u kaskadnom sistemu. Geotermalna energija ima izuzetno

[3] Izvor: Projekt ENER-SUPPLY ENER-SUPPLY - Energetska efikasnost i obnovljivi izvori energije – potpora kreiranju energetske politike na lokalnoj razini https://www.menea.hr/wp-content/uploads/2013/12/6-geotermalna.pdf EIHP. 2010.

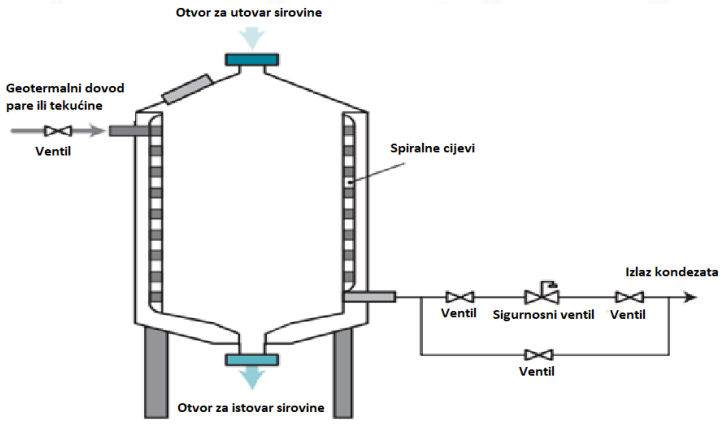
široku primjenu u sušenju i preradi hrane i može se koristiti u svim procesima koji se tradicionalno snabdijevaju konvencionalnim izvorima toplote, kao što je sušenje žitarica, voća i povrća, kao i postupci poput pasterizacije, sterilizacije i sličnih operacija. Naravno, pored upotrebe u prehrambenoj industriji, geotermalna energija se može primijeniti i u drugim procesima kao što su sušenje drveta, uzgoj gljiva, akvakultura i drugo.

Postoje različite konfiguracije opreme i sušara za korištenje geotermalne energije u procesima sušenja. Metoda ekstrakcije geotermalne toplote slična je prethodno opisanim tehnologijama, dok se konfiguracije sušara mogu značajno razlikovati ovisno o njihovoj namjeni. Slika 3-11 prikazuje komoru za sušenje mahunarki i žitarica. Geotermalna toplota se prenosi putem izmjenjivača toplote na zrak, koji se - nakon zagrijavanja - upuhuje u komoru za sušenje koja sadrži posude sa sirovinom koja se suši. Trajanje sušenja zavisi od parametara sušare i početnog sadržaja vlage u materijalu.



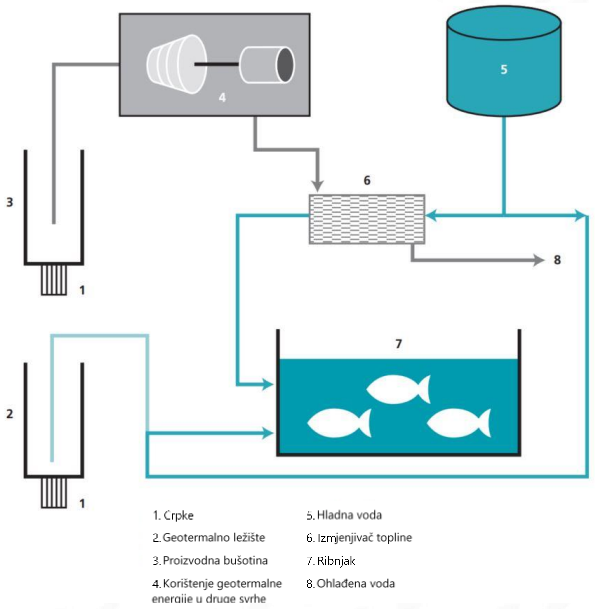
Slika 3-11- Sistem sušenja koji koristi geotermalnu energiju
Izvor: Van Nguyen et al., 2015.

Slika 3-12 ilustruje primjer sistema za predgrijavanje i zagrijavanje koji se koristi u prehrambenoj industriji. Između vanjskog i unutrašnjeg zida rezervoara, spiralne cijevi prenose geotermalnu tekućinu. Kroz unutrašnji zid rezervoara, toplotna energija se prenosi u posudu u kojoj se nalazi hrana.



Slika 3-12 - Slika Rezervoar za predgrijavanje i zagrijavanje hrane sa spiralnim cijevima
Izvor: Van Nguyen et al., 2015.

Vrlo uobičajena primjena geotermalne energije je u akvakulturi. Geotermalna toplota se prenosi putem izmjenjivača toplote na vodu u ribnjaku ili se geotermalna voda može direktno miješati sa slatkom vodom kako bi se postigla optimalna temperatura za uzgoj ribe. Izbor između ovih metoda ovisi o hemijskim karakteristikama geotermalne vode. Na taj način, uzgoj ribe je omogućen u hladnijim klimatskim okruženjima ili u područjima gdje drugi izvori energije nisu lako dostupni. Akvakultura se također može kombinirati s drugim geotermalnim primjenama: geotermalna tekućina na višoj temperaturi može se prvo koristiti za drugačiji proces, a zatim - na nižoj temperaturi - koristiti za zagrijavanje vode u ribnjaku.



Slika 3-13 - Shematski prikaz korištenja geotermalne energije u akvakulturi
Izvor: Van Nguyen et al., 2015.

3.3.3 Indirektna upotreba geotermalne energije za proizvodnju električne energije

Indirektna upotreba geotermalne energije za proizvodnju električne energije podrazumijeva situacije u kojima geotermalni izvor nije direktno pretvoren u struju putem turbina, već se koristi na način koji posredno doprinosi proizvodnji električne energije ili povećava energetsku efikasnost sistema. To je posebno važno kod geotermalnih resursa nižih temperatura, gdje direktna proizvodnja električne energije nije ekonomski isplativa, ali se toplota može iskoristiti u kombinaciji s drugim tehnologijama.

Za indirektnu upotrebu geotermalne energije, odnosno proizvodnju električne energije, danas se koristi nekoliko različitih tehnologija. Ove tehnologije se prvenstveno razlikuju po temperaturi i fizičkom stanju geotermalnog fluida koji koriste. Izbor određene tehnologije i proces pretvaranja geotermalne toplote u električnu energiju uveliko zavisi od parametara rezervoara, kao što su količina i hemijske karakteristike geotermalnog fluida, kao i temperatura i pritisak rezervoara.

Općenito, geotermalne elektrane se mogu svrstati u četiri grupe na osnovu tehnologija koje koriste:

- Elektrane na direktnu suhu paru (*dry steam*)
- Elektrane sa principom separiranja pare (*flash steam*)
- Binarne elektrane
- Geotermalne elektrane kombinovanog ciklusa ili hibridne geotermalne elektrane

U kontekstu FBiH (BiH), indirektna upotreba geotermalne energije mogla bi biti najrealniji put ka povezivanju geotermalnih resursa s proizvodnjom električne energije. S obzirom da veći dio poznatih geotermalnih izvora ima temperature koje nisu dovoljno visoke za direktnu proizvodnju struje, kaskadni sistem koji prvo koristi toplinu za grijanje objekata, plastenika, ribnjaka ili banjskih kompleksa, a zatim preostalu energiju za pogon malih binarnih elektrana, mogao bi biti ekonomski isplativ i održiv.

Indirektna upotreba također uključuje i predgrijavanje procesne vode u industrijskim postrojenjima ili podršku postrojenjima koja koriste toplotne pumpe za grijanje i hlađenje. Takvi sistemi smanjuju ukupnu potrošnju električne energije i doprinose dekarbonizaciji sektora energije. Za FBiH, gdje postoji relativno razvijen sektor grijanja, banjsko-turističkih i poljoprivrednih kapaciteta, ovakvi koncepti predstavljaju konkretan i primjenjiv način da se geotermalna energija integrira u energetski miks, čak i kada direktna proizvodnja struje nije moguća.

Elektrane na direktnu suhu paru

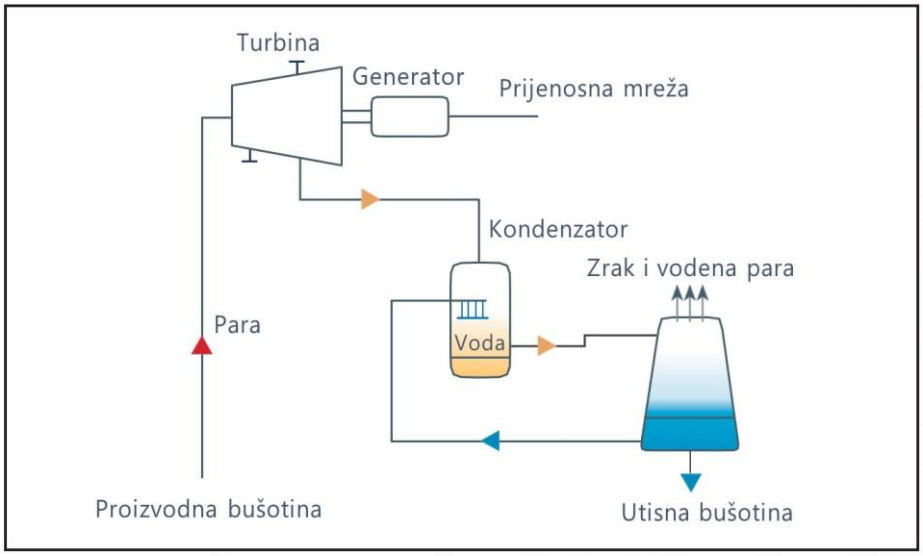
Elektrane na direktnu suhu paru predstavljaju najstariji i najjednostavniji tip geotermalnih elektrana i primjenjuju se tamo gdje geotermalni izvor proizvodi paru pod visokim pritiskom i dovoljno visoke temperature da se može direktno koristiti za pogon turbine. Ovaj tip elektrana koristi paru koja izlazi iz geotermalnog rezervoara bez potrebe za dodatnim zagrijavanjem ili sekundarnim radnim fluidima, što ih čini vrlo efikasnim kada su uslovi pogodni.

Princip rada je relativno jednostavan. Suha para dolazi iz bušotine u turbinu, pokreće rotirajući dio generatora i na taj način proizvodi električnu energiju. Nakon što para prođe kroz turbinu, kondenzuje se i vraća u podzemni rezervoar ili se odlaže na površini, zavisno o projektu. Efikasnost ovih elektrana je visoka jer nema dodatnih gubitaka pretvorbe toplote u drugi medij.

Prednost elektrana na direktnu paru je u jednostavnoj tehnologiji i niskim operativnim troškovima nakon što je postrojenje izgrađeno. Međutim, ovakvi izvori nisu česti jer zahtijevaju specifične geotermalne uvjete: visok geotermalni gradijent, prisustvo pare s niskim sadržajem vode ili minerala koji bi mogli oštetiti turbinu, te stabilan pritisak u rezervoaru. Ako izvor s vremenom oslabi ili se para zamijeni s vrućom vodom, elektrana više ne može raditi na ovaj način.

U svijetu, elektrane na direktnu paru najčešće se nalaze u geotermalno aktivnim područjima poput Islanda, Kalifornije, Filipina i Novog Zelanda, gdje su prirodni geotermalni rezervoari vrlo povoljni. U FBiH takvi resursi trenutno nisu potvrđeni. Većina geotermalnih izvora u FBiH su niskotemperaturni, termomineralni ili termalni izvori, pogodni za grijanje, balneologiju i

indirektnu proizvodnju električne energije, ali ne i za elektrane na direktnu paru. Iako bi elektrane na direktnu paru bile vrlo efikasne, u FBiH bi za njihovu realizaciju bila potrebna detaljna geološka istraživanja dubokih rezervoara i potencijalno velika investicija u bušenje na značajne dubine.



Slika 3-14- Shema geotermalne elektrane sa direktnom suhom parom

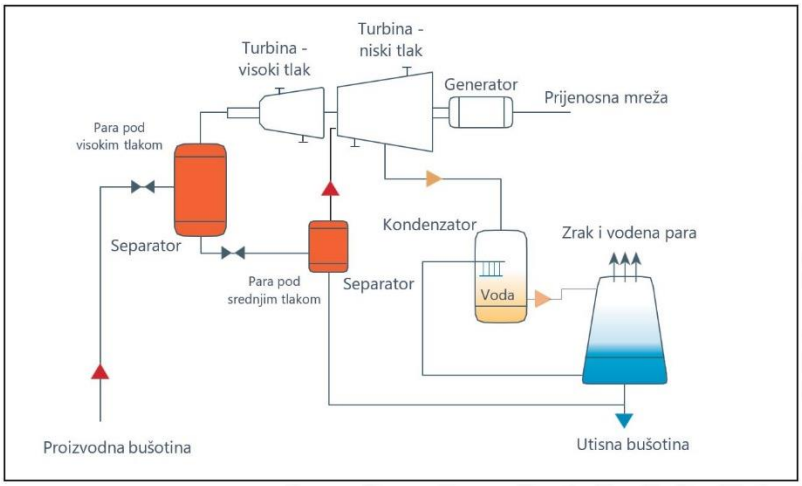
Elektrane sa principom separiranja pare

Elektrane s principom separiranja pare trenutno su najčešće korištena vrsta geotermalnih elektrana. Njihov princip rada sličan je principu elektrana na suhu paru, ali ključna razlika je u tome što se suha para proizvodi bljeskanjem - procesom separacije u kojem geotermalna tekućina prolazi kroz jednu ili više faza smanjenja pritiska u bljeskajućim separatorima.

Geotermalna tekućina bljeskanjem pretvara u paru u jednom ili više separatora, nakon čega se para usmjerava u jednu ili više turbina, gdje se proces proizvodnje energije nastavlja na isti način kao u elektranama na suhu paru. Ova vrsta geotermalne elektrane najpogodnija je za rezervoare s temperaturama većim od 180 °C.

Konfiguracije elektrana variraju ovisno o tome koriste li:

- Sistemi s jednim bljeskom: 0,2–80 MW
- Sistemi s dvostrukim bljeskom: 2–11 MW
- Sistemi s trostrukim bljeskom: 60–150 MW



Slika 3-15 - Shema geotermalne elektrane na vruću paru

Osnovni princip rada flash elektrana zasniva se na naglom smanjenju pritiska geotermalne vode kada se dovede na površinu. Vruća voda iz rezervoara pod visokim pritiskom prolazi kroz separator pare, gdje dio tekuće vode odmah prelazi u paru. Ta para se potom usmjerava prema turbini koja proizvodi električnu energiju. Preostala tekuća voda, koja se nije pretvorila u paru, može se vratiti u rezervoar, koristiti za grijanje ili u binarnim sistemima za zagrijavanje sekundarnog radnog fluida.

Flash elektrane mogu biti jednodijelne ili višedijelne, ovisno o temperaturi geotermalne vode i dizajnu postrojenja. Jednostepene (*single-flash*) elektrane koriste jedan proces separacije, dok višestepene (*double-flash*) elektrane višestruko koriste paru koja se oslobodi pri različitim pritiscima, čime se povećava efikasnost. Ovaj princip omogućava bolje iskorištavanje geotermalne energije u poređenju sa starijim sistemima, naročito kod izvora srednjih i visokih temperatura.

Prednost flash elektrana je što mogu koristiti resurse koji nisu dovoljno "suhi" za direktnu paru, čineći veliki dio geotermalnih izvora potencijalno iskoristivim. Međutim, zahtijevaju složeniji dizajn i kontrolu zbog korozivnih svojstava vode i minerala, kao i pažljivo rukovanje temperaturom i pritiskom kako bi se spriječila oštećenja opreme. Efikasnost ovih elektrana ovisi o temperaturi geotermalne vode i količini dostupne pare.

U FBiH, flash elektrane trenutno nisu u upotrebi, a glavni razlog je ograničeni broj geotermalnih izvora dovoljno visokih temperatura za ekonomski isplativu proizvodnju električne energije. Većina poznatih izvora su niskotemperaturni termalni izvori, pogodni za grijanje, balneologiju, ribnjake i indirektnu proizvodnju električne energije putem binarnih ili kaskadnih sistema. Ipak, postoji potencijal u dubinskim istraživanjima i identificiranju područja s višim geotermalnim gradijentima, što bi u budućnosti moglo otvoriti mogućnost za flash elektrane ili hibridne sisteme.

Binarne elektrane

Binarne elektrane se koriste kada temperature geotermalnog fluida nisu dovoljne za bljeskanje, ali su dovoljno visoke da prenesu toplotu na sekundarni (binarni) radni fluid putem izmjenjivača toplote. Sekundarni fluid ima nižu tačku ključanja od vode.

U binarnim elektranama, geotermalni fluid teče kroz izmjenjivač toplote, prenoseći toplotnu energiju na sekundarni fluid koji cirkuliše u zatvorenom sistemu. Kada sekundarni fluid ispari, para se širi kroz turbinu, generirajući električnu energiju na isti način kao i u drugim tipovima geotermalnih elektrana.

Ključna prednost je što geotermalni fluid ne dolazi u kontakt sa komponentama turbine. To omogućava binarnim elektranama da koriste geotermalne rezervoare relativno nižih temperatura i niže produktivnosti, pod uslovom da se odabere odgovarajući sekundarni fluid.

Binarni sistemi također omogućavaju kaskadno korištenje i optimizaciju proizvodnje električne energije u zavisnosti od trenutne potražnje za energijom.

Postoje dvije glavne tehnologije binarnog ciklusa:

1 Organski Rankineov ciklus (ORC)

Binarne geotermalne elektrane koje koriste Organski Rankineov ciklus, poznat kao ORC, predstavljaju savremenu i tehnički prilagodljivu tehnologiju za proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora nižih i srednjih temperatura. Za razliku od elektrana na suhu paru ili sistema sa separacijom pare, ORC postrojenja ne koriste direktno geotermalnu paru za pokretanje turbine, već rade na principu prijenosa toplote sa geotermalne vode na sekundarni radni fluid.

Osnovni princip rada ORC sistema zasniva se na primjeni klasičnog Rankineovog ciklusa, ali umjesto vode koristi se organski radni fluid koji ima nižu tačku ključanja. Geotermalna voda prolazi kroz izmjenjivač toplote gdje zagrijava organski fluid. Taj fluid isparava, pokreće turbinu spojenu na generator i proizvodi električnu energiju. Nakon prolaska kroz turbinu, para se hladi u kondenzatoru i vraća u tekuće stanje, zatvarajući ciklus. Geotermalna voda se nakon predaje toplote najčešće vraća u podzemni rezervoar.

Glavna prednost ORC tehnologije je mogućnost korištenja geotermalnih izvora koji nemaju dovoljno visoku temperaturu za klasične geotermalne elektrane. Time se značajno proširuje broj potencijalnih lokacija za proizvodnju električne energije. ORC sistemi su također zatvorenog tipa, što znači da geotermalni fluid ne dolazi u direktan kontakt s turbinom, čime se smanjuje rizik od korozije i taloženja minerala. Operativni troškovi su relativno niski, a postrojenja mogu raditi kontinuirano tokom cijele godine.

Efikasnost ORC elektrana zavisi od temperature geotermalne vode i tehničkog rješenja sistema. Kod nižih temperatura efikasnost je manja u poređenju s visokotemperaturnim elektranama, ali je ukupna iskoristivost resursa često veća jer se ovakvi sistemi mogu kombinovati sa kaskadnim korištenjem toplote. Nakon proizvodnje električne energije, preostala toplota može se koristiti za grijanje objekata, plastenika, ribnjaka ili u balneološke svrhe, čime se povećava ukupna energijska efikasnost projekta.

U kontekstu FBiH, ORC tehnologija je vjerovatno najprikladniji model za eventualnu proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora. Većina poznatih termalnih i termomineralnih voda u FBiH ima temperature koje su niže od onih potrebnih za elektrane na suhu paru ili flash sisteme. Zbog toga binarne elektrane sa ORC ciklusom predstavljaju tehnički realniju opciju.

Trenutno u FBiH ne postoje komercijalne geotermalne elektrane koje koriste ORC tehnologiju. Razvoj takvih postrojenja zahtijevao bi detaljna geološka istraživanja, procjenu temperature i protoka vode, kao i ekonomsku analizu isplativosti. Najveći izazov predstavljaju troškovi istražnog bušenja, jer bez pouzdanih podataka o dubinskim temperaturama nije moguće precizno procijeniti potencijal proizvodnje električne energije.

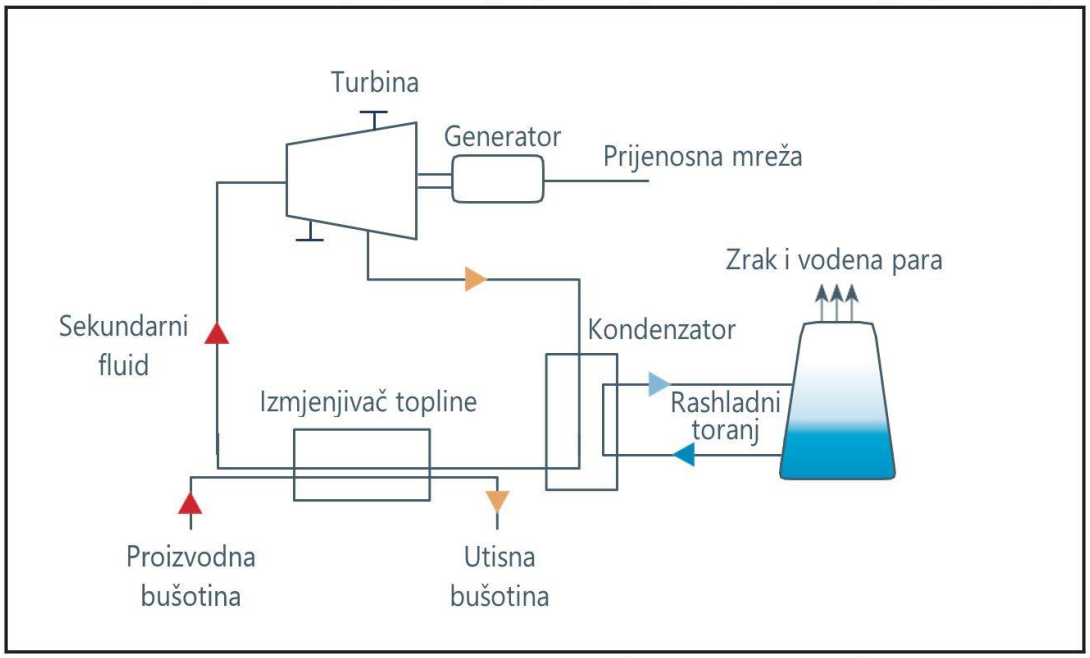
Ukoliko bi se u FBiH razvijali pilot projekti, ORC sistemi bi se mogli integrisati u postojeće banjske i turističke komplekse ili sisteme daljinskog grijanja. Takav kaskadni model, u kojem se prvo proizvodi električna energija, a zatim koristi preostala toplota, povećao bi ekonomsku opravdanost ulaganja. Dugoročno gledano, binarne geotermalne elektrane sa Organskim Rankineovim ciklusom mogle bi doprinijeti diversifikaciji energetskog miksa i smanjenju emisija, ali samo uz sistematska istraživanja i stabilan regulatorni okvir.

2 Kalinin ciklus

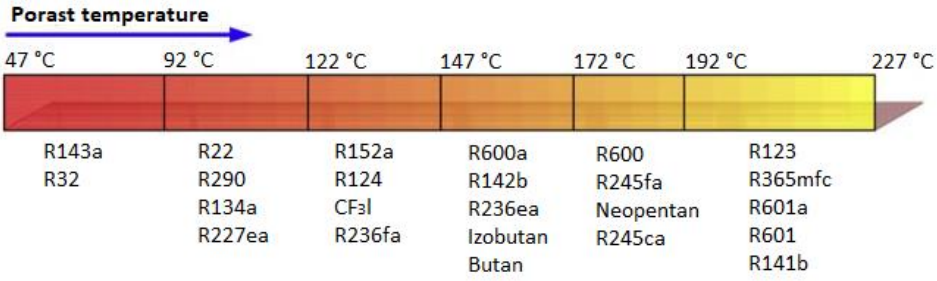
Koristi smjesu dvije ili više komponenti (obično voda-amonijak). Svaka komponenta ima različitu tačku ključanja, što omogućava isparavanje u širem temperaturnom rasponu i poboljšava efikasnost korištenja toplote.

Odabir odgovarajućeg radnog fluida je ključan i zavisi od ulazne temperature geotermalnog fluida, kao i od termodinamičkih svojstava sekundarnog fluida.

Binarne elektrane se najčešće koriste za temperature geotermalnog fluida između 100 °C i 170 °C. Mogu raditi na nižim temperaturama, ali sa smanjenom efikasnošću. Njihov kapacitet se obično kreće od 1 do 50 MW.



Slika 3-16 - Shema geotermalne elektrane s binarnim ciklusom



Slika 3-17 - Izbor optimalnog radnog fluida za različite temperature geotermalne vode

Izvor: Hijriawan et al., 2019.

Binarne geotermalne elektrane koje koriste Kalinin ciklus predstavljaju naprednu varijantu tehnologije za proizvodnju električne energije iz izvora nižih i srednjih temperatura. Ovaj ciklus je dobio ime po sovjetskom inženjeru Aleksandru Kalini, koji je razvio termodinamički proces zasnovan na mješavini amonijaka i vode kao radnog fluida. Za razliku od klasičnog Organskog Rankineovog ciklusa, gdje se koristi jedan organski fluid sa konstantnom tačkom ključanja, Kalinin ciklus koristi smjesu čiji se sastav i fazne promjene mogu prilagođavati kako bi se povećala efikasnost pretvaranja toplote u električnu energiju.

Osnovna razlika između Kalininog ciklusa i ORC sistema leži u načinu isparavanja i kondenzacije radnog fluida. Kod mješavine amonijaka i vode ne dolazi do fazne promjene pri konstantnoj temperaturi, već se isparavanje i kondenzacija odvijaju u širem temperaturnom rasponu. To omogućava bolje usklađivanje temperaturnog profila geotermalne vode i radnog fluida u izmjenjivaču toplote. Kao rezultat toga, smanjuju se termodinamički gubici i povećava ukupna efikasnost sistema, posebno kod izvora umjerenih temperatura.

Proces rada Kalininog ciklusa uključuje zagrijavanje mješavine amonijaka i vode pomoću geotermalne toplote, zatim ekspanziju pare kroz turbinu i proizvodnju električne energije. Nakon toga slijedi hlađenje i kondenzacija smjese, pri čemu se u posebnim separatorima podešava koncentracija amonijaka kako bi se optimizovao naredni ciklus. Zbog složenijeg procesa upravljanja koncentracijom i pritiscima, ovakva postrojenja su tehnički zahtjevnija od standardnih ORC sistema.

Prednost binarnih elektrana sa Kalininim ciklusom jeste viša efikasnost u odnosu na klasične binarne sisteme, naročito kada se radi o srednjim temperaturama geotermalnih fluida. Također, sistem može biti isplativ u situacijama gdje ORC tehnologija daje relativno nisku energetsku iskorištenost. Međutim, nedostatak je veća tehnička kompleksnost, potreba za preciznim upravljanjem radnim fluidom i potencijalni izazovi u vezi sa sigurnošću, s obzirom na prisustvo amonijaka.

U FBiH primjena binarnih elektrana sa Kalininim ciklusom trenutno nije razvijena. Koliko je javno poznato, ne postoje operativna postrojenja ovog tipa, a geotermalni resursi su uglavnom korišteni u balneološke i toplotne svrhe. S obzirom na to da većina poznatih izvora u FBiH spada u kategoriju nižih i srednjih temperatura, teorijski bi Kalinin ciklus mogao biti razmatran kao jedna od opcija za povećanje efikasnosti eventualnih geotermalnih elektrana.

Ipak, prije bilo kakve realizacije bilo bi neophodno provesti detaljna geološka istraživanja i tehno ekonomske analize. Ja nemam potvrđene podatke o dubinskim temperaturama i protocima koji bi garantovali ekonomsku opravdanost ovakvih sistema u FBiH, pa se potencijal

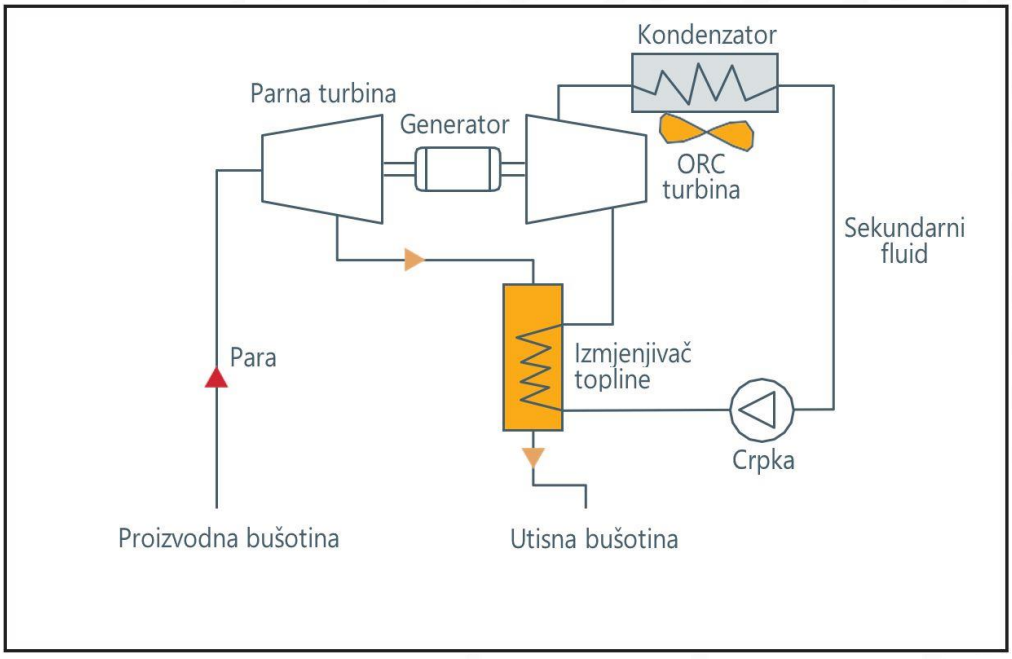
može smatrati pretpostavkom, a ne dokazanom činjenicom. U praksi bi vjerovatno bilo racionalnije prvo razvijati jednostavnije ORC sisteme, a zatim, ukoliko se pokaže opravdanim, razmatrati složenije koncepte poput Kalininog ciklusa.

U dugoročnom kontekstu energetske tranzicije, binarne geotermalne elektrane sa Kalininim ciklusom predstavljaju tehnološki naprednu opciju za bolje iskorištavanje resursa umjerenih temperatura. Njihova eventualna primjena u FBiH zavisila bi od rezultata istraživanja, investicione spremnosti i jasnog regulatornog okvira koji bi omogućio siguran i održiv razvoj geotermalnih projekata.

Kombinovane i hibridne geotermalne elektrane

Geotermalne elektrane kombinovanog ciklusa koriste dodatnu ORC jedinicu za proizvodnju električne energije iz otpadne toplote konvencionalnog binarnog sistema, čime se povećava ukupna efikasnost konverzije energije. Njihov tipičan kapacitet kreće se od nekoliko megavata do oko 10 MW.

Hibridne geotermalne elektrane su dizajnirane da integrišu geotermalnu energiju sa drugim izvorima energije - kao što su prirodni gas, solarna energija ili biomasa - kako bi se povećala temperatura geotermalnog fluida i poboljšale efikasnost i ekonomske performanse. Ovaj pristup povećava isplativost geotermalne energije i smanjuje nivelisane troškove električne energije (LCOE).



Slika 3-18 - Shema kombinovane geotermalne elektrane

Cilj ovakvih sistema jeste povećanje ukupne energetske efikasnosti, smanjenje rizika investicije i bolje iskorištavanje raspoloživog resursa, posebno u područjima gdje geotermalni potencijal nije dovoljno snažan za samostalnu i ekonomsku proizvodnju električne energije.

Kombinovane geotermalne elektrane najčešće podrazumijevaju kaskadno korištenje toplote. U takvom sistemu geotermalna energija se prvo koristi za proizvodnju električne energije, najčešće putem binarnog ciklusa ili flash sistema, a zatim se preostala toplota koristi za grijanje

objekata, plastenika, industrijskih procesa ili balneološke svrhe. Ovim pristupom se maksimalno iskorištava temperaturni potencijal fluida i smanjuju gubici energije. Ukupna efikasnost sistema je znatno veća nego kod elektrane koja proizvodi samo električnu energiju bez daljnje upotrebe toplote.

Hibridne geotermalne elektrane idu korak dalje i kombinuju geotermalnu energiju sa drugim obnovljivim ili konvencionalnim izvorima energije. Jedan primjer je kombinacija geotermalne energije i solarne energije, gdje se solarni kolektori ili koncentrirani solarni sistemi koriste za dodatno zagrijavanje radnog fluida prije ulaska u turbinu. Time se povećava temperatura i efikasnost ciklusa, posebno u periodima kada je geotermalni izvor umjerenih temperatura. Drugi primjer je integracija sa biomasom ili prirodnim plinom, gdje geotermalna toplota služi za predgrijavanje radnog medija i smanjenje potrošnje primarnog goriva.

Prednost kombinovanih i hibridnih sistema leži u fleksibilnosti i većoj pouzdanosti. Geotermalna energija obezbjeđuje stabilan i kontinuiran izvor toplote, dok drugi izvori mogu nadopuniti sistem u periodima povećane potražnje ili nižih temperatura geotermalnog fluida. Ovakvi sistemi također mogu smanjiti investicioni rizik jer omogućavaju postepeni razvoj i diversifikaciju prihoda, posebno kada se kombinuje proizvodnja električne energije sa prodajom toplotne energije.

U kontekstu FBiH, kombinovani i hibridni koncepti mogli bi imati poseban značaj. Većina poznatih geotermalnih izvora u FBiH spada u kategoriju niskih i srednjih temperatura, što otežava samostalnu proizvodnju električne energije klasičnim metodama. Međutim, u kombinaciji sa solarnim sistemima, koji su već prisutni na tržištu, ili sa postojećim sistemima daljinskog grijanja, geotermalni resursi bi mogli doprinijeti stabilnijem i efikasnijem energetskom sistemu.

Posebno je zanimljiva mogućnost povezivanja geotermalne energije sa sistemima grijanja u urbanim sredinama. U takvom modelu geotermalna toplota bi se primarno koristila za grijanje, dok bi manji dio energije bio usmjeren na proizvodnju električne energije putem binarnog ciklusa. Time bi se postigla veća ukupna iskorištenost resursa nego u slučaju zasebne elektrane. Također, u područjima gdje postoje banjski i turistički kompleksi, moguće je razviti hibridne sisteme koji bi kombinovali proizvodnju električne energije, grijanje objekata i korištenje termalne vode u balneološke svrhe.

Trenutno u FBiH ne postoje operativne kombinovane ili hibridne geotermalne elektrane. Razvoj takvih projekata zahtijevao bi detaljna geološka istraživanja, preciznu ekonomsku analizu i jasan regulatorni okvir. Ipak, u dugoročnom smislu, ovakav pristup mogao bi biti realniji od izgradnje velikih samostalnih geotermalnih elektrana, jer bolje odgovara lokalnim uslovima i omogućava racionalnije korištenje dostupnih resursa.

Kombinovane i hibridne geotermalne elektrane predstavljaju koncept koji povezuje energetsku efikasnost, obnovljive izvore i lokalni razvoj. Za FBiH one mogu biti strateška opcija u procesu energetske tranzicije, posebno ako se budu razvijale kroz pilot projekte i u saradnji sa akademskim i istraživačkim institucijama.

Modularne geotermalne elektrane

Modularne geotermalne elektrane predstavljaju sisteme malog obima (od 150 kW do nekoliko MW), obično zasnovane na ORC procesu, koje karakteriše efikasan rad na nižim temperaturama i pritiscima. Zbog ovih radnih uslova, jedinice mogu biti kompaktne i sastavljene od više modula, što omogućava veću fleksibilnost i kraće vrijeme izgradnje u poređenju sa tradicionalnim geotermalnim elektranama.

U početku se može instalirati manji broj modula, sa mogućnošću proširenja ako se geotermalni rezervoar pokaže produktivnijim. Prednosti uključuju:

- smanjena početna ulaganja,
- prilagodljivost karakteristikama rezervoara,
- skalabilnost,
- održavanje koje se vrši modul po modul bez gašenja cijelog postrojenja, što rezultira većom dostupnošću i poboljšanom operativnom fleksibilnošću.



Slika 3-19 - Modularna geotermalna elektrana, Fludir, Island Izvor: ThinkGeoEnergy

Modularne geotermalne elektrane predstavljaju savremeni pristup iskorištavanju geotermalne energije, zasnovan na manjim, standardizovanim i fleksibilnim proizvodnim jedinicama koje se mogu instalirati pojedinačno ili u grupama, u zavisnosti od raspoloživog resursa i potreba potrošača. Za razliku od velikih centralizovanih geotermalnih postrojenja, modularne elektrane su prilagođene srednjim i manjim ležištima, te omogućavaju fazni razvoj projekata uz manji početni rizik.

Osnovna karakteristika modularnih sistema jeste njihova skalabilnost. Proizvodni kapacitet se može postepeno povećavati dodavanjem novih modula, bez potrebe za potpunom rekonstrukcijom postrojenja. Ovakav pristup je posebno pogodan u područjima gdje geotermalni potencijal nije u potpunosti istražen ili gdje investitori žele smanjiti početne troškove i rizike. Tehnološki, modularne elektrane se najčešće zasnivaju na binarnom ciklusu,

gdje geotermalna voda zagrijava sekundarni radni fluid s nižom tačkom ključanja, koji potom pokreće turbinu i generator.

Prednost modularnih geotermalnih elektrana je i u kraćem vremenu izgradnje. Budući da se veći dio opreme proizvodi fabrički kao gotov modul, montaža na lokaciji je brža i jednostavnija. Također, manji kapaciteti znače manji uticaj na okoliš, lakše uklapanje u lokalnu infrastrukturu i bolju prilagodbu specifičnim geološkim uslovima. Ovakvi sistemi su posebno korisni u udaljenim ili ruralnim područjima, gdje nema razvijene energetske infrastrukture.

Modularne elektrane mogu se integrisati i u kaskadne sisteme, gdje se električna energija proizvodi iz geotermalne toplote, a preostala toplota koristi za grijanje objekata, plastenika, ribnjaka ili u balneološke svrhe. Time se postiže visoka ukupna energijska efikasnost i bolja ekonomska opravdanost projekta.

U kontekstu FBiH, modularne geotermalne elektrane bi mogle predstavljati realniji i tehnički prihvatljiviji model razvoja u odnosu na velike geotermalne elektrane. Većina poznatih geotermalnih izvora u FBiH ima niže ili srednje temperature, što ih čini pogodnijim za binarne sisteme manjeg kapaciteta nego za klasične elektrane na suhu paru ili flash principu. Modularni pristup bi omogućio pilot projekte na lokacijama gdje su već prisutni termalni izvori, posebno u blizini banjskih i turističkih kompleksa.

Ipak, trenutno u FBiH ne postoje operativne modularne geotermalne elektrane. Razvoj ovakvih postrojenja zahtijevao bi detaljna geološka istraživanja, jasno definisan regulatorni okvir i finansijsku podršku za početne investicije. S obzirom na to da su početni troškovi bušenja najrizičniji dio projekta, modularni koncept bi mogao pomoći u smanjenju ukupnog investicijskog opterećenja kroz faznu realizaciju i kombinaciju s drugim oblicima korištenja geotermalne energije.

U dugoročnom smislu, modularne geotermalne elektrane mogle bi doprinijeti diversifikaciji energetskog miksa FBiH, posebno u kontekstu energetske tranzicije i smanjenja emisija. Njihova najveća prednost leži u prilagodljivosti, manjem riziku i mogućnosti integracije sa sistemima daljinskog grijanja, industrijskim postrojenjima i turističkim centrima, čime bi geotermalni resursi mogli biti iskorišteni na održiv i ekonomski racionalan način.

Primjenjivost tehnologija za proizvodnju električne energije

Efikasnost i funkcionalnost pojedinih tipova geotermalnih elektrana prvenstveno zavise od temperaturnih i hidrotermalnih karakteristika geotermalnog rezervoara. Elektrane na direktnu suhu paru predstavljaju tehnološki najjednostavniji i često najefikasniji oblik proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora, ali zahtijevaju specifične geološke uslove i vrlo visoke temperature fluida, uz dominantno prisustvo pare. Elektrane sa principom separiranja pare omogućavaju korištenje geotermalne vode visokih temperatura i danas predstavljaju najčešće korištenu tehnologiju u komercijalnim geotermalnim postrojenjima.

Sa druge strane, binarne elektrane omogućavaju proizvodnju električne energije iz geotermalnih resursa znatno nižih temperatura, koristeći sekundarni radni fluid sa nižom tačkom ključanja koji se zagrijava putem izmjenjivača toplote. Zahvaljujući ovom principu rada, binarni sistemi mogu funkcionisati i pri nižim temperaturnim režimima geotermalnog fluida, čime značajno proširuju raspon geotermalnih resursa koji se mogu koristiti za

proizvodnju električne energije. Savremeni pristupi dodatno uključuju modularne i hibridne konfiguracije elektrana, koje omogućavaju fleksibilno prilagođavanje različitim temperaturnim uslovima i integraciju sa drugim energetskim sistemima. U tom smislu, izbor optimalne tehnologije uvijek zavisi od kombinacije temperature fluida, protoka, hemijskog sastava geotermalne vode i ekonomskih parametara projekta.

3.3.4 Kaskadno korištenje geotermalne energije

Najefikasniji način korištenja geotermalne energije je kaskadno korištenje, koje uključuje postepeno korištenje geotermalne toplote na različitim temperaturnim nivoima u sekvencijalnim procesima.

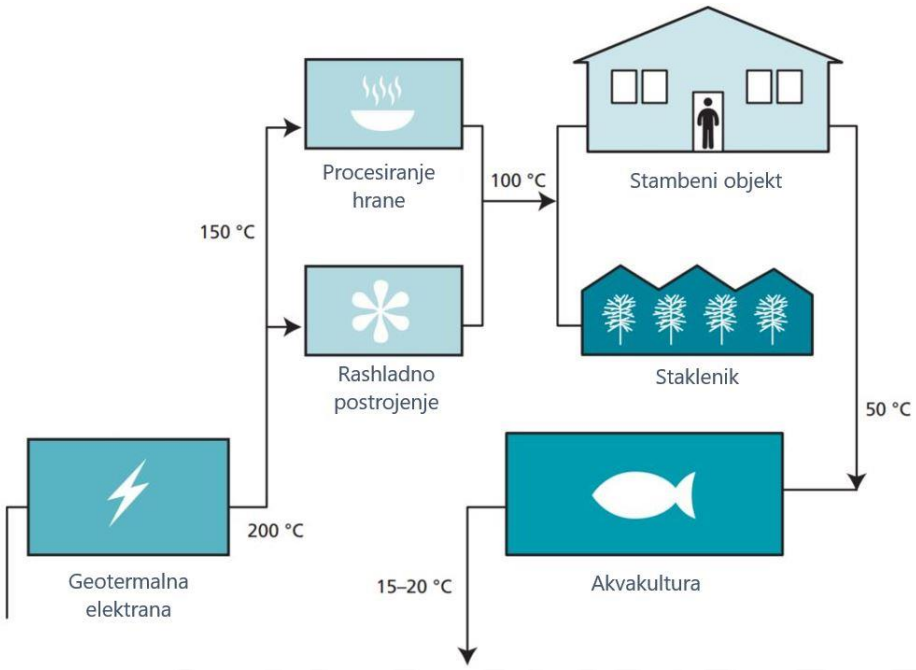
Koncept se zasniva na geotermalnom fluidu koji predaje dio svoje toplote u jednom procesu i nastavlja se koristiti na nižoj temperaturi u sljedećim primjenama. Kaskadni sistemi mogu uključivati:

1. Proizvodnja električne energije (visoka temperatura)
2. Prerada hrane ili hlađenje korištenjem sistema apsorpcije/adsorpcije (srednja temperatura)
3. Dehidracija, staklenici, balneologija (niska temperatura)
4. Akvakultura (vrlo niska temperatura)

U primjeru ispod (Slika 3-20), geotermalni resurs srednje entalpije se prvo koristi za proizvodnju električne energije. Fluid zatim nastavlja kroz više dodatnih faza, svaka koristeći sukcesivno nižu temperaturu toplote, sve dok ne dođe do primjene u akvakulturi.

Ovaj pristup maksimizira korištenje geotermalnog fluida donesenog na površinu i značajno poboljšava i energetsku efikasnost i ekonomsku isplativost.

Efikasno planiranje projekta mora biti usklađeno s lokalnim prioritetima, ekonomskim razmatranjima i namjeravanom upotrebom geotermalne energije. Kaskadni projekti stvaranja prilika za razvoj više industrija i mogu stimulirati širi ekonomski rast unutar lokalnih zajednica.

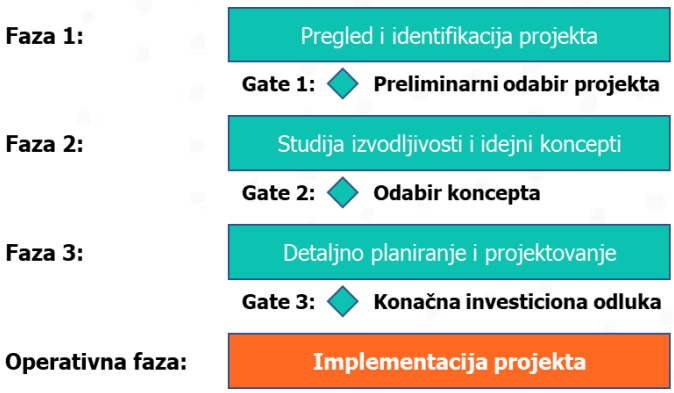


Slika 3-20 - Shema kaskadnog korištenja geotermalne energije
Izvor: Van Nguyen et al., 2015.

3.4 Metodologija kvantitativne procjene geotermalnog potencijala

Metodologija procjene geotermalnog potencijala zasniva se na međunarodno prihvaćenim principima za istraživanje i vrednovanje dubokih geotermalnih resursa. Kao osnovni metodološki okvir koristi se fazni (*stage-gate*) pristup preporučen u smjernicama BVeG-a *(Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie)* za geološko i ekonomsko vrednovanje geotermalnih projekata. Ovaj pristup omogućava sistematsko smanjenje geološke neizvjesnosti kroz uzastopne faze istraživanja, kao i transparentno donošenje investicionih odluka u skladu sa savremenim praksama u geotermalnom sektoru.

Za potrebe izrade predmetne Studije primjenjuje se pristup karakterističan za **fazu 1** ovog metodološkog okvira, koji omogućava preliminarno vrednovanje potencijalnih zona i definisanje osnovnog pristupa procjeni geotermalnog potencijala.



Slika 3-21 - Geotermalni proces sa faznim uvodom

U početnoj fazi, prema BVeG-u, fokus je na preglednim analizama dostupnih podataka i određivanju osnovne pogodnosti područja. Prikupljaju se i analiziraju geološki, hidrogeološki, geofizički i hidrohemijski podaci, procjenjuju se potencijalni rezervoari, dubine i temperature, identifikuju ključne geološke neizvjesnosti i porede se uslovi sa susjednim ili referentnim projektima. Rezultati ove faze vode prema prvoj tački odluke „gateu" (Gate 1), u kojem se procjenjuje opravdanost ulaska u fazu detaljnije studije izvodljivosti.

U fazi studije izvodljivosti, metodologija BVeG-a zahtijeva sveobuhvatna geološka i geofizička istraživanja: analizu bušotinskih podataka, seizmičku interpretaciju, modeliranje rezervoara, evaluaciju fraktura i stresnog polja te procjenu rizika inducirane seizmičnosti. Cilj je značajno smanjiti geološku neizvjesnost i kvantificirati vjerovatnoću geološkog uspjeha, kao i termalni kapacitet lokacije. Ova faza kulminira drugom tačkom odlučivanja (Gate 2), gdje se definiše koncept budućeg geotermalnog sistema.

U završnoj fazi, u skladu s BVeG smjernicama, naglasak je na integraciji geoloških rezultata u tehničko i ekonomsko projektovanje bušotina. Pripremaju se detaljni profili bušotina, procjene pritisaka i kolona, analiziraju operativni rizici (seizmičnost, korozija, taloženje) i finalizira ekonomski model. Ovi elementi omogućavaju donošenje konačne investicione odluke zasnovane na pouzdanim geološkim i ekonomskim pokazateljima.

Analize dane u Studiji imale su kao cilj izdvajanje i selekciju lokacija koje zadovoljavaju kriterije geotermalnog potencijala.

Geološka procjena u fazi identifikacije projekta (Faza 1)

Tokom faze „screeninga" provode se osnovna istraživanja kako bi se utvrdila pogodnost nekog područja za proizvodnju energije iz duboke geotermije, i u pogledu podzemnih i nadzemnih uslova. Početna procjena mogućeg geotermalnog potencijala zasniva se na postojećim geološkim podacima.

U Bosni i Hercegovini se mogu uzeti u obzir različiti izvori geoloških podataka: podaci državnih institucija (prije svega Federalni zavod za geologiju, te kantonalne i entitetske institucije), podaci javnih preduzeća i regulatornih tijela (vodne agencije, hidrometeorološki zavodi), podaci privatnih kompanija koje su kroz istoriju provodile rudarska, hidrogeološka ili energetska istraživanja, kao i podaci iz naučnih publikacija i univerzitetskih istraživanja.

Prema preporukama BVGa za svaku geološku zonu tokom faze „screeninga"odgovoreno je na sljedeća pitanja. Odgovori su dani opisno i tablično.

- Koji su mogući geotermalni rezervoari?
- Koji geološki parametri nose najveće neizvjesnosti za geotermalnu upotrebu?
- Koje su dubine, temperature i protoci kod susjednih projekata?
- Koja geološka baza podataka je dostupna?
- Postoje li već duboke bušotine u uporedivim geološkim uslovima u blizini?
- Kakva je statistika uspješnosti i termalni učinak geotermalnih bušotina koje su već izbušene u regiji?
- Koji se parametri pretpostavljaju u odsustvu susjednih referentnih projekata i na čemu se te pretpostavke zasnivaju?
- Koje dodatne podatke možda treba prikupiti (npr. nova akvizicija podataka, re-procesiranje seizmike, nova 2D ili 3D seizmika)?

Ako faza „screeninga" pokaže dobre indikacije za geotermalni potencijal, rezultati se sažimaju u preliminarnoj studiji, koja uključuje sljedeće tačke za ekonomsku identifikaciju projekta (Gate 1):

- procjenu troškova za eventualno potrebno pribavljanje podataka
- analizu rezultata susjednih bušotina
- procjenu troškova bušenja u zavisnosti od dubine
- grubu procjenu geološke vjerovatnoće uspjeha
- procjenu raspona mogućeg termalnog učinka (temperatura, ΔT, zapreminska gustoća)

Ovi osnovni geološki okvirni uslovi, zajedno s preliminarnom procjenom nadzemnih uslova (npr. lokalna potreba za toplotom, planovi širenja toplifikacione mreže), dovode do početne, grube procjene ekonomske isplativosti. To čini osnovu za prvu tačku odluke (Gate 1), na kojoj se projekat ili prekida ili prenosi u sljedeću fazu: studija izvodljivosti i konceptualno projektovanje. Tokom faze 1 donosi se i tehnološka odluka da li je projekat bolje voditi kao otvoreni (hidrotermalni ili petrotermalni) ili zatvoreni (closed-loop) sistem, eventualno i kao rezervna opcija.

Geološka procjena u fazi studije izvodljivosti i konceptualnog projektovanja (faza 2)

U fazi 2 provodi se sav detaljni geološki rad – od prikupljanja podataka do modeliranja geotermalnog rezervoara:

Pribavljanje podataka obično uključuje:

- pribavljanje postojećih podataka o bušotinama i seizmici
- akviziciju vlastitih 2D i 3D seizmičkih podataka

Analiza podataka iz bušotina

- evaluaciju logova i kvantitativno određivanje parametara (temperatura, poroznost itd.); analiza fraktura u slučaju dostupnosti „image logova"
- regionalnu korelaciju logova
- analizu uzoraka jezgre ako je moguće
- određivanje facijesa, mapiranje facijesa, izrada parametarskih karata
- istraživanja hemije vode

Analiza seizmičkih i drugih geofizičkih podataka

- obradu seizmičkih podataka i utvrđivanje odnosa sezmičko vrijeme–stvarna dubina
- interpretaciju seizmičkih podataka i kartiranje
- analizu seizmičkih atributa za odrešivanje prostiranja poroznosti i povezanosti
- analizu mreže rasjeda i fraktura
- po potrebi analizu podataka drugih geofizičkih metoda istraživanja, npr. hidrohemije ili gravimetrije

Detaljno kartiranje rasjeda

- analizu stanja naponskog polja (stress plan)
- procjenu u kojoj mjeri su frakture otvorene ili zapečaćene
- identifikaciju preferencijalnog smjera otvorenih fraktura

Analiza rizika inducirane seizmičnosti

- istraživanje prirodne seizmičnosti radi određivanja početnog stanja
- hidrauličku analizu seizmološke reaktivabilnosti rasjeda
- istraživanje i modeliranje mogućih posljedica promjena pritiska i temperature u bušotini usljed zahvata i reinjekcije vode

Modeliranje i simulacije

- termalno modeliranje i simulacija
- modeliranje i simulacija rezervoara

Navedene aktivnosti se sumiraju u sveobuhvatnoj studiji izvodljivosti. Određuje se geološka vjerovatnoća uspjeha, procjenjuju se prirodne varijabilnosti. Na kraju faze 2 svi ulazni parametri za ekonomsku analizu zasnovanu na vjerovatnoćama trebali bi biti dostupni. Sve to čini osnovu za drugu tačku odluke, koja, ako je pozitivna, vodi ka izboru koncepta za naredno detaljno planiranje.

Za složenije projekte, faza 2 se također može podijeliti na fazu 2a – studija izvodljivosti i fazu 2b – razvoj koncepta. Svaka podfaza tada prolazi kroz odgovarajući „gate".

Geološka evaluacija u fazi detaljnog planiranja (faza 3)

U ovoj fazi geološka istraživanja podzemnog geotermalnog sistema već su završena. Operativni geološki rizici, npr. u pogledu seizmičnosti, korozije ili taloženja karbonata ili silikata u bušotini (scaling), razmatraju se u ovoj fazi i minimiziraju u okviru detaljnog planiranja. Ključni elementi planiranja geotermalnih bušotina također se izvode u ovoj fazi, uključujući detaljniju razradu:

- preliminarni geološki profil bušotine, identifikacija problematičnih stijenskih formacija („trouble zones") sa aspekta bušaće tehnologije
- predviđanja pritisaka i određivanje potrebne gustine isplake (mud weight)
- određivanje programa kolona (casing scheme) i dubina te položaja pojedinih kolona u stratigrafskom profilu

i:

- planiranje bušotina i u zavisnosti od naponskog polja i orijentacije fraktura
- izradu „decision tree" (stabla odluke) za operativnu fazu bušenja

Konačna dorada ekonomskog modela dovodi do posljednje tačke odluke – konačne investicione odluke.

3.5 Utjecaj korištenja geotermalne energije na okoliš

Geotermalna energija je čist i održiv izvor energije, ali njen razvoj i dalje ima određeni uticaj na okoliš. Pozitivni i negativni aspekti ovog uticaja moraju se uzeti u obzir prije bilo kakve odluke o razvoju geotermalnog polja, kao i moguće mjere ublažavanja.

Glavni okolišni uticaji

Glavni učinci geotermalnog razvoja na okoliš povezani su s površinskim poremećajima, fizičkim učincima povlačenja fluida, toplotnim učincima i ispuštanjem hemikalija. Svi ovi čimbenici utjecat će i na biološki okoliš, uključujući promjene vegetacije, staništa divljih životinja,

smanjenje raznolikosti vrsta i sastava zajednice. Kao i kod svih industrijskih aktivnosti, postoje i neki društveni i ekonomski učinci.

Emisije i poređenje s drugim izvorima

Geotermalna postrojenja imaju niske emisije ugljikovog dioksida, sumporovodika i amonijaka te nisku potrošnju zemljišta i vode; ovi uticaji se mogu minimizirati odgovarajućim mjerama ublažavanja. Druge potencijalne emisije poput žive, bora i arsena mogu rezultirati lokalnim i regionalnim posljedicama po okoliš, iako se njihovi uticaji slabo razumiju na globalnoj razini. U usporedbi s nuklearnim i fosilnim gorivima, geotermalna energija je benigni izvor, a relativne količine emisija stakleničkih plinova iz geotermalne električne energije samo su dio onih iz fosilnih goriva i iste veličine kao kod hidroenergije i solarne energije.

Strategije ublažavanja i rekultivacija

Općenito, uticaji proizvodnje geotermalne energije i izravne upotrebe na okoliš su mali i u većini slučajeva kontrolirani. Postoje mali rizici od slijeganja, inducirane seizmičnosti i klizišta, s potencijalno ozbiljnim posljedicama. Integracija pravovremene rekultivacije tijekom i nakon rada postrojenja može značajno doprinijeti smanjenju dugoročnih troškova rekultivacije, a istovremeno poboljšati oporavak ekosistema (Ármannsson, 2003; DOE, 2019; EIA, 2026; Dhar i Naeth).

3.6 Ekonomska isplativost korištenja geotermalne energije

Ekonomska isplativost korištenja geotermalne energije zavisi od kombinacije geoloških, tehnoloških, tržišnih i regulatornih faktora. Za razliku od konvencionalnih izvora energije, geotermalni projekti karakterišu visoki početni troškovi i relativno niski operativni troškovi tokom eksploatacije, što znači da je analiza dugoročnih koristi ključna za procjenu njihove finansijske održivosti.

Najveći dio investicije odnosi se na geološka istraživanja, bušenje i izgradnju postrojenja. Troškovi bušenja su posebno osjetljivi jer zavise od dubine, geološke strukture i temperature ležišta. Ukoliko istraživanja potvrde stabilan i dovoljan geotermalni potencijal, operativni troškovi su uglavnom niski, jer nema kontinuirane nabavke goriva. To omogućava stabilnost cijena energije i dugoročnu predvidivost troškova, što predstavlja značajnu ekonomsku prednost u odnosu na fosilne izvore čija cijena varira na tržištu.

Isplativost je naročito izražena kod projekata direktne primjene toplote, kao što su sistemi daljinskog grijanja, grijanje staklenika, industrijskih postrojenja ili javnih objekata. U takvim slučajevima, uštede na troškovima goriva mogu tokom vremena nadmašiti početnu investiciju. Kod proizvodnje električne energije, ekonomska opravdanost uveliko zavisi od temperature izvora, efikasnosti tehnologije i mogućnosti ostvarivanja poticaja ili premija za obnovljive izvore.

Finansijski podsticaji, subvencije i mehanizmi podrške za obnovljive izvore energije značajno utiču na ekonomsku isplativost. Mogućnost ostvarivanja premija, grantova ili povoljnih kredita smanjuje investicioni rizik i skraćuje period povrata ulaganja. U stabilnom regulatornom okruženju, gdje su procedure licenciranja i koncesija jasno definirane, geotermalni projekti postaju privlačniji investitorima i finansijskim institucijama.

S druge strane, rizik neuspješnog bušenja ili precijenjenog kapaciteta ležišta može negativno uticati na ekonomsku održivost. Neizvjesnost u pogledu dugoročnog kapaciteta bunara, tehnički problemi poput korozije i mineralizacije, te potencijalni troškovi održavanja mogu povećati ukupne troškove projekta. Također, duži period povrata investicije može predstavljati izazov za investitore koji traže brži finansijski prinos.

U cjelini posmatrano, ekonomska isplativost geotermalne energije najčešće se ostvaruje kroz dugoročni pristup, stabilno regulatorno okruženje, precizna geološka istraživanja i optimalan izbor tehnologije. Kada su ovi uslovi ispunjeni, geotermalna energija može predstavljati finansijski održiv i konkurentan izvor energije, posebno u sektorima grijanja i industrijske potrošnje, uz dodatnu vrijednost smanjenja emisija i povećanja energetske sigurnosti.

Iako inicijalni troškovi istraživanja i bušenja predstavljaju glavni ekonomski rizik, iskustva iz uporedivih evropskih zemalja pokazuju da se kod projekata niskotemperaturne i srednjetemperaturne geotermalne energije period povrata investicije može kretati u rasponu od 8 do 15 godina, zavisno od obima projekta i načina finansiranja. U slučaju integracije geotermalne energije sa postojećim sistemima grijanja ili u kombinaciji sa toplotnim pumpama, ekonomski efekti mogu biti dodatno poboljšani, uz smanjenje ukupnih investicionih troškova i povećanje fleksibilnosti sistema.

Obzirom da geotermalni resursi predstavljaju lokalni izvor energije, korištenjem istih se smanjuje zavisnost od uvoza energenata i izloženost volatilnosti međunarodnih tržišta. Dugoročno posmatrano, ovakvi projekti doprinose stabilizaciji troškova energije za lokalne zajednice, povećanju energetske sigurnosti i zadržavanju finansijskih sredstava unutar lokalne ekonomije. Dodatno, razvoj geotermalnih projekata može imati pozitivan multiplikativni efekat kroz otvaranje novih radnih mjesta u fazama istraživanja, izgradnje i održavanja, kao i kroz jačanje lokalnih tehničkih i institucionalnih kapaciteta.

Ekonomska isplativost geotermalne energije u BiH može biti dodatno unaprijeđena kroz korištenje dostupnih međunarodnih finansijskih mehanizama, grantova i povoljnih kreditnih linija, posebno u okviru klimatskih i energetskih fondova Evropske unije i međunarodnih razvojnih institucija. U kombinaciji sa odgovarajućim regulatornim okvirom i strateškim planiranjem, geotermalna energija ima potencijal da postane konkurentan i dugoročno održiv element energetskog miksa BiH, naročito na lokalnom i regionalnom nivou.

3.6.1 Ekonomski rizici

Ekonomski rizici korištenja i istraživanja geotermalne energije prvenstveno su povezani s visokim početnim ulaganjima, neizvjesnošću u fazi istraživanja i dugim periodom povrata investicije. Za razliku od nekih drugih obnovljivih izvora, geotermalni projekti zahtijevaju značajne troškove prije nego što se potvrdi stvarni kapacitet resursa, što investitorima nameće povećan finansijski rizik u ranim fazama razvoja.

Najizraženiji rizik javlja se u fazi geoloških istraživanja i bušenja. Uprkos preliminarnim studijama, stvarni temperaturni gradijent, izdašnost ležišta i hemijski sastav fluida mogu odstupati od procjena. Ukoliko bušotina ne potvrdi očekivani kapacitet ili temperaturu, ulaganje može postati djelimično ili u potpunosti neisplativo. Ovaj istražni rizik je specifičan za geotermalne projekte i često predstavlja glavnu prepreku za privatne investitore bez mehanizama podjele rizika ili javne podrške.

Drugi značajan ekonomski rizik odnosi se na visoke kapitalne troškove opreme i infrastrukture. Nabavka specijalizirane opreme, izgradnja postrojenja, instalacija cjevovoda i priključenje na elektroenergetsku ili toplotnu mrežu zahtijevaju velika početna sredstva. Ukoliko dođe do kašnjenja u izdavanju dozvola, promjena regulatornog okvira ili porasta cijena materijala i usluga, ukupni troškovi projekta mogu značajno porasti.

Dugoročni operativni rizici uključuju mogućnost smanjenja kapaciteta bunara, promjene hidrogeoloških uvjeta, pojavu korozije ili taloženja minerala koji povećavaju troškove održavanja. Ako dođe do smanjenja proizvodnje toplote ili električne energije, prihod projekta može pasti ispod planiranog nivoa, što utiče na sposobnost otplate kredita i ukupnu finansijsku stabilnost.

Tržišni rizici također imaju važnu ulogu. Promjene u cijenama električne energije, toplotne energije ili fosilnih goriva mogu uticati na konkurentnost geotermalnih projekata. Ukoliko tržišne cijene energije padnu, period povrata investicije može se produžiti. Slično tome, izmjene u sistemima poticaja ili subvencija za obnovljive izvore mogu promijeniti očekivanu ekonomsku računicu.

Regulatorni i administrativni rizici dodatno utiču na ekonomsku sigurnost projekta. Nejasne procedure, produženi rokovi za izdavanje koncesija i dozvola, ili promjene u zakonodavstvu mogu uzrokovati odgode i dodatne troškove. U nedostatku stabilnog i predvidivog regulatornog okruženja, investitori se suočavaju s povećanom nesigurnošću.

Upravljanje ekonomskim rizicima u geotermalnim projektima zahtijeva detaljna i pouzdana geološka istraživanja, konzervativne procjene resursa, adekvatno osiguranje finansiranja i, gdje je moguće, mehanizme podjele rizika između javnog i privatnog sektora. Kombinacija tehničke stručnosti, stabilnog regulatornog okvira i finansijskih instrumenata podrške može značajno smanjiti izloženost rizicima i povećati vjerovatnoću ekonomske održivosti projekta.

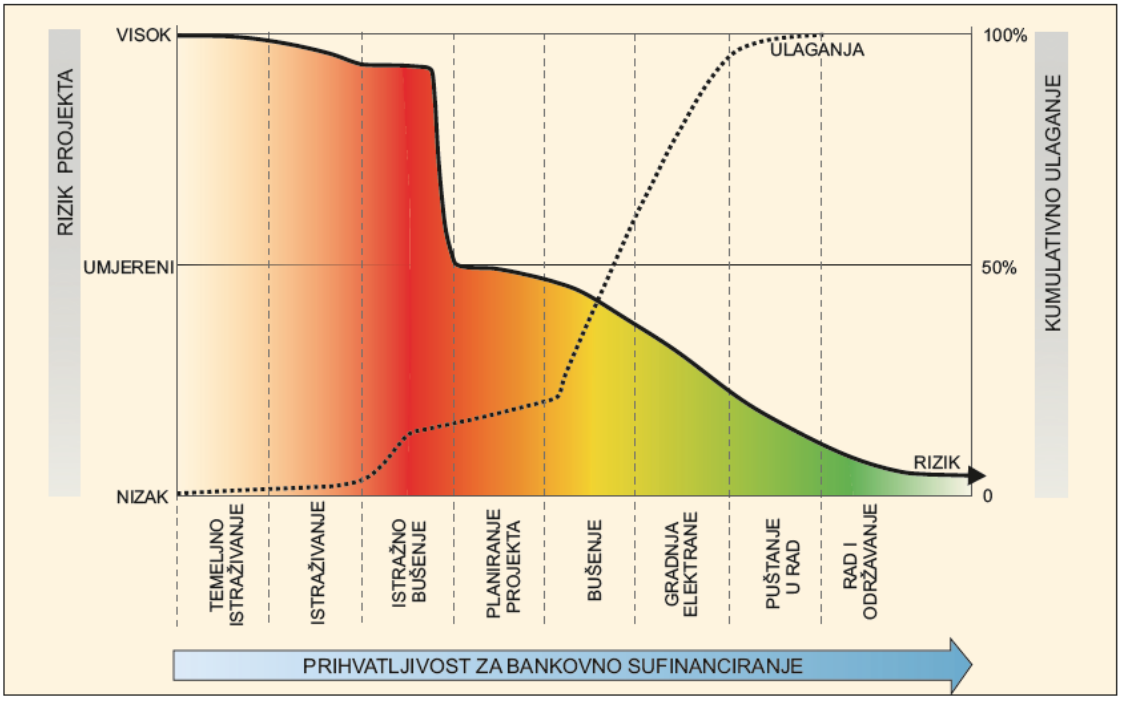
Ekonomski rizik odnosi se na visoke početne kapitalne troškove koji bi trebali biti ponderirani tehnološkim rizicima. Ovi rizici se procjenjuju putem geoloških istraživanja, geofizičkih studija, probnog bušenja, modeliranja rezervoara i okvira za ublažavanje rizika. Krajnji cilj faza istraživanja je dovesti rezervoar do željenog nivoa proizvodnje uz minimiziranje investicionog rizika.

Istraživanje geotermalne vode u svrhu korištenja geotermalne energije za proizvodnju električne energije podijeljeno je u osam faza, u skladu s ESMAP Geotermalnim priručnikom (Gehringer i Loksha), ali se može primijeniti i na daljinsko grijanje i korištenje agrogeotermalne energije.

Osnovna odrednica za sve vrste geotermalnih projekata je da nema bankarskog finansiranja tokom faze istraživanja, kada su rizici veći.

- ✓ Faza 1: Preliminarno istraživanje
- ✓ Faza 2: Istraživanje područja
- ✓ Faza 3: Istražno bušenje (duboko bušenje)
- ✓ Faza 4: Planiranje projekta
- ✓ Faza 5: Proizvodno bušenje
- ✓ Faza 6: Izgradnja elektrane (infrastruktura za daljinsko grijanje i

- ✓ agrogeotermalnu energiju)
- ✓ Faza 7: Puštanje u rad
- ✓ Faza 8: Rad i održavanje



Slika 3-22 - Slika Rizici i investicije duž vremenskog plana geotermalnog projekta
Izvor: Gehringer i Loksha, 2012

Povrat investicije u geotermalni projekat zavisi od nekoliko faktora kao što su ukupni kapitalni izdaci, trajanje razvoja projekta, cijena električne energije i drugi. U ranim fazama, povrat investicije mora se odmjeriti u odnosu na vjerovatnoću otkrivanja održivog geotermalnog resursa. Cilj faze istraživanja je efikasno smanjenje rizika i time minimiziranje investicionih troškova.

Mnoge agencije i vlade imaju za cilj smanjenje rizika kako bi podržale razvoj geotermalne energije. Fondovi za ublažavanje rizika osnivaju se kako bi se smanjili početni kapitalni zahtjevi investitora, povećala stopa povrata putem podsticajnih tarifa ili smanjila neizvjesnost povrata kapitala putem programa osiguranja.

Najosjetljiviji rizik povezan je s istražnim bušenjem, gdje je omjer bankarskog sufinansiranja i ukupnih investicija relativno nizak.

Smanjenje rizika istraživanjem

Istraživanje geotermalnog potencijala uključuje brojna geološka, geohemijska i geofizička mjerenja, obrade i analize. Odabir odgovarajuće tehnologije u ispravnoj fazi istraživanja je ključan za maksimiziranje smanjenja rizika prije bušenja (Antics i Ungemach).

Ispravna interpretacija prikupljenih podataka omogućava razvoj konceptualnog modela izvora toplote i protoka fluida unutar geotermalnih sistema. Kao i u naftnoj industriji, upotreba više komplementarnih metoda značajno smanjuje rizik istraživanja.

Smanjenje rizika istražnim bušenjem

Cilj istražnog bušenja je potvrda elemenata identifikovanih tokom ranijih faza istraživanja. Bušenje i ispitivanje određuju temperaturu, transmisivnost, proizvodni potencijal, hemiju fluida i prostorni opseg ležišta.

Planiranje projekta

Tokom ove faze, modeliranje ležišta, simulacija proizvodnje i ekonomsko modeliranje se izvode na osnovu poznatih parametara. Donose se odluke o finansiranju, partnerstvima i optimalnom odabiru tehnologije, a potrebna dokumentacija se priprema prije nego što se nastavi sa daljnjim razvojem.

Razvoj polja

Nakon toga slijedi bušenje proizvodnih i injekcijskih bušotina kao podzemne infrastrukture, ispitivanje bušotina, izgradnja elektrane i puštanje u rad.

Modularne elektrane omogućavaju optimizaciju rizika i povoljnije modele bankabilnosti tokom cijelog projekta.

Geotermalni akviferi za grijanje i poljoprivrednu upotrebu

Istraživanje geotermalnih akvifera za daljinsko grijanje i agrogeotermalne primjene prati pojednostavljeni proces rada, a istražna bušotina mora biti završena na način koji omogućava njenu upotrebu za proizvodnju. Tokom faze istraživanja, potrebno je precizno odrediti volumen i geološke karakteristike akvifera i kvantificirati fizičke parametre ležišta, te - ako je moguće - definirati njegov prostorni obuhvat.

Parametri koji se moraju odrediti uključuju :

- Površina ležišta
- Debljina ležišta
- Primarna i sekundarna poroznost
- Efektivna debljina produktivnog intervala
- Gustina stijene
- Propusnost ležišta
- Indeks produktivnosti
- Toplotna provodljivost stijene
- Temperatura ležišta

Istraživačko bušenje treba biti osmišljeno tako da smanji neizvjesnosti vezane za veličinu, karakteristike i održivost ležišta na nivo koji omogućava siguran napredak ka planiranju projekta. Optimalan broj bušotina zavisi od projekta. Ponekad je jedna bušotina optimalna u konvektivnim geotermalnim poljima, gdje su troškovi bušenja visoki, ali parametri ležišta malo variraju lateralno.

Podaci iz više od 2.600 geotermalnih bušotina širom svijeta (IFC, 2013) pokazuju da je stopa "uspjeha" za prvu istražnu bušotinu izbušenu na novom polju približno 50%. Prosječna stopa uspjeha porasla je na 74% tokom razvoja polja, a u prosjeku je iznosila 83% za bušotine izbušene na poljima u radu.

Sanyal i Morrow analizirali su većinu od 4.000 geotermalnih bušotina izbušenih širom svijeta. Iako su se stope uspjeha značajno razlikovale tokom istraživanja, zaključili su da su veće stope uspjeha i brže bušenje gotovo uvijek postignuti u geotermalnim poljima gdje je lokalno znanje stečeno iskustvom.

Dugoročni rad i održivost rezervoara

Geotermalne elektrane se grade kao dugoročna infrastruktura, obično projektovana za 30 ili više godina rada. Veličina postrojenja je projektovana za održivo korištenje geotermalnog resursa. Geotermalna voda mora obezbijediti konzistentnu i pouzdanu isporuku energije tokom cijelog životnog vijeka projekta.

Potencijalni uzroci degradacije rezervoara uključuju :

- Pad pritiska ili pad proizvodnje brži od očekivanog
- Prerano hlađenje (zbog probijanja vode za ponovno ubrizgavanje ili dotoka hladnije podzemne vode)
- Negativni hemijski efekti kao što su povećane koncentracije nekondenzirajućih gasova ili promjene u uslovima u rezervoaru koje dovode do stvaranja kamenca (Lichti, Salonga i Lichti)

Geotermalni rezervoar može degradirati u različitim trenucima tokom historije proizvodnje, ali rani pokazatelji se često mogu otkriti tokom istražnog bušenja ili u prvim godinama rada. Intenzivan program praćenja rezervoara, u kombinaciji s dobro kalibriranim modelom rezervoara, ključan je za rano otkrivanje i ublažavanje degradacije rezervoara (Clearwater).

Faza istraživanja je ključna u pripremi osnovnog okvira za modeliranje rezervoara. Osnovni geološki, geofizički, geohemijski i inženjerski podaci prikupljaju se tokom istraživanja i testiranja bušotina.

3.7 Prednosti i nedostaci korištenja geotermalne energije

Geotermalni izvori predstavljaju obnovljiv i relativno stabilan izvor energije koji omogućava dugoročno i pouzdano snabdijevanje toplinom i električnom energijom. Među glavnim prednostima ističu se niska emisija stakleničkih plinova, smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva, mogućnost kontinuirane proizvodnje energije i potencijal za integraciju u različite sektore, od grijanja i industrije do turizma i balneologije. Osim toga, geotermalni projekti, kada su pravilno planirani i izvedeni, mogu doprinositi lokalnom razvoju, stvaranju radnih mjesta i stabilnosti troškova energije.

S druge strane, geotermalni izvori imaju i određene nedostatke. Inicijalni kapitalni troškovi bušenja i opreme su visoki, a tehnička složenost eksploatacije može zahtijevati specijalizovanu opremu i stručan kadar. Dugoročna eksploatacija nosi rizik smanjenja kapaciteta bunara, korozije opreme ili promjena hidrogeoloških uvjeta. Pored toga, ekološka i prostorna

ograničenja, uključujući zaštitu pitkih voda i utjecaj na lokalne ekosisteme, mogu dodatno ograničiti dostupnost resursa i izbor lokacija za projekte.

Uprkos ovim izazovima, geotermalna energija nudi značajan potencijal za održivu energetsku tranziciju i smanjenje negativnog utjecaja na okoliš, što je čini vrijednim segmentom energetskog miksa, naročito u područjima sa pogodnim geotermalnim resursima.

3.7.1 Ekološke i klimatske prednosti

Ekološke i klimatske prednosti geotermalne energije predstavljaju jedan od najznačajnijih motiva za njen razvoj i primjenu. Ova podjela uključuje analizu pozitivnog utjecaja na emisije stakleničkih plinova, smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva, dugoročnu održivost resursa, te potencijal za smanjenje lokalnog zagađenja zraka, ali istovremeno zahtijeva i razmatranje određenih ekoloških izazova i ograničenja.

Jedna od glavnih prednosti geotermalne energije je značajno smanjenje emisija CO_2 u odnosu na konvencionalne fosilne izvore. Geotermalni resursi ne zahtijevaju sagorijevanje ugljena, nafte ili plina za proizvodnju toplotne ili električne energije, što smanjuje emisije stakleničkih plinova i doprinosi klimatskim ciljevima. Ova prednost je posebno izražena u gradskim i industrijskim sredinama, gdje zamjena fosilnih goriva geotermalnom energijom direktno doprinosi smanjenju ukupnih emisija i poboljšanju kvalitete zraka.

Smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva predstavlja dodatnu ekološku i klimatsku korist. Korištenjem geotermalne energije smanjuje se potreba za uvozom goriva, što doprinosi energetskoj sigurnosti i stabilnosti cijena energije, ali i smanjuje ekološki utjecaj transporta i eksploatacije fosilnih resursa. Dugoročna održivost geotermalnih resursa omogućava kontinuirano korištenje energije bez iscrpljivanja resursa, pod uslovom da se pravilno upravlja cirkulacijom fluida i održava pritisak u ležištu. Ovo čini geotermalnu energiju pouzdanim i ekološki prihvatljivim izvorom za decenije, što je posebno važno za planiranje dugoročnih strategija grijanja i proizvodnje električne energije.

Geotermalni sistemi, posebno oni niskotemperaturni i sa direktnom primjenom toplote, imaju i dodatnu prednost smanjenja lokalnog zagađenja zraka. U usporedbi s kotlovima na fosilna goriva, geotermalni izvori ne oslobađaju sumpor-dioksid, čestice ili dušikove okside, što pozitivno utiče na zdravlje stanovništva i kvalitet zraka u urbanim sredinama.

Međutim, i pored ovih prednosti, postoje određeni ekološki i klimatski izazovi. Ekstrakcija geotermalnih fluida može dovesti do lokalnih promjena u podzemnim vodama, uključujući mogućnost kontaminacije ili promjene sastava mineralnih voda. Također, ponovo ubrizgavanje fluida zahtijeva pažljivo upravljanje kako bi se spriječilo snižavanje tlaka u ležištu ili neželjene geološke promjene. U nekim slučajevima, geotermalne operacije mogu generirati mala emisijska zagađenja, uključujući tragove sumporovodika ili mineralne naslage koje treba adekvatno kontrolirati.

Dodatni nedostatak u ekološkom smislu može biti utjecaj na površinske ekosisteme, posebno kod izgradnje infrastrukture poput bušotina, toplovodnih mreža i elektrana, što zahtijeva prostorno planiranje i procjenu utjecaja na okoliš (EIA).

U konačnici, ekološke i klimatske prednosti geotermalne energije uključuju smanjenje emisija stakleničkih plinova, smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva, dugoročnu održivost resursa i smanjenje lokalnog zagađenja zraka. Nedostaci su uglavnom lokalnog karaktera i uključuju potencijalne promjene u hidrogeološkim uslovima, potrebu za pažljivim upravljanjem fluidima i utjecaj na površinske ekosisteme. Efikasna primjena geotermalne energije zahtijeva integraciju ekoloških mjera, monitoring resursa i održivo upravljanje kako bi se maksimizirao pozitivan utjecaj na okoliš i klimu, a minimizirao bilo kakav negativni efekt.

3.7.2 Ekonomski i finansijski aspekti

Sa ekonomskog aspekta, geotermalna energija posjeduje niz specifičnih karakteristika koje je razlikuju od drugih obnovljivih izvora energije. Jedna od ključnih prednosti geotermalnih sistema je mogućnost kontinuirane proizvodnje energije tokom cijele godine, bez zavisnosti od vremenskih uslova, što omogućava stabilan i predvidiv energetski output. Ovakva stabilnost doprinosi pouzdanosti energetskog sistema i može smanjiti potrebu za dodatnim rezervnim kapacitetima.

Dug vijek trajanja geotermalnih postrojenja, koji često prelazi nekoliko decenija, predstavlja dodatnu ekonomsku prednost jer omogućava raspodjelu investicionih troškova tokom dužeg vremenskog perioda. Također, operativni troškovi geotermalnih postrojenja su relativno niski u poređenju s mnogim drugim energetskim tehnologijama, s obzirom da ne zahtijevaju kontinuovanu nabavku goriva.

S druge strane, jedan od glavnih ekonomskih izazova geotermalnih projekata predstavlja visoki nivo početnih investicionih troškova, posebno u fazi istraživanja i bušenja. Ova faza nosi značajan geološki rizik, jer uspjeh projekta zavisi od potvrde temperature, protoka i karakteristika geotermalnog rezervoara. Zbog toga su geotermalni projekti često kapitalno intenzivni i zahtijevaju adekvatne finansijske mehanizme za upravljanje rizikom u ranim fazama razvoja.

Prednosti i nedostaci ekonomskog i finansijskog aspekta stoga se mogu sagledati kroz balans između dugoročnih ušteda, stabilnosti troškova i pristupa podsticajima nasuprot visokim inicijalnim investicijama, tehničkoj složenosti i regulatornim rizicima. Optimalno planiranje uključuje detaljnu analizu troškova i koristi, korištenje raspoloživih subvencija i poticaja, precizno geotermalno istraživanje te razvoj dugoročnih strategija održivog iskorištavanja resursa. Takav pristup omogućava maksimalno iskorištavanje ekonomskog potencijala geotermalne energije, smanjenje rizika i povećanje finansijske održivosti projekata.

Detaljnija analiza ekonomskih koristi i potencijalnih razvojnih efekata geotermalne energije u FBiH prikazana je u Poglavlju 12 ove studije.

3.7.3 Tehnološke prednosti i ograničenja

Tehnološke prednosti i ograničenja geotermalne energije čine jedan od ključnih elemenata procjene izvodljivosti projekata i njihove ekonomske održivosti. U ovom pod-poglavlju razmatraju se dostupne tehnologije, efikasnost konverzije energije, dugoročna održivost bunara i potencijalni tehnički izazovi, s osvrtom na prednosti i nedostatke koje donose različiti pristupi iskorištavanju geotermalnih resursa.

Jedna od osnovnih tehnoloških prednosti je širok spektar dostupnih tehnologija prilagođenih različitim temperaturnim nivoima geotermalnih resursa. To uključuje toplotne pumpe koje omogućavaju iskorištavanje niskotemperaturnih izvora za grijanje i hlađenje, binarne elektrane i ORC sisteme pogodne za srednje i visoke temperature, te hibridne i kombinovane sisteme koji mogu simultano proizvoditi električnu energiju i toplinu. Takva raznolikost omogućava fleksibilnost u dizajnu projekta i optimizaciju iskorištavanja resursa u zavisnosti od lokalnih geoloških i temperaturnih karakteristika.

Efikasnost konverzije energije predstavlja dodatnu prednost. Moderni ORC i Kalinin ciklusi omogućavaju konverziju niskotemperaturnih geotermalnih fluida u električnu energiju uz relativno visoku termodinamičku efikasnost, dok direktna primjena toplote i toplotne pumpe omogućavaju gotovo potpunu iskorištenost dostupne energije za grijanje i industrijske procese. Takva efikasnost doprinosi smanjenju operativnih troškova i povećava ekonomsku isplativost projekata, posebno u regijama s ograničenim energetskim resursima.

Dugoročni rad bunara predstavlja još jednu prednost kada su resursi pravilno istraženi i održavani. Stabilni geotermalni izvori omogućavaju kontinuirano snabdijevanje energijom desetljećima, što čini geotermalne projekte pouzdanim i predvidivim izvorom energije. Održavanje pritiska u ležištu i ponovno ubrizgavanje geotermalnih fluida doprinose očuvanju kapaciteta i trajnosti bunara, smanjujući rizik od prebrzog iscrpljivanja resursa.

S druge strane, tehnologija donosi i niz ograničenja i izazova. Korozija i mineralizacija geotermalnih fluida mogu znatno skratiti vijek trajanja opreme i zahtijevati korištenje specijaliziranih materijala, dodatne troškove održavanja i redovne inspekcije. Smanjenje kapaciteta bunara zbog gubitka tlaka, promjena hidrogeoloških uvjeta ili taloženja minerala predstavlja rizik za dugoročni rad, posebno kod intenzivnog iskorištavanja. Tehnička kompleksnost binarnih i hibridnih sistema također podrazumijeva visoke inicijalne investicije i potrebu za visoko kvalificiranim osobljem za upravljanje i održavanje.

Nadalje, dostupnost tehnologije u određenom regionu može biti ograničavajući faktor. Specijalizirani uređaji, materijali otporni na koroziju i kompleksne turbinske jedinice nisu uvijek lokalno dostupni, što povećava troškove uvoza i logistike. Integracija geotermalne tehnologije u postojeće sisteme grijanja, elektrodistribucije ili industrijske procese zahtijeva pažljivo planiranje i kompatibilnost s postojećom infrastrukturom, što može biti izazov u urbanim ili historijski razvijenim sredinama.

U kontekstu prednosti i nedostataka, tehnološki okvir geotermalne energije pruža fleksibilnost, visoku efikasnost i dugoročnu pouzdanost, ali zahtijeva značajne inicijalne investicije, održavanje, monitoring i stručni kadar. Optimalno korištenje tehnologija uključuje detaljna geotermalna istraživanja, izbor odgovarajuće tehnologije prema temperaturi i tipu resursa, te implementaciju mjera za očuvanje bunara i smanjenje korozivnih i mineralizacijskih efekata. Na taj način moguće je maksimizirati prednosti i minimizirati tehničke i ekonomske rizike u razvoju geotermalnih projekata.

3.7.4 Geološki i lokacijski faktori

Geološki i lokacijski faktori imaju ključnu ulogu u određivanju tehničke izvodljivosti, ekonomske isplativosti i dugoročne održivosti geotermalnih projekata. Oni direktno utiču na dostupnost energije, kvalitetu geotermalnih resursa i rizike povezane s bušenjem,

eksploatacijom i integracijom u postojeće infrastrukturne sisteme. U ovom podpoglavlju analiziraju se prednosti i nedostaci geoloških i lokacijskih karakteristika u kontekstu razvoja geotermalne energije.

Vrsta stijena i geološka struktura predstavljaju osnovni faktor. Površinski slojevi sa visokom propusnošću i poroznošću olakšavaju cirkulaciju geotermalnih fluida, smanjujući troškove bušenja i održavanja. Stabilne geološke formacije smanjuju rizik od kolapsa bušotina ili geomehaničkih problema, što doprinosi dugoročnoj pouzdanosti eksploatacije. Nasuprot tome, složena geologija, nepravilni slojevi stijena, prisustvo pukotina ili rasjeda mogu povećati tehnički rizik i zahtijevati dodatne mjere sigurnosti, jaču opremu i složenije tehničke procedure, što povećava inicijalne troškove.

Temperaturni gradijent i dubina izvora direktno određuju energetsku isplativost projekta. Viši temperaturni gradijenti omogućavaju ekonomičniju proizvodnju toplote i električne energije, dok niska temperatura ili velika dubina izvora povećavaju kapitalne troškove i zahtijevaju sofisticiranije tehnologije poput binarnih elektrana ili visokofrekventnih toplotnih pumpi. Nedovoljno istraženi temperaturni profili također mogu povećati rizik od podcijenjenih resursa, što utječe na bankabilnost projekta.

Dostupnost podzemnih voda je još jedan ključni faktor. Prisutnost dovoljne količine vode potrebne za cirkulaciju fluida i ponovno ubrizgavanje je prednost, jer osigurava održivu eksploataciju i sprječava snižavanje tlaka u ležištu. Istovremeno, ograničenja vezana za zaštitu pitke vode ili mineralnih izvora mogu nametnuti regulatorna ograničenja, što smanjuje fleksibilnost u odabiru lokacije. Visoka mineralizacija ili agresivni hemijski sastav fluida mogu povećati koroziju opreme i zahtijevati specijalne materijale, čime se povećavaju troškovi eksploatacije i održavanja.

Lokacijski faktori, uključujući blizinu potrošača energije, postojeću infrastrukturu i urbanizaciju, predstavljaju značajne prednosti. Lokacije blizu gradova, industrijskih zona ili toplana omogućavaju manji gubitak energije pri distribuciji, niže infrastrukturne troškove i bržu integraciju u postojeće mreže grijanja i električne energije. S druge strane, udaljene ili teško pristupačne lokacije povećavaju troškove izgradnje, transporta toplote i električne energije, a često zahtijevaju dodatne investicije u infrastrukturu, što može ograničiti ekonomski potencijal projekta.

Geotermalni potencijal samog područja, uključujući dubinu i dostupnost resursa, temperaturni profil i stabilnost tla, utiče i na izbor tehnologije. Na primjer, područja sa srednjim temperaturama pogodna su za direktnu primjenu toplote i toplotne pumpe, dok visoko temperaturni izvori omogućavaju proizvodnju električne energije kroz ORC ili Kalinin cikluse. Ograničenja geoloških i lokacijskih faktora mogu diktirati kombinaciju tehnologija, što može povećati kompleksnost projekta, ali i priliku za diversifikaciju upotrebe resursa, uključujući grijanje, industrijsku paru i balneološke primjene.

U konačnici, geološki i lokacijski faktori predstavljaju balans između prednosti i nedostataka: prednosti uključuju pristupačnost resursa, stabilnu geologiju, dobar temperaturni gradijent i blizinu potrošača, dok nedostaci proizlaze iz složenih geoloških uvjeta, velike dubine izvora, agresivnih hemijskih svojstava fluida, udaljenosti od korisnika i regulatornih ograničenja vezanih za zaštitu okoliša i voda. Optimalno korištenje geotermalne energije zahtijeva detaljna geološka istraživanja, precizno odabiranje lokacije i integraciju sa strateškim prostornim

planiranjem, infrastrukturnim kapacitetima i regulatornim zahtjevima, kako bi se maksimizirao energetski i ekonomski potencijal projekta.

3.7.5 Društveni i regulatorni aspekti

Društveni i regulatorni aspekti korištenja geotermalnih izvora predstavljaju ključni okvir koji određuje koliko je razvoj geotermalne energije održiv, prihvatljiv i efikasan u praksi. Ovi aspekti obuhvataju zakonske, institucionalne, sigurnosne i socijalne dimenzije, a mogu se sagledati kroz prednosti i nedostatke koje imaju na implementaciju geotermalnih projekata.

Jedna od glavnih prednosti je što geotermalna energija, kao obnovljiv i niskougljični izvor energije, podržava društvene ciljeve smanjenja emisija CO_2 i povećanja energetske sigurnosti. Regulativni okvir, posebno u FBiH, prepoznaje geotermalnu energiju kao obnovljivi izvor, što omogućava pravnu osnovu za dodjelu poticaja, subvencija i garancija porijekla. Postojanje jasnih zakona o geološkim istraživanjima, energiji, obnovljivim izvorima i zaštiti okoliša daje investitorima i lokalnim zajednicama osjećaj sigurnosti, jer definira procedure, odgovornosti i prava, uključujući dozvole za bušenje, vodne akte i EIA procjene. Društveni aspekt se dodatno osnažuje kroz mogućnost uključivanja lokalne zajednice u procese javnih rasprava i planiranja, što povećava transparentnost i prihvatljivost projekata. Uključivanje lokalnih aktera može donijeti i konkretne ekonomske koristi kroz nova radna mjesta, niže troškove grijanja ili toplotne energije, te dugoročne uštede i razvoj lokalne infrastrukture. Regulativni okvir, kada je jasan i primjenjiv, omogućava i planiranje integracije geotermalnih izvora u urbane i industrijske sisteme grijanja, čime se direktno doprinosi strateškim ciljevima energetske tranzicije.

S druge strane, društveni i regulatorni aspekti donose i određene nedostatke i izazove. Kompleksnost pravnog okvira može usporiti realizaciju projekata, jer uključuje višestruke dozvole, saglasnosti i procedure na entitetskom, kantonalnom i lokalnom nivou, te zahtijeva koordinaciju više institucija, od Federalnog ministarstva energije, rudarstva i industrije, preko FERK-a, Agencija za vode, kantonalnih ministarstava, pa do lokalnih općinskih tijela. Nepotpuna ili zastarjela regulativa može povećati pravni rizik i otežati bankabilnost projekata, jer investitori često trebaju dodatna pojašnjenja ili podzakonske akte da bi osigurali podršku i realizaciju. Društveni izazovi uključuju nedovoljnu informiranost lokalne zajednice o prednostima geotermalne energije, potencijalni otpor zbog straha od bušenja, promjena u korištenju zemljišta ili percepcije rizika po vodne resurse. Ograničena uključenost javnosti u ranijim fazama planiranja može dovesti do nesigurnosti i sporova, što dodatno povećava troškove i produljuje rokove realizacije.

Sigurnosni aspekti također mogu biti dvojaki. S jedne strane, regulatorni okviri definiraju obaveze praćenja i izvještavanja, što povećava sigurnost i smanjuje rizik od ekoloških incidenata. S druge strane, stroge tehničke i sigurnosne regulative mogu povećati inicijalne troškove projekata i zahtijevati složene tehničke procedure koje predstavljaju administrativni i finansijski izazov, posebno za male i srednje projekte.

U konačnici, društveni i regulatorni aspekti korištenja geotermalnih izvora kombiniraju prednosti kao što su pravna sigurnost, ekološka održivost, ekonomska podrška i društveni prihvat, ali istovremeno uključuju nedostatke povezane s kompleksnošću procedura, potrebom za koordinacijom više institucija, inicijalnim troškovima i mogućim otporom lokalne zajednice.

Optimalna primjena geotermalne energije zahtijeva balans između jasnog zakonodavnog okvira, edukacije i uključivanja društva, te tehničke i ekonomske održivosti projekata

3.7.6 Prednosti korištenja geotermalne energije

Geotermalna energija predstavlja značajan obnovljivi izvor energije koji se temelji na korištenju toplote akumulirane u Zemljinoj unutrašnjosti. Njena primjena posljednjih decenija dobija sve veći značaj u kontekstu energetske tranzicije i smanjenja emisija stakleničkih gasova.

Visoka pouzdanost i stabilnost proizvodnje energije

Jedna od osnovnih prednosti geotermalne energije je njena visoka pouzdanost i stabilnost proizvodnje energije. Za razliku od drugih obnovljivih izvora, poput solarne ili energije vjetra, geotermalni sistemi omogućavaju kontinuiranu proizvodnju toplotne i električne energije nezavisno od vremenskih i klimatskih uslova.

Nizak nivo emisija stakleničkih gasova

Geotermalni sistemi također karakterizira relativno nizak nivo emisija stakleničkih gasova, čime se doprinosi smanjenju ukupnog uticaja energetskog sektora na klimatske promjene. U poređenju s konvencionalnim izvorima energije zasnovanim na fosilnim gorivima, emisije ugljen-dioksida iz geotermalnih postrojenja znatno su niže.

Višestruka primjena

Dodatna prednost geotermalne energije je njena višestruka primjena. Osim proizvodnje električne energije, geotermalni resursi mogu se koristiti za daljinsko grijanje naselja, grijanje staklenika, balneološke i turističke aktivnosti, sušenje poljoprivrednih proizvoda te u različitim industrijskim procesima. Time se omogućava efikasno korištenje lokalnih energetskih resursa i razvoj održivih energetskih sistema na regionalnom nivou.

Energetska sigurnost

Također, korištenje geotermalne energije doprinosi energetskoj sigurnosti, jer predstavlja lokalno dostupan izvor energije koji smanjuje zavisnost od uvoza fosilnih goriva.

Efikasno korištenje prostora i visoka energetska gustoća

U poređenju s drugim obnovljivim izvorima energije, geotermalna energija pokazuje znatno veću energetsku gustoću po jedinici površine. Proizvodnja energije u geotermalnim sistemima odvija se pretežno u podzemnim rezervoarima, dok površinska infrastruktura zauzima relativno mali prostor. Nasuprot tome, solarne elektrane zahtijevaju velike površine zemljišta za postavljanje fotonaponskih modula, a proizvodnja energije direktno zavisi od dostupnosti sunčevog zračenja. Vjetroelektrane također zahtijevaju značajne prostorne površine, jer je zbog aerodinamičkih ograničenja potrebno osigurati velike razmake između pojedinačnih vjetroagregata. Zbog toga geotermalni sistemi omogućavaju efikasnije korištenje prostora uz stabilnu i kontinuiranu proizvodnju energije, što predstavlja značajnu prednost u planiranju održivih energetskih sistema.

Ova karakteristika čini geotermalne sisteme posebno pogodnim za razvoj u područjima gdje je raspoloživo zemljište ograničeno ili gdje je potrebno minimizirati uticaj energetskih postrojenja na pejzaž i druge namjene prostora.

Navedene karakteristike čine geotermalnu energiju jednim od najstabilnijih i najpouzdanijih obnovljivih izvora energije, posebno pogodnim za dugoročno održive energetske sisteme.

3.7.7 Nedostaci korištenja geotermalne energije

Uprkos brojnim prednostima, razvoj geotermalnih projekata povezan je s određenim tehničkim, ekonomskim i geološkim izazovima.

Visoki početni investicioni troškovi

Jedan od glavnih nedostataka odnosi se na visoke početne investicione troškove, koji su prvenstveno povezani s istraživanjem geotermalnih resursa, izvođenjem geofizičkih istraživanja i bušenjem istražnih i proizvodnih bušotina. Bušenje predstavlja najskuplju fazu razvoja projekta, a njegova uspješnost zavisi od složenih geoloških uslova.

Prisustvo geoloških rizika

Poseban izazov predstavlja i geološki rizik, jer u početnim fazama istraživanja često postoji neizvjesnost u pogledu temperature, protoka i hemijskog sastava geotermalnih fluida. Ova neizvjesnost može značajno uticati na ekonomsku održivost projekta.

Utjecaj na okoliš

Korištenje geotermalne energije može imati i određene uticaje na okoliš, posebno ukoliko geotermalne vode sadrže povećane koncentracije rastvorenih minerala i gasova, kao što su bor, arsen ili vodonik-sulfid. Zbog toga je potrebno osigurati odgovarajuće tehnologije za upravljanje i reinjekciju geotermalnih fluida kako bi se minimizirali potencijalni negativni uticaji na okoliš.

Održivo upravljanje geotermalnim rezervoarom

Još jedan važan aspekt odnosi se na održivo upravljanje geotermalnim rezervoarom. U slučaju nepravilnog korištenja može doći do pada pritiska i temperature u rezervoaru, što može smanjiti dugoročnu produktivnost sistema. Iz tog razloga se u savremenim geotermalnim projektima često primjenjuje reinjekcija ohlađene geotermalne vode nazad u rezervoar kako bi se očuvala njegova dugoročna stabilnost.

Mjere za smanjenje rizika i ograničenja u razvoju geotermalnih projekata

Iako razvoj geotermalnih projekata uključuje određene tehničke, geološke i finansijske izazove, savremene metode istraživanja i upravljanja rezervoarima omogućavaju značajno smanjenje uticaja ovih ograničenja. Integracijom geoloških, geofizičkih i geohemijskih istraživanja, kao i primjenom odgovarajućih tehnologija bušenja i upravljanja rezervoarom, moguće je smanjiti geološki i operativni rizik te povećati dugoročnu održivost geotermalnih sistema. U nastavku su prikazane najvažnije mjere koje se primjenjuju u cilju smanjenja rizika i optimizacije razvoja geotermalnih projekata.

Tabela 3-1 Mjere za smanjenje rizika u geotermalnim projektima

Tip izazova	Potencijalni problem	Mjere ublažavanja
Geološka neizvjesnost	temperatura, permeabilnost i protok rezervoara	geofizička istraživanja, 3D seizmika, magnetotelurika, pilot bušotine
Visoki troškovi bušenja	skupa istražna faza	fondovi za smanjenje rizika, javno-privatna partnerstva
Uticaj na okoliš	mineralizacija fluida, emisije gasova	reinjekcija fluida, monitoring kvaliteta vode
Pad produktivnosti rezervoara	smanjenje pritiska i temperature	održivo upravljanje rezervoarom i reinjekcija
Operativni problemi	korozija, skaliranje	hemijska kontrola fluida i odgovarajući materijali

Primjena navedenih mjera omogućava značajno smanjenje tehničkih i ekonomskih izazova povezanih s razvojem geotermalnih projekata. Posebno je važno naglasiti da integrirani pristup istraživanju i upravljanju geotermalnim rezervoarima omogućava smanjenje geološkog rizika, koji predstavlja najznačajniji faktor neizvjesnosti u ranim fazama razvoja projekta.

4 Strateški i zakonodavni okvir za istraživanje i eksploataciju geotermalne energije u Federaciji BiH

Relevantni zakoni, politike i strateški dokumenti relevantni za istraživanje i eksploataciju geotermalne energije predstavljeni su u nastavku. Pravni i regulatorni okvir odnosi se na geološke podatke i podzemna istraživanja, vodu, termalne i mineralne vode, energetsko zakonodavstvo, uključujući obnovljive resurse, i druge relevantne državne akte.

U ovom poglavlju prikazani su relevantni dokumenti Evropske unije i Ujedinjenih nacija koji se odnose na korištenje geotermalne energije, jer oni predstavljaju osnovni okvir politika i strateških smjernica na kojima se zasniva ova studija.

4.1 Pregled postojećeg zakonodavstva u Federaciji BiH u vezi s istraživanjem, eksploatacijom, korištenjem i zaštitom geotermalne energije,

4.1.1 Geološki podaci i podzemna istraživanja

1.1 Zakon o geološkim istraživanjima Federacije Bosne i Hercegovine

Zakon o geološkim istraživanjima FBIH (Službene novine FBIH br. 9/10 i 14/10) je osnovni zakon koji reguliše sve geološke radove u Federaciji. Zakon reguliše:

- vrste i faze geoloških istraživanja (osnovna, regionalna, detaljna i istražna istraživanja);
- aktivnosti koje koriste rezultate geoloških istraživanja;
- pripremu i distribuciju geoloških karata;
- definisanje i upravljanje istražnim područjima;
- vođenje geološkog katastra i geološke dokumentacije;
- uslove i postupak za izdavanje odobrenja za izvođenje geoloških istraživanja;
- obaveze izvještavanja i sadržaj geoloških izvještaja i studija;
- kreiranje geološke baze podataka i njeno finansiranje;
- stručne ispite, licenciranje i ulogu strukovne komore;
- inspekcijski i administrativni nadzor i kazne.

Za geotermalne projekte ovaj Zakon je važan jer:

- svako duboko bušenje, bušotina s temperaturnim gradijentom ili hidrogeološko/geotermalno istraživanje kvalificira se kao geološko istraživanje i zahtijeva odobreni projekat, licenciranu kompaniju i odobrenje za istraživanje;
- svi primarni podaci (zapisi, rezultati ispitivanja, karte, izvještaji) moraju se dostaviti Federalnom zavodu za geologiju, koji vodi službene evidencije i katastar ležišta i pojava. Podaci o geotermalnim istraživanjima, kao vrsti geoloških i hidrogeoloških istraživanja, trebaju se dostavljati i evidentirati u skladu sa Zakonom, dok način posebnog evidentiranja geotermalnih resursa nije detaljno razrađen.

1.2 Pravilnik o klasifikaciji i rezervama

Nekoliko podzakonskih akata dalje precizira kako se dokumentiraju podzemni resursi i podaci. Za geotermalne radove oni su uglavnom važni za standardizirano izvještavanje:

- Pravilnik o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije – definira kriterije i zahtjeve za dokumentaciju za proračun rezervi čvrstih minerala.
- Federalni i raniji savezni/SFRJ pravilnici o klasifikaciji i kategorizaciji podzemnih voda i mineralnih resursa i dalje se koriste kao tehnički standardi, uključujući i za klasifikaciju podzemnih i mineralnih voda koje mogu biti geotermalne prirode.

Postojeći pravilnici pružaju okvir za dokumentiranje i kategorizaciju pojedinih vrsta mineralnih sirovina i podzemnih voda, ali nisu prilagođeni specifičnostima geotermalnih resursa. Za procjenu geotermalnih resursa stoga je potrebno razviti posebnu metodologiju ili primijeniti međunarodno priznate okvire.

1.3 Zakon o rudarstvu Federacije Bosne i Hercegovine

Zakon o rudarstvu Federacije Bosne i Hercegovine (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, broj 26/10) predstavlja osnovni pravni akt kojim se reguliše upravljanje mineralnim resursima i obavljanje rudarskih aktivnosti na teritoriji Federacije Bosne i Hercegovine.

Ovaj Zakon reguliše ključne elemente upravljanja mineralnim resursima u Federaciji Bosne i Hercegovine. Definiše pravni status mineralnog bogatstva, tj. mineralnih resursa kao prirodnih dobara od posebnog značaja, te propisuje način i uslove za njihovo upravljanje i korištenje. Također utvrđuje odredbe koje se odnose na zaštitu mineralnih resursa, obavljanje rudarskih operacija i mjere zaštite na radu tokom procesa istraživanja i eksploatacije.

Zakon dalje uključuje procedure koje se odnose na obustavu i trajni prekid rudarskih operacija, kao i zahtjeve za izradu i korištenje tehničke dokumentacije, procese projektovanja, rudarska mjerenja i pripremu rudarskih planova. Također reguliše sistem inspekcijskog nadzora, prostorne zaštite i regulacije u područjima gdje se obavljaju rudarske aktivnosti, te kaznene odredbe za nepoštivanje Zakona.

Zakon o rudarstvu ne prepoznaje geotermalne resurse kao zasebnu kategoriju. Pojedine njegove tehničke i sigurnosne odredbe mogu biti relevantne za duboko bušenje i izvođenje radova, ali opseg njegove neposredne primjene na geotermalne projekte nije dovoljno jasno definiran i zahtijeva tumačenje nadležnog tijela ili buduće zakonsko uređenje.

Ovo je posebno relevantno za geotermalne projekte, jer duboko bušenje za ekstrakciju geotermalne energije predstavlja intervenciju u geološkom okruženju sličnu kompaktnim i nerazlomljenim stijenskim masama gdje se izvode rudarske operacije ili aktivnosti skladištenja ugljikovodika. Izvori geotermalne energije koriste unutrašnju toplinu Zemlje, koja se prenosi putem termalnih fluida i termalnih efekata stijena; stoga, primjena Zakona o rudarstvu omogućava reguliranje:

- dubokog bušenja i tehničkih zahtjeva za bušotine;
- pripreme projektne dokumentacije i rudarskih planova;
- provođenja mjera zaštite na radu i kontrole stabilnosti podzemnih radova;
- nadzora nad pravilnim izvođenjem radova i vođenja evidencije.

Na ovaj način, čak i bez eksplicitnog imenovanja geotermalnih resursa, Zakon pruža pravni okvir za planiranje, izvođenje i nadzor istraživanja i korištenja geotermalnih resursa u Federaciji Bosne i Hercegovine.

4.1.2 Voda, termalne i mineralne vode

2.1 Zakon o vodama Federacije Bosne i Hercegovine

Zakon o vodama FBIH (Službene novine FBIH br. 70/06) reguliše upravljanje, korištenje i zaštitu svih voda, uključujući podzemne vode, mineralne i termalne vode. Zakon:

- definira upravljanje vodama kao zaštitu voda, korištenje voda, zaštitu od štetnog djelovanja voda i regulaciju vodotoka;
- utvrđuje vodu kao javno dobro, podložno dozvolama i koncesijama;
- postavlja osnovu za klasifikaciju voda, zone zaštite voda i monitoring;
- zahvaćanje, korištenje, ispuštanje ili reinjektiranje termalne vode podliježe pribavljanju odgovarajućih vodnih akata, čija vrsta i redoslijed ovise o fazi projekta, lokaciji, količini zahvata i utjecaju na vodni režim
- određuje odgovornosti dvije Agencije za vode (sliv rijeke Save i sliv Jadranskog mora) i kantonalnih i lokalnih vlasti.

Za geotermalne projekte to znači:

- svako zahvatanje termalne ili mineralne vode, ponovno ubrizgavanje istrošenih geotermalnih fluida i izgradnja proizvodnih ili ponovno ubrizgavajućih bunara zahtijeva relevantne vodne akte (obično vodnu saglasnost + vodnu dozvolu);
- zaštitne zone mogu ograničiti bušenje ili proizvodnju u blizini izvora pitke vode;
- praćenje količine i kvaliteta (uključujući temperaturu, hemijske karakteristike) je često.

4.1.3 Zaštita okoliša i prostorno planiranje

3.1 Zakon o zaštiti okoliša Federacije Bosne i Hercegovine

Zakon o zaštiti okoliša („Službene novine FBiH", broj 15/21), koji zamjenjuje raniji okvir od 33/03 i izmjene) pruža opći okvir za upravljanje okolišem u Federaciji. Ključni elementi relevantni za razvoj geotermalne energije:

- priznavanje prava na zdrav okoliš i dužnost njegove zaštite;
- zahtjev za okolišnim dozvolama za postrojenja koja mogu imati značajan utjecaj na okoliš;
- Postupak procjene utjecaja na okoliš (EIA) - obveza procjene određuje se prema uredbi o projektima za koje je procjena obvezna ili se odlučuje o potrebi procjene;
- sudjelovanje javnosti i pristup informacijama u donošenju odluka o okolišu.

Osim toga, okvir za okoliš dopunjuju:

- Zakon o zaštiti prirode, Zakon o upravljanju otpadom, Zakon o zaštiti zraka itd., koji mogu utjecati na emisije, rukovanje otpadom (npr. kamenac i mulj iz geotermalnih operacija) i zaštitu osjetljivih staništa.

3.2 Prostorno planiranje i koncesije (međusektorsko)

Prema Zakonu o prostornom planiranju FBiH i Zakonu o koncesijama FBiH (Službene novine FBiH br. 40/02 i 61/06), dugoročno korištenje podzemnih resursa obično zahtijeva:

- usklađenost s prostornim planovima na entitetskom, kantonalnom i općinskom nivou;
- Ovisno o vrsti resursa, namjeni, lokaciji i raspodjeli nadležnosti između Federacije i kantona, komercijalno korištenje termalnih voda može podlijegati koncesijskom režimu.

Za geotermalnu studiju obično je dovoljno navesti da će budući razvoj na nivou projekta biti predmet procedura prostornog planiranja i koncesija na odgovarajućem administrativnom nivou.

4.1.4 Energetsko zakonodavstvo i geotermalna energija kao obnovljivi resurs

U Bosni i Hercegovini, energija je uglavnom regulisana na nivou entiteta. Za Federaciju su posebno relevantna tri zakona o energetici „nove generacije" usvojena 2023. godine.

4.1 Zakon o energetici i regulaciji energetskih djelatnosti u FBiH

Zakon o energetici i regulaciji energetskih djelatnosti u FBIH (Službene novine FBiH br. 60/23) je krovni zakon o energetici. On reguliše:

- način utvrđivanja i provođenja energetske politike i planiranja razvoja;
- pripremu strateških i planskih dokumenata za energetski sektor;
- promociju obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti kao osnovnih ciljeva;
- organizaciju i funkcionisanje regulatora energije (FERK – Regulatorna komisija za energiju u FBIH);
- licenciranje i regulaciju energetskih djelatnosti.

Za geotermalnu energiju, ovaj zakon uspostavlja okvir politike unutar kojeg djeluju specifični zakoni o električnoj energiji i obnovljivim izvorima energije.

4.2 Zakon o električnoj energiji Federacije Bosne i Hercegovine

Zakon o električnoj energiji FBiH (Službene novine FBIH br. 60/23; na snazi od augusta 2023.) uređuje sektor električne energije. Obuhvata:

- politiku i planiranje električne energije;
- aktivnosti proizvodnje, prijenosa, distribucije, snabdijevanja i trgovine;
- razvoj i funkcioniranje tržišta električne energije;
- uvjete za izgradnju, rekonstrukciju i rad elektroenergetskih objekata;
- licenciranje proizvodnje i drugih aktivnosti od strane FERK-a;
- prava i obaveze učesnika na tržištu i potrošača.

Geotermalne elektrane u Federaciji bi spadale pod ovaj zakon kao proizvođači priključeni na elektroenergetski sistem i stoga zahtijevaju:

- energetsku dozvolu (od Federalnog ministarstva energije, rudarstva i industrije - FMERI);
- licencu za proizvodnju od FERK-a, osim ako nije izuzeta za vrlo male elektrane.

4.3 Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasnoj kogeneraciji

Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasnoj kogeneraciji (Službene novine FBiH br. 82/23) pruža specifičan okvir za obnovljive izvore energije, zamjenjujući raniji zakon iz 70/13 i njegove izmjene i dopune. Zakon:

- definira obnovljive izvore energije (OIE), uključujući geotermalnu energiju, kao nefosilne obnovljive izvore;
- postavlja obavezujuće ciljeve za udio OIE u konačnoj potrošnji energije i u pojedinačnim sektorima;
- uspostavlja Operatora za OIE i efikasnu kogeneraciju, odgovornog za programe podrške i balansiranje OIE;
- definira mehanizme za programe podrške, uključujući premije, aukcije, garancije porijekla i potrošače-potrošače;
- postavlja uloge FERK-a i Ministarstva u provođenju podrške i praćenju usklađenosti.

Za geotermalne projekte, ovaj zakon je ključan jer:

- pravno priznaje geotermalnu energiju kao OIE,
- pruža osnovu za finansijsku podršku ili tržišno zasnovane podsticaje za projekte geotermalne energije ili toplote, i
- reguliše garancije porijekla i obaveze dobavljača u vezi sa udjelima OIE.

4.4 FERK-ovi pravilnici i podzakonski akti o OIE

FERK je usvojio nekoliko pravilnika koji implementiraju gore navedene zakone i eksplicitno uključuju geotermalnu energiju među OIE:

- Pravilnik o obaveznom udjelu i kupovini električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije (2024.) – postavlja metodu izračuna minimalnih količina električne energije iz OIE koje će kupiti i kojima će upravljati Operator OIE.
- Pravilniki o proizvođačima i proizvodnji za vlastite potrebe – definiraju prava i obaveze malih proizvođača (uključujući i one koji koriste geotermalnu energiju) priključenih na distributivnu mrežu.
- FERK-ove metodologije za garancije porijekla i referentne cijene preciziraju da se geotermalna energija, zajedno sa vjetrom, suncem, biomasom i drugima, tretira kao obnovljivi izvor.

Ovi zakoni su posebno relevantni prilikom procjene bankabilnosti i ekonomske isplativosti budućih geotermalnih elektrana.

4.5 Nacrt Integrisanog energetskog i klimatskog plana (NECP) Bosne i Hercegovine za period do 2030. godine

Nacrt NECP-a definira strategije za razvoj energetike u Bosni i Hercegovini do 2030. godine, uključujući geotermalnu energiju kao obnovljivi izvor energije.

NECP:

- prepoznaje geotermalnu energiju kao izvor energije za grijanje i potencijalno hlađenje;
- uključuje geotermalnu energiju u scenarije za smanjenje emisija CO_2 i zamjenu fosilnih goriva u urbanim područjima;
- definira mjere za poticanje korištenja obnovljivih izvora energije (OIE), uključujući subvencije i poticaje za domaću proizvodnju i nabavku opreme za grijanje i hlađenje korištenjem geotermalne energije;
- uključuje primjenu geotermalnih toplotnih pumpi u sektoru grijanja i hlađenja, uz aerotermalne i hidrotermalne sisteme;
- postavlja ciljeve za povećanje udjela obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije u sektoru grijanja i hlađenja, uz razvoj kapaciteta za proizvodnju toplotne energije iz OIE;
- potvrđuje da tehnološki napredak u visoko efikasnim geotermalnim sistemima može značajno povećati udio obnovljive energije u sektoru grijanja i hlađenja;
- naglašava integraciju geotermalne energije u nacionalni miks obnovljivih izvora energije, zajedno sa solarnom energijom, biomasom i drugim obnovljivim izvorima energije.

Za geotermalne projekte to znači da:

- nacrt NECP-a predstavlja stratešku smjernicu i moguću osnovu za buduće programe, ali sam po sebi ne uspostavlja pravo na subvenciju niti konkretan finansijski instrument;
- projekti mogu koristiti toplotne pumpe za iskorištavanje aerotermalne i geotermalne energije uz finansijske podsticaje;
- NECP pruža smjernice za planiranje i integraciju geotermalnih sistema u urbane i industrijske primjene, s ciljem smanjenja emisija CO_2;
- omogućava praćenje doprinosa geotermalne energije ukupnoj konačnoj potrošnji energije u sektoru grijanja i hlađenja.

4.1.5 Zakoni na državnom nivou i drugi relevantni zakoni

Iako je osnovna regulativa za geotermalnu energiju na entitetskom nivou, neki zakoni na državnom nivou pružaju kontekst:

- Zakon o prenosu, regulatoru i operatoru sistema električne energije u BiH i povezani zakoni definiraju kompaniju za prenos na državnom nivou i nezavisnog operatora sistema, relevantne za priključenje velikih geotermalnih elektrana na mrežu.

Pregledna tabela relevantnih legislativa u FBIH data je u Prilogu 1.

4.2 Pregled mehanizama podrške (podsticaji, finansijski aranžmani) za istraživanje i korištenje geotermalne energije i poređenje sa zemljama u regionu i šire

U Evropskoj uniji postoje programi i inicijative koji generalno podržavaju geotermalnu energiju kroz istraživanje, tehnološki razvoj i uključenje geotermalnih projekata u šire klimatske i energetske ciljeve. EU zalaže se za uključivanje geotermalne energije u mreže obnove energije i klimatske strategije, uključujući finansiranje istraživanja i razvoja kroz programe poput Horizon Europe. Također postoji naglasak na smanjenje administrativnih barijera i olakšanje pristupa finansiranju za geotermalne projekte, što posredno stvara mehanizme podrške u državama članicama.

U Rumuniji je u posljednje vrijeme pokrenuta značajna državna shema podrške usmjerena na geotermalne sisteme za grijanje i hlađenje, sa budžetom od desetine miliona eura. Ta shema omogućava bespovratna sredstva za investicije uključujući bušenje, opremu i distribuciju toplotne energije, te je bila otvorena za lokalne vlasti do kraja 2025. godine i može pokrivati značajan dio troškova projekta.

U Mađarskoj je pokrenut program koji se naziva shema ublažavanja rizika geotermalnih ulaganja, gdje države daju subvencije za bušenje i pripremne radove. Ovaj model podrške djeluje tako da pokriva dio troškova bušenja, a u slučaju neuspjeha bunara subvencija može iznositi i do 50% za mala i srednja preduzeća, te određeni procenat i za veće kompanije. Takve sheme su zamišljene da smanje geološki i finansijski rizik koji investitori najčešće imaju u fazama ranog razvoja geotermalnih projekata.

U regionu Zapadnog Balkana, kao što je Srbija, postoje međunarodni i bilateralni programi koji nude podršku za planiranje i razvoj projekata geotermalne energije. Na primjer, u Srbiji je predstavljen javni poziv za tehničku podršku u pripremi studija i uvođenju geotermalne energije u javne objekte i sistema grijanja, uz podršku UNDP-a i partnerskih vlada. Takav pristup se fokusira na smanjenje rizika i podršku planiranju prije same investicije.

Pored pojedinačnih državnih shema, u EU i širom Europe postoje i strateški projekti i programi finansirani iz fondova EU, kao što su Interreg i regionalne inicijative koje podstiču integraciju geotermalnih sistema u lokalne energetske planove. Projekti poput Interreg Danube GeoHeCo imaju za cilj promovisanje geotermalnih rješenja za grijanje i hlađenje kroz transnacionalnu saradnju, edukaciju i pilot investicije, iako nisu direktni poticaji kroz državne budžete, oni su mehanizam podrške kroz dostupne EU fondove.

Drugi oblik podrške u nekim državama članicama EU jeste državna ili regionalna kreditna podrška i garancije za rizične faze projekta, posebno za bušenje i istraživanje. U literaturi o poticajima geotermalnoj energiji u Evropi se navodi nekoliko modela koje zemlje koriste, uključujući poticajne tarife *(feed-in tariffs)*, porezne olakšice, subvencije za bušenje, i kombinovane sheme rizika gdje država dijeli trošak sa investitorom u zavisnosti od uspjeha bušenja.

U nekim članicama EU, uključujući i zemlje kao što su Francuska, Njemačka ili Italija, geotermalna energija može biti obuhvaćena širim RE *(renewable energy)* državnim poticajima, koji nude povoljnu cijenu otkupa električne energije, poticaje za integraciju toplote u

distributivne mreže i druge oblike podrške kroz državne programe subvencija ili regulatorne mjere. U Italiji, na primjer, Evropska komisija je odobrila novu shemu državnih poticaja koja omogućava poticaje za razne oblike obnovljivih tehnologija, uključujući geotermalne sisteme.

Važno je napomenuti da direktni nacionalni poticaji za geotermalnu energiju u regionu, poput feed-in tarifa ili specifičnih subvencija, variraju od zemlje do zemlje i često su dio šireg okvira podrške obnovljivim izvorima, a ne uvijek zasebna i jasno izdvojena geotermalna politika. Ipak, iskustvo evropskih zemalja pokazuje da kombinacija pristupa, uključujući državnu potporu, EU fondove i specijalne sheme ublažavanja rizika, može značajno povećati investicije i tržišnu primjenu geotermalne energije, posebno kada su ti programi usklađeni s dugoročnim energetskim i klimatskim strategijama.

U BiH trenutno ne postoje specifični, izdvojeni mehanizmi podrške usmjereni direktno na istraživanje i korištenje geotermalne energije, ali postoje širi okviri poticaja za obnovljive izvore energije koji bi se, uz određene usklađene izmjene, mogli primijeniti i na geotermalne projekte. Ti mehanizmi su znatno drugačiji i manje razvijeni u poređenju s primjerima iz regiona i šire, gdje su države razvile jasnije sheme službenih poticaja i finansijskih aranžmana.

U FBiH, podrška obnovljivim izvorima energije trenutno se najviše realizuje kroz feed-in tarife (naručenu otkupnu cijenu) za električnu energiju iz obnovljivih izvora. Ovaj sistem predviđen je Zakonom o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije i pratećim propisima, a omogućava proizvođačima da dobiju status "privilegovanog proizvođača" i ugovore garantovanu otkupnu cijenu za određeni period (npr. 12 godina u FBiH) ako ispunjavaju pravne i tehničke uslove. Iako je ovaj instrument primarno strukturiran prema tehnologijama kao što su hidroelektrane, vjetar, solar i biomasa, on bi teoretski mogao biti primijenjen i projektima geotermalne energije ako se u zakonodavstvo jasno uključe geotermalni projekti kao prihvatljive kategorije. Trenutno nije jasno da li i kako geotermalna elektrana ili drugi geotermalni sistem automatski ostvaruje iste poticaje bez dodatnih podsistema ili pravilnika koji precizno uključuju geotermalne tehnologije u ovu strukturu.

Pored feed-in tarifa, u FBiH postoje i drugi oblici podsticaja kroz grant programe za obnovljive izvore koji su primarno usmjereni na druge tehnologije. Na primjer, pokrenut je grant program koji podržava ugradnju solarnih sistema na stambenim objektima, uz sufinansiranje dijela troškova instalacije, što pokazuje da postoji model podrške kroz državne ili entitetske grantove za specifične tehnologije. Iako ti programi nisu specifično za geotermalnu energiju, oni predstavljaju okvire koje bi se potencijalno mogli proširiti na geotermalne sisteme (npr. geotermalne toplotne pumpe za zagrijavanje ili toplotnu energiju) ako se zakonodavna i finansijska podrška adekvatno prilagode.

Drugi vid podrške dolazi indirektno kroz projektnu tehničku pomoć i međunarodnu saradnju. Primjer je projekt podržan od Evropske unije i Savezne Republike Njemačke koji ima za cilj uspostavljanje prvih obnovljivih energetskih zajednica u BiH, sa finansijskom podrškom od približno 3,5 miliona eura. Ovakvi programi pomažu lokalnim zajednicama da razviju inicijative vezane za obnovljive izvore i efikasnost, i mogu stvoriti platformu za razvoj pilot projekata koji uključuju geotermalne sisteme u integrisane lokalne mreže energije.

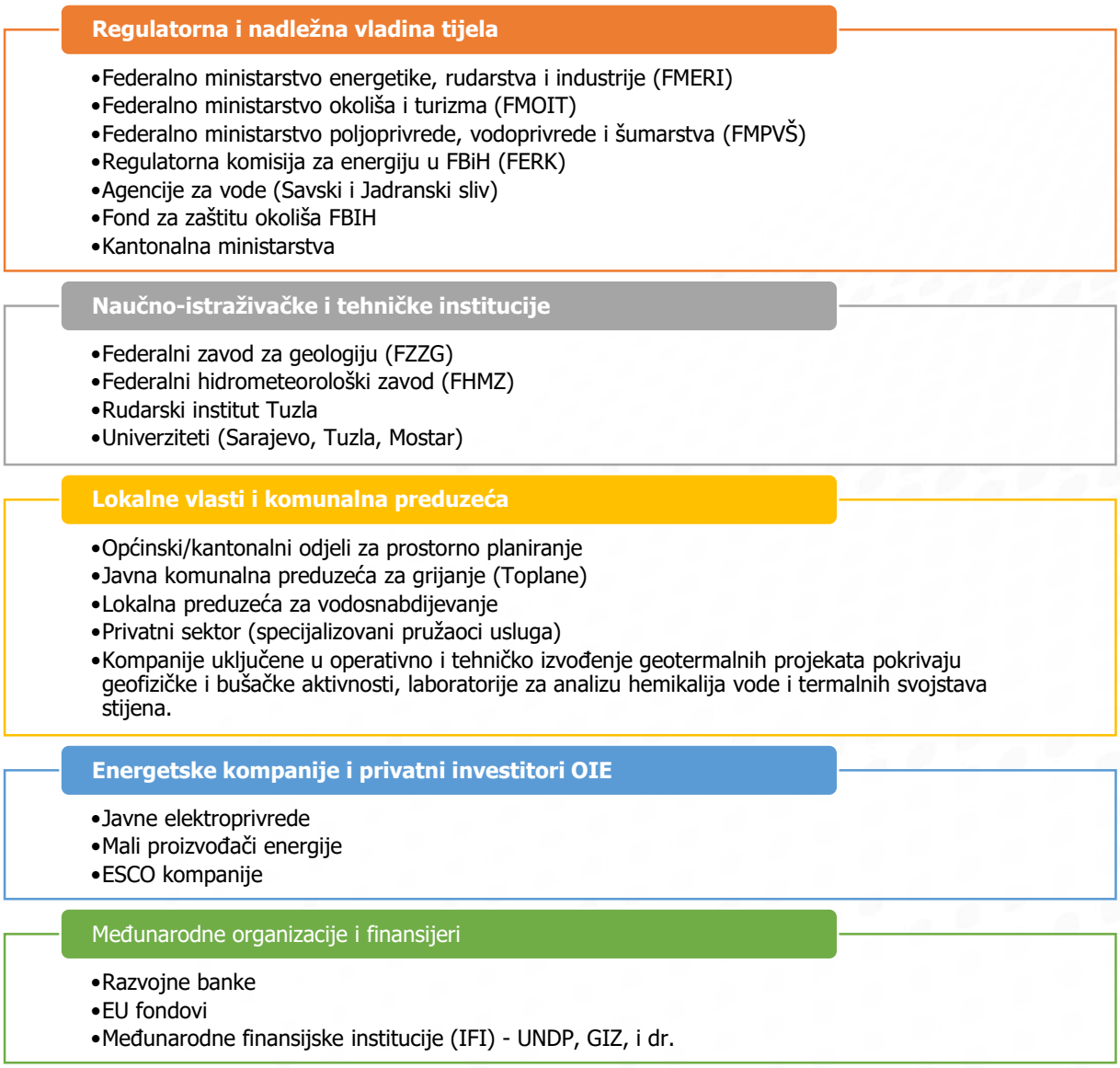
Ukratko, mehanizmi podrške za geotermalnu energiju u BiH uglavnom su neizravni i nedovoljno formalizovani u odnosu na mnoge evropske primjere, gdje su razvijene specifične sheme poticaja, subvencije, finansijski instrumenti i programi smanjenja rizika koji olakšavaju

ulaganja u geotermalne projekte. Jedan od ključnih izazova za BiH je uspostavljanje takvih specifičnih i ciljnih mehanizama koji bi podržali istraživanje, bušenje, razvoj i komercijalnu upotrebu geotermalne energije, umjesto da se oslanjaju samo na šire poticajne mjere za obnovljive izvore energije.

4.3 Institucionalni okvir

Razvoj, istraživanje i korištenje geotermalne energije u FBiH uključuje veći broj institucija koje imaju različite nadležnosti u oblasti geoloških istraživanja, energetskog sektora, upravljanja prirodnim resursima, zaštite okoliša i finansiranja projekata. Institucionalni okvir obuhvata državne i entitetske organe uprave odgovorne za politiku i izdavanje dozvola, regulatorna tijela, naučno-istraživačke i tehničke institucije, lokalne vlasti i specijalizirane pružatelje usluga iz privatnog sektora, energetske kompanije, te međunarodne organizacije i finansijske institucije koje podržavaju razvoj energetskih projekata.

Zajedno, ove institucije čine administrativni, regulatorni i operativni okvir unutar kojeg se geotermalni projekti planiraju, odobravaju, implementiraju i prate. Institucionalni okvir je opisan u nastavku.



Slika 4-1 - Institucionalni okvir relevantan za geotermalna istraživanja i razvoj u FBIH

Regulatorna i nadležna vladina tijela (politika i regulacija)

U FBiH više institucija dijeli odgovornost za strateške i pravne okvire vezane za geotermalne projekte. Federalno ministarstvo energetike, rudarstva i industrije (FMERI) odgovorno je za energetsku politiku, koordinaciju geoloških istraživačkih aktivnosti i nadzor nad razvojem geotermalnih projekata. Federalno ministarstvo okoliša i turizma nadzire izdavanje okolišnih dozvola, uključujući procjene utjecaja na okoliš (EIA/ESIA), dok Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva upravlja politikom voda, što je od značaja za korištenje geotermalnih izvora. Osim toga, kantonalna ministarstva imaju ulogu u prostornom planiranju te u izdavanju dozvola i saglasnosti, čime doprinose lokalnoj implementaciji projekata i usklađivanju sa višim zakonskim okvirom.

Institucije koje su odgovorne za izdavanje dozvola, licenci i reguliranje tržišta u FBIH imaju različite nadležnosti. Regulatorna komisija za energiju u FBiH (FERK) obavlja regulatorne i

licencne poslove u sektorima utvrđenim energetskim zakonodavstvom, uključujući izdavanje licenci za regulirane energetske djelatnosti, donošenje odgovarajućih metodologija i nadzor reguliranih subjekata. Priključenje na elektroenergetsku mrežu provode nadležni operatori sistema, dok su poslovi Operatora za OIEiEK odvojeni od poslova FERK-a. Agencije za vode, koje pokrivaju Savski i Jadranski sliv, odgovorne su za izdavanje vodenih dozvola i monitoring podzemnih, termalnih i mineralnih voda. Fond za zaštitu okoliša pruža finansijsku podršku projektima obnovljivih izvora energije, uključujući inicijative koje se odnose na geotermalne resurse.

Naučno-istraživačke i tehničke institucije

Naučno-istraživačke institucije imaju ključnu ulogu u provođenju istraživanja, prikupljanju i interpretaciji geoloških i hidrogeoloških podataka, razvoju metodologija istraživanja, održavanju arhive i pružanje tehničke ekspertize i podrške projektima istraživanja geotermalnih resursa.

Tijela odgovorna za navedene aktivnosti u FBIH uključuju nekoliko ključnih institucija. Federalni zavod za geologiju (FZZG) vodi centralnu arhivu geoloških podataka, dokumentaciju bušotina i geološke karte, te pruža tehničku podršku za geotermalna istraživanja. Federalni hidrometeorološki zavod (FHMZ) prikuplja i održava dugoročne klimatske i hidrološke skupove podataka. Rudarski institut u Tuzli pokriva oblasti geologije, geofizike i geomehanike, uz arhive iz rudarskih i energetskih projekata. Univerziteti u Sarajevu, Tuzli i Mostaru (posebno rudarsko-geološki, građevinski i mašinski fakulteti) doprinose kroz naučna istraživanja, lokalna geofizička istraživanja i hidrogeološke studije, čime osiguravaju akademsku i stručnu podršku razvoju geotermalnih projekata.

Ove institucije predstavljaju važan izvor stručnih znanja i podataka potrebnih za planiranje geotermalnih projekata.

Energetske kompanije i privatni investitori OIE

Energetske kompanije i privatni investitori predstavljaju važan segment institucionalnog okvira za razvoj geotermalne energije, jer upravo ovi akteri najčešće imaju ulogu investitora, developera i operatera energetskih postrojenja. U FBIH potencijalni nosioci projekata koji uključuju korištenje geotermalne energije mogu biti javne elektroprivrede, privatne kompanije koje razvijaju projekte obnovljivih izvora energije, kao i specijalizirane kompanije koje pružaju energetske usluge.

Javne elektroprivrede imaju značajnu ulogu u energetskom sektoru zahvaljujući iskustvu u planiranju, izgradnji i upravljanju energetskim postrojenjima, kao i postojećoj infrastrukturi i institucionalnim kapacitetima za realizaciju složenih energetskih projekata. Njihovo učešće u razvoju geotermalne energije može biti posebno relevantno u projektima proizvodnje električne energije ili integracije geotermalnih izvora u postojeće energetske sisteme.

Pored velikih energetskih kompanija, razvoj projekata obnovljivih izvora energije u posljednjim godinama sve više uključuje i male proizvođače energije, koji mogu razvijati projekte manjeg kapaciteta, često na lokalnom nivou ili u okviru specifičnih industrijskih i komunalnih potreba. U kontekstu geotermalne energije, ovakvi projekti mogu uključivati sisteme grijanja za

stambene i javne objekte, poljoprivrednu proizvodnju, turističke kapacitete ili druge oblike direktne upotrebe toplote.

Privatni sektor također uključuje i specijalizovane pružaoce usluga i kompanije koje se bave operativnim i tehničkim izvođenjem geotermalnih projekata, pokrivajući geofizičke i bušačke aktivnosti te laboratorijske analize hemijskog sastava vode i termalnih svojstava stijena.

Važnu ulogu u implementaciji projekata energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije imaju i ESCO (Energy Service Company) kompanije. Ove kompanije razvijaju i implementiraju projekte zasnovane na modelu energetskih usluga, pri čemu finansiraju, projektuju i implementiraju energetska rješenja, a povrat investicije ostvaruju kroz ostvarene uštede energije. ESCO model može biti posebno relevantan za projekte koji uključuju korištenje geotermalne energije u sistemima grijanja javnih objekata, komunalne infrastrukture ili industrijskih postrojenja, jer omogućava realizaciju projekata uz smanjenje finansijskog rizika za krajnje korisnike.

Lokalne vlasti i komunalna preduzeća

Lokalne kompanije i komunalna preduzeća imaju važnu ulogu u implementaciji projekata koji koriste geotermalnu energiju, posebno u sektoru daljinskog grijanja. Općinski i kantonalni odjeli za prostorno planiranje odgovorni su za odobrenja vezana za prostorno planiranje i upravljanje korištenjem zemljišta, kao i odobrenje koncesija, čemu geotermalna energija pripada. Javna komunalna preduzeća za daljinsko grijanje mogu biti ključni nosioci projekata koji uključuju korištenje geotermalne energije za grijanje stambenih i javnih objekata, kao i za potrebe industrije i javne infrastrukture. Njihova uloga obuhvata razvoj, upravljanje i održavanje energetskih sistema, kao i saradnju sa lokalnim vlastima i investitorima u fazi planiranja i realizacije projekata. Lokalna preduzeća za vodosnabdijevanje pružaju ključne podatke o vodonosnicima i zaštitnim zonama podzemnih voda.

Međunarodne organizacije i finansijeri

Razvoj geotermalne energije često zahtijeva značajna početna ulaganja, posebno u fazama istraživanja i bušenja. Zbog toga međunarodne organizacije i razvojne finansijske institucije imaju važnu ulogu u finansiranju i tehničkoj podršci projektima. U tom kontekstu značajnu podršku mogu pružiti:

- Međunarodne organizacije i razvojne agencije,
- Međunarodne finansijske institucije i razvojne banke,
- Fondovi Evropske unije i drugi međunarodni programi finansiranja.

Ovi mehanizmi često uključuju grantove, kreditne linije, tehničku pomoć i instrumente za smanjenje investicionog rizika u ranim fazama projekata.

4.4 Dostupnost podataka

Podaci za pripremu ove studije formalno su zatraženi od Federalnog zavoda za geologiju u Sarajevu, kao i od Ministarstva energetike, Agencija za vode, Federalnog hidrometeorološkog zavoda, Rudarskog instituta u Tuzli i univerziteta u Sarajevu, Tuzli i Mostaru.

Federalni zavod za geologiju (FZZG), Sarajevo

Federalni zavod za geologiju je centralna institucija odgovorna za prikupljanje, upravljanje i arhiviranje geoloških podataka u Federaciji Bosne i Hercegovine. Održava službenu geološku bazu podataka, geološke karte, dokumentaciju bušotina, hidrogeološke procjene i geofizičke skupove podataka. FZZG je primarna referentna institucija za sva geotermalna, geološka i podzemna istraživanja.

Federalno ministarstvo energetike, rudarstva i industrije (FMERI)

FMERI je nadležni organ za izdavanje odobrenja za geološka istraživanja i vođenje evidencije istraživačkih projekata. Ministarstvo nadgleda usklađenost s propisima u oblastima mineralnih resursa, geotermalnog istraživanja i razvoja energetike, što ga čini ključnom institucijom za izdavanje dozvola i koordinaciju.

Agencije za vode – Agencija za sliv rijeke Save i Agencija za sliv Jadranskog mora

Dvije agencije za vode odgovorne su za upravljanje resursima podzemnih, termalnih i mineralnih voda u FBIH. One izdaju akte o vodama, održavaju mreže za monitoring, nadgledaju dozvole za zahvatanje i ponovno ubrizgavanje, te pohranjuju hidrogeološke podatke relevantne za korištenje geotermalne energije.

Federalni hidrometeorološki zavod (FHMZ)

Institut prikuplja i održava dugoročne klimatske, hidrološke i atmosferske podatke. Ovi skupovi podataka pružaju bitne ulazne podatke za geotermalne procjene, uključujući temperaturne obrasce, uslove obnavljanja podzemnih voda i klimatske uticaje na potražnju za toplotom.

Rudarski institut (Rudarski institut Tuzla)

Rudarski institut posjeduje opsežne geološke, hidrogeološke i geofizičke skupove podataka dobijene iz istraživanja vezanih za rudarstvo i energetiku. Održava arhive karotažnih podataka iz bušotina, seizmičkih i gravimetrijskih istraživanja i geotehničkih studija, koje su vrijedne za geotermalna istraživanja, posebno u sjevernoj i centralnoj Bosni.

Univerziteti (Sarajevo, Tuzla, Mostar)

Fakulteti za geologiju, rudarstvo i geofiziku pohranjuju akademska istraživanja, laboratorijske rezultate, lokalna geofizička istraživanja i geološke modele. Ove institucije služe kao važni izvori dodatnih podataka i naučne ekspertize relevantne za procjene geotermalnih resursa.

4.5 Poređenje regulatornih okvira u Federaciji BiH s drugim zemljama u regiji i liderima u korištenju geotermalne energije u Evropi

4.5.1 Regulatorni okviri u zemljama u regiji i europskim liderima u korištenju geotermalne energije

Usporedna analiza regulatornih modela za geotermalne resurse provedena je s ciljem izdvajanja elemenata koji mogu biti primjenjivi za razvoj zakonodavnog i institucionalnog okvira u FBiH. Posebna pažnja posvećena je dostupnosti geoloških i inženjerskih podataka, načinu dodjele istražnih prava, obvezama u istražnoj fazi, prijelazu iz istraživanja u

eksploataciju, razlikovanju namjena korištenja geotermalne energije te odnosu između administrativne fleksibilnosti i tehničko-okolišne kontrole.

U analizu su uključeni Hrvatska, Mađarska, Slovenija, Italija, Turska, Francuska i Njemačka. Susjedne zemlje kao što je Srbija nemaju jasno definirano zakonodavstvo. Hrvatska i Mađarska odabrane su kao regionalno najrelevantniji modeli, Slovenija kao susjedna država u kojoj se geotermalni regulatorni okvir upravo razvija, Italija kao primjer zrele geotermalne provincije s regionalnom provedbom, Turska kao primjer investitorski orijentiranog i vrlo aktivnog tržišta, Francuska kao primjer fleksibilnosti kod plitkih projektata dok je Njemačka model saveznog zakona s provedbom na razini saveznik pokrajina. Takav izbor omogućuje usporedbu različitih pristupa i oblikovanje preporuka koje uzimaju u obzir potrebe investitora, zaštitu javnog interesa i specifičnu institucionalnu strukturu FBiH.

Iako Island predstavlja jednog od globalnih lidera u korištenju geotermalne energije, nije detaljno obrađen kao regulatorni model za FBiH zbog izrazito specifičnih vulkanskih i visokotemperaturnih geoloških uvjeta. Njegova relevantnost za FBiH prvenstveno je u institucionalnom pristupu, dugoročnom istraživanju, razvoju stručnih kapaciteta, monitoringu i integraciji geotermije u energetski sistem, a ne u izravnoj primjenjivosti geoloških ili tržišnih rezultata.

Tabela 4-1 Uporedni regulatorni režimi po zemljama

Država	Osnovni pravni okvir	Regulatorna logika	Napomena za FBiH
Hrvatska	Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika; propisi o geotermalnim vodama za energetske svrhe; Zakon o osnivanju Agencije za ugljikovodike	Geotermalne vode za energetske svrhe uključene su u režim istraživanja i eksploatacije ugljikovodika; dodjela prava kroz javni natječaj	Dobar regionalni primjer transparentnog natječajnog modela, ali treba razlikovati nove projekte od prijelaza postojećih prava iz vodnog režima
Mađarska	Mining Act i izmjene iz 2023.; geotermalni režim pod nadzorom SZTFH/SARA; vodni režim za određene upotrebe termalne vode	Mješoviti model: geotermalna energija je podzemni državni resurs, dok se termalna voda istovremeno uređuje kroz vodne propise; istražna dozvola, geotermalni zaštitni prostor i ugovor o korištenju	Koristan primjer zbog dobre podatkovne baze, razvijene poljoprivredne/toplotne upotrebe i povezivanja geotermalnog resursa s održivim upravljanjem termalnim vodonosnikom
Slovenija	Mining Act; Water Act; ZUNPEOVE za projekte OIE i geotermalne koncesije	Mješoviti vodno-energetski i koncesijski model u razvoju; za termalnu vodu ključni su vodno dovoljenje ili koncesija, a za dublje zahvate mogu biti relevantni rudarsko-geološki uslovi	Korisno pratiti jer se sistem upravo regulira i može biti blizak FBiH po veličini tržišta i potrebi koordinacije voda, prostora, energetike i lokalne razine

Država	Osnovni pravni okvir	Regulatorna logika	Napomena za FBiH
Italija	Legislative Decree No. 22/2010 o istraživanju i eksploataciji geotermalnih resursa	Poseban geotermalni zakonodavni okvir; *permesso di ricerca* i *concessione di coltivazione*; provedba na kopnu uglavnom preko regija; razlikovanje resursa prema entalpiji/temperaturi	Najkorisniji zreli model za FBiH zbog kombinacije nacionalnog okvira i regionalne provedbe
Turska	Law No. 5686 on Geothermal Resources and Natural Mineral Waters	Poseban zakon za geotermalne i prirodne mineralne vode; *exploration licence* i *operation licence*; snažna tržišna aktivnost i historijski važna uloga države u ranom istraživanju	Dobar primjer tržišne aktivnosti, ali preveliku fleksibilnost treba uravnotežiti okolišnom i tehničkom kontrolom
Francuska	Code minier; Décret n° 78-498 o geotermalnim istražnim i eksploatacijskim naslovima; Décret n° 2015-15 i GMI režim za *géothermie de minime importance*	Duboka geotermija uređena je kroz rudarski režim: istražno pravo/autorizacija i koncesija za eksploataciju. Plitka geotermija male važnosti ima pojednostavljeni GMI režim s online prijavom, tehničkim uslovima i završnim izvještajima	Vrlo koristan model jer razlikuje duboke i složene projekte od malih plitkih sistema. Za FBiH je posebno zanimljiv GMI kao primjer pojednostavljenog režima za lokalnu niskotemperaturnu geotermiju
Njemačka	Bundesberggesetz – BBergG; pokrajinski vodni, okolišni i građevinski propisi; vodno pravo za zahvate koji utječu na podzemne vode	Duboka geotermija tretira se kao rudarski/podzemni resurs (*Erdwärme* kao *bergfreier Bodenschatz*). Istraživanje se provodi kroz *Erlaubnis*, korištenje kroz *Bewilligung* ili *Bergwerkseigentum*, a konkretni radovi kroz odobreni *Betriebsplan*. Provedba je na razini saveznih pokrajina	Dobar primjer saveznog zakona s regionalnom provedbom i jasnim razdvajanjem prava na resurs od dozvole za konkretne radove. Koristan za FBiH zbog moguće kantonalne provedbe uz zajednički okvir
Island	Act on the Survey and Utilisation of Ground Resources No. 57/1998; energetski i okolišni propisi	Dozvolni režim za istraživanje i korištenje podzemnih/geotermalnih resursa; geotermija je strateški energetski resurs	Globalni lider u korištenju geotermije, ali zbog vulkanskih i visokotemperaturnih uvjeta nije izravno usporediv s FBiH. Koristan je kao primjer institucionalne zrelosti, stručne podrške, monitoringa i integracije geotermije u energetski sistem.

Hrvatska

Geotermalne vode za energetske svrhe u Republici Hrvatskoj uređene su Zakonom o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. Takvi projekti obuhvaćaju istražne prostore, duboke

bušotine, ispitivanje ležišta, utvrđivanje rezervi i eksploatacijskog polja, proizvodnju, reinjekciju, površinska postrojenja i sanaciju, zbog čega je njihov pravni režim u mnogim aspektima bliži naftnom rudarstvu nego klasičnom korištenju voda.

Zakon se ne primjenjuje na geotermalne vode koje se koriste u ljekovite, balneološke ili rekreacijske svrhe ni na niskotemperaturne sisteme s toplotnim pumpama. Te namjene uređuju se prvenstveno propisima iz oblasti voda i građenja. Time se duboka energetska geotermija izdvaja kao poseban oblik korištenja državnog podzemnog energetskog resursa.

Sistem je pretežno centraliziran. Prava na istraživanje i eksploataciju dodjeljuju se na državnoj razini putem Ministarstva nadležnog za energetiku, dok Agencija za ugljikovodike pruža stručnu, podatkovnu i operativnu podršku, priprema postupke javnog poziva i sudjeluje u praćenju provedbe projekata. Regionalna i lokalna razina sudjeluju kroz prostorno planiranje, okolišne postupke, posebne uvjete i pitanja lokalne prihvatljivosti.

Postupak je organiziran kao slijed povezanih faza. Istraživanje se može provoditi samo na temelju dozvole za istraživanje geotermalnih voda, koja se u pravilu dodjeljuje nakon javnog poziva. Postupak se može pokrenuti i na prijedlog gospodarskog subjekta, uz dostavu osnovnih podataka o predloženom istražnom prostoru, programu i finansiranju istražnih radova te raspoloživoj geološkoj dokumentaciji.

Dozvolu za istraživanje izdaje Ministarstvo za jasno definiran istražni prostor, uz utvrđene minimalne radne obveze, rokove, uvjete zaštite i sanacije. Dozvola se izdaje na najviše pet godina, uz ograničenu mogućnost produljenja.

Nakon završetka istraživanja investitor mora potvrditi količinu i kakvoću rezervi te ishoditi rješenje o utvrđivanju eksploatacijskog polja. Nakon toga izrađuje se i provjerava projekt razrade i eksploatacije, rješavaju imovinskopravni odnosi te se izdaje dozvola za pridobivanje geotermalnih voda. Eksploatacija započinje nakon sklapanja ugovora između Ministarstva i investitora, kojim se uređuju trajanje prava, naknade, sanacija i druge obveze. Najduže trajanje ugovora je 25 godina.

Geotermalne vode za energetske svrhe predstavljaju dobro od interesa za Republiku Hrvatsku i u vlasništvu su Republike Hrvatske. Ministarstvo vodi registre istražnih prostora i eksploatacijskih polja, dok Agencija za ugljikovodike vodi registar ugovora. Tehnička i geološko-geofizička baza podataka obuhvaća podatke o bušotinama, geološkoj građi, geofizičkim mjerenjima, temperaturama, pritiscima, fluidima, ispitivanjima i prethodnim istraživanjima. Organizirano upravljanje tim podacima predstavlja važan element smanjenja početnog istražnog rizika.

Zakonski postupak ne razlikuje geotermalne projekte prema temperaturi resursa ili krajnjoj namjeni toplote, pa se isti osnovni istražni i eksploatacijski režim primjenjuje na projekte direktnog korištenja toplote i projekte proizvodnje električne energije. Razlika je djelomično uvedena kroz sistem naknada, pri čemu su naknade za projekte proizvodnje električne energije više nego za direktno korištenje geotermalne toplote.

Tabela 4-2 Pregled regulatornog okvira za geotermalne vode za energetske svrhe u Hrvatskoj

Element	Hrvatska – geotermalne vode za energetske svrhe
Osnovni pravni režim	Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika
Nadležna tijela	Ministarstvo nadležno za energetiku i Agencija za ugljikovodike
Istražni prostor	Prostor određen dozvolom za istraživanje, definiran koordinatama
Dodjela prava na istraživanje	Javni pozivi koje priprema Agencija, a dozvolu izdaje Ministarstvo
Trajanje istražne dozvole	Najviše pet godina, uz mogućnost ograničenog produljenja
Prijelaz u eksploataciju	Potvrda rezervi, utvrđivanje eksploatacijskog polja, provjera projekta razrade i eksploatacije, rješavanje imovinskopravnih odnosa i izdavanje dozvole za pridobivanje
Eksploatacijsko pravo	Dozvola za pridobivanje i ugovor o eksploataciji
Trajanje ugovora	Najviše 25 godina
Registri i podaci	Registar istražnih prostora, eksploatacijskih polja i ugovora te tehnička i geološko-geofizička baza podataka

Za FBiH je hrvatski model važan jer pokazuje kako se duboka energetska geotermija može urediti kroz jasno definirane istražne prostore, radne obveze, potvrdu rezervi i prijelaz iz istraživanja u eksploataciju. Istodobno, hrvatsko iskustvo pokazuje da broj izdanih dozvola sam po sebi ne znači i jednak broj realiziranih projekata, jer razvoj ovisi o potvrdi resursa, finansiranju, infrastrukturi i brzini prelaska iz istražne u proizvodnu fazu.

Hrvatska također predstavlja primjer javnog finansiranja rane istražne faze. U okviru Nacionalnog plana oporavka i otpornosti država je finansirala pripremu i istraživanje geotermalnog potencijala za potrebe centraliziranog grijanja, a aktivnosti je provodila Agencija za ugljikovodike. Takav pristup omogućava da javni sektor preuzme dio početnog geološkog rizika i pripremi potvrđene resurse za kasniji razvoj lokalnih toplotnih projekata.

Mađarska

Mađarski regulatorni okvir može se opisati kao mješoviti geotermalno-vodni model. Geotermalna energija tretira se kao državni podzemni energetski resurs i regulirana je rudarskim zakonodavstvom, dok se termalna voda, ako se crpi iz podzemlja, istovremeno tretira kao vodni resurs pod vodnim propisima.

Za nove projekte toplotne upotrebe, uključujući grijanje staklenika i daljinsko grijanje, u pravilu postoji istražna faza za utvrđivanje geotermalnih uvjeta. Nakon istraživanja ne određuje se klasično eksploatacijsko polje, nego geotermalni zaštitni prostor, koji mora osigurati planiranu količinu geotermalne energije tokom najmanje 25 godina. Ako se koristi termalna voda, u istom postupku moraju se riješiti dozvoljena godišnja količina zahvata, način reinjekcije ili zbrinjavanja ohlađene vode, zaštita postojećih korisnika voda i vodne naknade.

Ovakav model omogućava da se toplotna geotermija, uključujući poljoprivrednu upotrebu, razvija kroz praktičniji okvir od klasičnog modela eksploatacijskog polja, ali istovremeno zadržava kontrolu nad održivošću vodonosnika i zaštitom termalnih, mineralnih i ljekovitih voda.

Mađarski sistem nakon izmjena iz 2023. temelji se na rudarsko-geotermalnom okviru pod nadzorom SZTFH/SARA (mađ. Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága/ eng. Supervisory Authority for Regulated Activities). U kontekstu geotermije, rudarstva i podzemnih resursa, to je važno tijelo jer je preuzelo funkcije koje su ranije bile vezane uz mađarsku rudarsku/geološku administraciju i predstavlja instituciju relevantnu za:

- rudarska i geološka pitanja;
- dozvole za istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina;
- podzemne resurse;
- geotermalne koncesije / dozvole, ovisno o tipu projekta;
- službene registre vezane uz istražne i eksploatacijske prostore.

Mađarska ima pravni okvir za istraživanje i proizvodnju / korištenje geotermalne vode, ali nije uređen jednim posebnim "geotermalnim zakonom" na isti način kao u Hrvatskoj. Sistem je podijeljen između rudarskog / podzemnog resursnog prava i vodnog prava.

Prema mađarskom Rudarskom zakonu, istraživanje geotermalne energije provodi se na temelju odobrenja rudarskog nadzora/SZTFH, a nositelj istražne dozvole ima isključivo pravo na istražnom području provoditi mjerenja, ispitivanja i bušenja radi utvrđivanja geotermalnih uvjeta u Zemljinoj kori.

Trajanje istraživanja može biti najviše 4 godine, ovisno o vremenu potrebnom za provedbu radova predviđenih radnim programom. Taj se rok može produžiti dva puta, svaki put za najviše polovinu odobrenog razdoblja.

U trajanje istraživanja ne uračunava se vrijeme potrebno za ishođenje drugih dozvola potrebnih za početak istraživanja, niti trajanje postupka javne nabave ako ga provodi nositelj.

Kod Mađarske prijelaz iz istraživanja u eksploataciju nije formuliran na način: dokazane rezerve → eksploatacijsko polje → dozvola za pridobivanje, nego se regulira putem geotermalnog zaštitnog prostora (geotermikus védőidom) i ugovora za korištenje geotermalne energije.

Nakon završetka istražnog razdoblja, nositelj ima 3 mjeseca za podnošenje završnog istražnog izvještaja i zahtjev za utvrđivanje **geotermalnog zaštitnog prostora** (geotermikus védőidom). Ako propusti taj rok, istražna dozvola prestaje važiti.

Geotermalni zaštitni prostor je dio zemljine kore iz kojeg se smije vaditi geotermalna energija. On mora biti određen tako da, uz predviđenu tehnologiju, može osigurati planiranu količinu geotermalne energije najmanje 25 godina. Ne smije ugrožavati postojeće korištenje pitke, mineralne ili ljekovite vode, niti postojeće korištenje termalne vode.

Ako se koristi termalna voda, odluka o geotermalnom zaštitnom prostoru, na temelju mišljenja vodnog tijela, mora sadržavati i podatke o:

- godišnjoj količini termalne vode koja se može crpiti;
- načinu zbrinjavanja / vraćanja proizvedene vode;
- podacima potrebnim za obračun vodne naknade.

Nakon što odluka o geotermalnom zaštitnom prostoru postane konačna, investitor mora u roku od 6 mjeseci podnijeti zahtjev za sklapanje ugovora s nadležnim tijelom, odnosno SZTFH/SARA, uz suglasnost ministra. Ako ne podnese zahtjev u tom roku, istražna dozvola prestaje važiti.

Za sklapanje ugovora investitor mora imati:

- konačnu odluku o geotermalnom zaštitnom prostoru;
- pravnu izjavu ili namjeru koja pokazuje da će se planirana geotermalna energija stvarno koristiti za navedenu svrhu;
- obvezu da će godišnje vaditi planiranu količinu geotermalne energije za tu namjenu.

Ugovor se može sklopiti na najviše 35 godina, a može se produžiti dva puta, svaki put najviše za polovinu prvotnog trajanja. Ugovor mora sadržavati cilj vađenja geotermalne energije, oblik korištenja, primijenjenu tehnologiju, početak korištenja, planiranu godišnju količinu geotermalne energije, obveze vezane uz reinjekciju vode i finansijsko osiguranje.

Posebnost Mađarske je također mješoviti model. Na otvorenim područjima investitor može inicirati projekt i podnijeti zahtjev za geotermalnu istražnu dozvolu, dok se za zatvorena ili osjetljiva područja može primijeniti koncesijski režim.

Mađarska je trenutno vrlo zanimljiva jer, uz već razvijenu praksu korištenja geotermalne energije u poljoprivredi i grijanju, uvodi dodatne instrumente potpore i de-risking mehanizme za geotermalne projekte. Prema najavama, u okviru državnih energetskih programa predviđeni su pozivi za potporu geotermalnim projektima, uključujući finansiranje istražnih, bušaćih i razvojnih faza.

Posebno je važan model u kojem država ne preuzima suvlasništvo nad projektom, nego sudjeluje u podjeli geološkog rizika. Ako je bušenje uspješno, javna potpora pokriva manji dio prihvatljivih troškova; ako je bušenje neuspješno, intenzitet potpore može biti znatno veći. Takav pristup je posebno relevantan za geotermiju jer najveći dio ranog rizika nastaje upravo u fazi bušenja i dokazivanja resursa.

Posebnost Mađarske je javno dostupna online geoznanstvena i geotermalna podatkovna infrastruktura. Portal SZTFH/HUGEO omogućava pristup geološkim, hidrogeološkim, geofizičkim i bušotinskim podacima, uključujući OGRe – nacionalni geotermalni sistem, kartu bušotina, katastar termalnih bušotina i OGC/ArcGIS kartografske servise. Time se povećava transparentnost podataka i smanjuje početna istražna nesigurnost.

Magyarország fúráspont térképe – karta bušotina
https://map.hugeo.hu/furas/ Interaktivna ArcGIS web aplikacija za bušotinske tačke.

Országos Kútkataszter – nacionalni katastar dubokih bušotina
https://sztfh.hu/nyilvantartasok/orszagos-kutkataszter/ Na stranici su dostupni godišnji svesci katastra mađarskih dubokih bušotina, uključujući najnovije volumene za 2025., 2024., 2023. itd.

Hévízkút kataszter – katastar termalnih bušotina
https://sztfh.hu/nyilvantartasok/hevizkut-kataszter/ Važan registar za termalne/geotermalne bušotine.

https://map.mbfsz.gov.hu/ogre_en/ baza podataka s kartama i nizom podataka dovoljnih za preliminarna istraživanja

Slovenija

Slovenija ima mješoviti vodno–energetski model za korištenje geotermalne energije. Za korištenje geotermalne vode u svrhu grijanja ključna je dozvola za korištenje termalne podzemne vode, najčešće vodno dovoljenje ili koncesija, ovisno o namjeni, količini zahvata, vrsti korištenja i utjecaju na vodni resurs. Vodni okvir uređen je Zakonom o vodama, koji predstavlja osnovni propis za korištenje i zaštitu voda.

Kod dubljih geotermalnih zahvata mogu biti relevantni i rudarsko-geološki uslovi, osobito ako se projekt odnosi na istraživanje dubinskog geotermalnog potencijala, bušenje dubljih bušotina ili korištenje podzemne toplote kao mineralnog/energetskog resursa. Slovenija tradicionalno uređuje mineralne resurse kroz rudarski okvir, dok se kod geotermalnih voda istovremeno primjenjuju vodni, okolišni i prostorno-planski propisi.

Posebnost Slovenije je u tome što se geotermalni regulatorni okvir nalazi u fazi postupnog oblikovanja. Za razliku od Hrvatske, gdje je duboka energetska geotermija jasno uključena u model istražnog prostora, rezervi, eksploatacijskog polja i ugovora o eksploataciji, Slovenija kombinira vodna prava, koncesijske elemente, prostorno planiranje i, kod većih energetskih zahvata, energetske propise.

Za toplotarsko korištenje geotermalne vode, primjerice za grijanje objekata, staklenika ili sistema daljinskog grijanja, ključna pitanja su:

- pravo na zahvaćanje termalne podzemne vode;
- dozvoljena količina i temperatura vode;
- način vraćanja, reinjekcije ili ispuštanja ohlađene vode;
- zaštita vodonosnika i postojećih korisnika;
- usklađenost s prostornim planovima;
- okolišni uslovi i monitoring;
- energetska pravila ako se toplota isporučuje trećim korisnicima.

Kod daljinskog grijanja dodaje se i energetski aspekt jer se toplota ne koristi samo za vlastite potrebe, nego se isporučuje korisnicima kroz toplotni sistem. Kod poljoprivredne primjene, primjerice grijanja staklenika, režim je u osnovi sličan toplotnoj upotrebi: glavna dozvola vezana je uz termalnu vodu i održivost vodonosnika, dok je razlika prvenstveno u krajnjoj namjeni toplote.

Za FBiH je Slovenija korisna kao primjer susjedne države koja nema potpuno jednostavan jednosektorski model, nego razvija koordinirani režim između voda, energetike, prostora i podzemnih resursa. To je posebno važno jer pokazuje da se geotermalni projekti ne mogu promatrati samo kao energetski projekti: oni istovremeno zahvaćaju vodni resurs, podzemni prostor, prostorno planiranje, okolišnu zaštitu i lokalnu prihvatljivost.

Italija

Italija ima poseban zakonodavni okvir za geotermalne resurse. Temeljni propis je Zakonodavna uredba br. 22/2010, kojom se uređuju istraživanje i eksploatacija geotermalnih resursa, odnosno *ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche*. Sistem jasno razlikuje istražnu dozvolu (*permesso di ricerca*) od eksploatacijske koncesije (*concessione di coltivazione*).

Posebno obilježje talijanskog modela je kombinacija jedinstvenog državnog zakonodavnog okvira i decentralizirane provedbe. Za geotermalne resurse na kopnu istražne dozvole i eksploatacijske koncesije u pravilu izdaju regije ili tijela koja su regije ovlastile, dok je za resurse u morskim područjima nadležna državna razina. Državni propis tako utvrđuje osnovne definicije, klasifikaciju resursa i temeljna pravila postupka, dok regionalna tijela provode dozvolne i koncesijske postupke u skladu s lokalnim prostornim, okolišnim i razvojnim uslovima.

Talijanski sistem razlikuje geotermalne resurse prema entalpiji, odnosno temperaturi. Visokoentalpijski resursi prvenstveno su povezani s proizvodnjom električne energije i podliježu punom postupku istraživanja i eksploatacije. Srednjoentalpijski resursi mogu se koristiti za daljinsko grijanje, industrijsku toplinu i, uz odgovarajuću tehnologiju, proizvodnju električne energije. Niskoentalpijski resursi najčešće se koriste za grijanje, hlađenje, toplotne pumpe, balneologiju i druge lokalne toplotne namjene, pri čemu se za male i plitke sisteme mogu primjenjivati jednostavniji regionalni postupci.

Tabela 4-3 Klasifikacija geotermalnih resursa prema entalpiji i njihovoj uobičajenoj namjeni

Kategorija	Temperatura	Uobičajena namjena
Visoka entalpija – *alta entalpia*	iznad 150 °C	prvenstveno proizvodnja električne energije
Srednja entalpija – *media entalpia*	90–150 °C	daljinsko grijanje, industrijska toplota i moguća proizvodnja električne energije
Niska entalpija – *bassa entalpia*	ispod 90 °C	grijanje, hlađenje, toplotne pumpe, balneologija i lokalna toplotna upotreba

Nositelj istražne dozvole ili eksploatacijske koncesije može biti pravna ili fizička osoba, odnosno gospodarski subjekt koji dokaže tehničku, finansijsku i organizacijsku sposobnost za provođenje istraživanja i razvoja projekta. To uključuje odgovarajući program radova, stručne kapacitete te sposobnost ispunjavanja okolišnih, sigurnosnih i sanacijskih obveza. U praksi su nositelji prava najčešće energetske kompanije, specijalizirani geotermalni developeri, industrijski korisnici toplote, komunalna preduzeća, lokalne energetske kompanije ili konzorciji.

Istražna faza provodi se na temelju dozvole *permesso di ricerca*. Dozvola omogućava geološka, geofizička i geohemijska istraživanja, bušenje istražnih bušotina i ispitivanje geotermalnog resursa. Istražna dozvola u pravilu se izdaje na razdoblje do četiri godine, uz mogućnost produljenja kada je potrebno dovršiti odobreni program istraživanja.

Ako istraživanja potvrde geotermalni resurs, nositelj istražne dozvole može zatražiti eksploatacijsku koncesiju – *concessione di coltivazione*. Koncesija omogućava razvoj i korištenje resursa, uključujući izgradnju proizvodnih i reinjekcijskih bušotina, cjevovoda,

površinskih postrojenja, elektrane, toplotnog sistema ili postrojenja za industrijsko korištenje toplote. Dodjeljuje se na dulje razdoblje, u pravilu do 30 godina, uz mogućnost produljenja u skladu s uslovima koncesije i regionalnim propisima.

Tabela 4-4 Pregled regulatornog okvira za geotermalne vode za energetske svrhe u Italiji

Element	Italija
Osnovni pravni okvir	Zakonodavna uredba br. 22/2010 o istraživanju i eksploataciji geotermalnih resursa
Regulatorna logika	Poseban geotermalni režim s istražnom dozvolom i eksploatacijskom koncesijom
Nadležna tijela	Regije za kopnene resurse; državna razina za morska područja
Istražno pravo	*Permesso di ricerca*
Trajanje istražne dozvole	U pravilu do četiri godine, uz mogućnost produljenja
Eksploatacijsko pravo	*Concessione di coltivazione*
Preduvjet za eksploataciju	Potvrđen geotermalni resurs i odobren razvojni odnosno eksploatacijski projekt
Trajanje koncesije	U pravilu do 30 godina, uz mogućnost produljenja
Obuhvat koncesije	Proizvodne i reinjekcijske bušotine, površinska postrojenja, proizvodnja električne energije i različiti oblici korištenja toplote
Klasifikacija resursa	Visoko-, srednje- i niskoentalpijski resursi

Za FBiH je talijanski model relevantan jer pokazuje mogućnost uspostavljanja jedinstvenog pravnog okvira na višoj razini vlasti, uz provedbu postupaka na regionalnoj razini. Takav pristup može biti primjenjiv u sistemima s izraženim kantonalnim nadležnostima, pod uvjetom da su definicije resursa, kriteriji za dodjelu prava, prijelaz iz istraživanja u eksploataciju i minimalni tehnički i okolišni standardi jasno i jednoznačno propisani.

Turska

Turska ima poseban zakon za geotermalne resurse i prirodne mineralne vode: Law No. 5686 on Geothermal Resources and Natural Mineral Waters. Zakon uređuje traženje, istraživanje, razvoj, proizvodnju, zaštitu i gospodarsko korištenje geotermalnih i prirodnih mineralnih voda, kao i stjecanje i prijenos prava na resurse.

Turski model jasno razlikuje istražnu licencu i operativnu licencu. Za istraživanje je potrebna posebna licenca, a za eksploataciju odnosno korištenje resursa potrebna je operativna licenca. Geotermalne i prirodne mineralne vode smatraju se državnim resursom.

Turska je korisna kao primjer izrazito aktivnog i investitorski orijentiranog tržišta, ali ne kao model koji bi trebalo nekritički preuzeti. Njezina prednost je brzina i visoka tržišna aktivnost, dok je potencijalni nedostatak rizik pretjerane fleksibilnosti ako se bušenje provodi bez dovoljno razrađene okolišne, tehničke i sigurnosne kontrole. Za FBiH bi stoga bilo korisno preuzeti investitorsku dinamiku i jasnoću licenciranja, ali uz obvezan projekt bušotine, okolišnu provjeru, zaštitu podzemnih voda, monitoring i odgovornost investitora prije početka bušenja.

Ima vrlo aktivno tržište, ali i historijski snažnu ulogu države kroz MTA. U turskom country updateu navodi se da je MTA istraživala, bušila 1–2 bušotine po koncesijskom području i zatim prenosila odnosno ustupala geotermalna polja privatnom sektoru.

To nije klasičan ulazak države u vlasništvo privatnog projekta, nego model u kojem država preuzima rani istražni rizik, potvrđuje potencijal i zatim omogućuje privatnom sektoru razvoj. Uz to, Turska je imala feed-in tarifu za geotermalne elektrane od 10,5 US cent/kWh za postrojenja uspostavljena od 2010. do 2021. na razdoblje od 10 godina, a kasnije je shema promijenjena. Geotermalni projekti također mogu koristiti investicijske poticaje poput poreznih oslobođenja, oslobođenja od carina i regionalnih potpora.

Francuska

S obzirom na to da je dosad potvrđeni geotermalni potencijal u FBiH najvećim dijelom povezan s resursima niže temperature i mogućnostima direktnog korištenja toplote, Francuska predstavlja posebno relevantan regulatorni primjer. Francuski model jasno razlikuje male i plitke geotermalne sisteme od dubokih i tehnički složenijih projekata.

Geotermalni resursi u Francuskoj uređuju se prvenstveno Rudarskim kodeksom – *Code minier*. Istraživanje i eksploatacija dubljih geotermalnih ležišta zahtijevaju odgovarajuća istražna i eksploatacijska prava, dok je za geotermiju male važnosti uspostavljen pojednostavljeni regulatorni režim.

Važan podzakonski okvir predstavlja Uredba br. 78-498 od 28. marta 1978. godine, kojom su uređena prava za istraživanje i eksploataciju geotermalnih resursa. Kasnijom Uredbom br. 2015-15 od 8. januara 2015. godine reformiran je režim geotermije male važnosti – *géothermie de minime importance* (GMI), čime su pojednostavljeni postupci za male i plitke geotermalne sisteme ograničenog okolišnog i tehničkog rizika.

GMI režim uglavnom se primjenjuje na sisteme povezane s toplotnim pumpama, lokalnim grijanjem i hlađenjem te korištenjem plitkog podzemlja. Za takve projekte, kada su ispunjeni propisani uslovi koji se odnose na dubinu, toplotnu snagu, temperaturne promjene i razinu geološkog rizika, koristi se elektronička prijava – *télédéclaration* – umjesto punog rudarskog postupka.

Pojednostavljeni režim ne znači izostanak kontrole. GMI projekti moraju ispunjavati propisane tehničke i okolišne uvjete, uključujući zahtjeve koji se odnose na izvođenje bušotina, zaštitu podzemnih voda, stručnu osposobljenost izvođača i završno izvještavanje o izvedenim radovima. Na taj se način i mali sistemi evidentiraju u regulatornom i podatkovnom sistemu, uz razinu postupka razmjernu njihovu riziku.

Za duboke geotermalne projekte primjenjuje se stroži režim prema *Code minier*. Investitor mora ishoditi odgovarajuće istražno pravo, kao što su *permis exclusif de recherches* ili *autorisation de recherches de gîtes géothermiques*, ovisno o vrsti i opsegu projekta. Zahtjev obuhvaća podatke o istražnom području, geotermalnom cilju, planiranoj dubini, očekivanom ležištu, programu radova, tehničkoj i finansijskoj sposobnosti nositelja te okolišnim i sigurnosnim mjerama.

Francuski sistem jasno razlikuje pravo na istraživanje određenog prostora od odobrenja za izvođenje konkretnih radova. Dobivanje istražnog prava ne daje automatski pravo na izvođenje svake planirane bušotine. Za duboko bušenje i druge značajnije zahvate potrebna su dodatna operativna i okolišna odobrenja, kojima se razmatraju sigurnost radova, zaštita

podzemnih voda, upravljanje bušaćim fluidima, seizmički rizik, sanacija lokacije te, kada je propisano, sudjelovanje javnosti.

Ako se istraživanjem potvrdi geotermalni resurs, eksploatacija se provodi na temelju koncesije ili drugog odgovarajućeg eksploatacijskog prava. Time je uspostavljena jasna razlika između prava na istraživanje, odobrenja za izvođenje radova i prava na dugoročno korištenje potvrđenog geotermalnog resursa.

Važnu stručnu i podatkovnu ulogu ima Francuski geološki zavod – BRGM, koji pruža geoznanstvenu i tehničku podršku, sudjeluje u razvoju metodologija i karata geotermalnog potencijala te podržava upravljanje podacima i procjenu geološkog rizika.

Tabela 4-5 Pregled regulatornog okvira za geotermalne vode za energetske svrhe u Francuskoj

Element	Francuska
Osnovni pravni okvir	*Code minier* i posebni propisi za geotermalne resurse
Regulatorna logika	Razlikovanje plitke geotermije male važnosti od duboke geotermije
Plitka geotermija	Pojednostavljeni GMI režim uz elektroničku prijavu
Uslovi za GMI	Ograničena dubina, snaga i utjecaj te ispunjavanje tehničkih i okolišnih zahtjeva
Duboka geotermija	Rudarski režim s posebnim istražnim i eksploatacijskim pravima
Istražno pravo	*Permis exclusif de recherches* ili *autorisation de recherches de gîtes géothermiques*
Odobrenje radova	Posebno se izdaje za konkretno bušenje i druge istražne ili razvojne radove
Eksploatacijsko pravo	Koncesija ili drugo odgovarajuće pravo za korištenje potvrđenog resursa
Stručna i podatkovna podrška	BRGM
Ključna posebnost	Regulatorni zahtjevi prilagođeni dubini, veličini i riziku projekta

Za FBiH je francuski model posebno relevantan jer pokazuje da svi geotermalni projekti ne moraju prolaziti isti regulatorni postupak. Mali i plitki sistemi, osobito oni povezani s toplotnim pumpama i lokalnim grijanjem ili hlađenjem, mogu se uređivati pojednostavljenim postupkom, uz obveznu prijavu, tehničke uvjete i završno izvještavanje.

Istovremeno, duboki geotermalni projekti koji uključuju istraživanje ležišta, bušenje, crpljenje i reinjektiranje fluida te razvoj većih toplotnih ili elektroenergetskih sistema trebaju ostati u strožem istražno-eksploatacijskom i okolišnom režimu. Posebno je korisno francusko razdvajanje prava na istražni prostor od odobrenja za izvođenje konkretnih radova, jer omogućava da se tehnička, okolišna i sigurnosna kontrola provodi za svaku važnu fazu projekta.

Za FBiH je također primjenjiv model snažne stručne i podatkovne podrške javne geološke institucije. Uloga slična ulozi BRGM-a mogla bi obuhvatiti upravljanje geotermalnim podacima, izradu karata potencijala, tehničku podršku nadležnim tijelima i investitorima te sudjelovanje u smanjenju početnog geološkog rizika.

Njemačka

Njemačka geotermalnu energiju regulira prvenstveno kroz savezni rudarski zakon, Bundesberggesetz – BBergG. Geotermalna energija (*Erdwärme*) smatra se rudarskim/podzemnim resursom, odnosno *bergfreier Bodenschatz*, pa za duboku geotermiju

postoji jasna razlika između istražnog prava i prava korištenja. Istraživanje se provodi na temelju Erlaubnis, dok se eksploatacija/korištenje provodi na temelju Bewilligung ili, u određenim slučajevima, Bergwerkseigentum. Za konkretne radove, uključujući bušenje i eksploataciju, potreban je i odobreni Betriebsplan.

Iako je osnovni propis savezni, provedba je decentralizirana: nadležna su rudarska tijela saveznih pokrajina. Time Njemačka kombinira jedinstveni pravni okvir s regionalnom provedbom, slično modelu koji može biti relevantan za države s jakom regionalnom ili kantonalnom razinom upravljanja.

Njemački model ne razlikuje geotermalne projekte prvenstveno prema temperaturi, nego prema dubini, vrsti zahvata i načinu korištenja. Plitka geotermija, posebno sistemi toplotnih pumpi za vlastite potrebe, često se uređuje kroz vodne, okolišne, građevinske i pokrajinske propise, dok duboka geotermija ulazi u puni rudarski režim. Kod otvorenih sistema s crpljenjem i reinjekcijom termalne vode važni su i vodopravni uslovi.

Za FBiH je Njemačka relevantna kao primjer modela u kojem se duboka geotermija tretira kao podzemni resurs, uz jasnu razliku između istražnog prava, eksploatacijskog prava i operativnog odobrenja radova, ali uz provedbu na regionalnoj razini.

Primjenjivost u FBiH

Za FBiH se iz usporedbe može izvući nekoliko ključnih zaključaka.

Potrebno je jasno razlikovati duboku energetsku geotermiju od plitke i niskotemperaturne geotermije. Duboki projekti koji uključuju bušenje, ispitivanje ležišta, proizvodnju, reinjekciju i veće toplotne ili elektroenergetske sisteme trebaju imati ozbiljan istražno-eksploatacijski režim.

S druge strane, mali plitki sistemi i lokalna niskotemperaturna upotreba mogu imati pojednostavljeni režim, uz tehničke i okolišne uvjete.

U FBiH bi se moglo razmotriti mješoviti geotermalno-vodni model. Geotermalna toplota u tom modelu je prepoznata kao energetski resurs, ali se kod projekata koji crpe termalnu vodu mora istovremeno regulirati zahvaćanje vode, dozvoljenu količinu, reinjekciju ili ispust, zaštitu vodonosnika, monitoring i utjecaj na postojeće korisnike voda. Mađarski model je za to posebno koristan jer povezuje geotermalni resurs s vodnim režimom i održivošću vodonosnika.

Zbog ustavne i administrativne strukture, za FBiH je važan model koji kombinira višu razinu pravnog okvira s kantonalnom ili regionalnom provedbom. Italija i Njemačka pokazuju da se osnovna pravila, definicije, postupci i minimalni standardi mogu urediti na višoj razini, dok se provedba, prostorno usklađenje, lokalni uslovi i dio dozvolnih postupaka mogu voditi na regionalnoj razini.

Regulatorni okvir treba uključiti jasne faze: istraživanje, dokazivanje resursa, prijelaz u eksploataciju, operativno odobrenje radova, monitoring i sanaciju. Posebno je važno ne izjednačiti pravo na istraživanje s pravom na bušenje ili proizvodnju; za konkretne radove trebaju postojati tehnički, sigurnosni i okolišni uslovi.

Za FBiH bi najprikladniji bio kombinirani model: duboka geotermija trebala bi se urediti kao podzemni energetski resurs s jasnim istražnim i eksploatacijskim pravima, dok bi korištenje

termalne vode moralo ostati povezano s vodnim režimom, reinjekcijom i zaštitom vodonosnika. Takav model trebao bi biti dovoljno strog za duboke i rizične projekte, ali dovoljno fleksibilan za razvoj toplotarstva, poljoprivrede, balneologije i lokalnih niskotemperaturnih sistema.

Za razvoj tržišta geotermije važni su podaci i de-risking.

Mađarska i Njemačka pokazuju koliko javno dostupna geološka, geofizička i bušotinska baza može smanjiti početnu istražnu nesigurnost.

Hrvatska i Turska pokazuju da država može imati aktivnu ulogu u ranoj fazi istraživanja ili sufinansiranju bušenja, bez nužnog preuzimanja vlasništva nad projektima.

4.5.2 Strateški kontekst EU za geotermalnu energiju u FBIH

Razvoj geotermalne energije u FBIH usko je povezan sa širim strateškim prioritetima Evropske unije, posebno u oblastima obnovljivih izvora energije, dekarbonizacije sektora grijanja i dugoročne energetske sigurnosti. Iako FBIH nije država članica EU, njene energetske i klimatske politike sve više se oblikuju prema evropskim standardima kroz usklađivanje s Energetskom zajednicom, klimatskim ciljevima EU i regionalnim okvirima za saradnju.

Posljednjih godina, EU je uvela niz sveobuhvatnih strategija, direktiva i akcionih planova koji prepoznaju geotermalnu energiju kao ključni stub čistog grijanja, održive proizvodnje električne energije i smanjenja ovisnosti o fosilnim gorivima. Ovi dokumenti zajedno pružaju metodološke smjernice, regulatorne principe i strateški smjer koji su direktno relevantni za budući razvoj geotermalne energije u Federaciji Bosne i Hercegovine.

Tabela 15.2 (ANEX) sažima najvažnije dokumente na nivou EU koji utiču na ili usmjeravaju geotermalnu politiku, planiranje investicija i regulatornu harmonizaciju u regiji.

Daljnje unapređenje regulatornog okvira potrebno je uskladiti s Direktivom (EU) 2018/2001 o promoviranju korištenja energije iz obnovljivih izvora (RED II), kao i s njenim izmjenama uvedenim Direktivom (EU) 2023/2413 (RED III), posebno u dijelu koji se odnosi na pojednostavljenje i ubrzavanje postupaka izdavanja dozvola za projekte obnovljivih izvora energije.

4.5.3 Strateški kontekst UN-a za geotermalnu energiju u FBIH

Strateški smjer razvoja geotermalne energije u FBIH snažno je usklađen sa širim okvirima Ujedinjenih nacija (UN) koji usmjeravaju globalnu tranziciju na čistu energiju, klimatske akcije i održivo upravljanje resursima. U okviru Agende UN-a za održivi razvoj do 2030. godine, geotermalna energija direktno doprinosi postizanju Cilja održivog razvoja 7 (Pristupačna i čista energija) i Cilja održivog razvoja 13 (Klimatske akcije) pružajući stabilan, niskougljični i domaće dostupan izvor energije pogodan za grijanje, hlađenje i buduću proizvodnju električne energije.

Pariški sporazum, čija je Bosna i Hercegovina potpisnica, utvrđuje nacionalne obaveze za smanjenje emisija stakleničkih plinova i promociju korištenja obnovljivih izvora energije. Geotermalna energija podržava ove obaveze omogućavajući duboku dekarbonizaciju sektora grijanja, koji predstavlja jedan od najvećih izvora emisija u regiji. Kroz Program UNDP-a za klimu i srodnu podršku Nacionalno određenim doprinosima (NDC) Bosne i Hercegovine, UN

promoviše integraciju geotermalne energije u nacionalne politike o klimi i energetici. UNDP također pruža metodološke i tehničke smjernice za planiranje obnovljivih izvora energije, reforme upravljanja energijom i ubrzano korištenje održivih rješenja za grijanje.

Na tehničkom nivou, Okvir za procjenu geotermalnih resursa UNDP-a/Svjetske banke ESMAP i Okvirna klasifikacija UN-a (UNFC) za energetske i mineralne resurse nude globalno priznate standarde za procjenu geotermalnih resursa, izvještavanje i smanjenje rizika. Ovi okviri podržavaju transparentne, konzistentne i međunarodno uporedive geotermalne procjene, koje su ključne za spremnost za investicije i dugoročni razvoj sektora.

Zajedno, ovi strateški instrumenti UN-a čine koherentnu osnovu za razvoj geotermalne energije u Federaciji BiH, osiguravajući da su nacionalni napori usklađeni s najboljim globalnim praksama, klimatskim ciljevima i principima održivog razvoja.

4.6 Preporuke za unapređenje zakonodavnog, institucionalnog i provedbenog okvira za istraživanje i korištenje geotermalne energije

Trenutno važeći Zakon o geološkim istraživanjima Federacije Bosne i Hercegovine predstavlja osnovni normativni okvir za provođenje istraživanja geotermalnih resursa, budući da takva istraživanja uključuju geološke, hidrogeološke, geofizičke, geohemijske i bušotinske radove. Ipak, važeći zakon ne prepoznaje geotermalnu energiju kao zaseban istražni i razvojni segment niti detaljno uređuje specifične faze, metodologije i kriterije za istraživanje, dokazivanje i dugoročno korištenje geotermalnog resursa.

Istovremeno, Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije („Službene novine FBiH", broj 82/23) prepoznaje geotermalnu energiju kao obnovljivi izvor energije. Zbog toga je potrebno bolje povezati propise iz oblasti geoloških istraživanja, energetike, voda, zaštite okoliša, koncesija, prostornog planiranja i građenja. Cilj takvog usklađivanja treba biti pravna sigurnost investitora, jasna podjela nadležnosti, predvidljivost postupaka i održivo upravljanje geotermalnim i drugim dubinskim geološkim resursima.

4.6.1 Integrirano upravljanje dubinskim geološkim resursima i podzemnim prostorom

Razvoj geotermalne energije potrebno je promatrati u širem kontekstu istraživanja, korištenja i zaštite dubinskih geoloških struktura i podzemnog prostora. Geološki, geofizički, hidrogeološki, geohemijski i bušotinski podaci koji se prikupljaju tokom istraživanja geotermalnih resursa u velikoj su mjeri isti podaci koji su potrebni za:

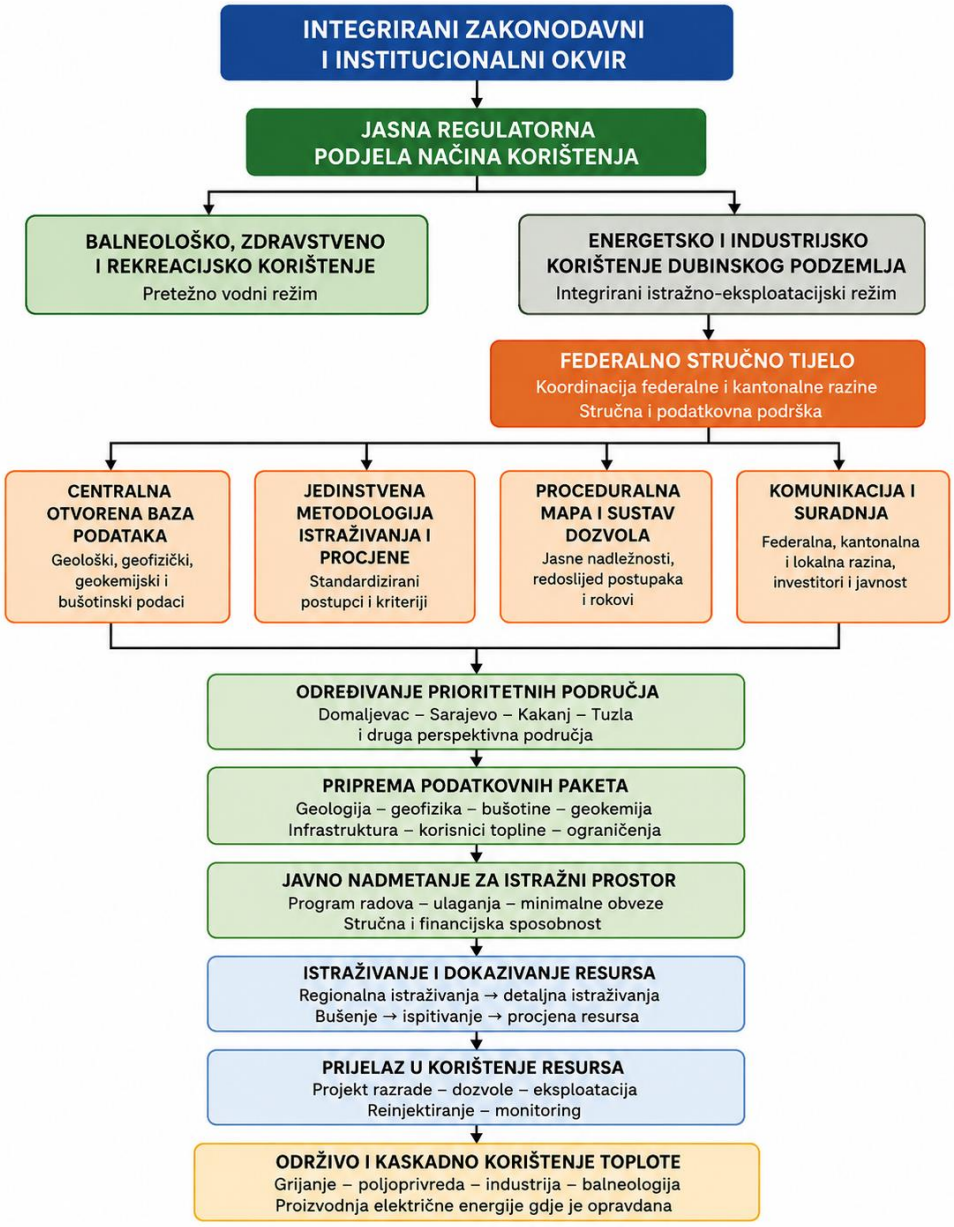
- istraživanje i eksploataciju nafte i prirodnog plina;
- podzemno skladištenje prirodnog plina;
- podzemno skladištenje vodika;
- trajno geološko skladištenje ugljikovog dioksida;
- korištenje dubokih slanih vodonosnika;
- izdvajanje litija i drugih korisnih elemenata iz geotermalnih i slanih voda;
- sezonsko skladištenje toplotne energije;
- druge oblike korištenja i skladištenja energije u podzemlju.

Za sve navedene namjene potrebno je poznavati geometriju i kontinuitet geoloških slojeva, rasjedne sisteme, poroznost i propusnost kolektorskih stijena, svojstva pokrovnih stijena, ležišne pritiske i temperature, hemijski sastav fluida, hidrodinamičku povezanost te dugoročnu stabilnost podzemnih struktura.

Zbog toga je racionalno razvijati jedinstven sistem prikupljanja, pohrane, obrade i korištenja podataka o dubinskom podzemlju, umjesto uspostavljanja zasebnih i međusobno nepovezanih baza i procedura za svaku pojedinu namjenu.

U nastavku je shematski prikazan predloženi model zakonodavnog, institucionalnog i provedbenog uređenja istraživanja i korištenja geotermalnih i drugih dubinskih geoloških resursa u Federaciji Bosne i Hercegovine. Model polazi od jasnog regulatornog razgraničenja pojedinih načina korištenja, uspostave stručne i podatkovne podrške te određivanja prioritetnih područja, a završava transparentnim istraživanjem, potvrđivanjem resursa i njegovim održivim korištenjem.

Izraz Federalno stručno tijelo odnosi se na organizaciju unutar postojećih institucija FBiH.



Slika 4-2 Predloženi model upravljanja istraživanjem i korištenjem geotermalnih i drugih dubinskih geoloških resursa u Federaciji Bosne i Hercegovine

4.6.2 Jasno definisanje regulatorne podjele

Osnovna regulatorna podjela trebala bi razlikovati balneološko, zdravstveno i rekreacijsko korištenje termalnih voda od energetskog i industrijskog korištenja dubinskih geoloških resursa.

Balneološko i rekreacijsko korištenje prvenstveno je povezano s kvalitetom vode, zdravstvenom namjenom, lokalnim vodnim režimom i korištenjem termalne vode kao prirodnog ljekovitog i rekreacijskog resursa.

Nasuprot tome, energetsko i industrijsko korištenje uključuje:

- istraživanje dubinskih struktura;
- izradu i ispitivanje bušotina;
- procjenu i dokazivanje ležišta;
- proizvodnju i reinjektiranje fluida;
- upravljanje ležišnim pritiscima;
- dugoročni monitoring;
- zatvaranje i sanaciju bušotina i postrojenja.

Takvi projekti zahtijevaju poseban istražno-eksploatacijski režim i višu razinu geološke, tehničke, sigurnosne i okolišne kontrole.

Budući zakonodavni okvir treba jasno urediti:

- pravni status geotermalne energije i geotermalnih voda;
- pravo na istraživanje podzemnog geotermalnog resursa;
- pravo korištenja potvrđenog geotermalnog ležišta;
- odnos između geološkog, vodnog, energetskog i koncesijskog režima;
- zatvorene geotermalne sisteme koji ne uključuju crpljenje podzemne vode;
- razliku između plitke i duboke geotermije;
- razliku između malih lokalnih sistema i velikih komercijalnih projekata.

Potrebno je razmotriti donošenje posebnog zakona o geotermalnoj energiji ili uspostavljanje integrisanog regulatornog režima kroz koordinirane izmjene postojećih zakona. Poseban zakon nije jedino moguće rješenje, ali je nužno osigurati da ključni elementi istraživanja i korištenja geotermalnog resursa budu jasno i međusobno usklađeni i uređeni.

4.6.3 Centralna baza podataka o geotermalnim i dubinskim geološkim resursima

Preduslov razvoja geotermalne energije i drugih oblika korištenja dubinskog podzemlja je kvalitetna, objedinjena i kontinuirano ažurirana baza podataka.

Postojeći Katastar geotermalnih izvora FBiH može predstavljati početnu osnovu takvog sistema, ali ga je potrebno postepeno proširivati prema integrisanoj bazi podataka o geotermalnim resursima i dubinskom podzemlju.

Baza bi trebala sadržavati:

- geološke i strukturne karte;
- seizmičke podatke;
- gravimetrijske i aerogravimetrijske podatke;
- magnetometrijske i aeromagnetometrijske podatke;
- elektromagnetske i magnetotelurske podatke;
- podatke daljinskih istraživanja;
- podatke o bušotinama, jezgrama i uzorcima;
- karotažna mjerenja;
- temperaturna i tlačna mjerenja;
- hidrogeološke i hidrodinamičke podatke;
- geohemijske analize voda, plinova i stijena;

- podatke o poroznosti, propusnosti i svojstvima pokrovnih stijena;
- podatke o rezervama i procijenjenim resursima;
- rezultate proizvodnih, injekcijskih i drugih ležišnih ispitivanja;
- podatke o proizvodnji i reinjektiranju;
- podatke o postojećim istražnim i eksploatacijskim pravima;
- informacije o raspoloživosti izvorne tehničke dokumentacije.

Potrebno je jasno urediti vlasništvo nad podacima, obvezu dostavljanja rezultata istraživanja nadležnim institucijama, rokove povjerljivosti i uvjete korištenja. Podaci dobiveni javnim sredstvima trebali bi, u pravilu, biti dostupni za daljnja istraživanja i razvoj projekata.

Nova regionalna mjerenja, uključujući aerogravimetrijska, aeromagnetometrijska, gravimetrijska, magnetotelurska, seizmička, hidrogeološka i geohemijska istraživanja, trebaju se provoditi prema zajedničkim tehničkim standardima.

Svi izvorni i obrađeni podaci dobiveni javnim sredstvima trebaju se obvezno dostavljati nadležnoj instituciji i unositi u centralnu bazu podataka u standardiziranom digitalnom obliku. Ista obveza treba vrijediti i za podatke koje prikupe nositelji istražnih prava, uz mogućnost vremenski ograničene povjerljivosti podataka nastalih njihovim finansiranjem.

Takav pristup omogućio bi višestruko korištenje jednom prikupljenih podataka, smanjio ponavljanje istraživanja, povećao transparentnost i smanjio početni geološki rizik.

Provođenje javnih poziva ima smisla samo ako su svim zainteresiranim subjektima pod jednakim uslovima dostupni pouzdani osnovni podaci. Otvorenost baze treba se zasnivati na jasno definiranim razinama pristupa, pri čemu bi osnovni podaci i metapodaci bili javno dostupni, dok bi detaljni tehnički podaci mogli podlijegati vremenski ograničenoj povjerljivosti ili posebnim uslovima korištenja.

Za svako prioritetno istražno područje iz centralne baze trebalo bi pripremiti standardizirani podatkovni paket koji bi bio dostupan svim zainteresiranim subjektima pod jednakim uslovima prije provođenja javnog poziva.

4.6.4 Standardizacija metodologije istraživanja i procjene resursa

Novi zakon o geološkim istraživanjima ili odgovarajući podzakonski akt treba detaljnije urediti metodologiju istraživanja geotermalnih resursa.

Standardizirani okvir trebao bi obuhvatiti:

- geološko i strukturno kartiranje;
- hidrogeološka i hidrogeohemijska istraživanja;
- geofizička istraživanja;
- mjerenje geotermalnog gradijenta i toplotnog toka;
- istražno bušenje;
- temperaturna, karotažna i hidrodinamička mjerenja;
- ispitivanje proizvodnosti i injektivnosti;
- procjenu hemijskog sastava fluida;
- procjenu mogućih problema korozije i taloženja;
- numeričko modeliranje ležišta;

- procjenu raspoložive toplotne i električne snage;
- klasifikaciju resursa i rezervi.

Potrebno je razviti metodologiju prilagođenu geotermalnim resursima, umjesto neposredne primjene pravila izrađenih za čvrste mineralne sirovine ili druge vrste podzemnih voda. Pri tome se mogu koristiti međunarodno priznati okviri za klasifikaciju i procjenu geotermalnih resursa.

Studije geotermalnog potencijala po kantonima trebaju se izrađivati prema jedinstvenoj metodologiji i predstavljati sastavni dio federalne baze podataka.

Njihov cilj ne bi trebao biti samo opis poznatih izvora i bušotina, nego i identifikacija područja u kojima nedostaju ključni podaci, definiranje programa novih istraživanja, identifikacija konkretnih potencijalnih projekata, analiza potrošača toplote, analiza postojeće infrastrukture, analiza prostornih i okolišnih ograničenja te preliminarna tehničko-ekonomska procjena.

4.6.5 Uređenje faza istraživanja i prijelaza u eksploataciju

Budući regulatorni okvir treba jasno razlikovati sljedeće faze:

- regionalna istraživanja i kartiranje geotermalnog potencijala;
- detaljna geološka, hidrogeološka i geofizička istraživanja;
- istražno bušenje i ispitivanje bušotina;
- procjena i potvrđivanje resursa odnosno rezervi;
- definisanje istražnog prostora;
- utvrđivanje eksploatacijskog područja ili polja nakon potvrđivanja resursa;
- izrada projekta razrade i korištenja;
- proizvodnja i reinjektiranje;
- monitoring, zatvaranje i sanacija.

Potrebno je jasno definisati uslove pod kojima nositelj istražnog prava može prijeći u fazu korištenja potvrđenog resursa. Time bi se smanjio rizik da investitor finansira istraživanje, a nakon potvrde resursa nema jasno ili predvidljivo pravo nastavka projekta.

Za konkretne istražne radove, osobito duboko bušenje, potrebno je razlikovati pravo na istražni prostor od odobrenja za izvođenje pojedinačnih radova. Svaka istražna bušotina treba imati odobren projekat, odgovarajuće sigurnosne i okolišne mjere te plan sanacije.

Kao mogući model za FBiH može se razmotriti postupak sličan hrvatskom sistemu, u kojem se pravo na istraživanje dubinskog energetskog resursa dodjeljuje za jasno definiran istražni prostor, uz:

- propisan program radova;
- tehničku i finansijsku sposobnost nositelja;
- minimalne istražne obveze;
- dostavljanje podataka nadležnoj instituciji;
- jasno uređen prijelaz iz istraživanja u korištenje potvrđenog resursa.

Takav bi se osnovni proceduralni model, uz prilagodbu specifičnostima pojedinog resursa, mogao primjenjivati na geotermalnu energiju, skladištenje prirodnog plina i vodika, geološko skladištenje CO_2 i druge oblike korištenja dubinskog podzemlja.

4.6.6 Pojednostavljenje i koordinacija dozvolnih postupaka

Postojeći postupci uključuju veći broj institucija i propisa, što može dovesti do preklapanja nadležnosti, različitih tumačenja i produljenja trajanja postupaka.

Potrebno je izraditi jedinstvenu proceduralnu mapu za geotermalne projekte, u kojoj bi za svaku fazu bili navedeni:

- potrebni akti i dozvole;
- nadležna institucija;
- potrebna dokumentacija;
- redoslijed postupaka;
- okvirni rokovi;
- odnos federalnih, kantonalnih i lokalnih nadležnosti.

Može se razmotriti uspostavljanje jedinstvene kontaktne tačke za investitore, koja ne bi nužno izdavala sve dozvole, ali bi koordinirala postupke i davala službene informacije o potrebnim koracima.

Za male i plitke geotermalne sisteme, posebno sisteme s toplotnim pumpama, trebalo bi razmotriti pojednostavljeni režim prijave i tehničke kontrole.

Duboki projekti koji uključuju istražne bušotine, proizvodnju, reinjektiranje i veće energetske sisteme trebaju zadržati stroži geološki, tehnički, sigurnosni i okolišni nadzor.

4.6.7 Određivanje prioritetnih područja za daljnja istraživanja

Jedan od prvih zadataka federalnog stručnog tijela trebao bi biti određivanje prioritetnih područja za daljnja geotermalna istraživanja.

Prioriteti se ne bi trebali određivati samo prema najvišoj poznatoj temperaturi ili pojedinačnom izvoru, nego primjenom jedinstvene višekriterijske metodologije.

Kriteriji za rangiranje trebali bi uključivati:

- potvrđenu temperaturu i dubinu geotermalnog resursa;
- izdašnost izvora ili procijenjenu proizvodnost bušotine;
- pouzdanost i starost raspoloživih podataka;
- geološku građu i rasjedne sisteme;
- očekivanu propusnost ležišta;
- mogućnost reinjektiranja;
- održivost vodonosnika;
- hemijski sastav fluida;
- moguće probleme korozije i taloženja;
- udaljenost od gradova, industrije, toplotnih mreža i poljoprivrednih korisnika;
- postojeću infrastrukturu i mogućnost priključenja;

- prostorna i okolišna ograničenja;
- okvirni trošak dodatnih istraživanja;
- očekivanu društvenu i ekonomsku korist.

Na temelju dosadašnjih podataka, područja Domaljevca, Sarajeva, Kaknja i Tuzle mogu se razmatrati kao početni kandidati za detaljniju evaluaciju i moguća prioritetna istraživanja.

Njihovo konačno rangiranje treba provesti prema jedinstvenim kriterijima i nakon provjere raspoložive izvorne dokumentacije.

Za svako odabrano područje potrebno je izraditi poseban podatkovni paket koji bi obuhvatio:

- geološki i strukturni model;
- postojeće bušotine;
- temperaturne i podatke o pritisku;
- hidrogeološke i geohemijske podatke;
- rezultate geofizičkih istraživanja;
- ocjenu kvalitete i pouzdanosti podataka;
- potencijalne korisnike toplote;
- postojeću infrastrukturu;
- prostorna i okolišna ograničenja;
- prijedlog minimalnog programa novih istražnih radova.

4.6.8 Javni pozivi za istraživanje prioritetnih područja

Nakon određivanja prioritetnih područja i pripreme odgovarajućih podatkovnih paketa može se razmotriti provođenje javnih poziva za dodjelu prava na istraživanje.

Predmet poziva bio bi jasno definiran istražni prostor, a ponuđači bi dostavljali:

- program radova;
- dinamiku istraživanja;
- planirana ulaganja;
- tehnička rješenja;
- dokaz finansijske sposobnosti;
- dokaz stručne i organizacijske sposobnosti.

Kriteriji za odabir ne bi trebali biti ograničeni samo na visinu ponuđene naknade. Posebnu težinu trebali bi imati kvaliteta i obuhvat programa istraživanja, planirani broj i vrsta geofizičkih mjerenja, obaveza izrade istražne bušotine, plan ispitivanja proizvodnosti i injektivnosti, kvaliteta programa zaštite voda i okoliša, plan dostavljanja i standardizacije podataka, iskustvo stručnog tima, finansijska sposobnost za provedbu programa, rokovi za realizaciju istražnih obaveza te predloženi oblik korištenja potvrđenog resursa.

Nositelj prava trebao bi imati jasno definirane minimalne istražne obaveze i rokove. Ako ih ne ispuni, pravo na istraživanje trebalo bi prestati ili bi se prostor trebao vratiti u raspoloživi fond za novi poziv.

Istovremeno, investitor koji vlastitim sredstvima uspješno potvrdi resurs treba imati jasno i unaprijed definirano pravo ili prednost za prijelaz u fazu korištenja, uz ispunjavanje zakonskih, tehničkih i okolišnih uslova.

4.6.9 Reinjektiranje i održivo upravljanje ležištem

Reinjektiranje iskorištenog geotermalnog fluida predstavlja važnu mjeru održivog upravljanja geotermalnim ležištem. Njegova svrha je, s jedne strane, očuvanje ležišnog pritiska, dugoročne proizvodnosti i hidrogeološke ravnoteže ležišta, a s druge strane sprečavanje nekontrolisanog ispuštanja mineraliziranih i termalnih voda u površinske tokove, tlo ili pliće vodonosnike. Na taj način reinjektiranje istovremeno doprinosi zaštiti ležišta i ispunjavanju okolišnih zahtjeva.

Potrebno je preciznije urediti uslove proizvodnje, korištenja i reinjektiranja geotermalnih fluida.

Reinjektiranje ne bi trebalo propisati kao automatsku obavezu u svim slučajevima, nego ga procjenjivati na osnovu:

- hidrogeoloških karakteristika ležišta;
- potrebe održavanja ležišnog pritiska;
- hemijskog sastava fluida;
- rizika za podzemne i površinske vode;
- mogućnosti taloženja, korozije i začepljenja;
- tehničke i ekonomske izvodljivosti;
- dugoročne održivosti proizvodnje.

Za projekte s proizvodnim i reinjekcijskim bušotinama potrebno je propisati praćenje pritiska, temperature, količine i kvaliteta fluida, kao i mogućih međusobnih uticaja bušotina. Posebnu pažnju potrebno je posvetiti mogućem termičkom proboju, promjenama hemijskog sastava fluida i smanjenju injektivnosti tokom vremena.

4.6.10 Mehanizmi smanjenja geološkog i investicijskog rizika

Najveći investicijski rizik geotermalnih projekata najčešće se javlja prije i tokom istražnog bušenja.

Potrebno je razmotriti kombinaciju sljedećih instrumenata: javno finansiranje regionalnih istraživanja i kartiranja, sufinansiranje istražnog bušenja, fond ili garancijsku shemu za geološki rizik, međunarodne razvojne fondove, povoljne kreditne linije, javno-privatna partnerstva nakon potvrđivanja resursa te reinvestiranje dijela koncesijskih naknada u nova istraživanja.

Javna sredstva prvenstveno bi trebala biti usmjerena na faze u kojima se stvaraju podaci od šireg javnog interesa i smanjuje početna neizvjesnost.

Privatni kapital realnije je očekivati nakon potvrde resursa i procjene tehničke i ekonomske održivosti projekta.

4.6.11 Poticanje direktnog i kaskadnog korištenja toplote

S obzirom na temperature i karakteristike većine dosad poznatih geotermalnih resursa u FBiH, kratkoročni razvojni prioritet treba biti direktno i kaskadno korištenje geotermalne toplote.

Programi podrške trebali bi obuhvatiti:

- centralizirane sisteme grijanja;
- grijanje javnih i stambenih objekata;
- plasteničku i drugu poljoprivrednu proizvodnju;
- industrijske procese;
- sušenje poljoprivrednih proizvoda;
- banjski i zdravstveni turizam;
- kombinirane i kaskadne sisteme korištenja toplote.

Proizvodnju električne energije treba razmatrati za lokalitete na kojima su potvrđeni dovoljna temperatura, protok, održiva proizvodnost i ekonomska opravdanost. Pri definiranju temperaturnih i drugih graničnih kriterija potreban je oprez, jer se granica tehničke i ekonomske iskoristivosti geotermalnih ležišta pomjera s razvojem tehnologija za proizvodnju električne energije.

Resursi koji su ranije smatrani nedovoljno "toplim" danas mogu postati tehnički i ekonomski iskoristivi primjenom savremenih binarnih sistema i drugih tehnologija za korištenje niskotemperaturnih geotermalnih izvora. Zbog toga kriterije ne treba postavljati kao trajne i nepromjenjive temperaturne pragove, nego ih periodično preispitivati u skladu s tehnološkim razvojem i tržišnim uslovima.

4.6.12 Strateško planiranje i Federalni program razvoja geotermalnih resursa

Preporučuje se izrada Federalnog programa istraživanja i razvoja geotermalnih resursa.

Program bi trebao obuhvatiti:

- prikupljanje, provjeru i digitalizaciju postojećih podataka;
- proširenje geotermalnog katastra u integriranu bazu dubinskog podzemlja;
- izradu karte geotermalnog potencijala;
- definiranje kriterija za rangiranje perspektivnih područja;
- regionalna i detaljna geofizička istraživanja;
- odabir lokacija za pilot-bušenja;
- tehničko-ekonomske analize mogućih oblika korištenja;
- razvoj pilot-projekata;
- pripremu javnih poziva;
- uspostavljanje trajnog sistema monitoringa.

Na razini Bosne i Hercegovine može se razmotriti izrada šire strategije razvoja geotermalne energije, usklađene s energetskim i klimatskim planovima zemlje.

Međutim, za neposrednu provedbu rezultata ove Studije prioritet bi trebao biti operativni program na razini Federacije BiH, s jasno definiranim nadležnostima, projektima, rokovima i izvorima finansiranja.

Strateško planiranje razvoja geotermalne energije trebalo bi ostaviti prostor za inovacijske i integrirane projekte u kojima se geotermalni resurs koristi za više namjena. To uključuje mogućnost povezivanja proizvodnje toplotne i električne energije s izdvajanjem litija i drugih korisnih elemenata iz geotermalnih fluida, podzemnim skladištenjem energije i drugim tehnologijama koje se mogu razviti u budućnosti. Razvoj tehnologije može promijeniti ne samo temperaturne granice iskoristivosti ležišta nego i njegovu ukupnu ekonomsku vrijednost, posebno kada postoji mogućnost istovremenog energetskog korištenja i izdvajanja korisnih mineralnih komponenti iz geotermalnog fluida.

Pri tome je potrebno izbjeći preuske definicije koje bi unaprijed ograničile nove oblike korištenja resursa, uz obaveznu procjenu tehničke izvodljivosti, ekonomske opravdanosti, uticaja na okoliš i dugoročne održivosti ležišta.

4.6.13 Prioritetne kratkoročne mjere

Kao mjere koje je moguće pokrenuti i prije donošenja novog zakonodavnog okvira preporučuju se:

- uspostavljanje međuinstitucionalne radne grupe;
- razmatranje organizacijskog modela federalnog stručnog tijela;
- izrada proceduralne mape svih dozvola i nadležnosti;
- digitalizacija i objedinjavanje postojećih podataka;
- povezivanje Katastra geotermalnih izvora s drugim geološkim i bušotinskim podacima;
- izrada tehničkih smjernica za geotermalna istraživanja;
- definiranje jedinstvene metodologije za studije po kantonima;
- definiranje kriterija za rangiranje prioritetnih područja;
- priprema podatkovnih paketa za Domaljevac, Sarajevo, Kakanj i Tuzlu;
- priprema najmanje jednog pilot-projekta direktnog korištenja toplote;
- izrada modela javnog sufinansiranja istražne faze;
- analiza mogućnosti pojednostavljenog režima za plitku geotermiju;
- priprema pravnog i proceduralnog modela za javne pozive.

U tom pravcu već su pripremljeni prijedlozi izmjena Zakona o geološkim istraživanjima, čiji je cilj moderniziranje zakonodavnog okvira, bolje povezivanje geoloških istraživanja s energetskim razvojem te stvaranje uvjeta za transparentnije i održivije korištenje geotermalnog potencijala Federacije Bosne i Hercegovine.

5 Pregled prethodnih istraživanja geotermalne energije u Federaciji BiH

Iako su prva istraživanja ovih pojava na teritoriji Bosne i Hercegovine započela još 1886. godine (E. Ludwig), mnoge karakteristike ovih voda i dalje nisu potpuno istražene. Važno je napomenuti da se do sada skoro isključivo proučavala njihova upotrebljivost u balneološke svrhe. Ipak, postoje značajni radovi koji razmatraju mogućnost korištenja ovih voda i u druge svrhe (J. Bać), kao i istraživanja koja ističu osobine relevantne za druge naučne discipline (S. Miholić).

Šire i sistematsko proučavanje mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine nije bilo sprovedeno sve do 1962. godine, kada je pokrenuta izrada jedne regionalne studije o ovim hidrogeološkim pojavama. Studija je rađena u okviru naučno-istraživačkih zadataka Republičkog fonda za naučni rad i završena 1966. godine.

Posebna pažnja u navedenoj studiji posvećena je genezi mineralnih, termalnih i termomineralnih voda na teritoriji Bosne i Hercegovine, sa fokusom na pojave koje ranije nisu bile obrađene u stručnoj i naučnoj literaturi. Studija je izrađena u Zavodu za inženjersku geologiju i hidrogeologiju Građevinskog fakulteta u Sarajevu.

5.1 Historija istraživanja

Mineralne, termalne i termomineralne vode predstavljaju jednu od najinteresantnijih geoloških pojava na teritoriji Bosne i Hercegovine, kako zbog svoje brojnosti, tako i zbog različitih tipova. Njihovo proučavanje ima značaj za niz naučnih disciplina, među kojima su balneologija, energetika, nauka o ležištima metalnih i nemetaličnih minerala i nafte, opšta i specijalna hidrogeologija, inženjerska geologija i druge srodne tehničko-naučne discipline.

Razvoj istraživanja i korištenja geotermalne energije može se podijeliti na sljedeće periode:

- antičko, srednjovjekovno i osmansko korištenje
- početak naučnih istraživanja u 19. i 20. stoljeću
- sistematska geotermalna istraživanja 1970-ih–1990-ih
- savremena saznanja o geotermalnim resursima Bosne i Hercegovine
- današnje korištenje i razvojni projekti

Historijsko korištenje termalnih izvora u rimskom i kasnijim periodima može se smatrati najranijim oblikom prepoznavanja geotermalnih resursa na području Bosne i Hercegovine. Iako tada nije postojalo sistematsko geološko istraživanje u savremenom smislu, izbor lokacija za izgradnju kupališnih objekata jasno ukazuje na svijest o prisustvu i vrijednosti termalnih voda. Postojanje ovakvih objekata potvrđuje da su termalni izvori na području današnje Ilidže bili istraživani i korišteni još u antičko doba.

5.1.1 Antičko, srednjovjekovno i osmansko korištenje termalnih voda

Na području Federacije Bosne i Hercegovine najznačajniji rimski lokalitet povezan s korištenjem geotermalnih izvora nalazi se na Ilidži kod Sarajeva. Rimsko naselje Aquae Sulphurae razvilo se tokom 1. stoljeća n. e. oko sumpornih termalnih izvora u Sarajevskom

polju. Arheološka istraživanja otkrila su ostatke rimskih termi, bazena i vila s mozaicima, što ukazuje na razvijen balneološki centar u rimskom periodu[4] (Pašalić, 1959; Bojanovski, 1988). Postojanje termi i sistema grijanja svjedoči o razvijenom korištenju termalnih izvora, iako hipokaustni sistem sam po sebi nije nužno predstavljao direktno energetsko korištenje geotermalne vode.

U osmanskom periodu tradicija korištenja termalnih izvora na području Bosne i Hercegovine nastavljena je kroz izgradnju kupatila i hamama, koji su često podizani na mjestima starijih rimskih izvora. Prema Kreševljakoviću (1952)[5], termalne vode korištene su u banjama na Ilidži, u Fojnici, Olovu i Gati kod Bihaća, gdje su služile prvenstveno u balneološke i higijenske svrhe. Termalne vode koristile su se prvenstveno u higijenske i zdravstvene svrhe, pri čemu su mnogi objekti građeni na lokacijama ranijih rimskih izvora. Ovakav kontinuitet korištenja termalnih voda kroz historijske periode predstavlja važan indikator dugoročne stabilnosti hidrotermalnih sistema.

Tabela 5-1 Korištenje termalnih i mineralnih voda u FBiH tokom rimskog i osmanskog perioda

Lokalitet	Rimski period	Osmanski period	Napomena
Ilidža (Sarajevo)	Aquae Sulphurae – rimske terme i kupališni objekti, hipokaustni sistem?	razvoj kupatila i hamama	sumporna termalna voda
Fojnica	vjerovatno korištenje termalnih izvora	razvoj hamama i kupatila	termalna voda srednje temperature
Gata (Bihać)	indicije rimskog korištenja izvora	korištenje u lokalnim kupatilima	termalna voda
Kiseljak	moguće rimsko korištenje mineralnih izvora	korištenje mineralnih voda	mineralna voda
Olovo	vjerovatno korištenje izvora u antičkom periodu	hamami i kupatila	termalni izvor

5.1.2 Početak naučnih istraživanja u 19. i 20. stoljeću

Suvremena istraživanja započela su u 19. stoljeću. E. Ludwig je, u periodu od 1886. do 1888. godine, izvršio hemijske analize voda za 32 izvora. Rezultate svog rada objavio je u knjizi *Die Mineralquellen Bosniens*, koja je izdana u Beču 1890. godine (lit. 9). Pored prikaza hemijskog sastava izraženog u težinskim procentima komponenti, Ludwig je za neke pojave dao i kratke opise geoloških karakteristika terena, zasnovane na radovima E. V. Mojsisovicsa, E. Tietzea i A. Bittnera.

Koristeći se analizama E. Ludwiga, kao i sopstvenim obimnim terenskim posmatranjima, F. Katzer je 1919. godine objavio kraću studiju pod nazivom "K poznavanju mineralnih vrela Bosne "(lit. 6). Sa tadašnjim volonterom Zemaljskog geološkog zavoda, O. Tolzerom, Katzer

[4] *Pašalić, E. (1959) Antička naselja i komunikacije u Bosni i Hercegovini Sarajevo.*
Bojanovski, I. (1988) Bosna i Hercegovina u antičko doba, Akademija nauka i umjetnosti BiH.
[5] *Kreševljaković, H. (1952). Banje u Bosni i Hercegovini u doba Turaka. Sarajevo: Naučno društvo NR Bosne i Hercegovine.*

je preračunao analize E. Ludwiga u milimolske i milivalne vrijednosti. Pored toga, obrađeni su i hipotetički sastavi jedinjenja u ovim vodama.

Prikaz pojedinih pojava Katzer je dopunio sopstvenim interpretacijama geološke građe u oblastima pojedinih izvora. Za veći dio pojave dao je i objašnjenja njihovog nastanka. Izuzimajući sulfatne vode izvora „Jelovac" u oblasti sjeverno od Prijedora i „Slanih voda" u području Tuzle, Katzer je gotovo sve pojave uglavnom povezao sa magmatskom aktivnošću u pojedinim oblastima i sa velikim tektonskim razlomima. Ono što je posebno značajno jeste pravilno naučno pristupanje ovim pojavama, što je za to vrijeme predstavljalo značajan napredak naučne misli. U uvodu studije Katzer navodi:

„Svako mineralno vrelo je važan geološki objekat, koji može pružiti korisne informacije za razumijevanje geološke građe određenog područja."

M. Luković je dao prikaz geologije Jugoslavije, pri čemu je iznio mišljenje o nastanku pojedinih pojava mineralnih i termalnih voda na teritoriji Bosne i Hercegovine. Izuzimajući pojave slanih voda u području Tuzle, za koje Luković smatra da su „petrolejske vode", za sve ostale pojave ovih voda on smatra da su vezane za vulkansku aktivnost i rasjednu tektoniku.

S. Miholić je u posljeratnom periodu najviše doprinio daljem poznavanju hidrohemijskih osobina mineralnih, termalnih i termomineralnih voda u BiH. Ovaj autor je, dijelom samostalno, a dijelom u saradnji sa M. Mirnikom, analizirao oko 24 izvora, pri čemu su za značajan dio određene i mikrokomponente u analiziranim vodama. Također, u periodu od 1955. do 1957. godine, Miholić je izvršio prospekciju više od 20 izvora, određujući njihovu temperaturu, pH vrijednost, radioaktivnost i izdašnost. Rezultate svog rada objavio je u 12 kraćih geohemijskih studija.

5.1.3 Sistematska geotermalna istraživanja od 1970-ih do 1990 ih

J. Bać je bez sumnje naučno ime za koje su vezana značajna saznanja o mineralnim, termalnim i termomineralnim vodama BiH. Proučavajući hidraulički mehanizam gasnih izvora, Bać je došao do novih saznanja koja su mu omogućila uspješno pronalaženje i kaptiranje brojnih izvora. Hidrogeološka istraživanja u periodu od 1974. do 1978. godine su rezultirala izradom prve karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine, u razmjerama 1:200.000 i 1:500.000, a izrađene su s tumačem i katalogom svih do tada registriranih pojava ovih voda. Usvojeni unificirani kriteriji izrade karata po republikama omogućili su da se 1983. godine izvrši štampanje Karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Jugoslavije, u razmjeri 1:500.000, s tumačem i skraćenim katalogom značajnih pojava voda u zemlji.

Prva sveobuhvatna studija geotermalne energije u Bosni i Hercegovini provedena je u periodu 1980–1983. godine (Miošić, Čičić), iz koje je proizašla i prva objavljena monografija (Čičić, Miošić, 1986). U periodu 1986–1992. godine istraživane su oblasti Bosanske Krajine – Banjaluka, Bihać, zona rasjeda Spreča i Semberija, korišten je multidisciplinarni pristup i bušeni su pojedini bunari, pri čemu je maksimalna dubina iznosila 1.345 m. Konkretno navedena dubina se odnosi na bušotinu S-1 (Banja Dvorovi) sa temperaturom od 75°C.

Na osnovu historijskih istraživanja može se zaključiti da su prvi proračuni geotermalnih konduktivnih i konvektivnih parametara izvedeni na osnovu podataka iz 40 bušotina u Bosni i Hercegovini, dubine od 486 do 3.913 m, kao i uporednih podataka iz zemalja Panonskog

bazena, uključujući Hrvatsku, Sloveniju, Mađarsku, Slovačku i Rumuniju (Jelić, 1979; Dövényi i dr., 1983; Franko, 1980).

5.1.4 Savremena saznanja o geotermalnim resursima Bosne i Hercegovine

Prema novijim pregledima geotermalnih resursa Bosne i Hercegovine, termalne i termomineralne vode uglavnom su istraživane na područjima prirodnih izvora, dok su u sjevernom dijelu zemlje, koji pripada Panonskom bazenu, često otkrivane tokom istraživanja nafte i prirodnog plina. Na teritoriji Bosne i Hercegovine evidentirano je 87 aktivnih ležišta termalnih i termomineralnih voda, sa 175 izvora i 130 arteških i pumpnih bušotina, čija ukupna izdašnost iznosi približno 2.900 l/s. U novijim pregledima posebno je izdvojeno 25 ležišta s temperaturom vode od najmanje 30 °C (Samardžić i Hrvatović, 2025).

Značajniji hidrogeotermalni resursi prisutni su u sjevernim i centralnim dijelovima Bosne i Hercegovine, koji obuhvataju približno 60% teritorije države. Najperspektivnijim se smatra područje sjeverne Bosne, odnosno dio Panonskog bazena sjeverno od rasjedne zone Spreča–Kozara. Panonski bazen obuhvata približno 20% teritorije Bosne i Hercegovine, a karakteriziraju ga najviše vrijednosti geotermalnog gradijenta, od približno 45 do 55 °C/km, te toplotnog toka od 90 do 110 mW/m². Najveće mogućnosti za korištenje geotermalne energije u ovom području izdvojene su u Posavini i Semberiji.

Geotermalna ležišta u sjevernoj Bosni najčešće su formirana u trijaskim krečnjacima i dolomitima, kao i u krednim i tercijarnim karbonatnim i klastičnim stijenama prekrivenim slabopropusnim tercijarnim naslagama. Među značajnijim pojavama izdvajaju se Domaljevac, s temperaturom od 86 do 96 °C i izdašnošću oko 70 l/s, Dvorovi s temperaturom od 75 °C, Slobomir s temperaturom od 73 °C, Gradačac i Slavinovići.

Rasjedna zona Spreča–Kozara predstavlja jednu od najznačajnijih tektonskih zona za pojavu mineralnih, termalnih i termomineralnih voda. Duž ove zone i rasjeda koji je presijecaju registrirana su brojna ležišta, među kojima su Lješljani, Gornji Šeher, Slatina kod Banje Luke, Laktaši, Kulaši, Teslić, Sočkovac, Gračanica, Boljanić i Raševo–Drinjača. Ležišta su razvijena u različitim akviferima, najčešće u krečnjacima i dolomitima, ali i u stijenama ofiolitskog kompleksa.

Značajan geotermalni potencijal registriran je i u Sarajevsko-zeničkom tercijarnom bazenu. Najveće poznato ležište termomineralnih voda u ovom bazenu nalazi se na Ilidži, gdje su u trijaskom karstnom akviferu akumulirane CO_2–H_2S vode temperature od 57 do 58 °C. Ukupna izdašnost postojećih bušotina procijenjena je na približno 260 l/s. Termomineralne vode utvrđene su i na području Kaknja, posebno u Tičićima i Radićima. U bušotini IT-1 u Tičićima, na dubini od samo 82 m, dobiven je arteški protok od 35 l/s i temperatura vode od 56 °C, dok je u Radićima zabilježena temperatura od 39 °C i protok od 22 l/s. Na području Ribnice kod Kaknja dvije bušotine potvrdile su visok kapacitet mezozojskog karbonatnog akvifera. U bušotini RB-1 utvrđen je protok od približno 27 l/s i temperatura od 29 °C, dok je u bušotini RB-2 ostvaren protok od približno 45 l/s i temperatura od 30 °C. Značajna ležišta termalnih i termomineralnih voda postoje i u Gati, Sanskoj Ilidži, Olovu, Višegradu i Fojnici. U periodu od 2022. do 2024. godine zabilježeno je povećanje interesa lokalnih zajednica za korištenje geotermalne energije, posebno za potrebe grijanja. Razlozi uključuju probleme s onečišćenjem zraka, rast cijena fosilnih goriva i potrebu smanjenja

emisija stakleničkih plinova. Geotermalna energija postepeno dobiva veći značaj u strateškim dokumentima i propisima na različitim administrativnim nivoima Bosne i Hercegovine.

5.1.5 Današnje korištenje i razvojni projekti

U novijem periodu pokrenuti su ili nastavljeni projekti geotermalnog grijanja na Ilidži, u Domaljevcu i Višegradu. Za područje Ilidže izrađen je projekt hidrogeoloških istraživanja termalnih voda za potrebe sistema daljinskog grijanja KJKP Toplane Sarajevo, a odobrenje za geološka istraživanja izdano je 2024. godine. Za područje Domaljevca izrađena je studija korištenja geotermalne energije koja razmatra daljinsko grijanje, poljoprivredu, balneologiju, rekreaciju i potencijalnu proizvodnju električne energije. U Višegradu se razmatra transport termalne vode iz područja Banje Vilina Vlas prema gradskoj zoni, uz korištenje toplotnih pumpi za grijanje i hlađenje javnih i drugih objekata.

Poseban razvojni korak predstavlja izrada Studije procjene geotermalnog potencijala istražnog područja Gradačac iz 2023. godine, koja je izrađena radi procjene mogućnosti proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora. Prema autorima članka, to je prva studija u Bosni i Hercegovini koja je bila neposredno usmjerena na procjenu potencijala za proizvodnju električne energije iz geotermalnog resursa.

Tokom 2025. godine u Banji Slatina kod Banje Luke završena je izgradnja prve bušotine u Bosni i Hercegovini namjenski izrađene za reinjektiranje korištene geotermalne vode. Ovaj projekt predstavlja značajan korak prema održivijem upravljanju ležištima i zaštiti podzemnih voda.

Geotermalna energija iz dubokih ležišta u Bosni i Hercegovini trenutno se koristi samo direktno, prvenstveno za proizvodnju toplote, dok proizvodnja električne energije iz geotermalnih izvora nije uspostavljena.

Na kraju 2024. godine direktno korištenje geotermalne energije bilo je registrirano na 23 lokacije, uglavnom za balneologiju, rekreaciju, grijanje prostora i industrijske procese. Ukupna instalirana geotermalna toplotna snaga iznosila je 23,14 MWt, a godišnja proizvodnja toplote približno 53,78 GWh. Direktno korištenje obuhvatalo je 25 proizvodnih bušotina i tri prirodna izvora (Samardžić i Hrvatović, 2025).

Najveći dio korištene geotermalne energije odnosio se na grijanje objekata i vode u bazenima, s približno 36,05 GWh godišnje, odnosno oko 67% ukupne direktno korištene energije. Balneologija i rekreacija učestvovale su s približno 17,46 GWh godišnje, dok je industrijska primjena bila znatno manja i iznosila je oko 0,27 GWh godišnje.

Najveći pojedinačni korisnik geotermalne energije u Bosni i Hercegovini je Termalna rivijera Ilidža, s instaliranom snagom od približno 5,77 MWt i godišnjim korištenjem od približno 23,68 GWh. Termomineralna voda temperature 58 °C koristi se prvenstveno za zagrijavanje vode u bazenima, a manjim dijelom za grijanje objekata.

Industrijsko korištenje geotermalne energije još uvijek je ograničeno. Registrirano je na nekoliko lokacija u Gradačcu, gdje se termalna voda koristi u preradi voća, povrća, mlijeka i mliječnih proizvoda, te u Blažuju kod Sarajeva, gdje se koristi u procesima mesne industrije.

Ukupna godišnja industrijska upotreba geotermalne toplote procijenjena je na približno 0,27 GWh.

Korištenje plitke geotermalne energije putem toplotnih pumpi pokazuje trend rasta, ali ne postoji službeni registar broja instaliranih sistema ni njihovog ukupnog kapaciteta. Prema gruboj procjeni autora, ukupna instalirana snaga geotermalnih toplotnih pumpi u Bosni i Hercegovini iznosi između 10 i 15 MWt (Samardžić i Hrvatović, 2025). Najveći broj sistema nalazi se u većim gradovima sjevernog dijela države, uključujući Bihać, Prijedor, Banju Luku, Tuzlu i Bijeljinu.

Savremeni razvoj geotermalnog sektora dodatno je podržan međunarodnim projektima. Federalni zavod za geologiju učestvuje u projektu GSEU – Geological Service for Europe, čiji je cilj razvoj trajno dostupne evropske geološke infrastrukture i baze podataka za geotermalne resurse, podzemno skladištenje toplote, hladnoće, vodika i CO_2. Projekt Danube GeoHeCo usmjeren je na širu primjenu plitkih geotermalnih hibridnih sistema grijanja i hlađenja u dunavskoj regiji.

Novim Zakonom o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije Federacije Bosne i Hercegovine iz 2023. godine prvi put su predviđene poticajne mjere za proizvodnju električne i toplotne energije iz geotermalnih izvora. Efektivna primjena ovih mjera zavisit će od donošenja i provođenja odgovarajućih podzakonskih akata.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da Bosna i Hercegovina raspolaže značajnim, ali još uvijek nedovoljno istraženim i iskorištenim geotermalnim potencijalom. Dosadašnje korištenje dominantno je vezano za balneologiju, rekreaciju i grijanje pojedinačnih objekata, dok sistemi daljinskog grijanja, šira industrijska primjena, kaskadno korištenje i proizvodnja električne energije još uvijek nisu razvijeni. Daljnji razvoj zahtijeva sistematska istraživanja, nove bušotine, jedinstvenu bazu podataka, monitoring proizvodnje i reinjektiranja te povezivanje geotermalnih resursa s konkretnim korisnicima toplote.

5.2 Klasifikacija hidrogeotermalnih resursa

U hidrogeološkoj i balneološkoj literaturi podzemne vode se klasificiraju na mineralne, termalne i termomineralne vode, pri čemu je kriterij podjele zasnovan na temperaturi vode i ukupnom sadržaju rastvorenih mineralnih materija.

Mineralne vode karakterizira povećan sadržaj rastvorenih mineralnih materija, dok se termalne vode definiraju kao vode čija je temperatura viša od srednje godišnje temperature zraka na mjestu pojavljivanja.

Termomineralne vode predstavljaju kombinaciju ova dva svojstva, odnosno odlikuju se i povišenom temperaturom i povećanom mineralizacijom. Ova klasifikacija široko se koristi u istraživanjima mineralnih i ljekovitih voda, kao i u balneološkoj praksi.

U pojedinim hidrogeološkim klasifikacijama termalne vode se dodatno dijele prema temperaturnim pragovima, pri čemu se termalne vode često definiraju kao vode temperature iznad približno 40 °C.

S aspekta energetskog korištenja geotermalne energije ključan je temperaturni raspon fluida, jer upravo temperatura određuje mogućnosti direktne toplotne primjene ili proizvodnje električne energije. Iz tog razloga u geotermalnim energetskim studijama primjenjuje se dodatna klasifikacija geotermalnih resursa u skladu s Lindalovim dijagramom, što je prikazano u Tabeli 5.2.

Granice temperaturnih kategorija u ovoj klasifikaciji prilagođene su praktičnim mogućnostima korištenja geotermalne energije. Posebno je važno naglasiti da razvoj binarnih geotermalnih elektrana (ORC i Kalina ciklus) omogućava proizvodnju električne energije iz geotermalnih fluida srednjih temperatura, najčešće iznad približno 100 °C, dok se s razvojem tehnologije ovaj prag postupno smanjuje.

Osnovni podaci korišteni u analizama dobiveni su od Federalnog zavoda za geologiju FBiH i obuhvataju prostorne, geološke i geohemijske podatke za ukupno 448 lokaliteta. Temperaturna distribucija prikazana je na Slici 5.1, dok je prostorni raspored izvora prikazan na Slici 5.2.

Analiza podataka ukazuje na izraženu varijabilnost temperaturnih vrijednosti, uz dominaciju niskotemperaturnih sistema.

Najveći broj evidentiranih izvora karakteriziraju temperature u rasponu od 10 do 30 °C, što upućuje na prevladavajuće plitke hidrogeološke sisteme s ograničenom dubinskom cirkulacijom fluida.

Značajan broj izvora bilježi temperature u rasponu od 30 do 50 °C, što predstavlja tipične niskotemperaturne geotermalne sisteme. Ovi resursi najčešće su vezani uz karbonatne vodonosnike, rasjedne zone i kontaktne litološke granice, te imaju značajan potencijal za balneološku primjenu, rekreaciju, kao i grijanje objekata.

Manji broj lokaliteta pokazuje temperature iznad 50 °C, pri čemu maksimalne vrijednosti dosežu približno 96 °C. Ove pojave predstavljaju lokalizirane geotermalne anomalije povezane s dubljim cirkulacijskim sistemima i strukturnim zonama koje omogućuju uzdizanje zagrijanih fluida. Upravo ovi resursi imaju najveći značaj u kontekstu energetskog korištenja.

Rezultati analize ukazuju da je geotermalni potencijal Bosne i Hercegovine dominantno niskotemperaturnog karaktera, uz prisustvo ograničenog broja lokaliziranih anomalija povišenih temperatura. Daljnji razvoj geotermalne energije usmjeren je na identifikaciju i detaljna istraživanja ovih perspektivnih zona, koje predstavljaju ključne ciljeve za energetsko iskorištavanje.

Tabela 5-2 Osnovna klasifikacija podzemnih voda prema temperature i mineralizaciji

Tip vode	Osnovni kriterij	Objašnjenje
Mineralne vode	mineralizacija > 1 g/l rastvorenih materija	voda sa povećanim sadržajem minerala, temperatura nije presudna
Termalne vode	temperatura > srednje godišnje temperature zraka (ili često > 20 °C)	voda povišene temperature, ali bez nužno visoke mineralizacije
Termomineralne vode	temperatura povišena i mineralizacija > 1 g/L	voda koja ima i povišenu temperaturu i značajan sadržaj minerala

U pojedinim hidrogeološkim klasifikacijama termalne vode se dijele prema temperaturnim pragovima, pri čemu se termalne vode često definiraju kao vode temperature iznad približno 40 °C[6].

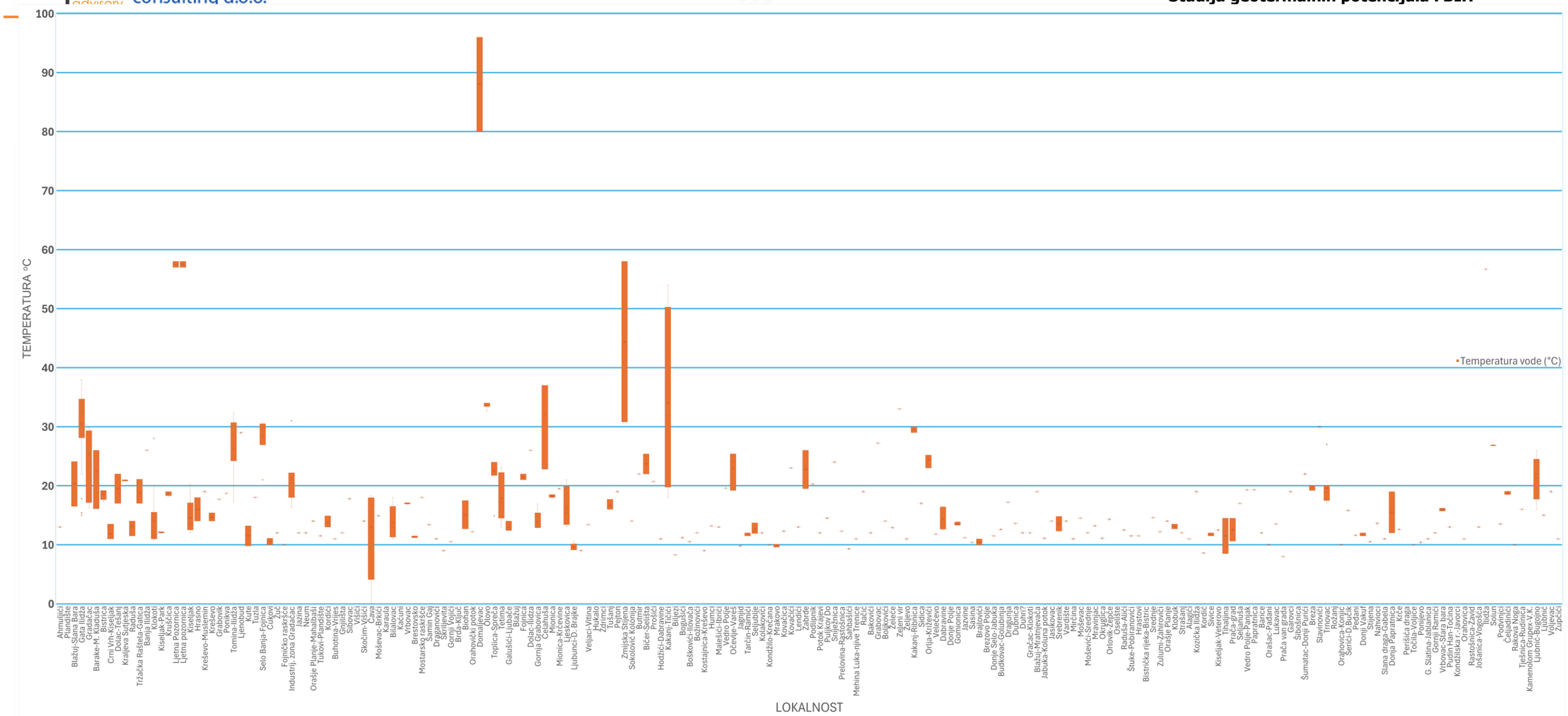
Tabela 5-3 Klasifikacija vode prmea temperaturi

Tip	Temperatura
hladne vode	< 20 °C
tople vode	20–40 °C
termalne vode	> 40 °C

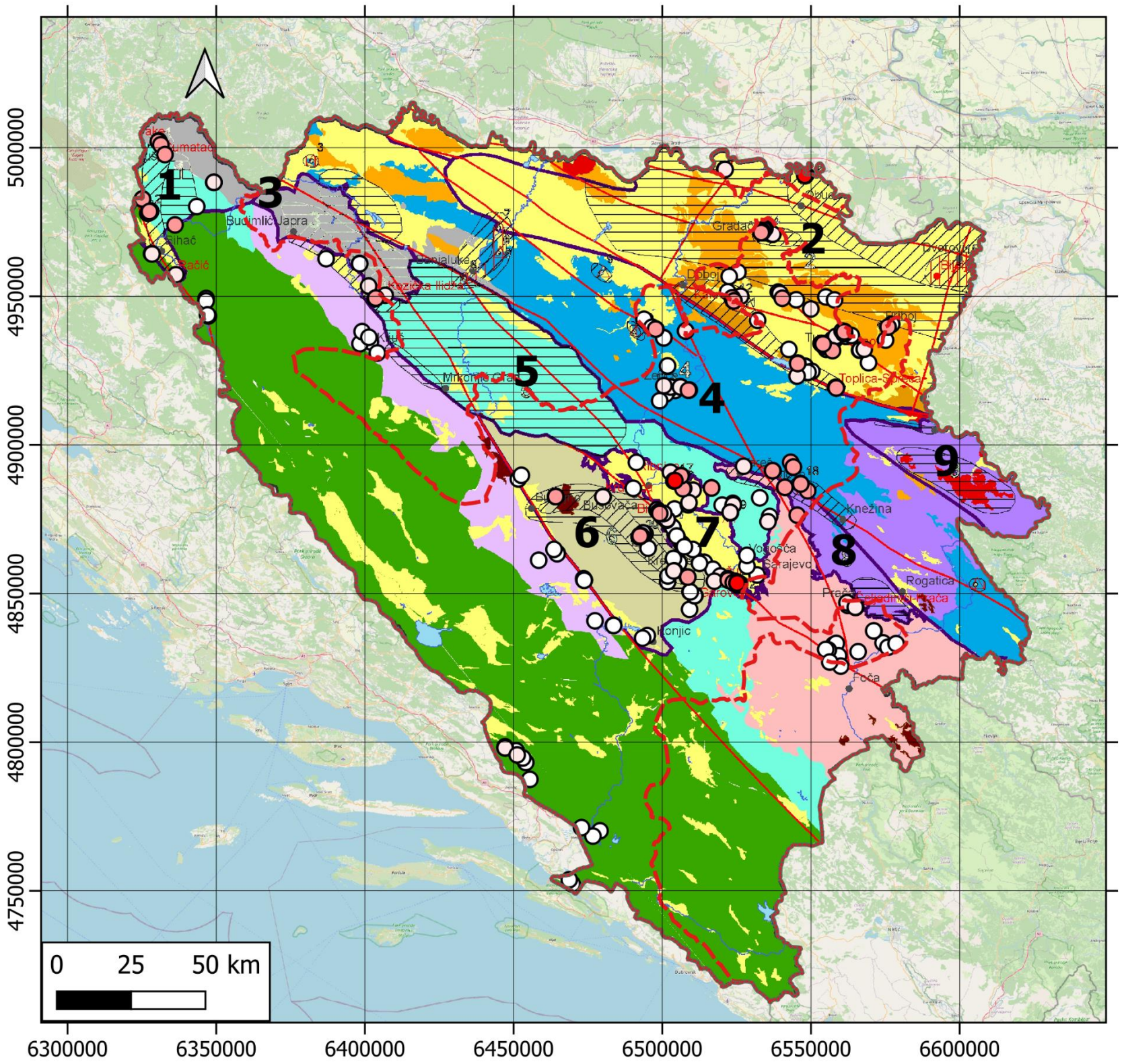
Tabela 5-4 Klasifikacija geotermalnih resursa prema temperaturi (prilagođeno prema EGEC / IEA)

Temperatura fluida	Tip geotermalnog resursa	Tipične primjene
< 30 °C	niskotemperaturni resursi	toplotne pumpe, grijanje zgrada
30 – 60 °C	nisko do srednje temperaturni resursi	balneologija, bazeni, akvakultura, staklenici, manji sistemi daljinskog grijanja
60 – 120 °C	srednjetemperaturni resursi	daljinsko grijanje, industrijska toplota, moguća primjena modularnih binarnih geotermalnih elektrana (ORC tehnologija)
120 – 180 °C	srednje do visokotemperaturni resursi	binarne geotermalne elektrane (ORC, Kalina)
> 180 °C	visokotemperaturni resursi	flash i dry steam elektrane

[6] *Spahić, M., Temimović, E. – Thermomineral Waters of Bosnia and Herzegovina as a Function of Tourism Development. Acta geographica Bosniae et Herzegovinae 2014, 2, 55-64 Original scientific papaer*



Slika 5-1 Temperature lokaliteta



Slika 5-2 Lokacije termalnih, termomineralnih i mineralnih voda u Bosni i Hercegovini

Sa geotektonskog, strukturno-tektonskog, geološkog i hidrogeološkog stanovišta, teritorija BIH je podijeljena na devet hidrogeotermalnih zona (Tabela 5-5):

Tabela 5-5 Lokacije izvora termalne i termomineralne vode u Bosni i Hercegovini

Br.	Hidrogeotermalna regija	Dio teritorije BiH	Grad/opština
1	Mezozojski masiv sjeverozapadne Bosne	Sjeverozapadna BiH	Velika Kladuša, Bužim, Cazin, Bihać
2	Mezozojski i tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne,	Bosanska Posavina, Semberija, te Tuzlanski bazen	Orašje, Gradačac, Tuzla, Teočak
3	Unsko-sanski paleozojski masiv	Sjeverozapadna BiH – sliv rijeke Save	Sanski Most, Bosanski Novi, Prijedor
4	Ofiolitski masiv	Prostire se od Višegrada na jugoistoku, preko Olova, Teslića i Banja Luke, do Bosanske Dubice na sjeverozapadu	Gračanica, Tešanj, Teslić, Žepče, Laktaši, Tuzla, Olovo, Sokolac, Rogatica, Vareš, Višegrad, Prnjavor
5	Mezozojski srednjebosanski masiv	Obuhvata mezozojske formacije koje se protežu od Banja Luke do Sarajeva	Kakanj, Breza, Banja Luka, Mrkonjić Grad, Rudo
6	Srednjobosanski paleozojski masiv	Prostire se od Tarčina na jugoistoku do Jajca na sjeverozapadu i jugozapadno od "Busovačkog rasjeda"	Bugojno, Kiseljak, Vitez, Fojnica, Kreševo
7	Srednjobosanski mezozojski basen	Uključuje mezozojske formacije na jugoistočnom rubu Sarajevsko-zeničke kotline	Sarajevo, Ilidža
8	Paleozojski masiv jugoistočne Bosne	Jugoistočna BiH	Prača
9	Paleozojski i neogeni masiv istočne Bosne	Istočna BiH	Šekovići, Milići

Ukupni potencijal termalnih i termomineralnih voda u BIH procjenjuje se na približno 240 MWt, pri čemu ležišta u FBiH čine 196,79 MWt, (82 %). (Hrvatović et all,2019.)

Iskorištivost geotermalnih resursa u Federaciji Bosne i Hercegovine mogla bi se dodatno unaprijediti primjenom odgovarajućih inženjerskih mjera usmjerenih na razvoj i optimizaciju postojećih hidrotermalnih sistema, kao što su instaliranje sistema za pumpanje na mjestima prirodnog isticanja termalnih voda te bušenje dodatnih bunara.

Dostupni podaci pokazuju da se geotermalna energija koristi na 16 lokacija ukupnog kapaciteta od 13,13 MWt, što predstavlja 7,7% ukupne raspoložive snage.

5.3 Procjena trenutne relevantnosti rezultata istraživanja

Rezultati istraživanja geotermalnog potencijala Bosne i Hercegovine zadržavaju značajnu naučnu i praktičnu relevantnost u savremenim uslovima, prvenstveno zbog toga što su zasnovani na sveobuhvatnoj reinterpretaciji geoloških, geofizičkih, neotektonskih, geohemijskih, geomorfoloških, seizmoloških, naftno-geoloških i hidrogeoloških podataka. Ovakav multidisciplinarni pristup omogućio je pouzdanu identifikaciju geotermalnih indikacija i definisanje prostorne raspodjele geotermalnih resursa na teritoriji Bosne i Hercegovine, čime je stvoren kvalitetan temelj za dalja istraživanja i plansko korištenje ovog obnovljivog izvora energije. (N.Miošić 1986.) (H.Hrvatović 2019.)

Izuzetno važan rezultat istraživanja predstavlja izvršena rajonizacija geotermalnog potencijala do dubine od 5.000 m, kojom su obuhvaćeni tipovi geotermalnih sistema, prostorni uslovi njihovog formiranja u vertikalnom i horizontalnom smislu, kao i karakteristike kolektora prema litologiji i stratigrafskoj pripadnosti. S obzirom na to da su osnovne geološke i hidrogeološke osobine kolektora dugoročno stabilne, ovi rezultati i danas imaju visok stepen pouzdanosti i mogu se smatrati relevantnim referentnim okvirom za savremene istražne aktivnosti.

Tabela 5-6 Rajonizacija geotermalnog potencijala do dubine od 5000m (N. Miošić i S.Čičić 1986.)

Parametar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Površina (km^2)	1000	6500	1100	10000	2300	2000	1100	1100	1100	
2. Interval dubine kolektora do 3000 m (m)	1850–2150	2300–2700	1950–2050	850–1150	1850–2150	1950–2050	1800–2000	950–1050	950–1050	
3000–5000 m	3900–4100	3850–4150	3350–3650	3400–3600	3400–3600	2900–3100	3850–4150	3400–3600	3400–3600	
3. Srednja temperatura intervala (°C) do 3000 m	81	136	91	51	91	81	111	43	46	
3000–5000 m	111	171	116	116	116	111	171	88	98	
4. Referentna temperatura (°C)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
5. Iskoristiva temperatura (°C) do 3000 m	70	125	80	40	80	70	100	32	35	
3000–5000 m	100	160	105	105	105	100	160	77	87	
6. Ukupna zapremina V (km^3) do 3000 m	300	2600	110	3000	690	200	440	110	110	7560
3000–5000 m	500	4550	440	5000	1150	600	770	330	330	13670
7. Koeficijent kompresibilnosti (10^{-6} cm^2/kg)	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	
8. Redukcija pritiska (bar) do 3000 m	200	250	200	100	200	200	200	100	100	
3000–5000 m	400	400	350	350	350	300	400	350	350	
9. Pridobivi dio energije (E = 5–6 · 7–8 · 10^{-3} TJ) do 3000 m	1.0	19.4	0.4	2.9	2.6	0.7	2.1	0.08	0.09	29.27
3000–5000 m	1.9	29.9	2.9	17.6	4.0	2.1	5.1	1.4	1.6	66.50
Ukupno	2.9	49.3	3.3	20.5	6.6	2.8	7.2	1.48	1.69	95.77

U kontekstu aktuelnih energetskih i klimatskih izazova, značaj rezultata dodatno dobija na važnosti. Identifikacija hidrogeotermalnih regiona, tipova hidrogeoloških struktura, kvaliteta geotermalnih voda i zona potencijalne energetske primjene omogućava racionalno usmjeravanje budućih istraživanja ka prioritetnim područjima, čime se smanjuju tehnički i finansijski rizici. Ovi nalazi su posebno značajni za razvoj niskotemperaturnih geotermalnih sistema, koji su u skladu sa realnim geološkim uslovima Bosne i Hercegovine i predstavljaju ekonomski najisplativiji oblik eksploatacije.

Međutim, i pored visoke naučne vrijednosti, rezultati istraživanja imaju određena ograničenja koja je neophodno kritički sagledati.

Veći dio korištenih podataka potiče iz starijih istraživanja, pri čemu su temperaturna mjerenja u bušotinama često izvršena prije postizanja termičke stabilizacije, što može dovesti do potcjenjivanja stvarnog geotermalnog potencijala. Također, raspoloživi podaci su u mnogim područjima prostorno neujednačeni, a pojedini regioni ostali su nedovoljno istraženi zbog nedostatka dubokih istražnih bušotina.

Dodatno ograničenje predstavlja činjenica da kvantifikacija energetskog potencijala u pojedinim rejonima nije precizno definisana, već je zasnovana na indikativnim vrijednostima geotermalnog gradijenta i toplotnog toka. U savremenim uslovima, ovakvi podaci zahtijevaju verifikaciju primjenom modernih geofizičkih metoda, detaljnih temperaturnih logovanja, kao i izradom numeričkih hidrogeotermalnih modela koji bi omogućili pouzdaniju procjenu eksploatabilnih rezervi.

Uprkos navedenim ograničenjima, rezultati istraživanja zadržavaju visok stepen aktuelnosti jer pružaju jedinstvenu sintetičku sliku geotermalnog potencijala Bosne i Hercegovine i jasno definišu prioritete budućih istraživanja. Njihova vrijednost ogleda se i u višesektorskoj primjenjivosti, uključujući energetiku, balneologiju, zdravstveni i banjski turizam, prostorno planiranje i zaštitu okoliša. Ovi rezultati predstavljaju nezaobilaznu polaznu osnovu za izradu nacionalnih i regionalnih strategija razvoja geotermalne energije.

Zaključno, može se konstatovati da su rezultati istraživanja geotermalnog potencijala Bosne i Hercegovine i dalje visoko relevantni, ali da njihova puna valorizacija zahtijeva sistematsko dopunjavanje savremenim istraživačkim metodama i integraciju sa aktuelnim energetskim politikama. Kritičko sagledavanje postojećih podataka, uz njihovu nadogradnju, predstavlja ključni korak ka održivom i racionalnom korištenju geotermalnih resursa u budućnost

Na osnovu dosadašnjih rezultata istraživanja, termalnih i termomineralnih voda, na području teritorije Bosne i Hercegovine se mogu, kao što je prethodno pomenuto izdvojiti 9 hidrotermalnih regija. Od 9 nabrojanih regija u tabeli 5-3, samo se regija 9. Paleozojski i neogeni masiv istočne Bosne, dio teritorije Bosne i Hercegovine Istočna Bosna, gradovi/općine Šekovići, Milići ne nalazi na prostoru Federacije Bosne i Herzegovine.

Pored svega navedenog treba napomenuti i da u bliskoj prošlosti je izveden značajan broj bušenja na geotermalnu vodu, a ciji podaci nisu dostupni iz različitih razloga, što svakako smanjuje fond informacija sa kojima se raspolaže kada se govori o samoj relevantnosti rezultata dosadašnjih istraživanja.

5.4 Model finansiranja u prethodnim istraživanjima

Finansiranje istraživanja geotermalnih resursa na području BIH historijski je bilo povezano sa širim programima geoloških istraživanja i upravljanja prirodnim resursima. Prvi zapisi o sistematskom proučavanju termalnih i termomineralnih voda datiraju još iz perioda Austro-Ugarske monarhije krajem 19. stoljeća, kada su evidentirane pojave termalnih i termomineralnih voda i provedena početna geološka i hidrohemijska istraživanja brojnih izvora. Međutim, organizovana i sistematska istraživanja geotermalnih resursa započela su tek nakon Drugog svjetskog rata, u okviru institucionalnog sistema bivše Jugoslavije, te ih možemo podijeliti u dva najvažnija perioda:

Period 1945–1992. SFRJ (Jugoslavija)

U periodu nakon 1945. godine geološka i hidrogeološka istraživanja bila su organizovana kroz mrežu republičkih geoloških zavoda i savezne uprave za geološka istraživanja, pod nadležnošću tadašnjeg Ministarstva rudarstva. Geotermalna istraživanja nisu bila izdvojena kao poseban sektor, već su bila dio šireg sistema državnih programa istraživanja mineralnih i energetskih resursa.

Finansiranje istraživanja u ovom periodu vršeno je prvenstveno iz saveznih i republičkih budžetskih sredstava, kroz višegodišnje planske programe i razvojne projekte. Država je preuzimala najveći dio finansijskog rizika, uključujući troškove regionalnih istraživanja, izrade geoloških studija i izvođenja istražnih bušotina. Ovakav model omogućavao je realizaciju kapitalno intenzivnih aktivnosti koje bi u tržišnim uslovima bile teško ostvarive zbog visokog nivoa geološke neizvjesnosti.

U okviru tog sistema provedena su brojna regionalna geološka i hidrogeološka istraživanja, izrađene su tematske karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda te su identifikovane brojne lokacije sa potencijalom za balneološku, komunalnu i industrijsku primjenu geotermalne energije. Eksploatacija geotermalnih resursa uglavnom je bila organizovana kroz javna preduzeća ili lokalne radne organizacije, posebno u sektoru banjskog turizma i grijanja pojedinih objekata.

Period nakon 1992 - Bosna i Hercegovina

Nakon raspada bivše Jugoslavije i institucionalnih promjena koje su uslijedile početkom 1990-ih godina, došlo je do značajnog smanjenja sistematskih geotermalnih istraživanja. Centralizirani sistem finansiranja geoloških istraživanja je prestao da postoji, a institucionalne strukture su reorganizovane na entitetskom i kantonalnom nivou.

U postratnom periodu državno finansiranje geotermalnih istraživanja u Bosni i Hercegovini bilo je ograničeno i uglavnom usmjereno na održavanje postojećih geoloških baza podataka i pojedinačna istraživanja manjih razmjera. Većina aktivnosti vezanih za geotermalne resurse odnosila se na postojeće banjske komplekse ili na projekte lokalnog značaja, kao što su korištenje termalnih voda u rekreativne svrhe, vodosnabdijevanje ili komercijalno korištenje mineralnih voda.

Nedostatak posebnih programa finansiranja geotermalnih projekata, kao i ograničeni javni investicioni fondovi, značajno su uticali na smanjenje broja istražnih bušenja i obim geoloških

istraživanja. U poređenju sa periodom prije 1990-ih godina, aktivnosti su postale sporadične i uglavnom vezane za pojedinačne projekte lokalnih zajednica ili privatnih investitora.

5.4.1 Finansijski okvir i indikativni troškovi za BiH

Jedan od ključnih izazova u analizi modela finansiranja geotermalnih istraživanja u Bosni i Hercegovini predstavlja nedostatak centralizovanih i javno dostupnih podataka o historijskim ulaganjima. Većina informacija o ranijim istraživanjima nalazi se u arhivima geoloških zavoda, stručnim studijama i projektnoj dokumentaciji.

Prema međunarodnim pregledima troškova geotermalnih projekata (IRENA, World Bank, ESMAP), troškovi istraživanja geotermalnih resursa mogu značajno varirati u zavisnosti od dubine bušenja, geoloških uslova i tehnologije koja se koristi. U ranim fazama projekata troškovi obuhvataju izradu studija, geoloških i geofizičkih istraživanja, kao i preliminarna bušenja. Najveći dio investicionog rizika u pravilu je povezan upravo sa fazom istražnih bušenja, koja predstavlja najskuplji i tehnički najzahtjevniji dio geotermalnih projekata.

Iskustva iz međunarodne prakse pokazuju da su za uspješan razvoj geotermalnih projekata često potrebni posebni finansijski mehanizmi za podjelu istražnog rizika, uključujući javne fondove, razvojne banke i međunarodne programe podrške. U tom kontekstu, historijski model finansiranja geotermalnih istraživanja u Bosni i Hercegovini, zasnovan prvenstveno na javnim investicijama, imao je važnu ulogu u identifikaciji i početnoj valorizaciji geotermalnih resursa.

Napomena: reference za troškove: IRENA "Geothermal Power: Technology Brief" i World Bank/ESMAP studije o geotermiji (pregledi kapitalnih troškova i rizika). Europske i međunarodne banke (EBRD, EIB) — projekti i studije slučajeva u regiji. World Bank / ESMAP publikacije o geotermalnim rizicima i finansiranju (pregledi troškova bušenja i riziko-aldžment). Čičić, D. i Miošić, M. (1986) — radovi o primjeni geotermalne energije i barijerama. Nacionalni geološki zavodi i arhivi FBIH i RS.

6 Osnovni geološki podaci za Federaciju BiH

Područje Bosne i Hercegovine nalazi se u središnjim dijelovima Dinaridskog planinskog sistema i smješteno je između Apulije (Jadranske mikroploče) na jugu i Panonske i Južne Tisije, respektivno. Evolucija Dinarida bila je genetski povezana s Tetisom koji je postojao tokom mezozoika i ranog paleogena između dva suprakontinenta – Euroazije ili njenog mezijskog fragmenta na sjeveru i Afrike ili njenog apulijskog fragmenta na jugu. Dinaridi predstavljaju tipičan orogeni sistem uključen u Alpsko-himalajski pojas.

Glavne velike litofacijesne asocijacije Dinarida nastale su tokom Alpskog orogenog ciklusa. Međutim, postoje i velike litološke jedinice koje su nastale tokom variskog orogenog ciklusa (paleozojski kompleks Unsko-sanskog područja, srednjobosanske škriljaste planine, jugoistočna Bosna i sjeverna Bosna) i postorogene jedinice nastale tokom oligocena – neogena (marski do slatkovodni sedimenti Južnog Panonskog bazena) i neogenih intramontanskih slatkovodnih bazena: Sarajevsko-zenički, Tuzlanski, Ugljevik, Kamengrad, Bugojno, Livno, Duvno, Gacko, Bihaćko-Cazinski, Drvar, Mesići, Miljevina i drugi.

Na osnovu modernih ideja o tektonici ploča, Dinaridi se mogu podijeliti na nekoliko velikih strukturno-paleogeografskih jedinica, kako je prvi predložio francuski geolog (Aubouin et al., 1970) za cijelo područje Dinaridsko–helenidsko područje.

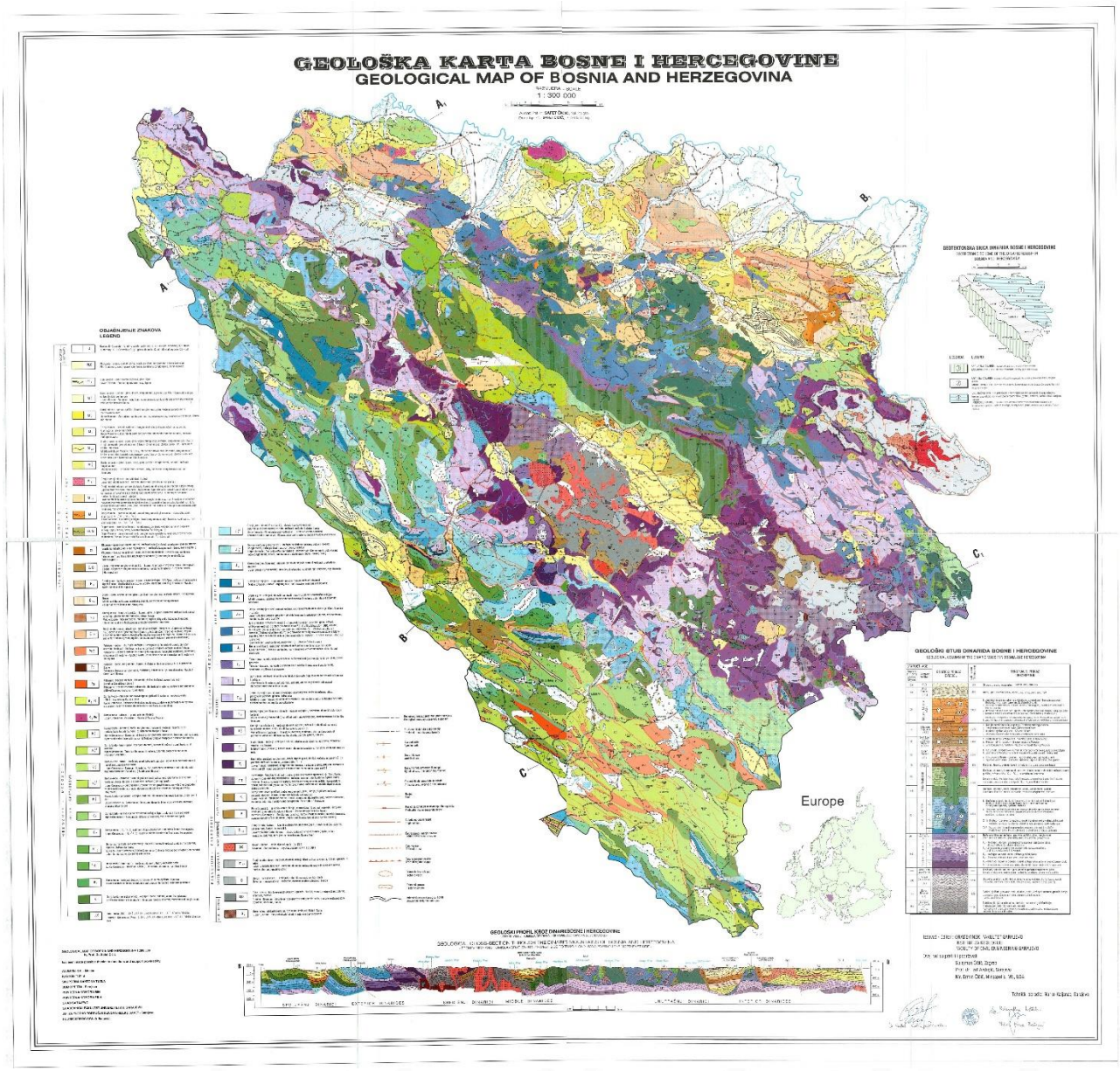
6.1 Geološke karakteristike tektonostratigrafskih jedinica s naglaskom na geotermalnu energiju

Uprkos njihovoj složenoj, imbricatnoj navlačnoj strukturi, u Dinaridima je očuvan izrazit zonirani obrazac u prostornoj distribuciji velikih tektonostratigrafskih jedinica, što odražava njihovu paleogeografsku evoluciju. Od jugozapada (Apulija) do sjeveroistoka (Mezija), mogu se izdvojiti sljedeće tektonostratigrafske (paleogeografske) jedinice (Pamić, 1993):

1. Dinarska karbonatna platforma (Vanjski Dinaridi)
2. Bosanski fliš
3. Dinarska ofiolitna zona
4. Savsko-vardarska zona

Geotermalne karakteristike teritorije Bosne i Hercegovine u direktnoj su korelaciji sa geološkom građom, strukturnim sklopom i geotektonskim položajem ovog prostora. Pojava, raspored i tip geotermalne energije, a naročito hidrogeotermalnih resursa, uslovljeni su složenim međudjelovanjem geoloških, geomorfoloških, geofizičkih, paleotektonskih i neotektonskih faktora, čiji značaj varira od regiona do regiona.

Na osnovu višedecenijskih istraživanja provedenih na teritoriji Bosne i Hercegovine, ukupne površine 51.129 km², definisani su osnovni elementi za globalnu, regionalnu i detaljnu geotermalnu rejonizaciju. U pojedinim područjima izvršena je i preliminarna procjena, odnosno proračun geotermalnih resursa i rezervi, dok je za veći dio prostora istraženost i dalje na nivou indikativnih podataka.



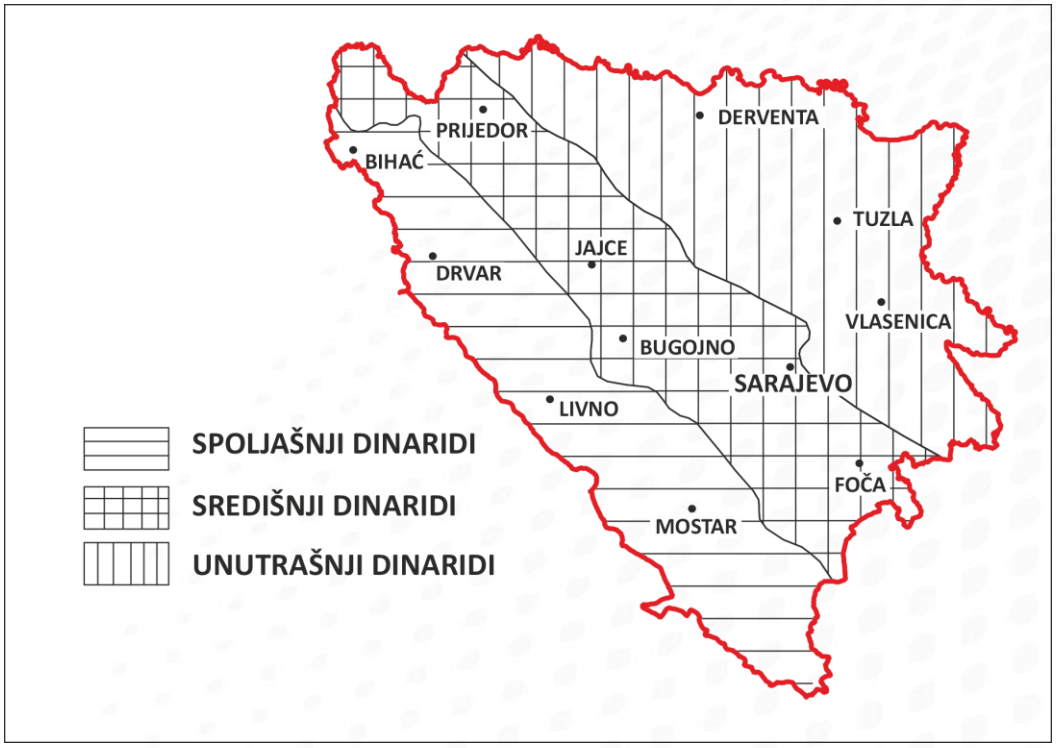
Slika 6-1– Geološka mapa BIH (Hrvatović, 2000)

Izrazita složenost geološke i tektonske građe Dinaridskog orogenog sistema, koji u potpunosti izgrađuje teritoriju Bosne i Hercegovine, predstavlja jedan od ključnih otežavajućih faktora u planiranju i realizaciji istražnih programa geotermalne energije. Poseban problem predstavljaju otvorene i poluotvorene geotermalne strukture, koje karakteriše nizak stepen istraženosti, naročito u zonama izgrađenim od paleozojskih škriljaca i stijena dijabaz–rožnjačke formacije, gdje su hidrogeološki i termički parametri slabo kvantifikovani.

Složena geološka i tektonska građa Bosne i Hercegovine u najvećoj mjeri je determinisana njenim geotektonskim položajem u okviru centralnog dijela Dinaridskog orogenog sistema, kojem pripada približno 25 % ukupne površine ovog orogena. Tokom geološke evolucije, na ovom prostoru formirane su tvorevine starijeg i mlađeg paleozoika, kompletan mezozoik, kredno-paleogeni fliš, pelagičke sedimentne sekvence, kao i oligocenske i neogene molase morskog i jezerskog porijekla.

U skladu sa važećom geotektonskom rejonizacijom, teritorija Bosne i Hercegovine podijeljena je na tri osnovne strukturno-facijalne cjeline, koje se međusobno razlikuju po litološkom sastavu, tektonskom režimu i geotermalnim karakteristikama:

- Spoljašnji Dinaridi
- Središnji Dinaridi
- Unutrašnji Dinaridi



Slika 6-2 Osnovne geotektonske jedinice Dinarida Bosne i Hercegovine (prema S. Čičiću 1984.)

Spoljašnje Dinaride karakteriše dominantna zastupljenost karbonatnih tvorevina, prvenstveno masivnih i slojevitih krečnjaka, kao i dolomita, koji predstavljaju osnovu razvijenih krasnih hidrogeoloških sistema. Klastične tvorevine (laporci, glinci, argiliti i pješčari) zastupljene su podređeno, dok se lokalno javljaju bituminozni glinci, tufovi i konglomerati.

Sa aspekta geotermalnih istraživanja, ovaj prostor je značajan zbog:

- razvijenih dubokih kraških vodonosnika,
- mogućnosti cirkulacije termalnih voda duž rasjednih i raspucalih zona,
- povoljnih uslova za nisko- i srednjetemperaturne hidrogeotermalne sisteme.

Središnji Dinaridi predstavljaju strukturno i facijalno veoma kompleksnu zonu, te prelazno područje između spoljašnjih i unutrašnjih Dinarida. Geološka građa ove cjeline obuhvata genetski raznolike stijenske komplekse: karbonate, klastične sedimentne stijene (pješčare, konglomerate, lapore i laporce), verfenske glince, kao i paleozojske škriljce. Značajan dio prostora prekriven je flišnim tvorevinama, koje imaju važnu ulogu u kontroli podzemne cirkulacije fluida.

Složeni strukturno-tektonski odnosi, prisustvo dubokih rasjednih sistema i litološka heterogenost čine ovu zonu potencijalno značajnom za formiranje geotermalnih resursa, ali istovremeno zahtijevaju detaljna multidisciplinarna istraživanja.

Unutrašnji Dinaridi se odlikuju izuzetno heterogenom geološkom građom, pri čemu su zastupljene sedimentne, magmatske i metamorfne stijene. Pored karbonatnih tvorevina (krečnjaci i dolomiti), dominantnu ulogu imaju stijene dijabaz–rožnjačke formacije, koje predstavljaju sastavni dio ofiolitskih kompleksa.

Ova formacija obuhvata pojave:gabra,peridotita i gabroperidotita,dijabaza,spilita,keratofira i kvarckeratofira,serpentinta,lokalno i granita.

Sa geotermalnog aspekta, unutrašnji Dinaridi su značajni zbog:

- povećanog toplotnog toka duž dubokih tektonskih zona,
- prisustva magmatskih i metamorfnih kompleksa,
- mogućnosti formiranja dubokih hidrotermalnih sistema, iako je istraženost ovih struktura još uvijek ograničena.

6.1.1 Litostratigrafske karakteristike tektonostratigrafskih jedinica

Litostratigrafska građa teritorije Bosne i Hercegovine, a samim tim i Federacije Bosne i Hercegovine, odlikuje se izuzetnom raznolikošću i složenošću, što je direktna posljedica njenog položaja u okviru srednjeg dijela Dinaridskog orogenog sistema. Na relativno maloj površini zastupljene su stijene širokog stratigrafskog raspona, od starijeg paleozoika do kvartarnih naslaga, uz izražene promjene u litološkom sastavu, strukturnim karakteristikama i hidrogeološkim svojstvima.

Glavni litofacijesi Dinarida formirani su tokom alpskog orogenog ciklusa, a litostratigrafska građa predstavlja jedan od ključnih faktora koji determinišu pojavu, raspored, tip i stepen iskoristivosti geotermalnih resursa. Različite litološke jedinice imaju diferenciranu ulogu u geotermalnim sistemima – kao rezervoari, provodnici toplote i fluida ili kao izolacione stijene.

Paleozoik

Paleozojske tvorevine izgrađene su pretežno od metamorfnih i klastičnih stijena, uključujući škriljce, gnajseve, kvarcite, filite, pješčare i konglomerate, lokalno praćene vulkanogenim sekvencama. Ove stijene karakterišu:

- niska primarna poroznost i propusnost,
- izražena sekundarna propusnost duž rasjeda i pukotinskih sistema,
- značajna uloga u provođenju toplote i fluida duž tektonskih zona.

Sa aspekta geotermalnog potencijala, paleozojske jedinice imaju ograničenu ulogu kao rezervoari, ali predstavljaju važne strukturne provodnike u zonama intenzivne tektonizacije i dubokih rasjednih sistema.

Mezozoik

Donjotrijaske, tzv. verfenske naslage, izgrađene su od heterogenih klastičnih i karbonatnih stijena (glinci, pješčari, laporci, dolomiti i tankoslojni krečnjaci). Njihove osnovne karakteristike su:

- izrazita litološka i hidrogeološka heterogenost,
- lokalna uloga hidrogeoloških barijera,
- ograničen geotermalni rezervoarski potencijal.

Ove naslage često djeluju kao prelazni ili izolacioni horizonti unutar geotermalnih sistema.

Srednjo- i gornjotrijaske karbonatne tvorevine predstavljene su masivnim i slojevitim krečnjacima i dolomitima sa izraženim krastnim procesima. Ove stijene čine:

- najznačajnije hidrogeološke rezervoare u Bosni i Hercegovini,
- osnovu većine identifikovanih hidrogeotermalnih sistema,
- glavne akumulatore i provodnike termalnih voda.

Njihova visoka sekundarna poroznost i razvijeni krasni sistemi omogućavaju cirkulaciju i akumulaciju termalnih fluida.

Jurske i kredne naslage obuhvataju karbonatne, klastične i flišne sekvence, kao i ofiolitske komplekse. Posebno su značajne stijene dijabaz–rožnjačke formacije, koje uključuju peridotite, gabra, dijabaze, bazalte i rožnjake. Ove stijene karakterišu:

- povećana toplotna provodnost,
- uloga dubinskih izvora toplote,
- značaj u formiranju dubokih geotermalnih sistema.

Ofiolitske sekvence imaju važnu ulogu u regionalnom geotermalnom režimu, naročito u unutrašnjim dijelovima Dinarida.

Kenozoik

Paleogene flišne sekvence izgrađene su od laporaca, pješčara, glinaca i konglomerata. Njihove osnovne geotermalne karakteristike su:

- slabija propusnost,
- značajna uloga izolacionih pokrivača,
- funkcija termalne izolacije dubljih rezervoara.

Oligocenske, neogene i kvartarne naslage (glina, pijesak, šljunak, ligniti) odlikuju se:

- dobrim rezervoarskim svojstvima u poroznim slojevima,
- značajem za plitke hidrogeotermalne sisteme,
- ključnom ulogom u formiranju niskotemperaturnih geotermalnih resursa, naročito u sjevernim dijelovima Bosne i Hercegovine, u okviru Panonskog basena.

Spoljašnji Dinaridi

U pogledu litostratigrafskih karakteristika, spoljašnji Dinaridi su poprilično jednostavni te su generalno zastupljeni dominantno karbonati sa pojavama klastičnih i vulkanogeno-sedimentnih tvorevina. Opšte karakteristike Spoljašnjih Dinarida:

- Sve periode mezozoika su uglavnom su uglavnom karbonatnog razvoja uz izuzetak ddonjeg,srednjeg i dijela gornjeg trijasa, gdje uz karbonatne stijene, veće rasprostranjenje imaju klastične i vulkanogeno-sedimentne tvorevine
- Sedimenti su vrlo velike debljine (5000 m, a ponegdje i do 8000 m)
- U strukturnoj građi ove jedinice su karakteristični veliki nabori, u čijem se dnu obično nalaze paleogenske naslage dok su tjemena antiklinala često duboko erodirana

U centralnim dijelovima ovog prostora, gdje su formirane depresije i kraška polja: Mostarsko blato, Bišće, Lukavačko, Dabarsko, Fatničko, Popovo, Imotsko, Vitinsko, Ljubuško polje i druga, nizvodno od Čapljine niz dolinu Neretve, podloga su uglavnom gornjokredni i eocenski krečnjaci. Međutim, na obodnim dijelovima Spoljašnjih Dinarida, u podini karstnih polja preovlađuju trijaski sedimenti, predstavljeni naročito dolomitima.

U okviru navedenog prostora su zastupljene sljedeće facije:

Donji trijas

Tvorevine donjeg trijasa su otkrivene u sjevernom dijelu, te su predstavljene plitkovodnim pretežno klastičnim facijama: laporcima, glincima, argilitima (Jablanica) i pješčarima, glincima i laporcima (Kupres), zatim crvenim, zelenkastim i bijelim liskunovitim pješčarima, glincima i laporcima (Grmeč), te liskunovitim pješčarima, laporcima i glincima (Crvanj)

Anizijski kat

Anizijski kat je zastuplje u faciji krečnjaka (Crvanj, Konjic, Grahovo, Donja Jablanica). Također u okviru ove stratigrafske jedinice podređeno se pojavljuju i dolomiti te dolomitični krečnjaci.

Ladinski kat

Ovaj kat je predstavljen facijom pločastih krečnjaka, laporaca i tufova, sa vulkanogeno-sedimentnim formacijama (Crvanj, Donja Jablanica-Boračko jezero, Kupres, Glamoč-Drežnica, Doljanka-Trima).

Gornji trijas

Gornji trijas je predstavljen facijom dolomita (Prenj) gdje su u nižim horizontima razvijeni dolomiti, dok se u višim pojavljuju megalodonski krečnjaci (Plasa, Vran planina, Kupres, Makljen, Drežnica, Čabulja, Čvrsnica, Šator, Grahovo, Dinara, okolina Bihaća, Cazin, Krupa, Kuti, Župci). Ovaj prostor se karakteriše pojavama karstnih polja.

Lijas i doger

Ova jedinica se pojavljuje uglavnom u faciji krečnjaka, rjeđe laporaca, bituminoznih glinaca, a zatim i dolomita. U zoni Gacko-Zalomska rijeka-Crvanj, lijas je predstavljen facijom krečnjaka, laporaca i pjeskovitih laporovitih krečnjaka sa amonitima.

Gornja jura

Gornja jura se odlikuje manjom facijskom raznovrsnošću, jer u njenom sastavu dominiraju karbonatne tvorevine:

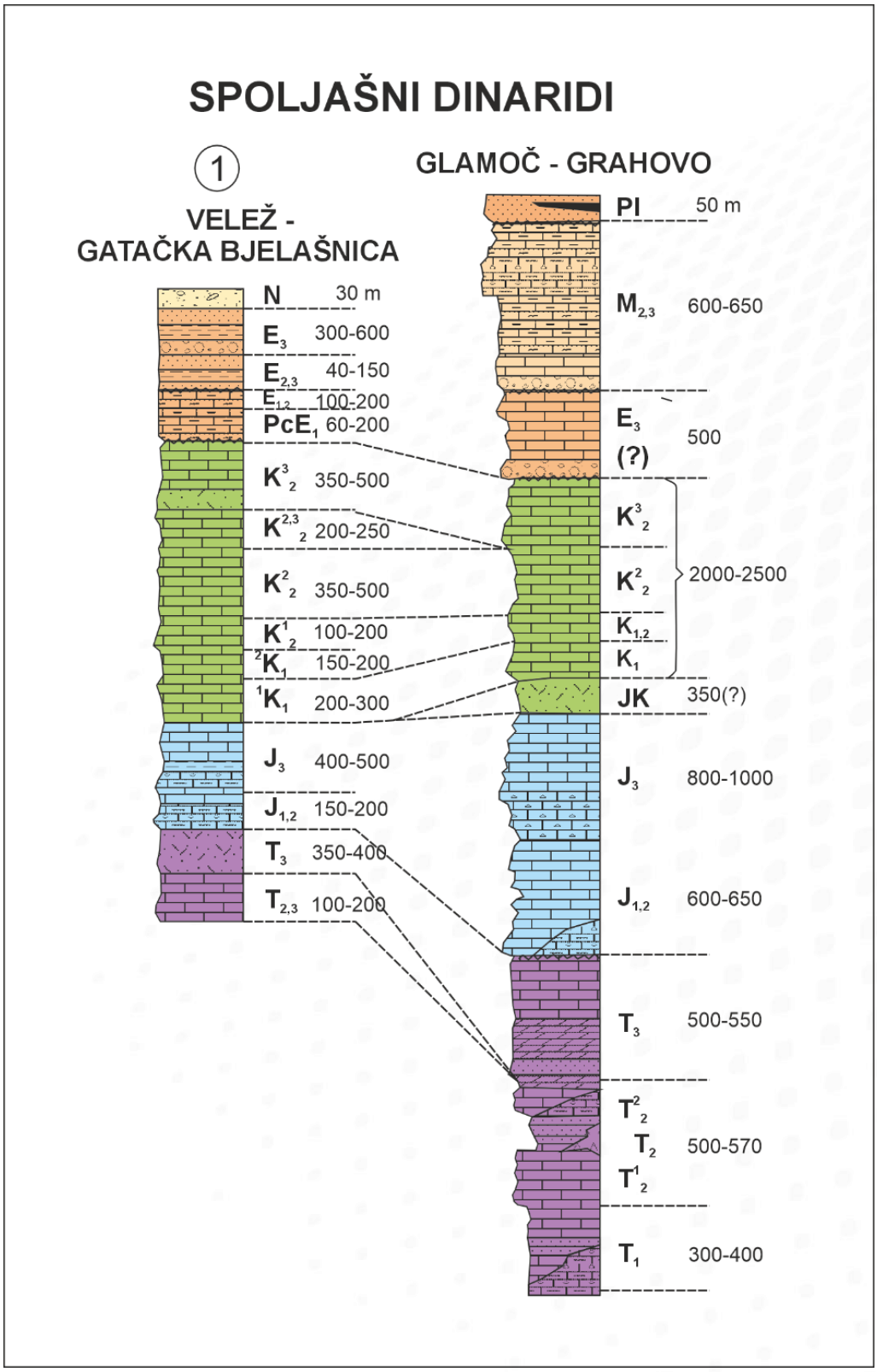
- Facija sprudnih elipsaktinijskih krečnjaka (Bjelašnica gatačka- Crvanj- Kupres-Kovačevo polje-Ravno)
- Facija klipenskih pločastih krečnjaka (Prenj-Čvrsnica-Čabulja-Vran prema Duvnu-Cincar-Šator-Dinara)
- Facija dolomita i krečnjaka koji prelaze u donju kredu (Velež- Ravna gora-Drežnica) i u faciju krečnjaka i dolomita (prostori prema Livnu i Grahovu)

Donja i gornja kreda

Donja kreda se pojavljuje u faciji pločastih ili uslojenih krečnjaka i kao takva je prilično homogena u načinu pojavljivanja. Gornja kreda je predstavljena facijom dolomita ili dolomitičnih krečnjaka, te masivnih i bankovitih krečnjaka turona i senona ili sprudnih i uslojenih krečnjaka senona, koji imaju najveću debljinu u prostoru Čapljine-Dubrave-Brotnje.

Paleogen

Ova stratigrafska jedinica leži diskordantno preko različitih članova gornje krede. U najnižim horizontima je u faciji pločastih ili uslojenih laporovitih krečnjaka paleocena i eocena, a zatim bankovitih alveolinskih i numulitskih krečnjaka donjeg i srednjeg eocena. Serija se završava eocenskim klastitima(flišom) srednjeg i gornjeg eocena i konglomeratima gornjeg eocena i donjeg oligocena.



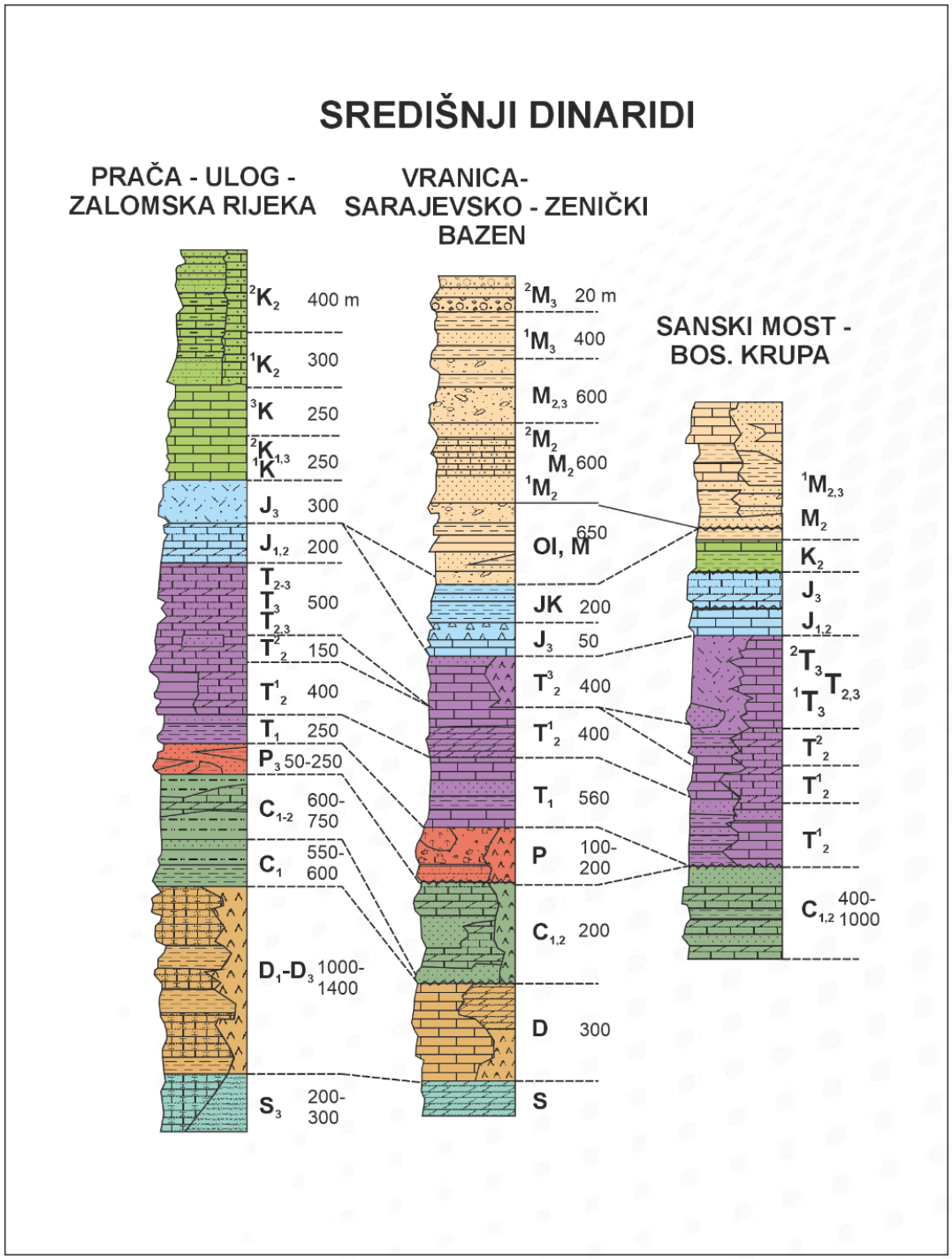
Slika 6-3 Litostratigrafski stub mezozojskih i tercijarnih tvorevina u Spoljašnjim Dinaridima Bosne i Hercegovine (prema Čičić, S., Kulenović, E. i Mojićević, M.).

Središnji Dinaridi

Središnji Dinaridi predstavljaju prelaznu zonu između Spoljašnjih i Unutrašnjih Dinarida, zbog čega se odlikuju izrazito složenim litostratigrafskim sastavom i prisustvom genetski različitih strukturno-facijalnih odnosa. Upravo ova složenost ima značajan uticaj na formiranje i distribuciju geotermalnih sistema.

Jugozapadna granica Središnjih Dinarida pruža se približno pravcem Gacko – Slunj, dok je sjeveroistočna granica određena približnim pravcem Priboj na Limu – Prača – Vareš – Nemila kod Zenice – Banja Luka – Kostajnica. Granica je jasno izražena u zonama gdje se pojavljuju ofiolitske stijene Unutrašnjih Dinarida. U dijelu između Priboja i Vareša ona je manje precizno definisana, jer je teren uglavnom pokriven mezozojskim krečnjacima u vidu navlaka i klipa. Prema sjeverozapadu, do Kostajnice, granica je pouzdano određena kontaktom sa stijenama dijabaz–rožnjačke formacije

Opšte stratigrafske karakteristike mezozojskih tvorevina u ovoj jedinici su izražene u vrlo velikoj facijalnoj raznovrsnosti pojedinih litoloških članova. Tako se u donjem trijasu pojavljuju različite klastične stijene ("sarajevski" pješčari i konglomerati, lapori i glinci verfena kod Jablanice), u srednjem trijasu, uz krečnjake i dolomite čija je debljina od 50 do 400m, ima rožnaca i vulkanogeno-sedimentnih tvorevina, koje su znatno bolje razvijene u ladinskom katu. Gornji trijas je pretežno predstavljen krečnjacima i dolomitima različite debljine. Donja jura je zastupljena pješčarima, laporcima i krečnjacima, rjeđe pjeskovitim krečnjacima male debljine. Doger je utvrđen samo u najjužnijem dijelu zone (krečnjaci i laporci), a malm je predstavljen krečnjacima sa elipsaktinijama ili flišem koji kontinuirano prelazi u kredu. Ovi prelazi se međutim razlikuju u pojedinim regionima. Dok u istočnoj Bosni, od Sarajeva i Prače prema granici sa Crnom Gorom, preko malma leže raznovrsne, uglavnom karbonatne tvorevine donje krede, a zatim fliševi donje i gornje krede čija debljina dostiže i preko 1000m , u srednjoj Bosni su razvijene pretežno klastične tvorevine predstavljene glincima, kalkarenitima, laporcima, te brečama debljine oko 500m, a u Bosanskoj krajini, u predjelu planine Grmeč, između Sanskog Mosta i Bosanske Krupe, postoji hijatus u taloženju, pa preko malma diskordantno leže gornjokredne flišne tvorevine predstavljene brečastim krečnjacima, laporcima, pješčarima i glincima. Također značajna je i zastupljenost paleozojskih tvorevina lociranih u srednjoj, zapadnoj i istočnoj Bosni, te zoni paleozojskih škriljaca koji su pretežno izgrađeni od filita, škriljaca, gnajseva i kvarcita.



Slika 6-4 Litostratigrafski stub fanerozojskih tvorevina u Središnjim Dinaridima Bosne i Hercegovine (S. Čičić, E kulenović i M. Mojićević)

Unutrašnji Dinaridi

Jugozapadna granica Unutrašnjih Dinarida relativno je jasno izdvojena u odnosu na Središnje Dinaride i pruža se približno pravcem Priboj na Limu – Kostajnica. Prema sjeveroistoku, ova geotektonska jedinica obuhvata područje sve do rijeke Save, odnosno zahvata najveći dio preostale teritorije Bosne i Hercegovine.

Unutrašnje Dinaride karakteriše izuzetno složena litostratigrafska i strukturna građa. Pored mezozojskih krečnjaka, dolomita i klastičnih stijena, dominantnu ulogu imaju stijene dijabaz–rožnjačke formacije, koje predstavljaju osnovni litološki element ove geotektonske jedinice.

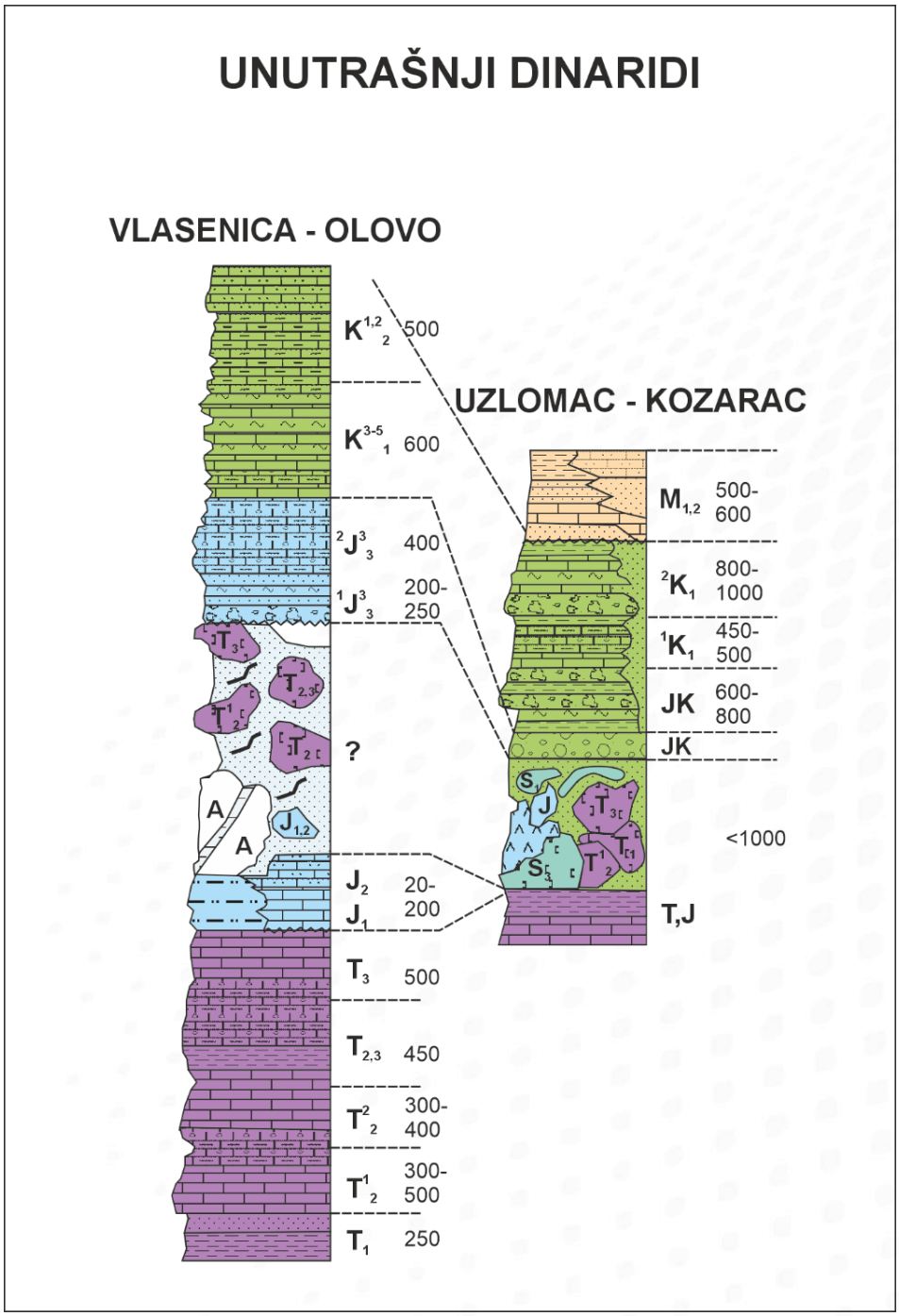
U okviru ove geotektonske jedinice uz mezozojske krečnjake, dolomite i klastične stijene, dominantnu ulogu imaju stijene dijabaz-rožnjačke formacije, unutar koje se pojavljuju različite magmatske, i metamorfne stijene predstavljene gabrima, peridotitima, gabroperidotitima, dijabazima, spilitima, keratofirima, kvarckeratofirima, serpentinitima.

Graniti su manje zastupljeni u okviru ove formacije. Od sedimenata su najzastupljeniji rožnjaci, zatim različiti pješčari(grauvakni), glinci i konglomerati. Trijas je zastupljen kao i u prelaznoj zoni: verfenskim klastitima, dok anizijski i ladinski kat je predstavljen krečnjacima, dolomitima i vulkanogeno-sedimentnim tvorevinama, dok je srednji i gornji trijas predstavljen krečnjacima i dolomitima. Na gornjem trijasu, mjestimično su sačuvani lijaski krečnjaci i laporci sa amonitima. Ovi slojevi se na više mjesta nalaze i u podini dijabaz-rožne formacije, a u njenoj povlati se mjestimično pojavljuju i krečnjaci gornje jure i krede.

Starost tvorevina ove, po sastavu raznovrsne i izuzetno složene formacije, ipak nije zadovoljavajuće utvrđena iako najveći broj podataka koji su prikupljeni ukazuju na to da se ona stvarala kroz cijelu juru od lijasa do malma, sa brojnim specifičnostima u pojedinim područjima pojavljivanja.

Također u oviru ove geotektonske jedinice zastupljene su paleozojske tvorevine predstavljene uglavnom gnajsevima, amfibolitima te migmatitima. U centralnom dijelu Bosne i Hercegovine je Centralna ofiolitksa zona u kojoj su dominantne stijene dijabaz-rožme formacije. Također u okviru navedene jedinice postoje manji izdanci trijaskih krečnjaka, čiji odnosi sa dijabaz-rožnom formacijom su poprilično problematični, jer se ne može svuda pouzdano razjasniti da li su to klipe, olistoliti ili podina.

U sjevernim dijelovima Bosne, tvorevine dijabaz- rožne formacije su otkrivene na malom prostoru. One su međutim jače tektonizirane u odnosu na ostale dijelove ove geotektonske jedinice.



Slika 6-5 Litostratigrafski stub fanerozojskih tvorevina u Unutrašnjim Dinaridima Bosne i Hercegovine (S. Čičić, E kulenović i M. Mojićević)

6.1.2 Neotektonske karakteristike tektonostratigrafskih jedinica

Područje Bosne i Hercegovine je uključeno u središnje dijelove Dinarskog planinskog sistema i smješteno je između Apulije (Jadranska mikroploča) na jugozapadu i Panonskog bazena, odnosno Južne Tisije na sjeveroistoku. Evolucija Dinarida bila je genetski povezana s Tetisom koji je postojao tokom mezozoika i ranog paleogena između dva superkontinenta – Euroazije ili njenog mezijskog fragmenta na sjeveru i Afrike ili njenog apulijskog fragmenta na jugu.

Dinaridi predstavljaju tipični orogeni sistem uključen u Alpsko himalajski pojas. Uprkos složene navlačne građe, u Dinaridima je sačuvan zonarni prostorni raspored velikih tekstonostratigrafskih jedinica, što odražava i njihovu paleogeografsku evoluciju. Idući profilom od jugozapada (Apulija) do sjeveroistoka (Mezija), mogu se izdvojiti sljedeće tektonostratigrafske (paleogeo grafske) jedinice :

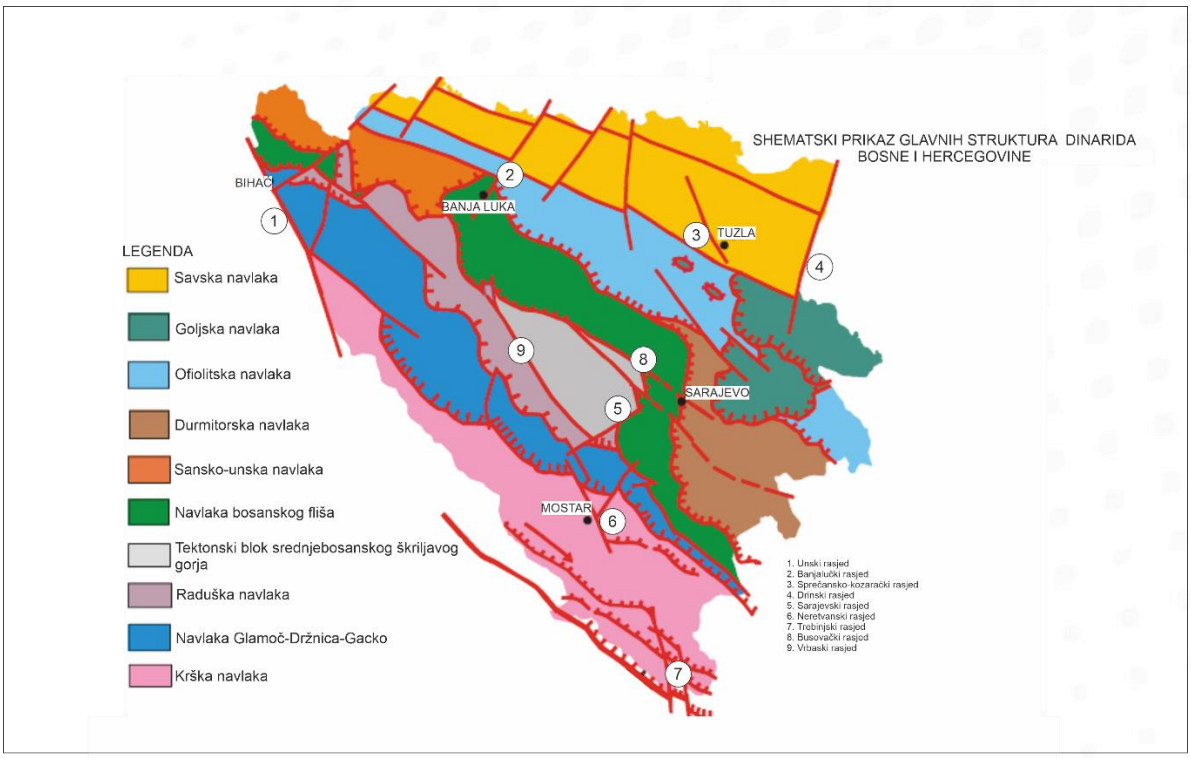
1. Dinarska karbonatna platforma,

2. Zona Bosanskog fliša,

3. Dinarska ofiolitna zona,

4. Savsko-vardarska zona.

Jedinice od 2 do 4 definiraju Unutrašnje Dinaride. Ovaj pravilan raspored tekstonostratigrafskih jedinica narušavaju alohtone paleozojsko-trijaske jedinice koje se navlače na jedinice Unutrašnjih Dinarida i na sjeveroistočnu marginu Vanjskih Dinarida. Mnoga područja Dinarida su prekrivena post-orogenim sedimentima oligocena, neogena i kvartara Dinaridi se odlikuju nabornim i navlačnim strukturama pravca pružanja sjeverozapad-jugoistok i jugozapadnim vergencama. Gore spomenute alpske tekstonostratigrafske jedinice su navučene jedna preko druge, s Vanjskim Dinaridima u osnovi i Savsko-vardarskom zonom na vrhu. Za razliku od čitavih Dinarida, najsjeverniji dijelovi Savsko-vardarske zone karakteriziraju se sjevernom vergencom koja je prepoznata u sjevernim dijelovima planina Majevica, Motajica i Prosara.



Slika 6-6 Shematski prikaz glavnih struktura Dinarida Bosne i Hercegovine

Dinarska karbonatna platforma

U sadašnjoj strukturi Dinarida, karbonatna platforma je uključena u Vanjske Dinaride. Njeni jugozapadni rubni dijelovi, koji prekrivaju Apuliju, pokriveni su Jadranskim morem, dok su joj preko sjeveroistočnog ruba navučene paleozojsko-trijaske formacije. Područje Dinarske karbonatne platforme – Vanjski Dinaridi, poznati su i pod imenom Visoki krš ili kraški Dinaridi. U ovom prostoru je bila karakte ristična dugotrajna karbonatna sedimentacija (od srednjeg trijasa do srednjeg eocena, a u nekim dijelovima i od gornjeg perma), čiji je rezultat formiranje sedimenata debljine i do 8000 m. Velika bočna i vertikalna izmjena sedimenata indicira značajnu paleogeografsku dinamiku područja Dinarida zbog mobil nosti Jadranske mikroploče. Ova mobilnost je prouzrokovala, u nekim peri odima historije karbonatne platforme, važne izmjene kao što su fiziografija i sinsedimentne tektonske deformacije. Veliki prekid u taloženju dešava se na granici anizijsko-ladinskog kata. Sinsedimentni ek stenzijski tektonski pokreti doveli su do diferencijalnog izdizanja i slijeganja karbonatne platforme u aniziku

Zona Bosanskog fliša

Bosanski fliš (Blanchet i sar., 1969), taložen je na padini (rubu) karbonatne platforme i na njenom podnožju (Pamić i sar. 1998). Ove su formacije najrasprostranjenije na području između Srednjobosanskoga škriljavog gorja na jugozapadu i Dinarske ofiolitne zone na sjeveru i sjeveroistoku. U geo loškoj literaturi ove su formacije uključene u geotektonske i paleogeograf ske zone pod različitim imenima različitih autora: Durmitorski fliš (Bešić, 1954), "Flysch bosniaque i zona prekarstique" (Aubouin i sar., 1974), Flišna zona Banjaluka-Sarajevo (Mojičević, i sar., 1976, 1977), Pregibna zona (Grandić, 1974) i Sarajevska sigmoida (Dimitrijević, 1982). Zona Bosanskog fliša obuhvata mezozojske (jursko-kredne i gornjokredne-donjopaleogene) klastično-karbonatne formacije sa karakteritikama fliša i parafliša. Zona Bosanskog fliša predstavlja jednu od ključnih tektonostratigrafskih jedinica Dinaridskog orogenog sistema na prostoru Bosne i Hercegovine. Njena složena građa i izražena deformisanost rezultat su dugotrajnog i višefaznog tektonskog razvoja vezanog za alpski orogeni ciklus, tokom kojeg je došlo do zatvaranja sedimentacionih basena i intenzivne kompresije litosfere. Bosanski fliš je prostorno smješten u okviru Središnjih Dinarida i ima ulogu prelazne zone između karbonatnih platformi Spoljašnjih Dinarida i ofiolitskih kompleksa Unutrašnjih Dinarida. Ovakav položaj uslovio je njegovu izraženu strukturnu heterogenost, kao i snažnu tektonsku fragmentaciju. Flišne naslage su taložene u dubokomorskom sedimentacionom okruženju, a kasnije su zahvaćene intenzivnim tektonskim procesima. Osnovna tektonska odlika zone Bosanskog fliša jeste razvijena naborno-navlačna struktura. Flišne sekvence su snažno naborane, pri čemu su česte antiklinalne i sinklinalne strukture različitih dimenzija, često asimetrične ili prevrnute. Navlačne strukture i reversni rasjedi su veoma zastupljeni, sa dominantnom vergencijom prema jugozapadu, što je u skladu sa opštim smjerom alpske kompresije u Dinaridima. Ovi procesi su doveli do znatnog skraćenja kore i povećanja strukturne složenosti terena. Rasjedna tektonika u zoni Bosanskog fliša je izrazito razvijena. Dominiraju longitudinalni rasjedi dinaridskog pravca (sjeverozapad–jugoistok), dok su poprečni i kosi rasjedi odgovorni za dodatnu segmentaciju flišnih tijela. Mnogi od ovih rasjeda su višefazno aktivirani i imaju značajnu ulogu u migraciji fluida, što im daje poseban značaj u kontekstu hidrogeoloških i geotermalnih istraživanja. Flišne naslage karakteriše velika debljina, koja lokalno dostiže i preko 1.000 metara. One su često snažno tektonizirane, sa izraženim nagibima slojeva, kataklazom i lokalnom brečacijom. Primarna poroznost ovih

stijena je mala, ali sekundarna poroznost duž rasjeda i pukotina može biti lokalno povećana. Sa aspekta geotermalnog potencijala, zona Bosanskog fliša nema značaj kao primarni rezervoar toplih fluida, ali ima izuzetno važnu ulogu kao izolaciona, odnosno krovna stijena. Njena slaba propusnost omogućava zadržavanje toplote u dubljim karbonatnim i ofiolitskim jedinicama, dok rasjedne zone mogu predstavljati kanale za uzlaznu cirkulaciju termalnih voda. Na taj način Bosanski fliš ima značajnu regulatornu ulogu u formiranju i očuvanju geotermalnih sistema.

Dinarska ofiolitna zona

Dinarska ofiolitna zona predstavlja jednu od najznačajnijih i tektonski najkompleksnijih geotektonskih jedinica Bosne i Hercegovine i šireg dinarskog prostora. Ona je dio Unutrašnjih Dinarida i interpretira se kao ostatak nekadašnje okeanske litosfere Tetisa, koja je tokom jurskog perioda bila obducirana i tektonski inkorporirana u orogeni sistem Dinarida. Ofiolitna zona dinarida pruža se približno pravcem sjeverozapad–jugoistok, od područja sjeverne Bosne prema jugoistočnim dijelovima zemlje, gdje se nastavlja u Srbiju i Crnu Goru. U Bosni i Hercegovini njen najizraženiji dio čini tzv. Centralna ofiolitna zona, koja zauzima veliki dio srednje Bosne. Zona je tektonski ograničena prema Središnjim Dinaridima na jugozapadu i prema Panonskom bazenu na sjeveroistoku, pri čemu su kontakti uglavnom rasjedni ili navlačni. Osnovna tektonska karakteristika Dinarske ofiolitne zone je izražen navlačno–rasjedni stil deformacija, nastao tokom alpskog orogenog ciklusa. Ofioliti su u velikoj mjeri alohtoni, odnosno tektonski premješteni u odnosu na svoju prvobitnu poziciju. Njihovo današnje pojavljivanje vezano je za:

- velike regionalne navlake i potisne strukture,
- duboke transverzalne i longitudinalne rasjede,
- kompleksne odnose klipova, olistolita i tektonskih listova.

Stijene dijabaz–rožnjačke formacije često leže tektonski iznad trijaskih karbonata ili jurskih i krednih sedimenata, dok se mjestimično pojavljuju i u podini mlađih flišnih naslaga. Ovi odnosi ukazuju na višefaznu tektonsku evoluciju i ponavljanu reaktivaciju rasjeda.

Prema većini autora, ofiolitske tvorevine Dinarske ofiolitne zone nastajale su tokom jurskog perioda (od lijasa do malma) u okviru okeanskog basena Tetisa. Tokom kasne jure i rane krede dolazi do zatvaranja okeanskog prostora, subdukcije i obdukcije okeanske kore, pri čemu se ofioliti navlače preko kontinentalne kore.

Dinarsku ofiolitnu zonu karakteriše gusta mreža dubinskih rasjeda, koji su imali ključnu ulogu u:

- smještaju ofiolitskih masa,
- kasnijoj tektonskoj segmentaciji,
- razvoju hidrogeoloških i geotermalnih sistema.

Rasjedi su često dubokog karaktera, sa velikim vertikalnim pomjeranjima, a mnogi od njih su reaktivirani tokom neogena i kvartara. Upravo ove strukture omogućavaju povećanu sekundarnu propusnost stijena i predstavljaju glavne puteve migracije fluida i toplote. Tokom

kasnijih faza alpske orogeneze (kreda–tercijar), ofiolitski kompleksi su dodatno deformisani, rasjedani i fragmentisani, što je rezultiralo njihovim današnjim diskontinuiranim rasporedom. Sa aspekta geotermalnog potencijala, tektonske karakteristike Dinarske ofiolitne zone imaju izuzetnu važnost. Iako same ofiolitske stijene imaju nisku primarnu poroznost, njihova intenzivna tektonizacija rezultirala je razvijenom pukotinskom i rasjednom propusnošću. Duboki rasjedi omogućavaju cirkulaciju voda do velikih dubina, njihovo zagrijavanje i povratak prema površini, često u kontaktu sa karbonatnim rezervoarima ili ispod flišnih izolacionih pokrivača.

Savsko-vardarska zona

Savsko-vardarska zona predstavlja jednu od ključnih regionalnih geotektonskih jedinica jugoistočne Evrope i čini sjeverni segment Vardarske zone, koja se proteže od Slovenije, preko Hrvatske i Bosne i Hercegovine, dalje prema Srbiji, Sjevernoj Makedoniji i Grčkoj. U tektonskom smislu, Savsko-vardarska zona predstavlja prostor zatvaranja okeanskog basena Tetisa.

U Bosni i Hercegovini Savsko-vardarska zona zahvata sjeverni i sjeveroistočni dio zemlje, naročito područje uz dolinu rijeke Save i širi prostor sjeverne Bosne. Tektonski je ograničena:

- prema jugozapadu i jugu Dinarskom ofiolitnom zonom i Središnjim Dinaridima,
- prema sjeveru i sjeveroistoku Panonskim bazenom.

Kontakti Savsko-vardarske zone sa susjednim jedinicama su izraženo rasjedni i navlačni, često maskirani neogenim i kvartarnim sedimentima Panonskog basena.

Savsko-vardarsku zonu karakteriše izrazito složena tektonska građa, nastala tokom višefazne alpske orogeneze. Dominantan stil deformacija obuhvata:

- regionalne navlake i potisne strukture,
- duboke longitudinalne i transverzalne rasjede,
- tektonske klipove i fragmentirane ofiolitske mase,
- intenzivno naboravanje sedimentnih sekvenci.

Ova zona predstavlja tektonski mozaik u kojem su izmiješane ofiolitske, klastične, karbonatne i metamorfne stijene različite starosti, najčešće u tektonskom kontaktu. Jedna od osnovnih tektonskih odlika Savsko-vardarske zone je prisustvo ofiolitskih fragmenata, koji se javljaju kao diskontinuirani izdanci dijabaz-rožnjačke formacije, serpentiniti, gabra i bazalti. Ovi ofioliti su:

- ostatci okeanske kore Paratetisa,
- tektonski inkorporirani tokom jursko-kredne obdukcije,
- snažno deformisani i tektonski fragmentirani.

Za razliku od Dinarske ofiolitne zone, ofioliti Savsko-vardarske zone su prostorno ograničeniji, jače tektonizirani i često prekriveni mlađim sedimentima.

Savsko-vardarska zona obilježena je razvijenim sistemom dubinskih rasjeda, koji imaju regionalni značaj i često prate pravac sjeverozapad–jugoistok, paralelno sa glavnim dinarskim strukturnim trendom. Ovi rasjedi su:

- nastali tokom alpske kompresije,
- višestruko reaktivirani tokom neogena i kvartara,
- ključni elementi u tektonskoj segmentaciji zone.

Neotektonska aktivnost izražena je naročito na kontaktu sa Panonskim basenom, gdje su zabilježena vertikalna pomjeranja, subsidentne strukture i seizmička aktivnost slabog do umjerenog intenziteta.

Savsko-vardarska zona ima važnu ulogu kao tektonska veza između Dinarida i Panonskog basena. Tokom neogena dolazi do ekstenzije i formiranja sedimentnih basena, pri čemu su starije strukture reaktivirane. Neogeni i kvartarni sedimenti često prekrivaju starije tektonske odnose, ali ne brišu njihov uticaj na današnju geodinamičku aktivnost.

Sa aspekta geotermalnog potencijala, Savsko-vardarska zona je od posebnog interesantna zbog:

- prisustva dubokih rasjednih zona koje omogućavaju cirkulaciju fluida,
- kontakta ofiolitskih stijena sa sedimentnim basenima,
- povišenog geotermalnog gradijenta u zoni Panonskog basena.

Iako stijene Savsko-vardarske zone generalno nemaju izražena rezervoarska svojstva, njihova tektonska razlomljenost omogućava sekundarnu propusnost, dok neogeni sedimenti djeluju kao rezervoari i izolacioni pokrivači, čineći osnovu za razvoj niskotemperaturnih i srednjetemperaturnih geotermalnih sistema.

6.1.3 Neotektonika tektonostratigrafskih jedinica

Prostor Bosne i Hercegovine predstavlja segment unutrašnjih Dinarida, formiran u okviru dugotrajne konvergencije između Afričke ploče i Euroazijske ploče. Savremena geodinamička aktivnost rezultat je kontinuiranog prenosa kompresionih naprezanja sa mediteranskog kolizionog pojasa prema unutrašnjosti Balkanskog poluostrva i južnom obodu Panonski bazen.

Iako su brzine relativnih pomjeranja male u apsolutnom smislu (reda milimetara godišnje), njihova kumulativna deformaciona energija dovoljna je za održavanje aktivnog rasjednog sistema i kontinuirane reaktivacije postojećih strukturnih diskontinuiteta u gornjoj kori. Pojedini autori Dinaride smatraju neotektonskim megablokom, koji ima neznatno izražen trend izdizanja i mala diferencijalna kretanja koja se povećavaju prema sjeverozapadu u zoni struktura: Julijski Alpi, Karavanke, Savinjski Alpi i Ljubljanska depresija. Spoljašnji Dinaridi, prema neotektonskoj podjeli, većim dijelom pripadaju Jadranskom basenu, graničnom pojasu Jadranskog basena i Dinarida, u kojoj su , kao i u zoni grebena i horstova, veoma izražena diferencijalna kretanja. Aktuelni naponski režim u Bosni i Hercegovini karakteriše dominantna horizontalna kompresija pravca N–S do NNW–SSE, uz razvijene transpresione komponente duž dinaridskih struktura pravca NW–SE.

Ovakav režim dovodi do kombinacije reverznih, navlačnih i strike-slip pomjeranja, pri čemu se stariji mezozojski i paleogenski rasjedi reaktiviraju u savremenim uslovima. Neotektonska aktivnost nije ograničena na površinske deformacije; seizmički podaci ukazuju na aktivne diskontinuitete do dubina 15–20 km, što potvrđuje da je strukturna segmentacija kore i dalje dinamički aktivna. Historijski potres u Banja Luka 1969. godine, kao i seizmičnost područja Mostar i Trebinje, predstavljaju direktne indikatore aktivnih dubokih rasjednih sistema.

U kontekstu geotermalnih potencijala, značaj neotektonike prevazilazi samu seizmičku opasnost. Ključna uloga neotektonskih procesa ogleda se u kontroli sekundarne poroznosti i permeabilnosti stijenskih masa. Dinaridski prostor Bosne i Hercegovine izgrađen je pretežno od karbonatnih kompleksa trijaske, jurske i kredne starosti, čija primarna poroznost nije dovoljna za razvoj značajnih geotermalnih rezervoara bez strukturne fragmentacije. Rasjedne i pukotinske zone, naročito one sa dokazanim recentnim pomjeranjima, predstavljaju zone povećane hidrauličke provodnosti koje omogućavaju dubinsku infiltraciju meteorskih voda i razvoj konvekcionih ćelija.

Geotermalni mehanizam u takvom tektonskom okviru zasniva se na regionalnoj dubinskoj cirkulaciji. Infiltrirane atmosferske vode prodiru duž rasjedno–pukotinskih sistema u zone većih dubina, gdje se zagrijavaju u skladu sa regionalnim geotermalnim gradijentom i toplotnim tokom Zemljine kore. Usljed razlike u gustini i hidrauličkom potencijalu, zagrijani fluidi uzdižu se duž istih ili sekundarnih diskontinuiteta prema površini, manifestujući se kao termalni ili subtermalni izvori. U takvim sistemima rasjedi imaju dvostruku funkciju: omogućavaju vertikalnu komunikaciju i istovremeno definišu geometriju i zapreminu rezervoara.

Strukturna kontrola posebno je izražena u zonama kontakta litološki različitih jedinica, gdje kontrast u mehaničkim svojstvima pogoduje koncentraciji deformacije i razvoju intenzivne pukotinske mreže. U karbonatnim masivima centralne i južne Bosne takve zone predstavljaju potencijalne duboke rezervoare sa razvijenom pukotinsko-kraškom poroznošću. U južnom dijelu zemlje, unutar dinaridskog pojasa, tektonska fragmentacija karbonata omogućava brzu i duboku cirkulaciju, pri čemu neotektonska aktivnost održava otvorenost sistema i sprječava njegovu potpunu mineralnu zapunjenost. Sjeverni dio Bosne i Hercegovine, koji pripada južnoj margini Panonski bazen, predstavlja drugačiji strukturno-termalni ambijent.

Ekstenzioni i transtensionalni režim doveo je do formiranja sedimentnih depresija ispunjenih neogenim klastičnim sedimentima značajne debljine. U tom području geotermalni sistemi su primarno vezani za pješčane i šljunkovite kolektore, dok normalni rasjedi omogućavaju vertikalnu komunikaciju između dubljih i plićih horizonata.

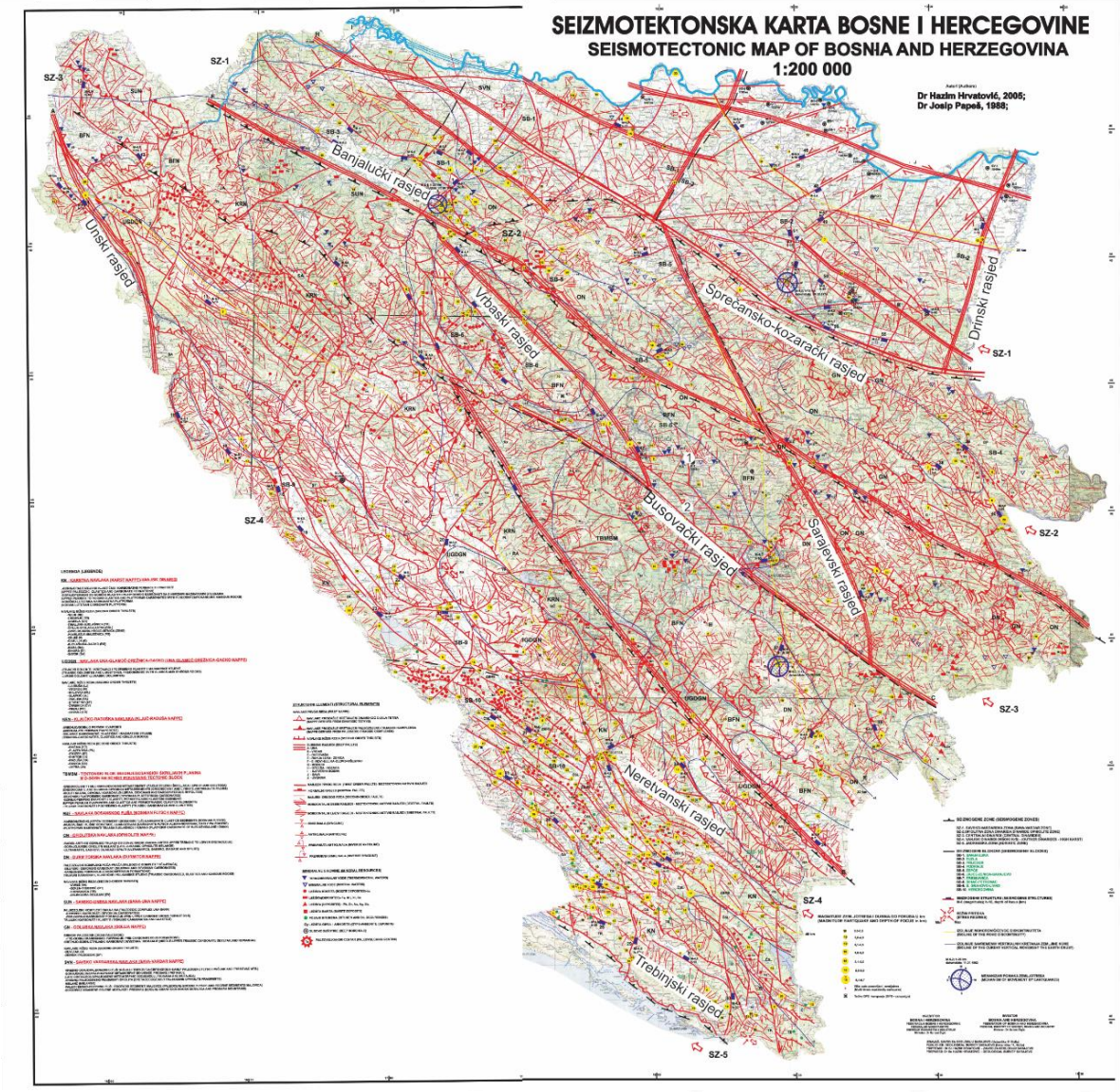
Povećana debljina sedimenata i povoljan geotermalni gradijent stvaraju uslove za razvoj geotermalnih sistema niskog do srednjeg entalpijskog nivoa, bez prisustva magmatskih toplotnih izvora. Diferencijalna vertikalna kretanja dinaridskih blokova i relativno slijeganje posavskog prostora dodatno utiču na hidrauličku dinamiku. Izdizanje planinskih masa generiše regionalne hidrauličke gradijente, dok tektonske depresije predstavljaju zone akumulacije i drenaže. Ovakva prostorna redistribucija naprezanja i reljefa doprinosi uspostavljanju dugoročnih konvekcionih sistema koji su stabilni u geološkom vremenskom okviru.

U cjelini posmatrano, geotermalni potencijali Bosne i Hercegovine nisu rezultat izolovanih anomalija, već su direktno povezani sa savremenim i recentnim tektonskim procesima. Aktivni

i reaktivirani rasjedni sistemi definišu prostorni raspored termalnih pojava, kontrolišu dubinu i geometriju rezervoara te omogućavaju održavanje efektivne permeabilnosti u karbonatnim i sedimentnim kompleksima.

Stoga se neotektonski okvir mora tretirati kao primarni strukturni faktor pri procjeni geotermalnih resursa, a identifikacija dubokih, kontinualnih i kinematski aktivnih rasjednih zona predstavlja osnovu za usmjeravanje daljih geofizičkih i drugih geoloških istraživanja.

Konvektivni mehanizam, mjesta upoja meteorske vode, cirkulacija duž neotektonskih elemenata, dubina rasjeda predstavlja cilj istraživanja lokaliteta geotermalne vode.



Slika 6-7 Glavne strukture u Dinaridima BiH s naznačenim aktivnim rasjedima

Regionalno naprezno stanje Zemljine kore ima ključnu ulogu u formiranju i aktivaciji rasjednih sistema, koji predstavljaju glavne puteve cirkulacije podzemnih fluida. U Bosni i Hercegovini raspodjela orijentacija naprezanja, prikazana na temelju WSM baze podataka, ukazuje na dominantne tektonske režime koji kontroliraju razvoj pukotinskih i rasjednih zona.

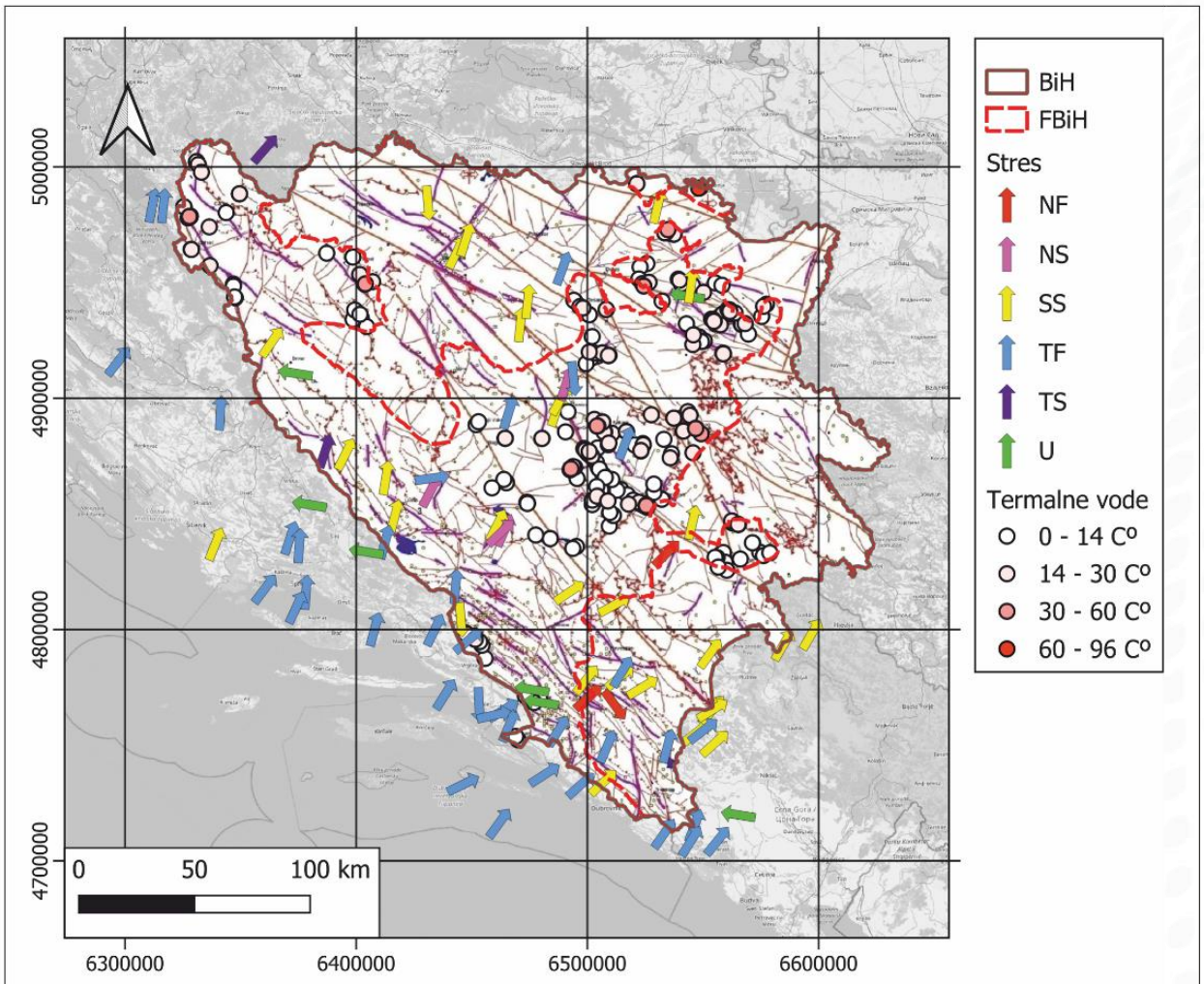
Takve strukturne zone omogućavaju dublju cirkulaciju fluida, njihovo zagrijavanje na većim dubinama te povrat prema površini, što je osnovni mehanizam formiranja termalnih i termomineralnih voda. Posebno su značajne zone aktivnih i reaktiviranih rasjeda, gdje povećana permeabilnost pogoduje razvoju geotermalnih anomalija.

Prostorna povezanost termalnih izvora s rasjednim sistemima i regionalnim napreznim poljem ukazuje da tektonska aktivnost predstavlja jedan od ključnih kontrolnih faktora u razvoju geotermalnog potencijala. Stoga analiza napreznog stanja kore ima važnu ulogu u identifikaciji perspektivnih područja za daljnja geotermalna istraživanja.

Regionalna analiza napreznog stanja u području vanjskih Dinarida ukazuje na složen i heterogen tektonski režim, za razliku od očekivanog jednostavnog kompresijskog sistema karakterističnog za Dinaride. Uočena prostorna varijabilnost tipova naprezanja (normalni, strike-slip i kompresijski režim) rezultat je preklapanja više tektonskih utjecaja, uključujući aktivnost Jadranske mikroploče, reaktivaciju postojećih rasjednih sistema te lateralne promjene u mehaničkim svojstvima stijenskog sklopa.

Takva kompleksnost odražava kombinaciju naslijeđenih struktura (navlačenja) i suvremenih tektonskih procesa, pri čemu dolazi do reaktivacije rasjeda u različitim kinematskim režimima. Posljedično, razvijena je razgranata mreža pukotina i rasjeda, koja ima značajnu ulogu u omogućavanju cirkulacije podzemnih fluida.

Ovakav strukturni okvir može imati pozitivan utjecaj na razvoj geotermalnih sistema, jer povećana tektonska razlomljenost i reaktivacija rasjeda doprinose povećanoj permeabilnosti i potencijalu za dublju cirkulaciju fluida.



Legenda – režimi naprezanja

NF – normalni rasjedni režim
Dominira vertikalno naprezanje; karakterističan za ekstenzijske tektonske uvjete.

NS – normalni rasjedi - strike slip režim (tranzicijski)
Prijelazni režim između normalnog i horizontalnog klizanja.

SS – strike slip režim
Dominiraju horizontalna naprezanja; pomaci duž rasjeda su uglavnom horizontalni.

TF – reverzni (potisni) režim
Dominira horizontalno kompresijsko naprezanje; karakterističan za kompresijske uvjete.

TS – tranzicijski režim između štrajk kliznog i potisnog
Kombinacija horizontalnog klizanja i kompresije.

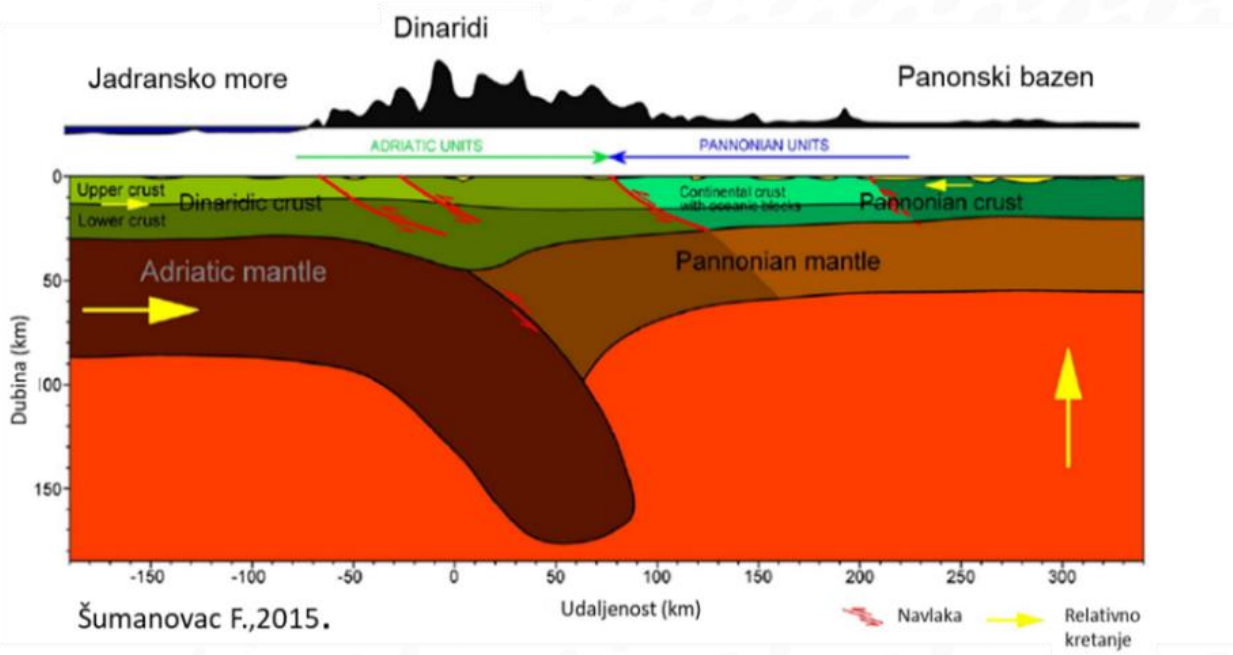
U – neodređen režim naprezanja
Nedovoljno podataka za pouzdanu klasifikaciju.

Slika 6-8 Režimi tektonskog naprezanja u BiH

6.1.4 Termalna obilježja

Termalna obilježja prostora uvjetovana su uz lokalne geološko-genetske uvjete i debljinom zemljine kore. Kora ispod Dinarida, koja pripada Afričkoj ploči je znatno deblja i sastoji se od dva sloja različitih geofizičkih karakteristika.

Novija istraživanja (Šumanovac, 2015.[7]) pokazuju da se između njih nalazi neočekivano široka Prijelazna zona s lateralnim i vertikalnim varijacijama seizmičkih brzina i gustoća. Smjerom koincidira s ranije utvrđenom ofiolitnom zonom, no za razliku od nje, Prijelazna zona je znatno šira. Osnovna karakteristika Prijelazne zone je miješanje većih i manjih blokova oceanske i kontinentalne kore kao i postojanje dva sloja unutar kore. Zona je po gustoćama slična Tisijskom bloku i predstavlja pravu kontinentalnu koru te današnje strukturalne postavke koincidiraju s panonskim strukturnim i tektonskim modelom



Slika 6-9 Dinarska, Panonska i Prijelazna zona kore

Porijeklo toplote

Izučavanje porijekla toplote u zemljinoj kori, naročito u epidermanom dijelu je važan zadatak u procesu istraživanja geotermalne energije. Porijeklo endogene toplote u zemljinoj kori može biti od sljedećih važnijih izvora:

- konduktivni terestrički toplotni tok iz dubokih horizonata, odnosno iz gornjeg omotača Zemlje,
- Radioaktivnost
- hemijski egzotermni procesi
- kretanje i trenje tektonskih blokova

[7] Šumanovac, F. (2015): Lithosphere model of the Pannonian–Adriatic overthrusting. Tectonophysics. 665. pp. 79-91.

- smanjenje i promjene brzine rotacije zemlje
- seizmičnost konvektivni toplotni tok
- konvektivni pomaci litosfere
- gravitaciona diferencijacija i potencijalna gravitacija
- elastična energija supresije Zemlje
- polimorfni i fazni prelazi
- kristalizacija i litifikacioni procesi
- hlađenje vulkanita i plutonita
- energija elastičnosti Zemlje.

Od navedenih izvora toplote u području Bosne i Hercegovine najvažniji su i približno se zasad mogu kvantificirati sljedeći (N.Miošić i S Čičić 1986.):

- konduktivni terestrički toplotni tok približno 2.400 MW
- radioaktivna toplota 200 MW
- komunikacija toplih voda na izvorima i bušotinama 200 MW
- smanjenje rotacije Zemlje 40 MW seizmicitet 40 MW

Navedene snage svakako se razlikuju i mnogo su nižih vrijednosti od potencijala koji postoji u Bosni i Hercegovini i koji se može eksploatisati.

Konduktivni terestrički toplotni tok je proračunat iz produkta prosječnog toplotnog toka q = 90 $mW \cdot m^{-2}$ i površine P = 26000 km^2, koja je geotermalno potencijalna u Bosni i Hercegovini., defnisana na osnovu pojava i egzistiranja geotermalnih izvora i bušotina. (N.Miošić i S Čičić 1986.)

Formula za proračun konduktivnog terstičkog toplotnog toka:

$$Q = q \cdot P$$

gdje je:

Q – ukupna toplotna snaga (W)

q = 0,09 W/m^2 – prosječni toplotni tok

P = 2,611 × 10^{10} m^2 – geotermalno perspektivna površina Bosne i Hercegovine

Uvrštavanjem vrijednosti dobija se:

$$Q = 0,09 \times 2,611 \times 10^{10}$$

$$Q = 2,3499 \times 10^{9} \text{ W}$$

Konverzijom u megavate:

$$Q = 2349,9 \text{ MW}$$

Zaokruživanjem dobija se konačna vrijednost:

$$Q \approx 2350 \text{ MW}$$

Dobijeni rezultat predstavlja procijenjenu ukupnu snagu konduktivnog terestričkog toplotnog toka za područje Bosne i Hercegovine.

Radioaktivnost do oko 3,5 km dubine iznosi oko 200 MW. Ona je proračunata na osnovu literaturnih podataka o srednjem Clarkovom sadržaju radioaktivnih elemenata u stijenama i količini radiogene toplote koju oni daju u sljedećoj tabeli.

Pri proračunu prosječne oslobođene toplote, po 1 gramu stijene za pojedine oblasti, uziman je u obzir litološki stub odnosno procentualni odnos pojedinih litoloških članova u stubu. Ponderisanjem vrijednosti dobijeni su odgovarajući iznosi stvorene radiogene toplote na osnovu kojih je teren Bosne i Hercegovine podijeljen na 7 zona. Od ovih sedam zona najveće oslobađanje radiogene toplote imaju kisele granitne intruzije. U području Bosanske krajine radiogena toplota na površini od 5.000 km², do dubine od 3.500 m, iznosi ukupno 44,5 MW. Radiogena toplota iz dubljih dijelova terena sadržana je u ukupnom konduktivnom terestričkom toplotnom toku.

Tabela 6-1 Srednji Clarkov sadržaj radioaktivnih elemenata u stijenama i količina radiogene toplote

Vrsta stijene	U sadržaj (10^{-6} g/gr)	U toplota (10^{-6} J/god)	Th sadržaj (10^{-6} g/gr)	Th toplota (10^{-6} J/god)	K sadržaj (10^{-6} g/gr)	K toplota (10^{-6} J/god)	Ukupna toplota (10^{-6} J/god)
Kisele	4,5	14,94	16	13,4	0,028	3,18	30,56
Intermedijarne	1,6	4,94	7	5,9	0,026	2,98	13,73
Bazične	1,1	3,33	4	3,3	0,014	1,59	8,33
Ultrabazične	0,5	1,55	1,5	1,3	0,004	0,46	3,26
Krečnjaci	1,4	4,35	1,8	1,5	0,003	0,33	6,20
Pješćari	3,0	9,29	10	8,4	0,012	1,34	18,00
Laporci i glinci	4,0	12,39	11	9,2	0,032	3,60	25,20

Toplota oslobođena smanjenjem rotacije Zemlje i seizmicitetom je data prema literaturnim podacima. Tako pri potresima dolazi, osim mehaničke energije, i do oslobađanja toplotne energije te u trusnim područjima mogu biti stvorene pozitivne geotermalne anomalije, odnosno seizmogene zone velikih seizmoenergetskih izvora mogu ukazivati na egzistiranje geotermalne anomalije. Kako se zemljotresi javljaju u određenim zonama sa ponavljanjem, to znači da je i geotermalna potencijalnost tih zona stalna.

Po Kappelmayeru (1979), veoma jaki zemljotresi oslobađaju toplotu veću od 10^{14} J.

Prisustvo dubokih tektonskih lomova, te granične zone između geotektonskih i neotektonskih jedinica (kompresione i tenzione zone), također oslobađaju znatne iznose termalne energije. Neotektonski recentni pokreti oslobađaju toplotu duž rasjednih pukotina i navlačenja. Količina oslobođene toplote je veća što je veće kretanje. Po radnim autorima, energija, odnosno toplota, koja se oslobađa prilikom kretanja bloka od 1 cm/god, približno je $4{,}6\times10^{5}$ J/cm², što odgovara dubini od oko 500 m i koeficijentu trenja od 0,6, jednaka je $1{,}88\times10^{-5}$

J/cm³/sec. Kako smo vidjeli, dubine rasjedanja u terenima Bosne i Hercegovine su i preko 30 km, što znači da su i ove energije ogromnih iznosa. Konvekcija termalnih i termomineralnih voda u vidu izvora i bušotina iznosi oko 200 MW. Iz prethodnog vidimo da je postojeća konvekcija niska i da iznosi samo 0,1 ukupne akumulativne termičke energije u toplotnim izvorima (7%), a prema svim ostalim toplotnim izvorima sigurno manje od 1%.

Ove ukazuju na to da su zemljini kora vrlo efikasni toplotni izolatori, postoje krovni izolatori koji sprečavaju hlađenje fluida u njihovoj podini, pa tu zbog kondukcije i konvekcije egzistiraju i akumulacije više temperature. Dosadašnja iskustva na istraživanju termalnih i termomineralnih voda pokazuju da će se dubljim bušenjem dobiti znatno veći kapaciteti voda po bušotini u odnosu na kapacitet izvora. Ležišta toplih suhih stijena, odnosno petrogeotermalna ležišta, koja bi hlađenjem odavala toplotu i danas mogu postojati u onim terenima gdje postoji mladi miocenski ili čak kvartarni magmatizam u vidu batolita ili velikih intruzivnih tijela, koja imaju kontinualnu vezu sa svojim dubljim korijenima, a okružena su slabo toplotno vodljivim stijenama i poroznim medijima. Vjerovatno se ovakva ležišta mogu očekivati u područjima neogenih andezitskih stijena u području srednje Bosne i u pravcu Zavidovići – Teslić – Kulaši. Ukoliko se dokaže da su graniti Prosare i Motajice povezane batolitske mase, moglo bi se sa sigurnošću reći da oni predstavljaju još neohlađena tijela petrogeotermalne energije.

O starosti odnosno dugotrajnosti hlađenja magmatskih plutona govori podatak Karamate i Milovanovića (1978) da batolit granita temperature kristalizacije oko 800°C, prečnika oko 10 km, zadržava temperaturu iznad 500°C u toku 2 miliona godina. N

a rastojanju od 2 km od ove intruzije i nakon 2 miliona godina od njenog intrudiranja, temperatura stijena je iznad 400°C. Po S. Karamati (1978), hlađenje velikih magmatskih masa raste sa kvadratom povećanja prečnika. Toplotni tok je funkcija vremena i prostora u proporcionalnoj zavisnosti od dubine (od površine terena do batolita).

Pri svemu ovome treba imati u vidu da je davanje toplote pri magmatskim intruzijama i ekstrudiranju ogromno. Tako 1 gram magme ili lave, pri hlađenju od 1000°C do 0°C, daje toplotnu energiju od 1414 J (Kappelmayer, 1979). Treba reći da je sa sadašnjim metodama istražiti ove plutone nemoguće ako je kondukcija (odnosno propusna krovina bez rasjeda) bila jedini način prenosa toplote. Tako po J. P. Muffleru (1972), termalni efekti granitnog plutona, koji se intrudirao samo prije 10.000 godina na dubini od 4 km od površine terena, ne mogu biti na ovaj način sagledani.

Toplotne karakteristike stijenskih masa uzrokuju prenos toplote i one vrše njenu distribuciju od višeg izvora toplote ka nižem. Najznačajniji geotermalni parametri su: toplotna vodljivost, geotermički gradijent i toplotni tok. Sva tri ova parametra su u međusobnoj vezi i njihovi odnosi daju zakonitost formiranja geotermalnih resursa.

Ostali važniji geotermalni parametri kao što su porozitet, toplotni kapacitet, enthalpija, energetska iskoristivost i dr. tretirani su u odgovarajućim poglavljima. Toplotne karakteristike stijenskih masa ovise su i od mineraloškog sastava, temperature, pritiska, poroziteta, vlažnosti, vrste fluida koji ispunjava pore, gustoće i drugih faktora.

Geotermalni gradijent

Geotermalni gradijent, kao konduktivni terestrički parametar, računa se po obrascu

$$G = q / K,$$

gdje je:

q — terestrički toplotni tok u $m \cdot W \cdot m^{-2}$;

K — toplotna vodljivost stijena u $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$;

G — geotermalni gradijent u $m \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$; ili po obrascu

$$G = (T - T_0) / D,$$

gdje je:

T — temperatura na određenoj dubini od površine terena u °C;

D — dubina u m; na dubini mjerena temperatura

T i T_0 — srednja temperatura tla u °C; a

G — geotermalni gradijent u $m \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$.

Geotermalni gradijent je zavisan od temperature stijena, dubine na kojoj se ista pojavljuje, toplotne vodljivosti i od raznih geološko-tektonskih i hidrogeoloških parametara ispitivanog terena. Geotermalni gradijent je upravo proporcionalan toplotnom toku, a obrnuto proporcionalan toplotnoj vodljivosti. Zbog toga svi elementi koji su uticali na ova dva posljednja geotermalna parametra, utiču i na geotermalni gradijent.

U Bosni i Hercegovini gradijenti su određeni po drugoj formuli, na osnovu mjerenja temperatura na dubokim bušotinama, što se vidi iz sljedećih podataka o temperaturama i geotermalnim gradijentima na nekim osmatranim bušotinama:

Tabela 6-2 Temperatura i geotermalni gradijenti pojedinih bušotina u Bosni i Hercegovini

Lokalnost	Oznaka bušotine	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Geotermalni gradijent x 10^{-3} °C/m,	Napomena
Glamoč	–	4 212,0	53	10,5	
Vareš	–	1 202,3	37	20,8	
Kakanj	–	1 315,0	46	25,8	
Sanska Ilidža	SB-3	370	26,8	40,0	
Tuzla	Tu-1	3 531,9	118,33	30,0	Mjerenje karotažnih dijagrama -utjecaj temperature bušaćeg fluida
Tuzla	Tu-1	1048	68,4	54,0	Hidrodinamičko ispitivanje sloja
Tuzla (Tetima)	TD-9	430,0	29	40,0	
Tuzla (Tetima)	TD-9	500,0	29	34,0	
Domaljevac	–	1 275,0	92	63,5	(Temp. samoizljeva na površini terena)
Vitkovići	K-1	785,0	49	47,1	
Dvorovi	S-1	1 204,0	75	53,1	(Temp. samoizljeva na površini terena)

Iz gornjih podataka proizlazi sljedeće:

- geotermalni gradijenti dobijeni mjerenjem temperatura u bušotinama neravnomjerno prekrivaju teren Bosne i Hercegovine i nedovoljni su kako po dubini, tako i po broju, za zaključivanje o geotermalnim karakteristikama terena te je jasno da dodatnim istraživanjima će se postići bolje razumijevanje kao i rejonizacija terena na osnovu ovog parametra. Kako je geotermalni gradijent konduktivni terestrički parametar to se njegova prava vrijednost dobija kad nema konvekcije, odnosno kada se konvekcija isključuje i najčešće povećava vrijednost geotermalnog gradijenta, naročito u zoni cirkulacije toplih fluida blizu površine terena;
- gradijenti se kreću u intervalu od 15 do 25 C/1 km što je generalno prosjek za područje Dinarida (Glamoč za dubinu od 4 212 m) do 63°C/1 km (Domaljevac za dubinu od 1 275 m). Na osnovu ovih podataka može se izvršiti gruba rajonizacija gradijenata. Očito je da kraška područja Spoljašnjih Dinarida u BiH i Hrvatskoj imaju daleko niže gradijente od prosječnih (0,03°C m^{-1}) i manja su od 20°C/km. U području Unutrašnjih Dinarida gradijenti se kreću od 21 do 63°C/km i najveći su u zoni horstova i rovova. U Domaljevcu je, kao i u Dvorovima, gradijent još sigurno veći za 10–20%, jer su temperature mjerene na bušotinama sa samoizljevom vode na površini terena, ali, kako smo naprijed rekli, ova vrijednost je uvećana, jer ne predstavlja konduktivnu terestričku veličinu, pošto je uvećana konvektivnom cirkulacijom voda;
- bušotine imaju izračunate gradijente za veoma veliki raspon dubina (od 370 m do 6 047 m), što praktično onemogućava međusobnu korelaciju geotermalnih gradijenata;

- u brojnim radovima daju se različiti podaci za temperature, dubine i proračunate gradijente, a i sami navedeni podaci o temperaturama vjerovatno nisu pravi reprezentanti toplote sredine, jer nije uvijek poznato kada je, nakon bušenja i prestanka cirkulacije isplake, mjerena temperatura u bušotini. Zbog toga se podaci o gradijentima trebaju smatrati orijentacionim vrijednostima toplote u pojedinim sredinama;
- uočavaju se znatne razlike u vrijednostima gradijenata na sličnim dubinama u analognim sredinama (Dvorovi, Domaljevac), koje su uslovljene različitim hidrogeološkim faktorima u ovim sredinama;
- navedene vrijednosti gradijenata su uvećane, jer je konduktivni terestrički toplotni tok povećan usljed konvekcije;
- hidrološke smetnje i nereprezentativni termalni konduktivitet u gornjih 100–200 m iskrivljuju sliku gradijenata, a prisustvo konvektivnog toplotnog toka iskrivljuje normalnu konduktivnu distribuciju temperatura po vertikali bušotine, tako da je gradijent u gornjih 20% dijelova bušotine i do 10 puta veći od onog u preostalom donjem dijelu profila (Gargi i Kassoy u Rybach, Muffler, 1981). To je razlog što u skoro svim bušotinama termalnih i termomineralnih voda nemamo povećanje temperature sa dubinom, što proizilazi iz saznanja da se tople vode kreću ireguralnim pukotinama.
- bez dubokih bušotina , dubljih od 1000m, u otvorenim strukturama ofiolita i karbonata nije moguće dobiti reprezentativne geotermalne gradijente , pa ni ostale geotermalne parametre, a prema ome i procjena geotermalne potencijalnosti je znatno teža.

Geotermalni gradijent u FBiH iznosi od 20 °C/100 m je u vanjskim dinaridima do 60 oC/100 m nasjevernom dijelu. Lokalne anomalije vezane su uz rasjedne zone i specifične geološke uvjete.

Toplotna vodljivost stijenskih masa

Toplotna vodljivost je važan geotermički parametar, jer od istog zavisi prenos toplote od geotermalnog izvorišta, što se posebno komplikuje u stijenama različite litologije, kakvi su tereni u Bosni i Hercegovini. Izražava se u $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$; ova jedinica predstavlja toplotu energije 1 J, koja prođe u jednoj sekundi kroz određenu stijensku masu dužine 1 m, pri temperaturnoj razlici od 1°C. U BiH je po prvi put eksperimentalno u laboratoriju, 1982. godine, na zadatku „Geotermalna istraživanja Bosanske krajine" određena toplotna vodljivost stijena, sa sljedećim karakteristikama na pojedinim ležištima:

Tabela 6-3 Toplotna vodljivost stijena pojedinih lokalnosti BiH

Red. br.	Lokalnost/litostratigrafija	Oznaka bušotine	Dubina (m)	Koeficijent toplotne vodljivosti K (W/m°C)
1.	Sanska Ilidža – ladinski lapor (T_2^2)	SB-1	40–50	2,380
2.	Sanska Ilidža – anizijski krečnjak (T_1^2)	SB-2	92,80	1,086
3.	Sanska Ilidža – anizijski krečnjak (T_1^2)	SB-2	148,0	1,659
4.	Sanska Ilidža – anizijski krečnjak (T_1^2)	SB-3	230–232	2,313
5.	Ribnica kod Kaknja – brečasti pješćar	RB-1	36,0	2,789
6.	Ribnica kod Kaknja – brečasti pješćar	RB-2	231,0	1,842
7.	Brezičani – Prijedor – trijaski krečnjak (T_1^2)	P-1	75,0	1,842
8.	Gradačac – torton, krečnjak (M_2^2)	B-6	68,0	1,462
9.	Gradačac – torton, krečnjak (M_2^2)	B-5	127,90	1,841

Na osnovu karaktera toplotne provodljivosti za teren Bosne i Hercegovine se mogu donijeti sljedeće konstatacije:

- karstifikovane stjenske mase, koje sadrže zrak u pukotinama, imaće u statičkom stanju malu vodljivost, ali to neće čuvati konduktivnu toplotu, koja se oslobađa iz unutrašnjosti zemljine kore, jer se vrši cirkulacija zraka i hlađenje stijena,
- karstifikovane stjenske mase, kroz koje cirkulišu obične podzemne vode, gubiće toplotu provodnošću i konvekcijom, te zato karstifikovani krečnjaci neće biti toplotne barijere, iako imaju nisku toplotnu vodljivost. U dubljim dijelovima terena, ispod baze karstifikacije, mogu neokršeni krečnjaci biti krovne barijere konduktivnom prenosu toplote zbog svoje niske toplotne vodljivosti. Zbog toga je pitanje određivanja baze cirkulacije hladnih voda od velike važnosti za geotermiku. Po ovome i u karstnim područjima, gdje nema dubokih rasjeda i descendencije hladnih voda, gdje je razvijen normalni stratigrafski slijed sedimentacije, te ako su razvijene vodonepropusne donjotrijaske naslage (uz uslov da ispod istih nema iole značajnije descendencije i cirkulacije voda) moguće je formiranje izdani toplih voda,
- ultramafiti u ofiolitskoj zoni imaju visoku vodljivost, te oni nisu krovni termički izolatori akumulacija termomineralnih voda, ali je zbog toga u njima visok termički gradijent,
- tercijarni mnogobrojni baseni (Kamengradski, Banjalučki, Kotorvaroški, Teslički, Sarajevsko-Zenički, Novošeherski, Banovićki, Đurđevički, te čitav tercijar sjeverne Bosne), kao i tercijarne glinovite i laporovite naslage s ugljem, zbog veoma niske vodljivosti i vodonepropusnosti čuvaće akumulacije toplih voda u svojoj podini od rashlađenja kondukcijom i miješanja sa infiltracionim vodama; ondje, gdje u podini neogena postoji cirkulacija hladnih voda i brza vodozamjena, neće postojati akumulacije toplih voda. Obrnuto, u podini neogena, gdje su pretežno stagnantne vode vladaće povećan toplotni tok, a niska toplotna vodljivost će usloviti i visok termički gradijent u neogenu.
- slično prethodnom biće akumulirane tople vode u podini paleozojskih škriljaca u unsko-sanskom rejonu, te paleozoiku srednje, jugoistočne i istočne Bosne,
- ako su stijene velike vodljivosti kao npr. peridotiti, kamena so, anhidrit i kvarciti prekrivene slabovodljivim škriljcima i laporcima, u antiformama blizu površine terena formiraju se značajne akumulacije hidrotermalnih sistema, gdje će toplota, usljed

kondukcije, stalno rasti. Na taj način, ako ne postoji porozitet u ovim stijenama, biće opet u njima formirano ležište petrogeotermalne energije. Iz ovog je jasno od kolikog je značaja određivanje stratigrafskog stuba raznih područja, pomoću kojeg se najbolje može prognozirati postojanje geotermalnih resursa.

Toplotna vodljivost pojedinih stijena pojedinih vrsta stijena tablično su prikazani u ANEXU

Toplotni tok

Toplotni tok predstavlja vektor terestičkog toplotnog toka i dat je izrazom :

$$q = K \cdot G,$$

gdje je:

q – gustina toplotnog toka [$W \cdot m^{-2}$];

K - toplotna vodljivost [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$] ;

G - temperaturni gradijent [$K \cdot m^{-1}$]

Toplotni tok je veoma značajan geotermalni parametar i kriterij geotermalne potencijalnosti, te je njegovo određivanje nezaobilazno, a naročito u fazi projektovanja istražnih radova. U pogledu toplotnog toka naročito je značajna sprečanska rasjedna zona Bosanski Novi – Doboj – Zvornik koja se manifestira sa povećanim vrijednostima toplotnog toka sjeverno od ovog kontakta to jest u zoni horstova i rovova sjeverne Bosne, a što je svakako dokazano i istražnim bušenjem. Do sada za terene Bosne i Hercegovine Geotermalni konduktivni i konvektivni parametri su računati iz podataka sa 40 bušotina za dubine 486-3913 m.

Vrijednosti terestričnog toplotnog toka u Unutrašnjim Dinaridima su veće od prosječnih u kontinentalnoj Evropi. Geotermalni parametri rastu od centralnog do sjevernog dijela zemlje, izolinije prate protezanje geotektonskih jedinica; najveće vrijednosti parametara su u hidrogeotermalnim regionima 1, 2, 4 i 7 (Tabela 6-3).

Tabela 6-4 Geotermalni konduktivno-konvektivni parametri hidrogeotermalnih regiona na raznim dubinama (Miošić, 2003)

Dubina (m)→ Parametar ↓		**< 1000**				**1000-2000**				**2000-3000**	**3000-4000**
Hidrogeoter. regioni→**		1	2	4	7	1	2	4	7	2	2
Temperaturni gradijent (°C/km)	Raspon	16,0-22,1*	31,2-56,3*	25,8-36,2*	39,5-42,2*	14,1-18,0	28.2-55,2*	50,9-50,9*	27,4-27,4	36,1-44,9*	33,5-44,9*
	Prosjek	18,6	44,4	31,0	40,8	16,0	39,7	50,9	27,4	40,1	39,0
Toplotni tok (mW/m^2)	Raspon	68-102*	75,3-134,9*	82,4-111,4*	94,4-114,7*	57,8-73,8	60,0-113,7*	97,2-97,2	71,0-71,0	70,8-91,8*	70,4-98,8*
	Prosjek	86,5	98,8	96,9	104,5	65,8	78,8	97,2	71,0	82,5	84,7

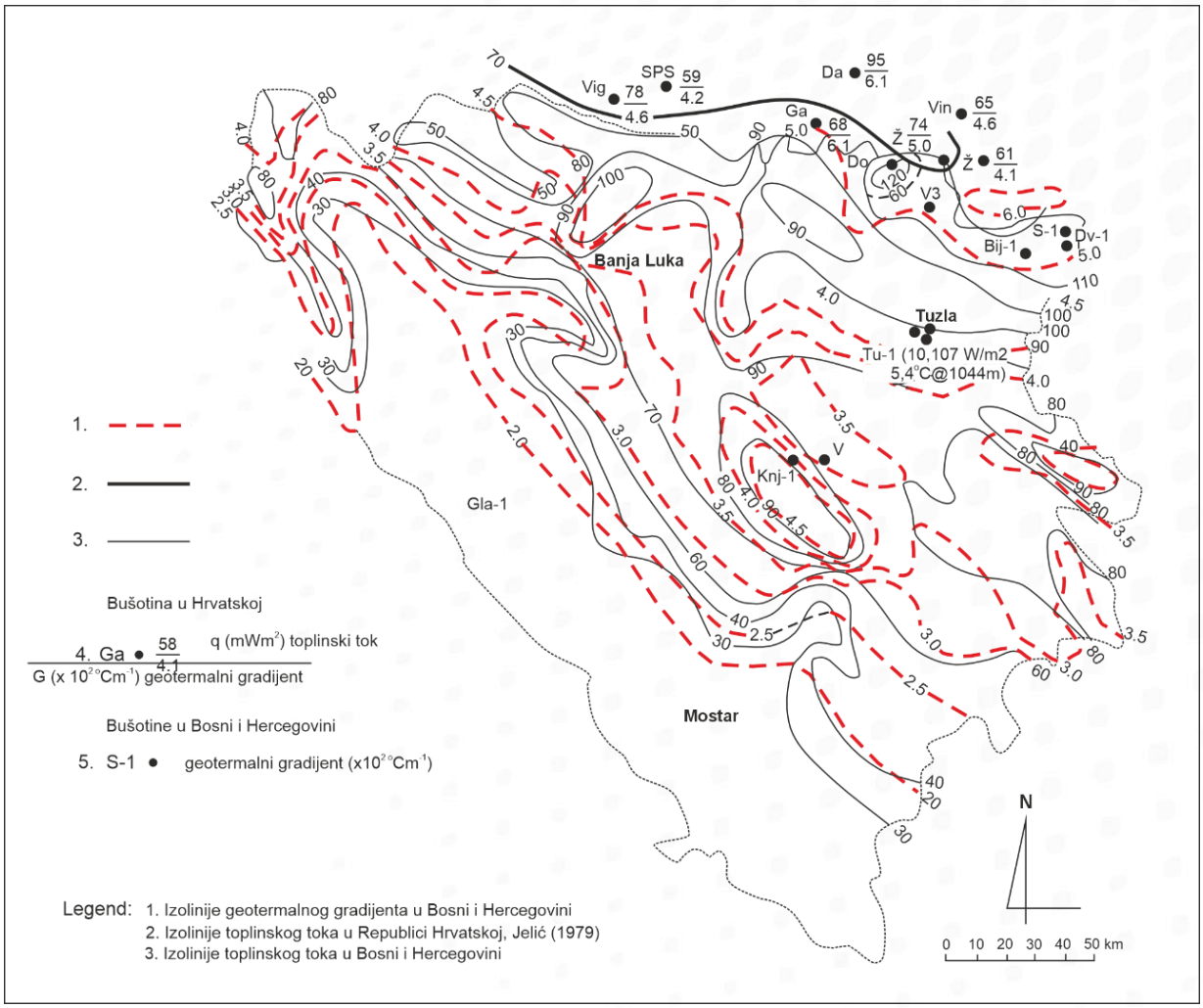
*Konvektivni parametri

**Hidrogeotermalni regioni: prikazani na Sl. xx

Prosječni temperaturni gradijenti su najniži u regionu 1 i opadaju s dubinom, dok su najviši u ofiolitima za dubine 1000 – 2000 m, a za region 2 su najveći za dubine < 1000 m, a zatim skoro jednaki za ostale dublje intervale.

Prosječni toplotni tokovi su najviši u Srednjebosanskom bazenu i ofiolitima, gdje postoje samo po dvije bušotine i bazenima sjeverne Bosne.

Prosječni toplotni tokovi su najviši za dubine < 1000 m u regionima 1, 2, 4 i 7 i iznose 96,6 mW/m^2, što znači, da je ekonomično istraživati i zahvatati geotoplotu na ovim dubinama. Na dubinama 1000 – 2000 m smanjuju se za 19%, što nije uvjetovano nižim geotermičkim gradijentima, već nižom toplotnom vodljivošću stijena u ovom intervalu. Zatim se prosjeci povećavaju od 2000 – 4000 m za svega oko 6% u odnosu na interval 1000 – 2000 m, što je primjereno regionu 2.



Slika 6-10 Geotermalni gradijenti u BiH

6.1.5 Geohemijska obilježja

Geohemija predstavlja koristan skup alata za istraživanje geotermalnih resursa vu energetske svrhe. U ranim fazama istraživanja, uzorkovanje fluida i gasova, zatim analiza uzoraka,

proračun i interpretacija hemijskih geotermometara, korisni su za razumijevanje temperature i prostornog obuhvata mogućeg geotermalnog rezervoara. Na taj način se u ranoj fazi može dobiti indikacija postoji li dovoljno razvijen resurs, s temperaturom pogodnom za korištenje u proizvodnji toplotne energije iz geotermalne vode.

Geohemijska istraživanja u kasnijim fazama istraživanja usmjerena su na razumijevanje izvora geotermalnih fluida i njihovih puteva cirkulacije, kao i na procjenu mogućih operativnih problema koji se mogu pojaviti tokom razvoja projekta, kao što su taloženje kamenca u bušotinama, korozija i koncentracije nekondenzirajućih gasova.

Osnovni izvor podataka za hidroheokemijsku obradu mineralnih, termalnih i termomineralnih voda predstavlja **Katastar pojava i objekata mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije Bosne i Hercegovine**, izrađen u okviru Karte mineralnih, termalnih i termomineralnih voda FBiH.

Katastar objedinjuje podatke o geološkim i hidrogeološkim karakteristikama ležišta, dispoziciji i karakteristikama izvora, bušotina i bunara, izdašnosti, rezervama, fizičko-hemijskim osobinama voda te sadašnjem i perspektivnom korištenju voda. Katastrom je obuhvaćeno 446 vodnih pojava i objekata na području devet kantona FBiH.

Izrada Katastra uključivala je terenska istraživanja, laboratorijska ispitivanja i kabinetsku obradu podataka. U terenskom dijelu izvršeni su prospekcija, hidrogeološko kartiranje i uzorkovanje vodnih pojava i objekata mineralnih, termalnih i termomineralnih voda. Laboratorijska ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika voda provedena su na uzorcima s pojava i objekata na kojima ranije nisu vršena ispitivanja, na lokacijama gdje su analize bile zastarjele, kao i na svim novoregistriranim pojavama i objektima. Kabinetska obrada obuhvatila je prikupljanje, selekciju i analizu ranijih geoloških i hidrogeoloških istraživanja u zoni pojedine vodne pojave ili objekta te interpretaciju rezultata terenskih i laboratorijskih radova.

Takav pristup je u osnovi usklađen s literaturnim preporukama za geotermalna istraživanja (napr. *Best Practices Guide for Geothermal Exploration)*. Kako se u istom dokumentu naglašava da prioritet za uzorkovanje trebaju imati pojave s višim temperaturama, višom električnom provodljivošću i većim protocima, jer one najčešće daju reprezentativnije podatke za procjenu rezervoarskih uvjeta na nekom području pri geohemijskim analizama u ovoj studiji to je bio kriterij za odabir podataka. No provjereni su svi podaci u Katastru, kako na pojedinim lokalitetima nižetemperaturne pojave posjeduju geohemijski otisak dubljih ležišta.

U Katastarskim listovima za svaku pojavu ili objekt prikazani su osnovni identifikacijski i prostorni podaci, uključujući naziv, administrativnu pripadnost, dispoziciju i tačnu lokaciju određenu Gauss-Krügerovim koordinatama. Uz to su navedeni hidrogeološki podaci o ležištu, stanju kaptaže, načinu korištenja, režimu i mehanizmu isticanja za izvore, odnosno tehnički podaci o bušotinama i bunarima te nivou podzemnih voda.

Za potrebe ove studije posebno su važni podaci o temperaturi vode, izdašnosti, hemijskom sastavu, plinskom sastavu, radioaktivnosti i izotopskom sastavu. Hemijski sastav vode u Katastarskim listovima prikazan je u mg/l, mg-ekv/l i ekv. %, što omogućava određivanje hidrohemijskog tipa vode i kontrolu ispravnosti analize. Plinski sastav je, gdje je analiziran, prikazan odvojeno za rastvorene i slobodne plinove, uz podatke o plinskom faktoru, višim

ugljikovodicima i plemenitim plinovima. Također su, gdje postoje, navedeni podaci o radioaktivnosti, stabilnim i radioaktivnim izotopima, datumu uzorkovanja, datumu analize i analitičaru.

Na osnovu navedenog, Katastar se može smatrati relevantnom i sistematiziranom hidrogeohemijskom bazom podataka za regionalnu procjenu geotermalnog potencijala. Iako dokument ne opisuje detaljno svaku terensku proceduru konzerviranja uzoraka, njegova struktura pokazuje da su prikupljeni upravo oni parametri koji su u međunarodnoj praksi prepoznati kao ključni za geohemijsku interpretaciju geotermalnih sistema: lokacija, temperatura, izdašnost/protok, hemijski sastav, plinski sastav, specifične komponente, izotopi i podaci o porijeklu i genezi voda. Time Katastar predstavlja pogodnu osnovu za izradu Piperovih dijagrama, geotermometrijske proračune, interpretaciju miješanja voda i izdvajanje područja s povoljnijim geotermalnim indikacijama.

Iako u dostupnom Tumaču nisu detaljno opisani svi tehnički postupci konzerviranja i transporta uzoraka, navedeni opis terenskih, laboratorijskih i kabinetskih radova, kao i sadržaj Katastarskih listova, pokazuje da su prikupljeni i obrađeni ključni hidrogeohemijski parametri potrebni za regionalnu geotermalnu interpretaciju, u skladu s općim principima geohemijskog uzorkovanja i obrade geotermalnih fluida.

Prema navedenom izvoru, na području Federacije Bosne i Hercegovine registrirano je ukupno 446 pojava i objekata mineralnih, termalnih i termomineralnih voda, od čega 181 mineralna voda, 140 termalnih voda i 125 termomineralnih voda. Pojave su registrirane u gotovo svim kantonima i u različitim hidrogeološkim oblastima, što ukazuje na značajnu prostornu raznolikost uvjeta nastanka, cirkulacije i kemijskog razvoja ovih voda.

Mineralne vode definiraju se kao podzemne vode čija je ukupna mineralizacija veća od 1 g/l, ali i kao vode niže mineralizacije ako sadrže povišene koncentracije plinova, pojedinih hemijskih elemenata ili radionuklida. U tu skupinu, primjerice, ulaze vode s povišenim sadržajem CO_2, H_2S, Fe, As, Br, J, F, H_2SiO_3 ili radionuklida. Termalne vode su podzemne vode ukupne mineralizacije manje od 1 g/l, čija je temperatura viša od srednje godišnje temperature zraka područja u kojem se pojavljuju. Termomineralne vode predstavljaju mineralne vode čija je temperatura viša od srednje godišnje temperature zraka lokaliteta pojavljivanja.

Za potrebe hidrogeohemijske analize posebno su važni podaci o temperaturi, izdašnosti, ukupnoj mineralizaciji, glavnim kationima i anionima, plinskom sastavu, specifičnim komponentama, radioaktivnosti i, gdje postoje, izotopskom sastavu voda. U izvornom Katastru hemijski sastav voda prikazan je u mg/l, mg-ekv/l i ekv. %, što omogućuje određivanje hidrogeohemijskog tipa vode i kontrolu ispravnosti kemijske analize. Plinski sastav prikazan je odvojeno za otopljene i slobodne plinove, dok su za dio pojava navedeni i podaci o radioaktivnosti i izotopskom sastavu.

Opće hidrogeohemijske karakteristike voda u Federaciji Bosne i Hercegovine

Opće hidrohemijske karakteristike voda u FBiH prikazane su na karti u Anexu. Mineralne, termalne i termomineralne vode Federacije Bosne i Hercegovine pokazuju izraženu hidrogeohemijsku raznolikost, što je posljedica složene geološke građe Dinarida, razvoja karbonatnih, klastičnih, evaporitnih, flišnih, ofiolitnih i neogenih sedimentnih kompleksa te

izraženih strukturno-tektonskih odnosa. Na regionalnoj razini izdvajaju se vode hidrokarbonatnog, sulfatnog, kloridnog, ugljično-kiselog, sumporovodičnog, radioaktivnog i mješovitog tipa.

Najčešći i najrasprostranjeniji tip čine hidrokarbonatne vode, posebno HCO_3-Ca-Mg i HCO_3-Ca tipa. One su uglavnom vezane uz karbonatne akvifere, osobito trijaske, jurske, kredne i paleogenske vapnence i dolomite. U termalnim vodama ovaj tip često ukazuje na dominantnu cirkulaciju kroz karbonatne stijene, relativno nisku do umjerenu mineralizaciju i atmosfersko porijeklo vode.

Primjeri takvih voda navedeni su u područjima Velike Kladuše, Bihaća, Kaknja, Kraljeve Sutjeske, Ilidže, Odžaka i Gradačca, gdje su termalne vode najčešće HCO_3-Ca-Mg ili HCO_3-Ca tipa i mineralizacijama uglavnom ispod 1 g/l.

Ugljično-kisele mineralne i termomineralne vode, odnosno vode s povišenim CO_2, predstavljaju jednu od najvažnijih hidrogeohemijskih skupina u FBiH. Prema Tumaču, mineralne vode s CO_2 registrirane su u hidrogeološkim oblastima alohtonih paleozojsko-trijaskih formacija, Dinaridske ofiolitne zone, Bosanskog fliša i Savsko-vardarske zone. Posebno su značajne pojave u zoni busovačkog rasjeda, gdje je od Busovače do Blažuja registriran veći broj izvora i bušotina mineralne vode s CO_2. Ove vode su važne jer često ukazuju na dublju cirkulaciju, rasjednu kontrolu i moguću vezu s dubokim plinskim komponentama.

Sulfatne vode pojavljuju se u područjima gdje voda dolazi u kontakt s evaporitnim naslagama, gipsom i anhidritom, ali i u zonama oksidacije sulfidnih minerala. U Dinaridskoj karbonatnoj platformi i alohtonim paleozojsko-trijaskim formacijama zabilježeni su izvori SO_4 tipa, a dio mineralnih voda pokazuje mješoviti HCO_3-SO_4 ili SO_4-HCO_3 karakter. Takve vode mogu biti posebno korisne za razlikovanje litološkog utjecaja evaporita od karbonatne cirkulacije, ali i za identifikaciju zona s povećanom interakcijom vode i stijena.

Slane mineralne vode uglavnom su Cl-Na ili mješovitog Cl-HCO_3-Na-Ca tipa. One su vezane uz evaporitne i solne formacije, uključujući sonu formaciju Tuzlanskog bazena, permotrijaske evaporite te priobalne ili aluvijalne utjecaje bočatih voda u području Hercegovine. U Savsko-vardarskoj zoni i postorogenim neogenim bazenima slane vode često su povezane s kamenom soli, gipsom i anhidritom, dok se u području Neuma, Gabele, Višića i Hutova Blata zaslanjenje može povezati s utjecajem mora, aluvijalnih bočatih voda ili lokalnih hidrogeoloških uvjeta.

Termomineralne vode u FBiH obuhvaćaju više različitih tipova koji se razlikuju prema genezi, kemijskom i plinskom sastavu. Tumač izdvaja termomineralne vode s CO_2 i HCO_3 tipa, SO_4 tipa, sumporovodične H_2S-CO_2 vode, slane termomineralne vode, radioaktivne termomineralne vode, vode s višim ugljikovodicima te mješovite HCO_3 i SO_4 tipove. Pojave termomineralnih voda često su vezane uz dublje cirkulacijske sisteme, rasjedne zone i strukturne kontakte, što ih čini osobito važnima za procjenu geotermalnog potencijala.

S hidrogeotermalnog aspekta najperspektivnije su pojave kod kojih se poklapaju povišena temperatura, značajnija izdašnost, povoljan hemijski tip, prostorna veza s rasjedima i postojanje propusnog akvifera u dubini. Nasuprot tome, vode niske temperature, male izdašnosti ili izrazito plitke cirkulacije imaju ograničen geotermalni potencijal, ali mogu biti

važne za lokalno korištenje, balneologiju, flaširanje ili kao geohemijski indikatori dubljih sistema.

Metodologija hidrogeohemijske interpretacije

Hidrogeohemijska interpretacija u ovoj studiji temelji se na povezivanju kemijskog sastava voda s geološkom građom, hidrogeološkim funkcijama stijena, strukturno-tektonskim odnosima i prostornim rasporedom pojava po kantonima. Takav pristup omogućuje razlikovanje plitkih, lokalnih cirkulacijskih sistema od dubljih hidrogeotermalnih sistema u kojima voda dulje boravi u podzemlju, ostvaruje intenzivniju interakciju sa stijenskim kompleksom i može doseći povišene temperature.

U prvom koraku analiziraju se osnovni fizičko-hemijski parametri: temperatura vode, ukupna mineralizacija, pH, izdašnost, dominantni kationi i anioni, specifične komponente i plinski sastav. Na temelju odnosa glavnih iona određuje se hidrogeohemijski facijes vode, pri čemu se vode razvrstavaju u tipove kao što su HCO_3-Ca-Mg, HCO_3-Ca, HCO_3-Na, SO_4, Cl-Na, HCO_3-SO_4 i drugi prijelazni tipovi. Izvorni Tumač naglašava da Katalog uključuje podatke o makrokomponentnom i plinskom sastavu, temperaturi, mineralizaciji, specifičnim komponentama, litologiji akvifera, dubini vodonosnog horizonta, izdašnosti i mogućem korištenju voda.

U drugom koraku hidrogeohemijski tipovi uspoređuju se s geološkom podlogom i hidrogeološkim oblastima. Posebna pažnja posvećuje se odnosu pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda prema dubokim rasjedima, navlačnim strukturama, kontaktima propusnih i nepropusnih stijena, karbonatnim akviferima, ofiolitnim kompleksima, flišnim naslagama, neogenim bazenima i evaporitnim formacijama. Tumač navodi da Karta sadrži geološku osnovu, hidrogeološke oblasti, lokacije pojava i objekata s osnovnim fizičko-hemijskim značajkama voda te oblasti rasprostranjenja izdvojene prema mineralizaciji, temperaturi, radioaktivnosti, plinskom i ionskom sastavu.

U trećem koraku rezultati se prikazuju na Piperovim dijagramima po kantonima. Piperovi dijagrami omogućuju usporedbu kemijskog sastava voda, izdvajanje dominantnih hidrogeohemijskih facijesa i prepoznavanje mogućeg miješanja različitih tipova voda. Posebno su korisni za razlikovanje karbonatnih voda dominantno HCO_3-Ca-Mg tipa, sulfatnih voda vezanih uz evaporitne ili sulfidne litologije, slanih voda Cl-Na tipa te ugljično-kiselih voda povezanih s dubokim rasjednim zonama.

U četvrtom koraku primjenjuju se geotermometri, gdje kvaliteta hemijskih podataka to dopušta. Geotermometrijske rezultate treba interpretirati oprezno, jer mnoge vode mogu biti miješane, razrijeđene plitkim infiltracijskim vodama ili hemijski neuravnotežene.

Kao primjer integrirane geohemijsko-geološke analize odabran je Busovački rasjed, budući da se duž ove regionalne strukturne zone javlja veći broj mineralnih, termalnih i termomineralnih pojava. Cilj prikazane analize nije samo ocjena pojedinačnih pojava, već demonstracija metodološkog pristupa kojim se hidrogeohemijski podaci povezuju s geološkom građom, rasjednom tektonikom i geotermometrijskim pokazateljima.

Metodološki postupak obuhvatio je nekoliko koraka. Najprije su izdvojene pojave i objekti smješteni u zoni utjecaja Busovačkog rasjeda. U analizu su uključeni bunari i bušotine za koje

postoje cjelovitiji podaci o hemijskom sastavu voda, kao i dva privatna bunara koji dopunjuju prostornu sliku hidrogeohemijskih odnosa. Za svaku tačku uneseni su osnovni fizičko-hemijski parametri, uključujući temperaturu, pH, ukupnu mineralizaciju, sadržaj glavnih kationa i aniona te rezultate odabranih geotermometara.

U sljedećem koraku provedena je kontrola kvaliteta hemijskih analiza kroz odnos kationa i aniona. Uzorci koji ne zadovoljavaju kriterije pouzdanosti izdvojeni su iz daljnje interpretacije, kako bi se geohemijska analiza temeljila na reprezentativnijim podacima. Nakon toga izrađen je Piperov dijagram, kojim je prikazan odnos glavnih kationa i aniona te omogućena klasifikacija voda prema hidrogeohemijskom facijesu.

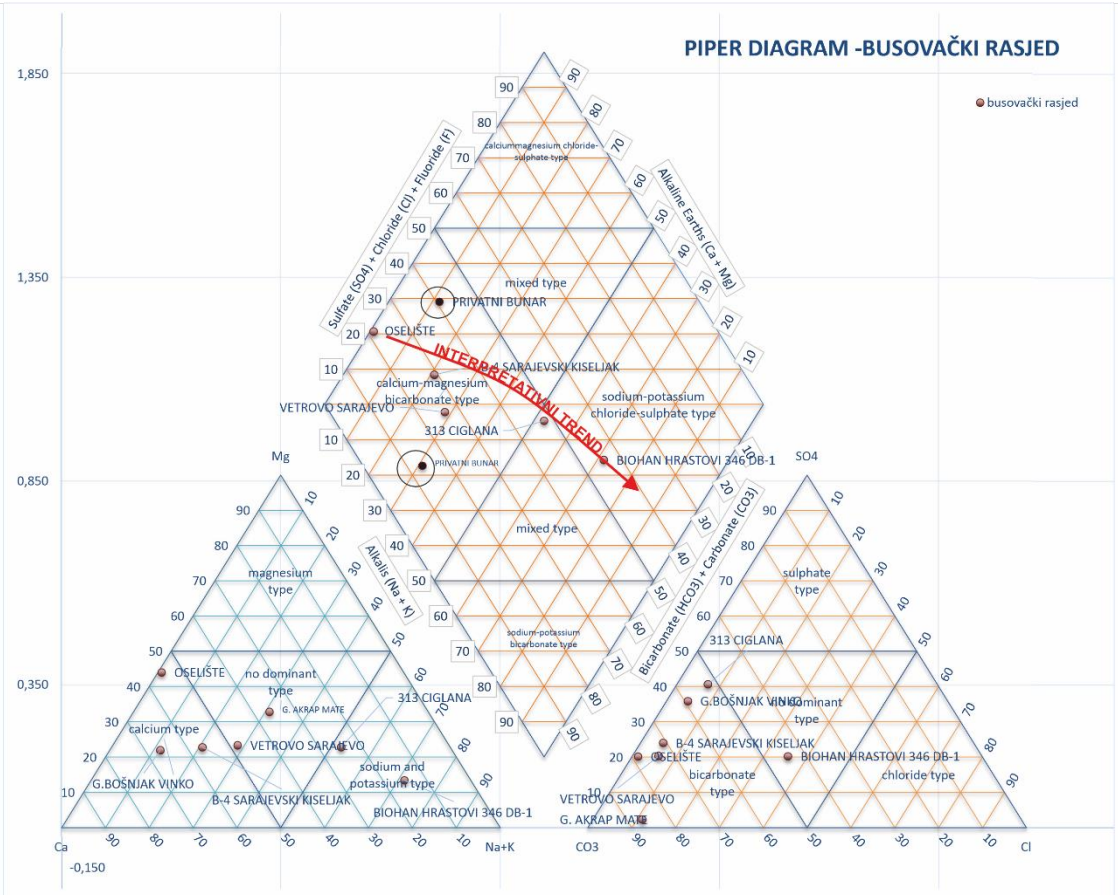
Geohemijski rezultati zatim su uspoređeni s geološkim i strukturnim položajem pojava. Na priloženim geološkim kartama analiziran je odnos lokacija uzorkovanja prema Busovačkom rasjedu, mlađim poprečnim rasjedima, litološkim jedinicama i mogućim zonama povećane propusnosti. Ovakav pristup omogućava da se hemijski sastav voda ne promatra izolirano, nego u kontekstu geološkog okvira koji kontrolira cirkulaciju i eventualni uzlaz dubljih fluida.

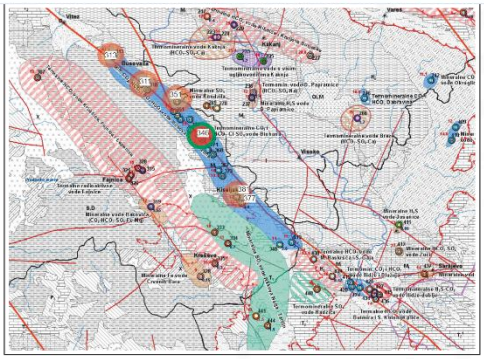
Kao dio metodologije primijenjeni su i odabrani hemijski geotermometri, u ovom primjeru kalcedonski geotermometar i K/Mg geotermometar prema Giggenbachu. Usporedba rezultata različitih geotermometara omogućava procjenu pouzdanosti indikativnih temperatura. Kod uzoraka gdje se geotermometri dobro podudaraju, interpretacija je pouzdanija i može ukazivati na izraženiji utjecaj dubljeg, toplijeg fluida. Kod uzoraka gdje postoji značajno odstupanje između geotermometara, rezultati se interpretiraju s oprezom, jer mogu upućivati na miješanje s plićim vodama, hlađenje tokom uzlaza, lokalni litološki utjecaj ili neravnotežne uvjete između vode i stijena.

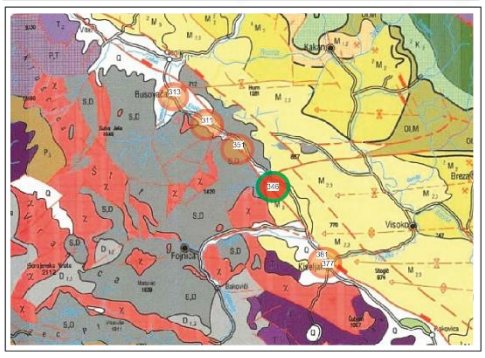
U prikazanom primjeru posebno se izdvaja lokalitet Biohan Hrastovi DB-1 (kat.br. 346), gdje oba primijenjena geotermometra daju relativno visoke i međusobno usklađene vrijednosti znatno više od izmjerenih temperatura. Istovremeno, geološka karta pokazuje da se lokalitet nalazi u zoni presijecanja Busovačkog rasjeda s mlađim rasjedom približno pravca zapad–istok. Ovakva rasjedna križanja mogu predstavljati zone povećane sekundarne propusnosti, što ih čini posebno važnim za interpretaciju mogućeg dubljeg dotoka fluida.

Strelica na Piperovom dijagramu označava interpretativni hidrogeohemijski trend od voda pliće, dominantno karbonatne cirkulacije prema vodama s izraženijim udjelom mineralizirane Na-Cl/SO_4 komponente. Taj trend je mogući pokazatelj povećanog utjecaja dubljeg fluida, posebno na lokalitetu Biohan Hrastovi 346 DB-1.

Na osnovu ovog primjera može se zaključiti da integrirana geohemijsko-geološka analiza omogućava razlikovanje lokaliteta s plitkom ili miješanom cirkulacijom od lokaliteta koji pokazuju jasnije indikacije dubljeg geotermalnog utjecaja. Također se pokazuje da regionalni rasjedi ne moraju imati ujednačena geotermalna svojstva duž cijele trase, već se perspektivnije zone mogu vezati za pojedine strukturne segmente, naročito za sjecišta rasjeda, zone povećane razlomljenosti i kontakte različitih litoloških jedinica.







KAT. BROJ BUŠOTINA/ KOPANI BUNAR	Temp °C	Q (l/s)	pH	Mineralizacija (mg/l)	CO_2 (mg/l)
313/ KISELJAK CIGLANA	11	N/A	6,8	2228	430
351/ PRIVATNI BUNAR	12,3	<0,1	5,82	1678	1424
312/ OSELIŠTE	N/A	0,03	N/A	622	N/A
311/ PRIVATNI BUNAR	12	<0,1	4,32	42	1386
346/ BIOHAN HRASTOVI 346 DE	17,5	0,06	6,7	15673	1130
377/ VETROVO SARAJEVO	10	0,30	6	5577	1161
381/ SARAJEVSKI KISELJAK B-4	12	21,60	6,3	3203	1824

KAT. BROJ BUŠOTINA/ KOPANI BUNAR	sum cations	sum anions	Charge Balance
313/ KISELJAK CIGLANA	48,51	48,18	0%
351/ PRIVATNI BUNAR	nedovoljno	22,19	nedovoljno
312/ OSELIŠTE	8,23	8,17	0%
311/ PRIVATNI BUNAR	0,38	0,58	-21%
346/ BIOHAN HRASTOVI 346 DE	218,88	216,90	0%
377/ VETROVO SARAJEVO	73,31	73,28	0%
381/ SARAJEVSKI KISELJAK B-4	41,58	42,39	-1%

KAT. BROJ BUŠOTINA/ KOPANI BUNAR	Chalcedony conductive (°C)	K/Mg Giggenbach 1986 (°C)	Komentar
313/ KISELJAK CIGLANA	52,25	64,35	Usklađeni indikativni raspon konzervativno 50 °C.
312/ OSELIŠTE	0,00	9,66	Nije reprezentativno
346/ BIOHAN HRASTOVI 346 DB-1	85,55	93,80	Usklađeni indikativni raspon konzervativno 80 °C.
377/ VETROVO SARAJEVO	6,52	59,49	Značajno odstupanje
381/ SARAJEVSKI KISELJAK B-2	6,52	59,67	Značajno odstupanje

Slika 6-11 Geohemijska analiza – Busovački rasjed

7 Geotermalni potencijal u Federaciji BiH

Podaci geoloških, geofizičkih , naftnogeoloških,geohemijskih,geomorfoloških, neotektonskih i seizmoloških izučavanja, a posebno hidrogeoloških istraživanja, daju elemente za kvantificiranje geotermalnih potencijala.

7.1 Dostupni podaci

Osnovni set dostupnih podataka odnosi se na podatke dobivene od strane Federalnog zavoda za geologiju koji se satoji od:

Tumač termalnih, mineralnih i termomineralnih voda predstavlja detaljan pregled s opisom geotektonskog položaja, geološke građe i strukturno tektonskih odnosa, hidrogeolške karakteristike i rajonizaciju te opis pojedinih vrsta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda te opis njihovih korištenja s prilozima

- Kataloga pojava i objekata termalnih, mineralnih i termomineralnih voda (u daljnjem tekstu Katalog) s osnovnim podacima 446 lokalnosti u devet kantona FBiH
- Karta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda, u ANEXU je priložena karta

Također su dobiveni katastarskih listova termalnih, mineralnih i termomineralnih voda, koji predstavljaju dobro organiziranu bazu podataka s detaljnim opisom svake lokacije, podacima o ranijoj proizvodnji, podacima hemijskih analiza voda i plinova. U ANEXU je priložen Katastarski list bušotine IB-, Ilidža, Kanton Sarajevo.

Dostavljeni su i shape fileovi izvora termalnih, mineralnih i termomineralnih voda.

7.2 Trenutno korištenje geotermalnih resursa

Trenutno direktno korištenje geotermalne energije u Bosni i Hercegovini trenutno je implementirano na 23 lokaliteta. Najznačajniji korisnici su banje i rekreacioni centri, koji koriste geotermalne resurse na čak 20 lokacija, prvenstveno u svrhe balneologije, rehabilitacije, sporta i turizma. Pored toga, geotermalna energija se u energetske svrhe koristi na 9 lokacija za:

- individualno grijanje objekata na 6 lokaliteta,
- zagrijavanje staklenika na 1 lokalitetu,
- te u jednom ribnjaku, gdje se primjenjuje za održavanje optimalne temperature vode i unapređenje akvakulture.

Tabela 7-1 Prikaz korištenja geotermalnih potencijala u FBiH (prema podacima Miošić, Samardžić i Hrvatović, 2010.)

	Lokalitet	Tip[1)]	Kapacitet[2)] (MWt)	Godišnje korištenje		
				Prosječni kapacitet korištenja[3)](kg/s)	Energija (TJ/god)	Kapacitivni faktor[4)]
1	Mala Kladuša Ilidža	B	2.51	1	0.66	0.008
2	Gata	B	0.025	1	0.4	0.51
3	Lješljani	B	0.15	9	3.56	0.75
4	Sanska Ilidža	B	0.12	6.7	1.24	0.33
5	Slatex-Slatina	H	0.53	10.5	5.54	0.33
6	Slatina	H, B	2.3	30	43.53	0.6
7	Laktaši	B	0.25	10	3.96	0.5
8	Gornji Šeher	B	0.21	15	3.96	0.6
9	Kulaši Prnjavor	H, B	0.35	12	4.75	0.43
10	Vrućica	B	0.09	7	1.85	0.65
11	Terme Ozren	B	0.67	6.7	7.07	0.33
12	Gračanica PEB-4	B	2.58	27	27.42	0.34
13	Domaljevac	G	1.51	8.3	39.41	0.83
14	Gradačac	B	0.005	0.35	0.09	0.57
15	Dvorovi	H, B	1.32	7	27.7	0.67
16	Višegradska Banja	B	0.09	7	1.85	0.65
17	Tičići-Kakanj	B	3.68	1	2.9	0.025
18	Olovo	B	0.13	4.6	3.03	0.74
19	Sedra Breza	B, F	0.19	7	2.21	0.37
20	Fojnica FB-1	B	0.13	2.5	1.32	0.32
21	Toplica Lepenica	B	0.24	5.3	2.52	0.33
22	Ilidža Termalna rivijera	H	3.22	45	53.42	0.53
23	Ilidža Terme	H, B	1.34	40	15.83	0.37
UKUPNO			**21.64**	**263.95**	**254.22**	**0.37**

a) Tip korištenja: B-kupanje i plivanje (uključujući balneologiju), H-individualno grijanje prostora (bez toplotnih pumpi), G-staklenici i plastenici, F – uzgoj ribe (ribnjaci);
b) Kapacitet predstavlja korištenje termalnih i termomineralnih voda u BiH izraženo u MW_t;
c) Prosječni kapacitet korištenja označava prosječnu godišnju izdašnost (kapacitet) termalnih i termomineralnih voda koja se koristi u BiH;
d) Kapacitivni faktor - pokazatelj iskorištenja vode.

7.3 Pokazatelji geotermalnog potencijala

Pokazatelji geotermalnog potencijala iskazani su temeljem hidrogeološk balneološke podjela za mineralne, termalne i termomineralne vode te za geotermani potencijal temeljen na temperaturi i izdašnosti lokaliteta gdje je moguće iskorištavanje toplote u skladu s Lindalovim dijagramom. Dok su pokazatelji temeljem hidrogeološko-balneološke podjele dani za cijelo područje FBiH, izračuni količine toplote koju je moguće pridobiti iz geotermalne vode dani su za lokacije na nivou kantona/opština.

U Federaciji Bosne i Hercegovine evidentirano je ukupno 163 ležišta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda. Najzastupljenija su ležišta mineralnih voda, kojih ima 101, zatim ležišta termalnih voda sa 39 evidentiranih ležišta, dok su najmanje zastupljena ležišta termomineralnih voda, sa ukupno 23 registrirana lokaliteta. Prema stepenu istraženosti,

termomineralne vode sa temperaturama nižim od 40 °C su relativno bolje istražene u odnosu na pojave viših temperatura.

Iako su u Bosni i Hercegovini tokom posljednjih 50 godina intenzivirana istraživanja brojnih ležišta termalnih i mineralnih voda, ukupni nivo njihove istraženosti još uvijek nije zadovoljavajući. Ovo ukazuje na značajan neiskorišten hidrogeotermalni potencijal, kao i na potrebu za sistematskim hidrogeološkim, geofizičkim i bušačkim istraživanjima u cilju preciznijeg definiranja rezervi, temperaturnih karakteristika i mogućnosti njihove energetske i balneološke eksploatacije.

Utvrđeni geotermalni potencijal termalnih i termomineralnih voda u Federaciji Bosne i Hercegovine, prema raspoloživim podacima, iznosi 196,79 MWth. Najveći je u Kantonu Sarajevo (62,49 MWt), zatim Tuzlanskom kantonu (34,42 MWt), Zeničko-dobojskom (30,78 MWt) dok preostali dio otpada na ostale kantone. Prognozni potencijal u Federaciji Bosne i Hercegovine je 409,14 MWt (Hrvatović,H. et.all 2019). koji je moguće dobiti uz dodatnu razradu ležišta (crpljenjem na postojećim bušotinama na kojima nisu instalirane pumpe već se samo koristi samoizliv bušotine, rekonstrukcijom starih bušotina, bušenjem novih bušotina, i dr.).

Geotermalni resursi Federacije Bosne i Hercegovine su djelimično istraženi, ali još uvijek postoji značajan neiskorišten potencijal. Dosadašnja istraživanja pokazala su da postoje povoljni geološki, hidrogeološki i geotermalni uslovi za dalji razvoj geotermalne energije.

Tabela 7-2 Geotermalne pojave, proračun snage

Kanton	Broj pojava termalnih voda	Broj pojava termomineralnih voda	Raspoloživa termalna snaga (MWt)	Moguća termalna snaga (MWt)	Raspoloživa energija (TJ/god)	Moguća energija (TJ/god)	Broj lokacija u korištenju	Instalirana snaga (MWt)
Unsko-sanski kanton	10	4	34.2	76.42	1082.29	2512.9	3	2.73
Posavski kanton	2	1	8.58	34.52	267.43	1085.21	0	0
Tuzlanski kanton	7	7	34.42	69.81	1091.61	2198.43	5	3.0
Zeničko-dobojski kanton	11	12	30.78	70.81	968.28	2309.45	4	2.89
Bosansko-podrinjski kanton	1	0	1.78	5.96	59.35	189.93	0	0
Srednjobosanski kanton	7	3	24.54	52.87	669.38	1563.08	2	0.45
Kanton Sarajevo	5	5	62.49	98.75	1969.51	3106.24	2	4.06
UKUPNO	**43**	**32**	196.79	**409.14**	6107.85	12965.24	16	13.13

Geotermalni potencijal Bosne i Hercegovine zasniva se na ukupno **87** ležišta termalnih i termomineralnih voda, sa evidentiranom izdašnošću od 2876,1 l/s. Ukupna raspoloživa snaga procjenjuje se na 251,49 MWt, dok je moguća (potencijalna) snaga znatno veća i iznosi 795,24 MWt. Uprkos ovako značajnim pokazateljima, stvarna iskorištenost resursa iznosi svega oko 5%, što ukazuje na veliki neiskorišteni energetski potencijal. (*Izvor: Stanje istraživanja i korištenja geotermalne energije bosne i hercegovine, Neven Miošić, ett all, 2011 god)*

Prostorna i energetska raspodjela potencijala

Na približno 80 lokacija izvora i bušotina moguće je, bez dodatnih istražnih radova, koristiti oko 170 MWt toplotne snage. Pojedinačne snage kreću se u rasponu od 0,1 do 15 MWt.

Od toga:

- Na oko 20 lokacija ili zona moguće je koristiti približno 140 MWt (značajniji energetski potencijal).
- Na preostalih 60 lokacija raspoloživo je svega 30 MWt, pri čemu pojedinačne snage najčešće ne prelaze 1 MWt.

Ovakva struktura pokazuje da se najveći dio potencijala koncentrira na relativno malom broju perspektivnih zona, dok je ostatak raspodijeljen na manje, lokalne izvore pogodnije za manje toplotne sisteme (lokalno grijanje, balneologiju, plasteničku proizvodnju i sl.).

7.3.1 Termalne vode

- Broj ležišta: 57
- Izdašnost: 1803,9 l/s
- Raspoloživa snaga: 106,82 MWt
- Moguća snaga: 315,44 MWt



Slika 7-1 Termalna voda sa izvorišta GATA, Bihać 2025.

Termalne vode u BiH uglavnom se koriste u balneološke, rekreativne i djelimično energetske svrhe. Njihova temperatura i hemijski sastav omogućavaju primjenu u sistemima daljinskog grijanja, zagrijavanju objekata, plastenika i bazena.

7.3.2 Termomineralne vode

- Broj ležišta: 30
- Izdašnost: 1072,2 l/s
- Raspoloživa snaga: 144,67 MWt
- Moguća snaga: 479,80 MWt



Slika 7-2 Termomineralne vode u kompleksu Terme Ilidža 2025 (Izvor: google maps)

Termomineralne vode, osim energetskog potencijala, imaju i značajnu zdravstvenu i turističku vrijednost. Njihova viša raspoloživa i moguća snaga ukazuje na izuzetne mogućnosti za integraciju u lokalne toplotne sisteme i razvoj banjskog turizma. Tabela 7.4.1

Tabela 7-3 Raspoloživi potencijali ležišta termalnih i termomineralnih voda

Tip voda	Broj ležišta	Broj izvora	Broj bušotina	Izdašnost l/s	Raspoloživa snaga $MW_{therm.}$	Moguća snage $MW_{therm.}$
Termalne vode	57			1803,9	106.82	315.44
Termomineralne vode	30			1072,2	144.67	479.80
UKUPNO	**87**	**175**	**130**	**2876,1**	**251.49**	**795.24**

Iako BiH raspolaže značajnim geotermalnim potencijalom (do 795,24 MWt moguće snage), trenutna iskorištenost od svega oko 5% ukazuje na nedovoljno razvijen sektor.

7.4 Zoniranje geotermalnog potencijala – tektonostratigrafske zone

Ležišta termalnih i termomineralnih voda na teritoriji Bosne i Hercegovine predstavljaju rezultat složene interakcije geotektonskih odnosa, litostratigrafske građe i hidrogeoloških uslova Dinaridskog sistema. Prema regionalizaciji koju su dali Miošić, Samardžić i Hrvatović (2010), izdvojeno je devet hidrogeotermalnih regiona, koji odražavaju strukturno-facijalnu evoluciju terena i kontrolu cirkulacije podzemnih voda duž rasjeda i u karbonatnim kolektorima.

Osnovna karakteristika većine regiona jeste dominantna vezanost termalnih i termomineralnih voda za trijaske karbonatne komplekse (krečnjaci i dolomiti), koji usljed intenzivne tektonske

razlomljenosti i karstifikacije predstavljaju glavne rezervoare. Dubine zahvatanja najčešće su do 500 m, dok se u arteškim basenima sjeverne Bosne javljaju i znatno veće dubine (do 1.500 m), uz pojavu visokotemperaturnih voda.

7.4.1 Unsko-sanski paleozojski masiv

Strukturno vezan za paleozojske metamorfite sa trijaskim pokrovom.

Akviferske naslage imaju znatno rasprostranjenje i vodoobilnost, dobru propusnost, te naročito visoku vodoprovodnost u rasjednim zonama

Lokaliteti:

- Sanski Most (Tomina Ilidža, 32°C)
- Tješnica (19°C)
- Kozička Ilidža (19°C)

Radi se o hidrotermalnim sistemima nižeg energetskog potencijala, primarno balneološkog značaja. Kako se Tomina Ilidža nalazi na južnom rubu jedinice, a geotermalne vode pripadaju karbonatnom geotemalnom sistemu, obrađena je zajedno s značajnijim lokalitetima Mezozojskog masiva sjeverozapadne Bosne.

7.4.2 Mezozojski masiv sjeverozapadne Bosne

Ovaj region izgrađen je pretežno od trijaskih karbonata Dinaridske karbonatne platforme, krednih i jurskih naslaga tek djelomično prekrivenih paleocensim i miocenskim naslagama. Aluvijalni nanosi uz veće vodotoke (Kladušnica, Glina, Glinica, Bojna).

Termalne i termomineralne vode javljaju se na dubinama do 500 m, pri čemu je cirkulacija uslovljena rasjednim zonama i sekundarnom poroznošću.

Značajniji lokaliteti:

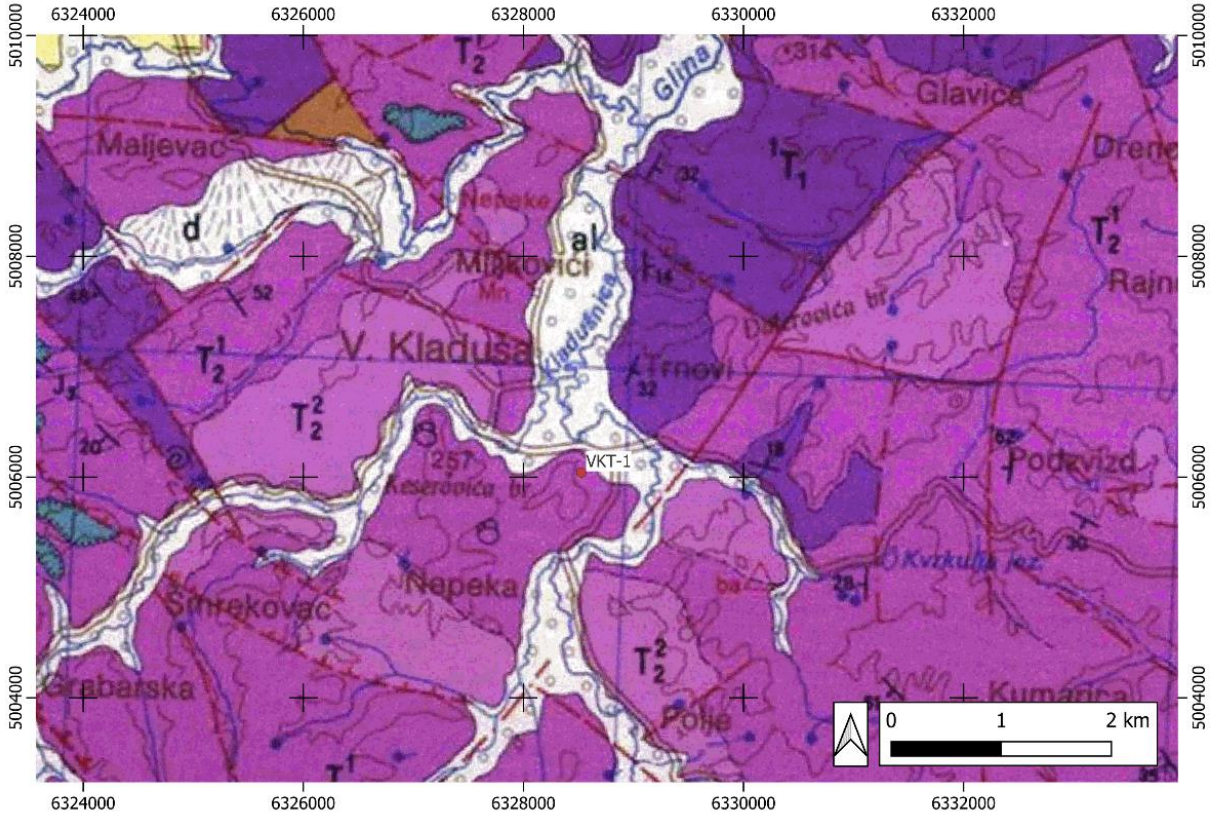
- Velika Kladuša (Mala Kladuša, 27°C)
- Gata (37°C)

dok su Bužim (Čava, 19°C), Cazin (Tržačka Raštela, 22°C) i Bihać (Vedro polje, 20°C; Prošići, 21°C) i Šumatovac, Velika Kladuša (21°C) lokaliteti manjih temperatura i značenja.

Temperaturni raspon (19–37°C) ukazuje na umjereni geotermalni gradijent i relativno plitku cirkulaciju meteorne vode kroz karbonatne kolektore.

Lokaliteti Tomina Ilidža i Mala Kladuša vezane su uz čela navlaka, dok je Gata kod Bihaća vezana uz seizmički aktivnu zonu Unskog rasjeda.

Na području Male Kladuše bušene su dublje bušotine s ciljem raskrivanja geotermalnih vodonosnika. Izrađena je bušotina VKT-1 1987. godine. Neposredna okolica Velike Kladuše (Slika 1) građena je od donjotrijaskih (T11, sajske naslage) tinjčastih pješčenjaka i oolitičnih vapnenaca te srednjetrijaskih (T21, anizik) dolomita i vapnenaca i (T22, ladinik) pješčenjaka i lapora u izmjeni s proslojcima vapnenaca, rožnjaka i tufova (Korolija et al., 1980).



Slika 7-3 Isječak OGK SFRJ 1:100 000, list Slunj okolice Velike Kladuše (Korolija et al., 1980)

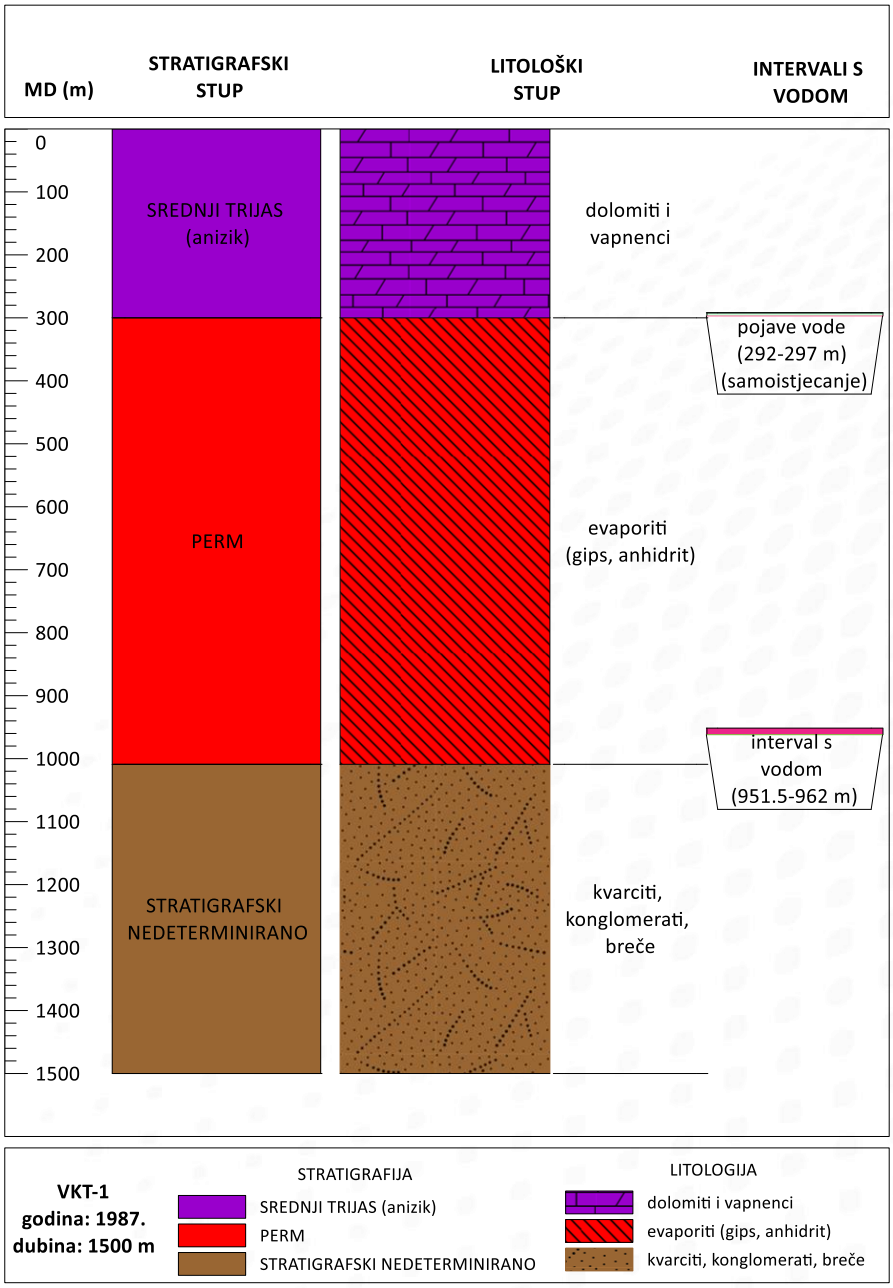
Specifičnost područja uz rijeku Kladušnicu su termalni izvori (Šumatac, Mala Kladuša, Barake i Velika Kladuša), prosječne temperatura 20-24°C (Suljkanović, 2001).

Tektonski je teren obilježen rasjedima, koji su uvjetovali i generalna pružanja te laktasta skretanja pojedinih vodotoka (npr. Kladušnice).

Pukotinski sistemi trijaskih karbonata predisponirali su i pojavljivanje termalnih voda. Tijekom alpske orogene faze izražena je neotektonska aktivnost, što dokazuju i pojedine litostratigrafske jedinice u široj okolici, koje su kompletno navučene na kredno-paleogenski fliš (Baraković, 2011).

Bušotina VKT-1 nalazi se u kamenolomu, u dijelu Velike Kladuše pod nazivom Tuk. Bušotina je bušena 1987. godine i dosegnula je konačnu dubinu od 1500 m. Geotermalna voda je nabušena u intervalu 951,5-962,0 m. Neki izvori navode i samoizljev vode tijekom bušenja, u intervalu 292,0-297,0 m, kao i slijed evaporita znatne debljine koje je nabušila bušotina (700-1000 m!). Analizirani uzorak vode iz bušotine (SNPV-956 m) ima jako visoku mineralizaciju (63,18 g/l) i salinitet (57,21 g/l NaCl), što ukazuje da potječe iz evaporitnog slijeda naslaga.

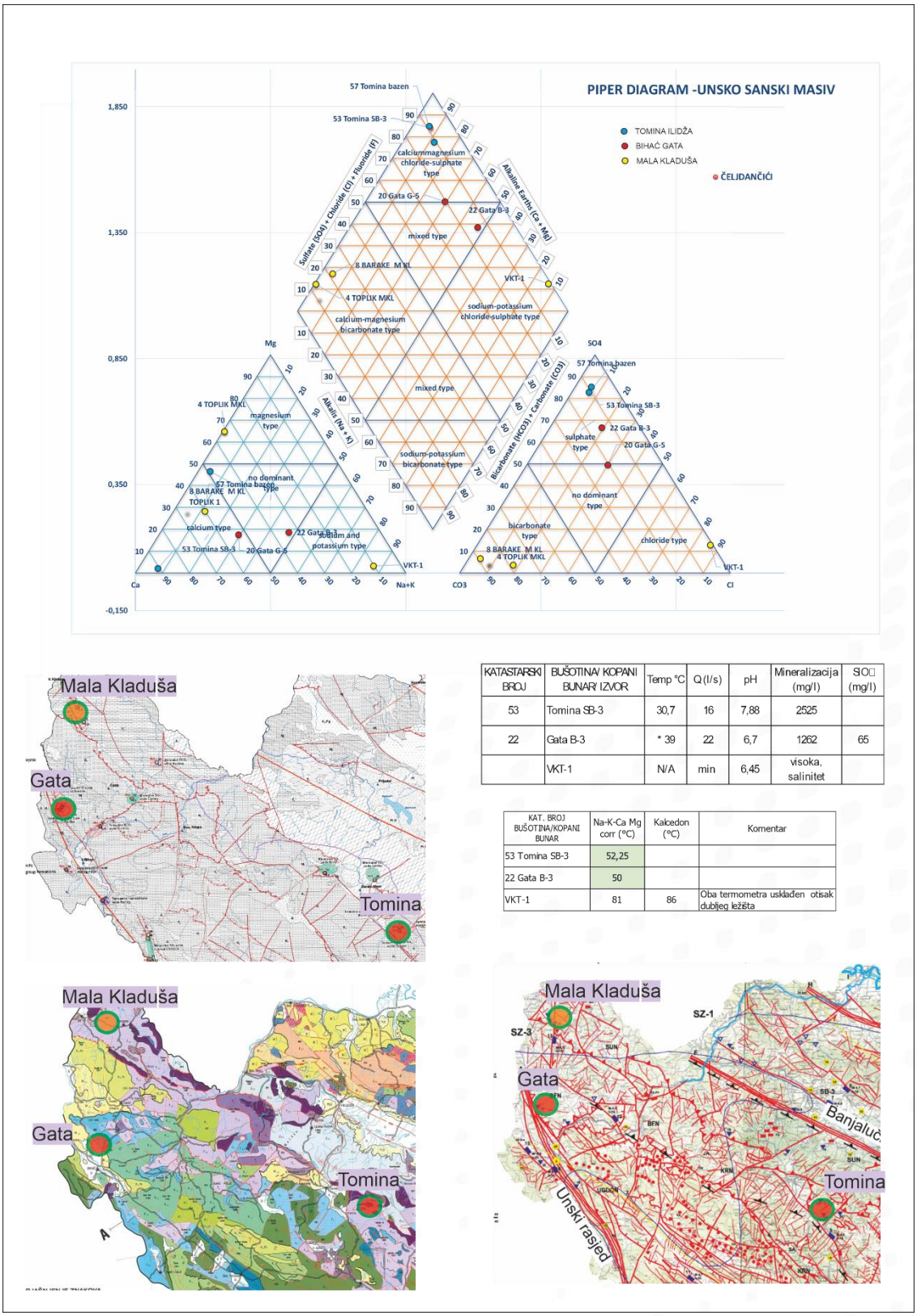
Prema vrlo oskudnim dostupnim podacima, napravljen je pretpostavljeni litostratigrafski stup bušotine koji prikazuje slika 2.



Slika 7-4 Litostratigrafski stup bušotine VKT-1

U području Gata, karbonati trijasa, jure i krede imaju funkcije akvifera, a ladinika, senonskog fliša i miocena funkcije hidrogeoloških barijera. Primarni akvifer su klastiti, karbonati i, najvjerovatnije, evaporiti permotrijasa i trijasa, a sekundarni karbonati gornjeg trijasa, jure i donje krede. Akviferske naslage imaju znatno rasprostranjenje i vodoobilnost, dobru propusnost, te naročito visoku vodoprovodnost u rasjednim zonama.

Prema podacima na području Tomine Ilidže naslage permotrijasa i anizika u ležištu imaju hidrogeološke funkcije akvifera, a donjeg trijasa i ladinika funkcije hidrogeoloških barijera.



KATASTARSKI BROJ	BUŠOTINA/ KOPANI BUNAR/ IZVOR	Temp °C	Q (l/s)	pH	Mineralizacija (mg/l)	SiO□ (mg/l)
53	Tomina SB-3	30,7	16	7,88	2525	
22	Gata B-3	* 39	22	6,7	1262	65
	VKT-1	N/A	min	6,45	visoka, salinitet	

KAT. BROJ BUŠOTINA/KOPANI BUNAR	Na-K-Ca Mg corr (°C)	Kalcedon (°C)	Komentar
53 Tomina SB-3	52,25		
22 Gata B-3	50		
VKT-1	81	86	Oba termometra usklađen otisak dubljeg ležišta

Slika 7-5 Geohemijski kompozit Unsko-sanski masiv

Na osnovu prikazanih koncentracija glavnih kationa i aniona, analizirani uzorci ne pripadaju jednoj jedinstvenoj hidrohemijskoj populaciji, već pokazuju više različitih hidrohemijskih tipova. To ukazuje na složen hidrogeološki sistem u kojem vode cirkulišu kroz različite litološke i tektonske cjeline, uključujući karbonatne stijene, sulfatno modificirane karbonatne sisteme, miješane vode i duboko mineralizirane Na–Cl vode.

Karbonatni potpis imaju uzorci Male Kladuše, Barake i Toplik. Ovi uzorci pripadaju tipu Ca–Mg–HCO_3, odnosno Mg–Ca–HCO_3 voda. Takav hemijski sastav je tipičan za vode koje cirkuliziraju kroz o kroz karbonatne vodonosnike. Dominacija kalcija i magnezija među kationima, zajedno s dominacijom bikarbonata među anionima, jasno ukazuje na rastvaranje karbonatnih minerala i relativno direktan kontakt vode s karbonatnom sredinom.

Uzorci Tomina Ilidža, B-3 i Bazen, pokazuju drugačiji geohemijski signal. Kod ovih uzoraka među kationima dominira kalcij, uz promjenjiv udio magnezija, dok među anionima dominira sulfat. Zbog toga se ove vode ne mogu klasificirati kao čiste Ca–Mg–HCO_3 karbonatne vode, ali njihov kationski sastav ipak jasno pokazuje snažan karbonatni uticaj. One se mogu opisati kao Ca–SO_4 do Ca–Mg–SO_4 vode.

Takav sastav može ukazivati na karbonatni vodonosnik koji je dodatno modificiran sulfatnom komponentom. Sulfat može poticati iz rastvaranja gipsa ili anhidrita, iz oksidacije sulfidnih minerala, ili iz kontakta s litološkim jedinicama koje sadrže sulfatne ili sulfidne faze. U svakom slučaju, prisustvo visokog kalcija i/ili magnezija ukazuje da voda ima značajan kontakt s karbonatnim stijenama.

Kationski sastav sugerira snažan uticaj karbonatnog okruženja.

Uzorci Gata G-5 i Gata B-3 pokazuju miješani karakter. Imaju značajan udio kalcija i magnezija, ali i povišen natrij, hlorid i/ili sulfat. Takav sastav ukazuje na složeniju cirkulaciju, moguću mješavinu karbonatnih voda s dubljom ili hemijski evoluiranijom komponentom, ili kontakt s više litoloških jedinica. Ove vode se ne mogu smatrati čistim karbonatnim end-memberom, ali sadrže prepoznatljiv karbonatni doprinos.

Uzorak VKT-1 predstavlja potpuno drugačiju hidrohemijsku populaciju. On je izrazito mineralizirana Na–Cl voda, s vrlo visokim koncentracijama natrija i hlorida. Ovaj uzorak treba tretirati odvojeno od ostalih, jer vjerovatno predstavlja duboku mineraliziranu vodu, slanicu ili posebnu hidrogeološku komponentu koja nije direktno uporediva s bikarbonatnim i sulfatnim karbonatnim vodama.

7.4.3 Mezozojsko-tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne

Ovaj region obuhvata savsko-panonske sedimentne strukture s izraženim arteškim uslovima. Termomineralne vode najčešće su vezane za dublje vodonosnike u mezozojskim karbonatima, lokalno na dubinama do približno 1.500 m, dok su termalne vode nižih temperatura često povezane s plićim miocenskim klastično-karbonatnim sedimentima, na dubinama do približno 300 m. U administrativnom smislu ova hidrogeotermalna cjelina obuhvata dijelove Posavskog i Tuzlanskog kantona. Najznačajniji lokaliteti u ovoj regionalnoj cjelini su prikazani u narednoj tabeli.

Tabela 7-4 Najznačajniji geotermalni lokaliteti sjeverne Bosne

Lokalitet	Temperatura vode
Orašje – Domaljevac	do 96 °C
Gradačac	oko 32 °C
Tuzla	oko 35 °C (Tu-1 64°C)
Gračanica	oko 38 °C

U okviru ove studije izdvojene su dvije podcjeline. Prvu čine lokaliteti Gradačac – Domaljevac i niskotemperaturni Vrbovec koji su smješteni u odnosu na rub regionalne strukturne zavale na sjeveru FBiH i gravimetrijsku anomaliju. Drugu čine lokaliteti Gračanica – Tuzla, koji pripadaju složenijem prijelaznom području između rubnih dijelova zavale, Tuzlanskog basena i južnih subbasenskih struktura.

Gradačac – Domaljevac

Lokaliteti Gradačac i Domaljevac smješteni su uz rub gravimetrijske anomalije, odnosno uz rub regionalne strukturne zavale koju od Tuzlanskog basena odvaja prag približnog pravca pružanja istok–zapad. U geohemijsku analizu uključen je i niskotemperaturni Vrbovec. Zapadnu granicu ove strukturne zavale čini rasjed pravca pružanja jug-jugoistok – sjever-sjeverozapad. U širem regionalnom smislu zavala je povezana s područjem Babine Grede u Hrvatskoj, gdje su registrirane komercijalne količine geotermalne vode temperature oko 125 °C, uz mogućnost pronalaženja i viših temperatura.

Svi analizirani lokaliteti nalaze se u rubnoj zoni zavale, pri čemu je Vrbovec nešto udaljeniji od gravimetrijskog minimuma. U području Vrbovca primarni akvifer najvjerovatnije predstavljaju paleocen-eocenske ili gornjokredne naslage koje su spuštene u dublje dijelove strukture duž rasjeda pravca pružanja sjeverozapad–jugoistok.

Područje Domaljevca pokazuje znatno izraženije termalne i mineralizacijske karakteristike. Prema Miošiću, voda bušotine Domaljevac pripada grupi jodno-bromnih slanih i sulfatnih voda, iako salinitet nije izrazito visok i iznosi oko 5,5 g/l NaCl. Na Piperovom dijagramu vode Domaljevca položene su u području natrijsko-kalijskih, kloridno-sulfatnih voda, što ih jasno razlikuje od voda pliće karbonatne cirkulacije.

Analize geotermalne vode Domaljevca nisu potpuno ujednačene, ali je za sve analize karakteristična povišena mineralizacija. Južno od lokaliteta Domaljevac Bouguerove anomalije pokazuju niže vrijednosti, što može upućivati na dublji dio strukture. Takva interpretacija u skladu je s povišenim vrijednostima dobivenim kalcedonskim geotermometrom. Zbog neujednačenosti hemijskih analiza, Giggenbachov K/Mg geotermometar u ovom slučaju treba interpretirati s oprezom.

Temperatura od 96°C u Domaljevcu predstavlja najvišu registriranu vrijednost u Federaciji Bosne i Hercegovine i ukazuje na značajan geotermalni potencijal. U sadašnjem stupnju poznavanja, lokalitet je posebno perspektivan za direktnu upotrebu toplote, uključujući staklenički proizvodnju, daljinsko grijanje, industrijsku upotrebu toplote i balneološke namjene. U slučaju dokazivanja većih izdašnosti i povoljnijih rezervoarskih uvjeta, moguće je razmatrati i naprednije oblike energetskog korištenja.

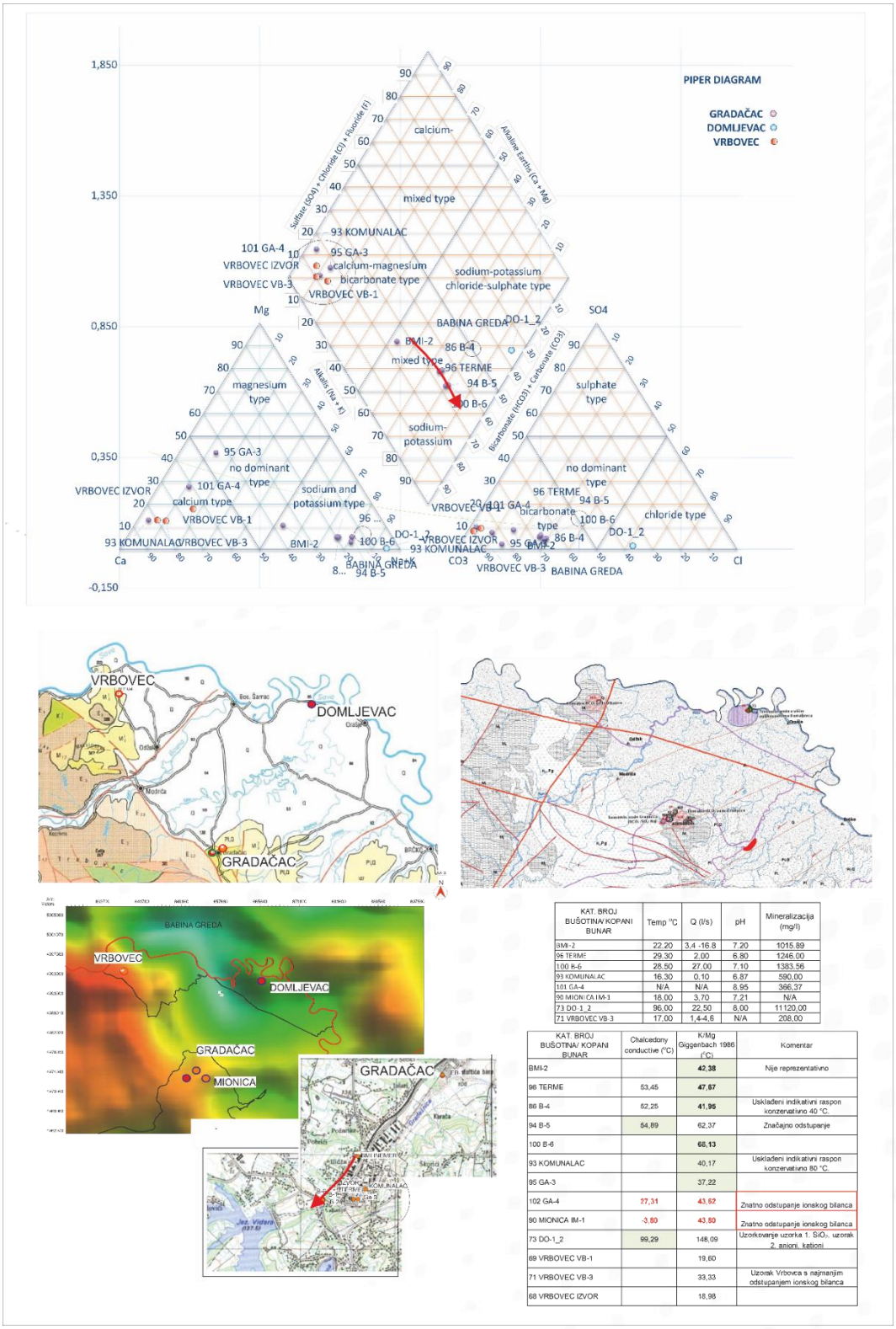
Gradačac zauzima prijelazni položaj unutar ove podcjeline. Izmjerena je temperatura vode od oko 32 °C što ukazuje na nižetemperaturni geotermalni sistem, no geohemijska analiza i

geotermametri, kao i njegov položaj u odnosu na rub zavale i gravimetrijsku anomaliju opravdava uključivanje u istu interpretacijsku cjelinu s Domaljevcem. Takav trend može se interpretirati kao povećanje utjecaja dubljeg vodonosnika, pri čemu je taj utjecaj najizraženiji u bušotini B-6. Ovakva interpretacija upućuje na mogućnost ascendentnog dotoka mineraliziranije vode duž rasjednih i pukotinskih zona, uz različit stupanj miješanja s plićim podzemnim vodama.

Za razliku od navedenog glavnog vodonosnog pravca, bušotine u južnom dijelu gračaničkog područja pokazuju kalcijsko-magnezijsko-bikarbonatni karakter. Na Piperovom dijagramu ove vode su bliže izvorima Vrbovec, što upućuje na izraženiji utjecaj pliće karbonatne cirkulacije ili lokalnih vodonosnika s manjim udjelom dublje mineralizirane komponente.

Ovakva hidrogeohemijska podjela pokazuje da se gradačko područje ne može promatrati kao jedinstven i homogen vodonosnik. Unutar istog šireg strukturnog prostora izdvajaju se najmanje dvije hidrogeohemijske skupine: prva, mineraliziranija i vjerovatno jače povezana s dubljim vodonosnikom, te druga, kalcijsko-magnezijsko-bikarbonatna, s izraženijim obilježjima pliće cirkulacije.

Na osnovu usporedbe geološkog položaja, hidrogeohemije, Piperovog dijagrama i geotermometrijskih pokazatelja, podcjelina Gradačac–Domaljevac–Vrbovec pokazuje prostorno neujednačene geotermalne karakteristike. Najizraženiji potencijal ima Domaljevac, dok Gradačac predstavlja lokalitete niže temperature i izraženijeg utjecaja pliće ili miješane cirkulacije. Dio lokaliteta Gradačac, bušotine B-6 do IMB-1, bliže rasjedu smjera jug jugoistok – sjever sjeverozapad (dio Sprečanske rasjedne zone) višeg je geotermalnog potencijala.



KAT. BROJ BUŠOTINA/ KOPANI BUNAR	Temp °C	Q (l/s)	pH	Mineralizacija (mg/l)
BMI-2	22,20	3,4 -16,8	7,20	1015,89
96 TERME	29,30	2,00	6,80	1246,00
100 B-6	28,50	27,00	7,10	1383,56
93 KOMUNALAC	16,30	0,10	6,87	580,00
101 GA-4	N/A	N/A	8,95	366,37
90 MIONICA IM-1	18,00	3,70	7,21	N/A
73 DO-1_2	96,00	22,50	8,00	11120,00
71 VRBOVEC VB-3	17,00	1,4-4,6	N/A	208,00

KAT. BROJ BUŠOTINA/ KOPANI BUNAR	Chalcedony conductive (°C)	K/Mg Giggenbach 1986 (°C)	Komentar
BMI-2		42,38	Nije reprezentativno
96 TERME	53,45	47,67	
86 B-4	52,25	41,95	Usklađeni indikativni raspon konzervativno 40 °C.
94 B-5	54,89	62,37	Značajno odstupanje
100 B-6		66,13	
93 KOMUNALAC		40,17	Usklađeni indikativni raspon konzervativno 80 °C.
95 GA-3		37,22	
102 GA-4	27,31	43,62	Znatno odstupanje ionskog bilanca
90 MIONICA IM-1	-3,80	43,80	Znatno odstupanje ionskog bilanca
73 DO-1_2	99,29	148,09	Uzorkovanje uzorka 1. SiO_2, uzorak 2. anioni, kationi
69 VRBOVEC VB-1		19,60	
71 VRBOVEC VB-3		33,33	Uzorak Vrbovca s najmanjim odstupanjem ionskog bilanca
68 VRBOVEC IZVOR		18,98	

Slika 7-6 Geohemijski kompozit Gradačac-Domaljevac

Gračanica – Tuzla

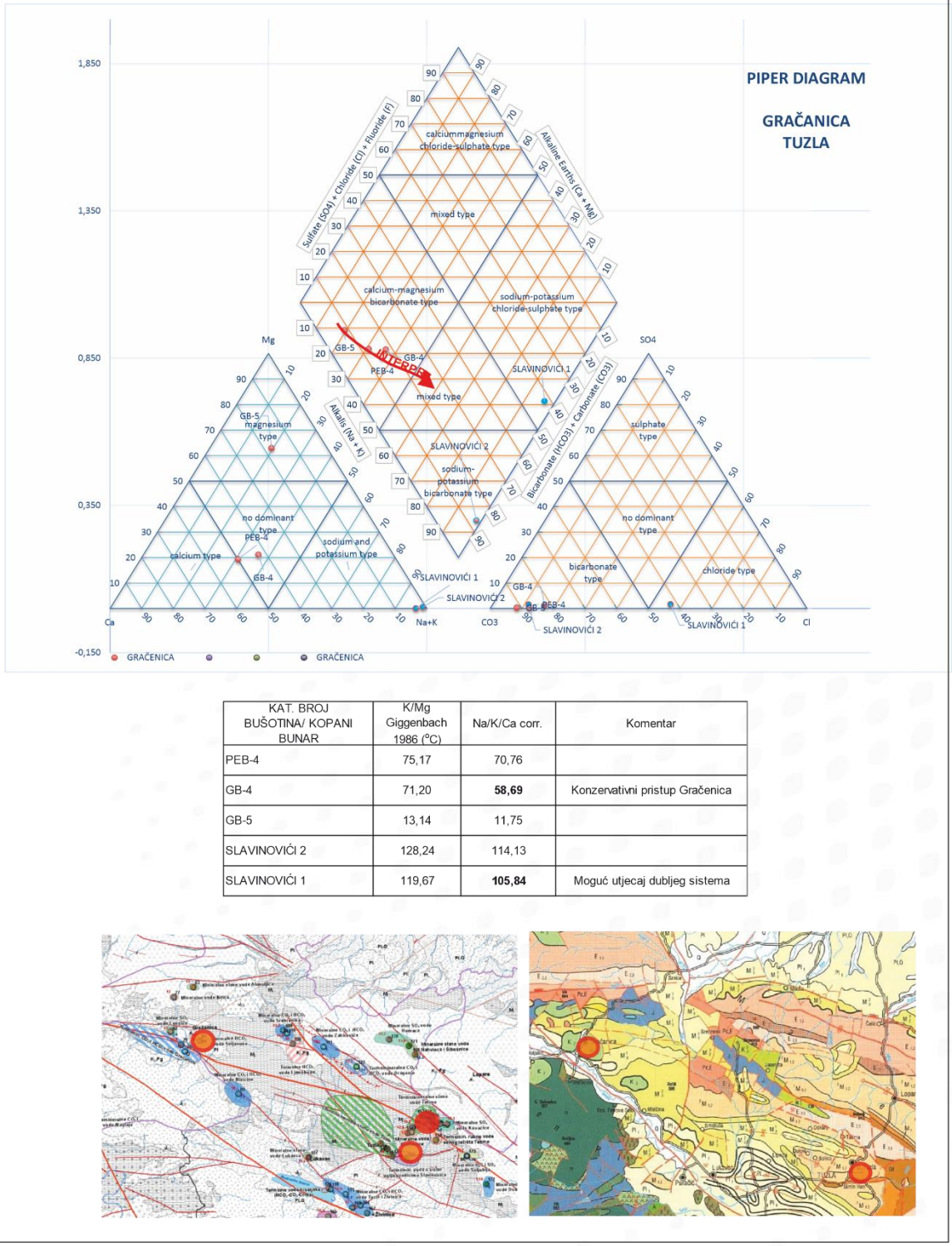
Područje Gračanice i Tuzle predstavlja zaseban hidrogeološko-geotermalni segment unutar mezozojsko-tercijarnih arteških basena sjeverne Bosne. Za razliku od područja Gradačac–Domaljevac, gdje se lokaliteti dominantno razmatraju u odnosu na rub regionalne strukturne zavale i gravimetrijski minimum, gračaničko-tuzlansko područje obilježeno je izraženijom tektonskom složenošću, utjecajem Tuzlanskog basena i lokalno promjenjivim karakteristikama vodonosnika.

Tuzlanski bazen predstavlja strukturni rovsinklinorij smješten između horst-antiklinorija Majevice na sjeveru i Sprečkog dubinskog rasjeda, odnosno ofiolitske zone, na jugu. Tijekom mlađe gornje krede, paleocena i eocena područje je pripadalo sjevernobosanskom rubnom koritu, dok je u oligocenu bilo zahvaćeno snažnim tektonskim ubiranjem. Nakon toga istočni dio područja ulazi u sklop velikog slatkovodnog jezera, koje se održavalo tijekom hata i akvitana, a postupno nestajalo tijekom burdigala.

Unutar Tuzlanskog bazena postoji niz lokaliteta no geotermalno najperspektivniji vezani su uz geotermalne vode dokazane u dubokim bušotinama, Tuzla-1 i Slavinovići-1. Izmjerena temperatura u bušotini Tuzla-1 na dubini 1100 m iznosi 64 °C@1100 m, u bušotini Slavinovići 34oC@550 m, geotermalni gradijent 4,2-4,8 °C/100 m.

Na Piperovom dijagramu prikazana je analiza bušotine Slavinovići, kako za bušotinu Tuzla-1 nisu dostupni podaci. Dvije analize su dio katastarskog lista bušotine, analiza 1 svrstava vodu u natrijsko kalijsko kloridno sulfatnu a analiza 2 u natrijsko kalijsko bikarbonatnu vodu. Uzorak Slavinovići 1 se nalaze na istom dijelu Piper dijagrama kao bušotina Domaljevac-1.

Piperov dijagram pokazuje da analizirane vode područja Gradačac – Domaljevac – Vrbovec pripadaju pretežno hidrokarbonatnim do miješanim hidrogeohemijskim tipovima. U anionskom sastavu dominira HCO_3^-, što upućuje na značajnu interakciju voda s karbonatnim stijenama. U kationskom sastavu vidljive su razlike među uzorcima: Slavinovići 1 i Slavinovići 2 pokazuju izražen natrijsko-kalijski karakter, dok se GB-5 izdvaja povećanim udjelom Mg^{2+}. Uzorci GB-4 i PEB-4 imaju prijelazni karakter između kalcijsko-magnezijskog i natrijsko-kalijskog tipa. Takav raspored može upućivati na različit stupanj hidrogeohemijske evolucije voda, različitu duljinu zadržavanja u podzemlju, ionsku izmjenu te u slučaju bušotine Slavinović utjecaj dubljih ili zatvorenijih vodonosnih sistema kod natrijsko-kalijski izraženijih uzoraka.



KAT. BROJ BUŠOTINA/ KOPANI BUNAR	K/Mg Giggenbach 1986 (°C)	Na/K/Ca corr.	Komentar
PEB-4	75,17	70,76	
GB-4	71,20	**58,69**	Konzervativni pristup Gračenica
GB-5	13,14	11,75	
SLAVINOVIĆI 2	128,24	114,13	
SLAVINOVIĆI 1	119,67	**105,84**	Moguć utjecaj dubljeg sistema

Slika 7-7 Geohemijski kompozit Gračanica-Tuzla

Usporedna hidrogeohemijska interpretacija

Usporedba lokaliteta Gradačac–Domaljevac–Vrbovec i Gračanica–Tuzla pokazuje da se mezozojsko-tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne ne mogu promatrati kao jedinstven hidrogeotermalni sistem s ujednačenim karakteristikama. Iako svi lokaliteti pripadaju širem

savsko-panonskom i sjevernobosanskom hidrogeološkom okviru, među njima postoje značajne razlike u temperaturi, mineralizaciji, hidrogeohemijskom facijesu i strukturnom položaju.

Domaljevac se izdvaja kao najznačajnija termalna pojava, s najvišom registriranom temperaturom u FBiH i hidrogeohemijskim karakteristikama koje ukazuju na dublju, mineraliziraniju komponentu. Gradačac pokazuje prijelazni karakter, s jasnijim trendom prema dubljoj mineraliziranoj komponenti u dijelu vodonosnika prema bušotini B-6, dok južni dio područja zadržava kalcijsko-magnezijsko-bikarbonatni karakter. Tuzla je specifična zbog snažnog utjecaja neogenog bazenskog i evaporitno-salinarno kontroliranog hemizma.

Piperovi dijagrami u ovoj regionalnoj cjelini imaju značajni su za razlikovanje hidrogeohemijskih facijesa. Vode kalcijsko-magnezijsko-bikarbonatnog tipa ukazuju na pliću karbonatnu cirkulaciju ili značajnije miješanje s infiltracionim vodama. Vode natrijsko-kalijskog, kloridnog ili sulfatnog karaktera mogu ukazivati na dublju cirkulaciju, duži kontakt vode sa stijenama, utjecaj evaporitnih naslaga ili ascendentni dotok mineraliziranijih fluida. Zbog toga se interpretacija Piperovih dijagrama mora provoditi zajedno s geološkim kartama, rasjednim odnosima, gravimetrijskim podacima i rezultatima geotermometara. Bušotine Tuzla-1 i Slavetić-1 indiciraju viši temperaturni potencijal Tuzlanskog bazena. Dostupnost geofizičkih podataka omogućit će punu kvantifikaciju potencijala.

Zaključno, mezozojski i tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne predstavljaju jednu od najvažnijih hidrogeotermalnih regionalnih cjelina u Federaciji Bosne i Hercegovine. Međutim, njihov potencijal nije prostorno ujednačen. Najperspektivnije zone vezane su za dublje strukturne dijelove, rubove i sjecišta rasjeda, zone spuštenih mezozojskih karbonata te područja gdje hidrogeohemija i geotermometrija zajedno ukazuju na prisustvo dublje, toplije i mineraliziranije komponente.

7.4.4 Ofiolitski masiv

Proteže se od Olova i Kladnja prema Tešnju. Šire područje ima specifičan geotektonski položaj: nalazi se u graničnoj zoni između Unutrašnjih i Vanjskih Dinarida. Gornji dio sliva Krivaje, uzvodno od Olova, odnosno slivna područja Bioštice i Stupčanice, u kojima se nalazi ležište cerusita, obuhvaćaju dijelove pračkog i drinskog paleozoika i njihovih rubnih struktura, kao i dio centralne ofiolitne zone Dinarida. Srednji i donji dijelovi sliva Krivaje pripadaju ofiolitnoj zoni (slika 1).

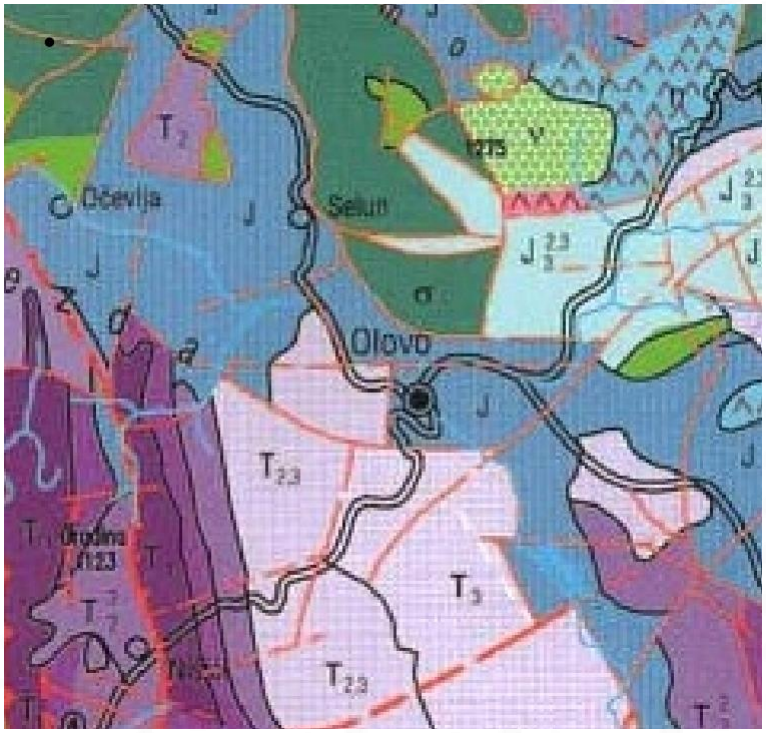
Paleozoik i njegove rubne strukture obuhvaćaju rubne dijelove građene pretežno od trijaskih i jurskih karbonatnih sedimenata, a na manjem području, u gornjem slivu Stupčanice, i od karbonskih stijena drinskog paleozoika. Karbonska kronostratigrafska jedinica predstavljena je serijom pješčenjaka, šejlova i vapnenaca.

Trijaska jedinica predstavljena je serijom pretežno karbonatnih sedimenata koji čine dio prostrane zone dinarskog pružanja, od Višegrada na jugoistoku do Vareša na sjeverozapadu. Trijaska jedinica obuhvaća donjotrijaske (T_1) i srednjotrijaske (T_2) formacije te nerazdijeljenu srednjo/gornjotrijasku ($T_{2,3}$) seriju. Donji trijas predstavljen je serijom pješčenjaka i vapnenaca. Srednjotrijaski i srednjo/gornjotrijaski sedimenti predstavljeni su serijom

vapnenaca s proslojcima dolomita. Vapnenci srednjeg i gornjeg trijasa su okršeni i lokalno sadrže rudne pojave cerusita.

Donjojurske i nerazdijeljene donjo/srednjojurske jedinice predstavljene su formacijom vapnenaca i dolomita. Ofiolitni kompleks predstavljen je masama ultramafita i jurskom dijabaz-rožnjačkom formacijom, koju čine šejlovi, pješčenjaci i rožnjaci.

Trijaski sedimenti i ofiolitni kompleks prekriveni su srednjo/gornjojurskim i krednim naslagama. Srednjo/gornjojurska jedinica sastoji se od serije vapnenaca, dolomita i klastita; jursko-kredna od klastita i vapnenaca; a gornjokredna od vapnenaca i dolomita.



Slika 7-8 Geološka karta Olova

Krečnjaci srednjeg trijasa u čelu durmitorske navlake imaju funkcije sekundarnog, a oni u podini jursko-krednog fliša primarnog akvifera termalnih voda. Tvorevine „dijabaz-rožnačke formacije" i jursko-krednog fliša imaju funkcije bočnih i krovinskih hidrogeoloških barijera. Cjelokupni ofiolitski kompleks više je puta bio zahvaćen pokretima alpske orogeneze što se odrazilo polifaznim tektonskim deformacijama.

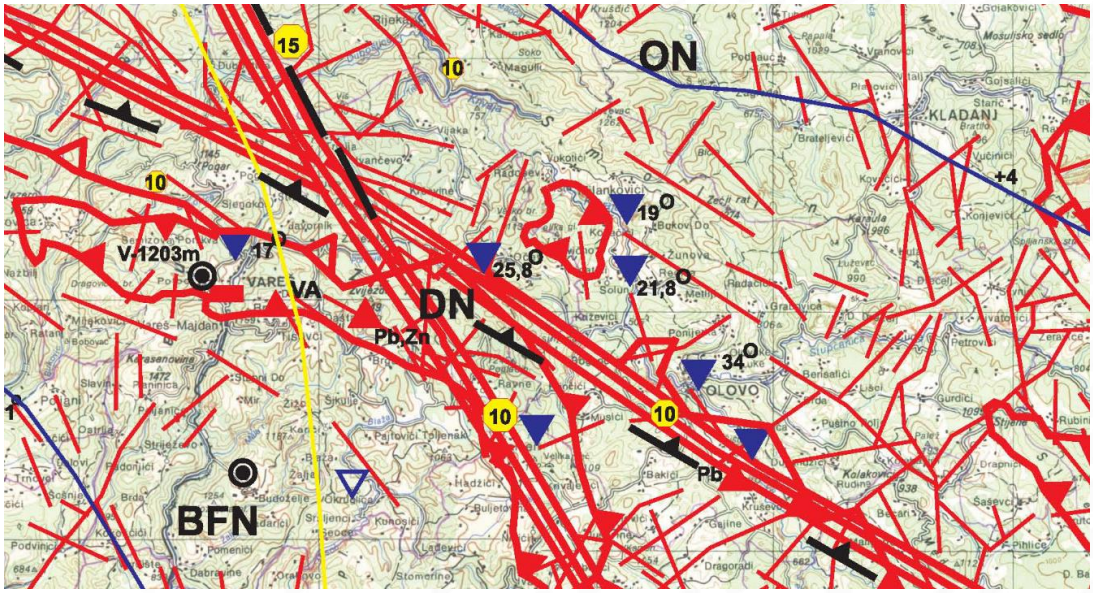
Tektonska razlomljenost ofiolitske zone omogućava infiltraciju i zagrijavanje voda, uz lokalno povišene mineralizacije Akviferske naslage imaju dobru vodoobilnosti i vodoprovodnost sa izvorima uzlaznog tipa izdašnosti oko 6,0 l/s.

Ispucale naslage „dijabaz-rožnačke formacije" imaju funkcije akvifera slabije vodoobilnosti sa izvorima izdašnosti manje od 0,1 l/s. Vodoprovodnost akviferskih naslaga je nešto veća u rasjednim zonama, a mineralni izvor se pojavljuju u zoni poprečnog rasjeda duž Raduške rijeke, odnosno njegovog ukrštanja sa uzdužnim rasjedom pružanja SZ-JI, nedaleko od kontakta dijabaz-rožnačke formacije i pretežno nepropusnog kompleksa oligomiocena.

Izvori viših temperatura nalaze se sjeverno od rasjeda, gdje se trijaske naslage nalaze u podini ofiolita. S južne strane rasjeda je pretpostavljen upoj voda i poniranje uz rasjed.

Značajni lokaliteti:

- Olovo (Zeleni vir 33°C; Banja 34°C; Solun 27°C)
- Tuzla – Toplica (24°C)
- Vareš (Očevija 25°C)
- Tešanj (22°C)



Slika 7-9 Tektonska karta Olova

Dio analiziranih voda karakterizira izostanak ili vrlo niska koncentracija SO_4^{2-}, što upućuje na odsutnost značajnijeg utjecaja sulfatnih/evaporitnih litologija ili oksidacije sulfida duž puta cirkulacije vode. Takav sastav najčešće je sukladan dominantnoj cirkulaciji kroz karbonatni vodonosnik, gdje hidrogeohemijski signal pretežito određuju otapanje kalcita i dolomita te razvoj HCO_3^- komponente.

Hemijske analize s druge strane pokazuju značajno odstupanje ionskog bilansa, približno -30 %, što ih čini nepouzdanim za detaljnu hidrohemijsku i geotermometrijsku interpretaciju. Na-K-Mg termometri nisu pouzdani, u iako su u nekim uzorcima iskazane visoke vrijednosti SiO_2, zbog lošeg ionskog bilansa nije moguće potvrditi da one predstavljaju stvarnu koncentraciju rastvorenog silicija. Stoga bi se SiO_2 geotermometri mogli koristiti samo kao orijentacioni pokazatelj, uz visoku nesigurnost.

Tabela 7-5 Izvori Olovo

KATASTARSKI BROJ	BUŠOTINA/KOPANI BUNAR/IZVOR	OPĆINA	Temp °C	Q (l/s)	pH	Mineralizacija (mg/l)	SiO_2 (mg/l)
258	SB-1 (B-1)	OLOVO	32,3	25,00	6,66	523,19	16
254	SB-2	OLOVO	35	5.00-7.00	7,2	424	

7.4.5 Mezozojski srednjobosanski masiv

Obuhvata mezozojske karbonatne sekvence na sjeveroistočnom obodu sarajevsko-zeničkog basena. Sarajevsko-zenički bazen je asimetrični ekstenzijski bazen smješten u Bosni i Hercegovini. Bazen je predstavljao najveće jezero u Dinarskom jezerskom sistemu, nizu intramontanskih depresija koje su postojale u području Dinarida tijekom ranog i srednjeg miocena. Bazen sadrži debeli slijed jezerskih vapnenaca, lapora i ugljena (De Leeuw i dr., 2012) čijoj podlozi se nalaze naslage paleozojske i mezozojske starosti.

Paleozojske stijene izgrađene su od silursko-devonskih (S, D) i gornjopermskih (P_3) metamorfita. Silursko-devonske naslage predstavljene su kvarc-sericitnim škriljavcima. Gornjopermske naslage predstavljene su konglomeratima, pješčenjacima, šejlovima i, najvjerojatnije kao i u drugim dijelovima srednjobosanskih škriljavih planina, laporovitim vapnencima sa slojevima i lećama gipsa. Gornjopermske naslage transgresivno naliježu preko silursko-devonskih formacija. Debljina slojeva gipsa kreće se u rasponu od 30 do 40 m.

Mezozojski sedimenti uglavnom su predstavljeni jursko-krednim sedimentima, gornjokrednim flišem i trijaskim vapnencima (Hajdarević, 2012). Srednjotrijaski sedimenti nalaze se na jugozapadnom rubu bazena. Te naslage čine približno 200 m debeli masivni dolomiti, dolomitizirani vapnenci i vapnenci. Jursko-kredni fliš predstavlja veliki dio flišnog kompleksa izgrađenog od lapora, pješčenjaka i šejlova, te dijelom brečastih vapnenaca. Ukupna debljina ove stratigrafske zone iznosi oko 600 m.

Sedimenti gornje krede sastoje se od cenomansko-turonskog ($K_2^{1,2}$) i turonsko-senonskog ($K_2^{2,3}$) fliša, izgrađenog od vapnenačkih breča, vapnenaca, pjeskovitih vapnenaca, glina i pješčanih rožnjaka, raznolikih vapnenaca…

Naslage trijasa, najvjerovatnije i permotrijasa, u podini jursko-krednog fliša imaju funkcije primarnog akvifera termomineralnih voda. Krečnjaci turon-senona imaju funkcije sekundarnog akvifera termomineralnih, te primarnog akvifera običnih hladnih voda. Naslage jursko-krednog fliša i donjeg miocena imaju funkcije krovinskih hidrogeoloških barijera. Akviferske naslage imaju dobru vodoobilnosti, te naročito visoku vodoprovodnost u rasjednim zonama, sa izvorima uzlaznog tipa izdašnosti 1-10 l/s.Termomineralne vode javljaju se u trijaskim karbonatima.

Posljedično Piperov dijagram analiziranih voda područja Tičića pokazuje dominantan karbonatni hidrogeohemijski okvir. Većina uzoraka u kationskom trokutu pripada kalcijskom do kalcijsko-magnezijskom tipu, što upućuje na interakciju voda s vapnencima i dolomitima. U anionskom sastavu prevladava hidrokarbonatna komponenta, zbog čega se dio uzoraka može svrstati u kalcijsko-magnezijsko-hidrokarbonatni tip voda.

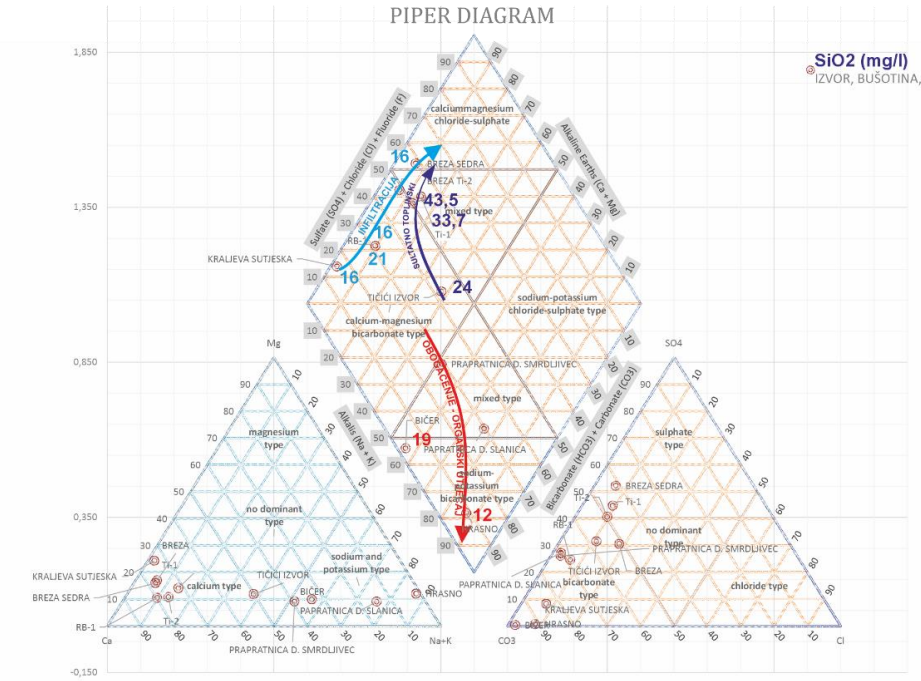
Uzorci Ribnica, Breza, Ti-1 i Ti-2 pokazuju obilježja voda vezanih uz karbonatni vodonosnik, pri čemu Ti-1 i Ti-2 imaju izraženiji sulfatni signal. Povećani udio sulfata može upućivati na utjecaj sulfatnih ili evaporitnih litoloških komponenti, oksidaciju sulfida ili lokalne razlike u putu cirkulacije vode.

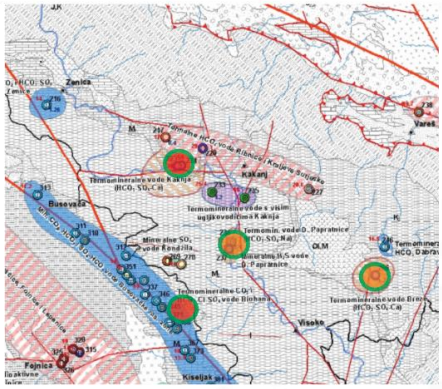
Uzorci Prapratnica Kakanj i Prapratnica Slanica odstupaju od tipičnog kalcijskog karaktera i pokazuju pomak prema natrijsko-kalijskom sastavu. Takav položaj na dijagramu može

upućivati na dulje vrijeme zadržavanja vode u podzemlju, ionsku izmjenu ili miješanje s hidrogeohemijski razvijenijom komponentom. Prema tome, analizirane vode ne predstavljaju jedinstven hidrogeohemijski tip, nego odražavaju različite stupnjeve cirkulacije i interakcije voda sa stijenama unutar karbonatnog sistema.

Piperov dijagram potvrđuje da su vode područja Tičića dominantno vezane uz karbonatni vodonosni sistem mezozojskog Srednjobosanskog masiva, ali uz lokalne razlike koje se očituju u povećanom sulfatnom signalu pojedinih uzoraka i u natrijsko-kalijskom pomaku voda Prapratnice, što može upućivati na hidrogeohemijski razvijeniji signal u odnosu na tipične kalcijsko-hidrokarbonatne vode karbonatnog vodonosnika.

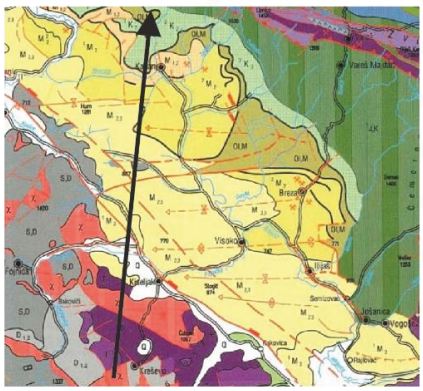
Položaj uzoraka Prapratnica Kakanj i Prapratnica Slanica na Piperovu dijagramu može se povezati s njihovim strukturnim položajem unutar Sarajevsko-zeničkog bazena. Budući da se Prapratnica nalazi u dijelu bazena gdje su karbonatne naslage dublje položene, pomak voda prema natrijsko-kalijskom i miješanom hidrogeohemijskom tipu može upućivati na dulje vrijeme zadržavanja vode, intenzivniju interakciju vode sa stijenama i moguću komunikaciju s dubljim dijelovima karbonatnog vodonosnog sistema.

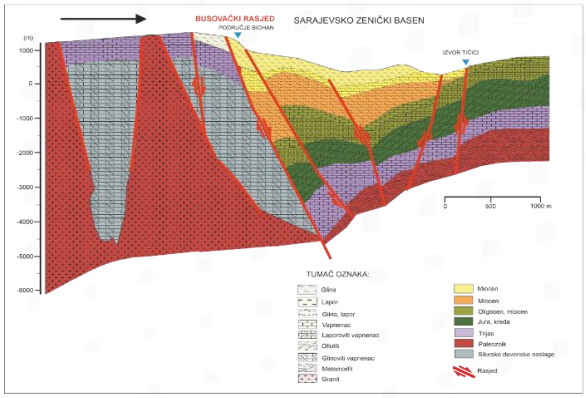




KATASTARSKI BROJ	BUŠOTINA/KOPANI BUNAR/IZVOR	Temp °C	Q (l/s)	pH	Mineralizacija (mg/l)	SiO_2 (mg/l)
223	IT-1 Tičići	54	35	6,9	1312	43,5
224	IT-2 Tičići	39	22	6,7	1262	33,7
219	RB-1 Ribnica	28	27	6,7	740	25
221	RB-2 Ribnica	30	45	7	789	16
265	SEDRA - IZVOR IZNAD PRUGE	19,2	11	6,67	1072,85	

KAT. BROJ BUŠOTINA/ KOPANI BUNAR	Kalcedonski geotermometar (°C)	Na/K/Ca corr.	Komentar
223 IT-1	64,5	**59,2**	Izmjerena temperatura nešto niža, prihvaćeno 60 oC za lokalitet
224 IT-2	54,9	**58,6**	
219 RIBNICA KAKANJ	35,1	47,4	
264 BREZA VRELO	12,7	36,6	
PRAPRATNICA		**30,48**	Moguć utjecaj dubljeg sistema





Slika 7-10 Geohemijski kompozit Tičići Ribnica

Površinske geotermalne pojave predstavljaju indikatore moguće dubinske hidrogeotermalne cirkulacije, ali ne i izravan dokaz dubljeg ležišta; za potvrdu koncepta potrebno je provesti dodatna geofizička mjerenja radi definiranja dubinske građe, vodonosnika i rasjednih zona.

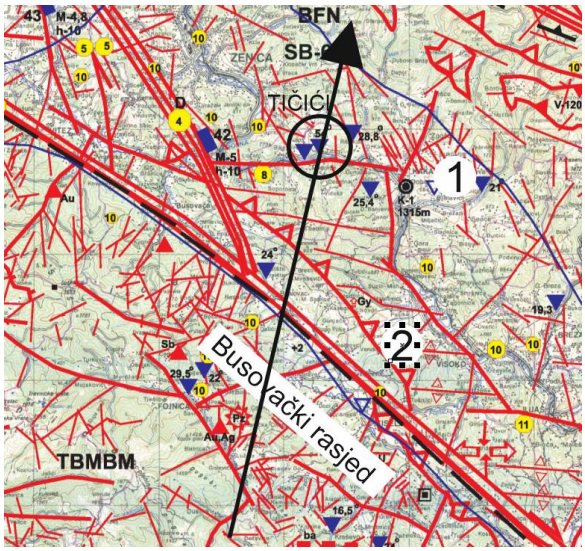
Temperatura izvora Ti-2 od 56°C ukazuje na povoljne uslove za širu energetsku valorizaciju. Geotermalni model basena s analizom upojnog sistema omogućio bi otvaranje mogućnosti zahvaćanja vodonosnika viših temperatura. Asimetričnost basena upućuje na veće temperature unutar primarnih vodonosnika u smjeru busovačkog rasjeda.

Getermalna zona gdje bi bilo moguća zahvatiti ležišta većih temperatura pretpostavlja se u zoni između normalnog rasjeda u blizini izvora Tićiči (1) i navlačnog rasjeda (2) prikazano na Seizmotektonskoj karti FBiH.

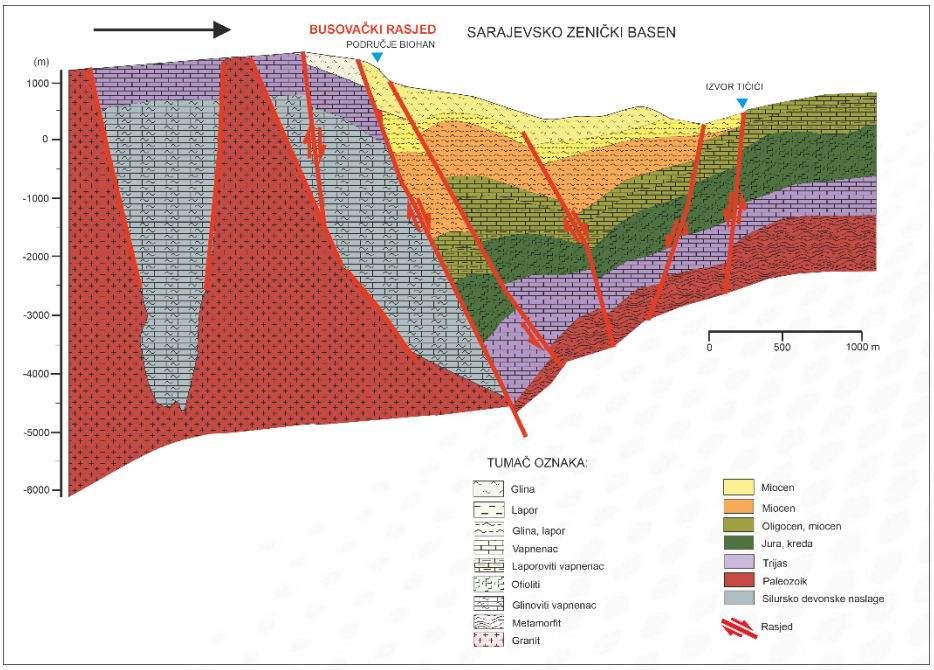
Skica mogućeg razvoja naslaga prikazana je na profilu. Geohemijska analiza vode lokaliteta 436 Biohan, DB-1, koji je obrađen analizom Busovačkog rasjeda, uključujući geotermometre, indiciraju postojanje znatno viših temperatura na južnom obodu asimetričnog bazena. Izvor je visoko mineraliziran (15673 mg/l), sadrži znatne količine CO_2 (1130 mg/l). Mineralna voda je infiltracionog porijekla mada se ne isključuje i učešće manjeg procenta sedimentacionih voda. Padavine se infiltriraju u akvifer koji ima relativno malu dubinu zalijeganja. CO_2 u pripovršinske dijelove terena dolazi duž Busovačkog rasjeda; zajedno sa vodom akumulira se u akviferu ili se u vidu mofeta pojavljuje na površini terena.

Količina gasa je znatno veća od količine vode što mjestimično uzrokuje pojavu mofeta plina. CO_2 je, prema Miošić N., najvjerovatnije, termometamorfan nastao u katalizi djelovanjem SiO_2 na karbonate u dubljim dijelovima Sarajvesko-zeničkog bazena.

Tako zona Tičići Biohan predstavlja pozitivnu indikaciju postojanja dubljeg geotermalnog ležišta razvijenog u mezozojskim karbonatima povišenih temperatura gdje se otvara mogućnost više energetske upotrebe geotermalne vode. Dodatni geofizički radovi preduvjet su daljnjih analiza.



Slika 7-11 Seizmotektonska karta Tičići



Slika 7-12 Shematski prikaz presjeka kroz Sarajevsko zenički basen

7.4.6 Srednjebosanski paleozojski masiv

Prostire se od Tarčina do Jajca. Geološku osnovu čine paleozojski metamorfiti i trijaske karbonatne formacije. Ovaj region ima dugu tradiciju balneološkog korištenja.

Najstarije stijene Srednjobosanskih škriljavih planina predstavljene su predvariscijskim metamorfitima, uglavnom filitima, tinjčastim škriljavcima, metabazitima, amfibolitima i gnajsevima. Smatraju se pretežno ordovicijske, odnosno kambrijsko-ordovicijske starosti. Metamorfizam je vezan uz kasni ordovicij i odvijao se uglavnom u uslovima facijesa zelenih škriljavaca, lokalno do epidot-amfibolitskog facijesa, pri temperaturama oko 400–500 °C i tlakovima 4–5 kbar.

Silurske stijene čine niskometamorfne metaklastične serije s filitima, kvarcitima, muskovitno-kloritnim škriljavcima, kalcitnim filitima i lokalnim metavulkanitima. Metamorfizirane su pri približno 350–400 °C i 300–400 MPa. Devonske naslage predstavljaju uglavnom grebenski vapnenci, dolomiti i mramori, dok donji karbon čine pješčenjaci, šejlovi i klorit-sericitni škriljavci. Od kraja donjeg karbona do gornjeg perma prevladavali su kopneni uslovi. Variscijske magmatske stijene u području Srednjobosanskih škriljavih planina predstavljene su uglavnom riolitima, metariolitima, kvarc-porfirima, metakvarc-porfirima i albitnim riolitima. One imaju leukogranitski, kiseli karakter i uglavnom su vezane za silursko-devonske do karbonsko-permske magmatske faze. Njihov hemijski sastav, s povišenim inkompatibilnim elementima, upućuje na korijensko, odnosno kontinentalno-korino porijeklo magme.

Značajni lokaliteti:

- Fojnica (30°C)
- Bugojno (27°C)
- Kiseljak (18°C)

- Lepenica (24°C)

Prema N. Miošiću (2000.) primarni akviferi termomineralnih voda u Bugojnu bi mogli biti u trijaskim i permskim pukotinskim stijenama, a moguće i dubljim horizontima silura i devona, ali se cirkulacija voda vrši i kroz leće ili naslage evaporita u permo trijaskim sedimentima.

Geotermalna ležišta razvijena su u naslagama mermera, te mermeriziranih krečnjaka i dolomita silur-devona čija debljina dokazana bušotinom FB-1 iznosi preko 200 m. Paleozojski metamorfiti, klastiti i vulkaniti pretežno imaju funkcije hidrogeoloških barijera čija se propusnost, u određenoj mjeri, povećava u zoni rasjeda. Karbonati devona imaju funkcije akvifera običnih voda u kojima se u okolini Fojnice pojavljuju snažna kraška vrela.

Akvifer termalnih voda karakterizira dobra propusnost, usporena vodozamjena i cirkulacija, a izvore termalne vode male oscilacije izdašnosti i približno konstantan fiziko-kemizam vode.

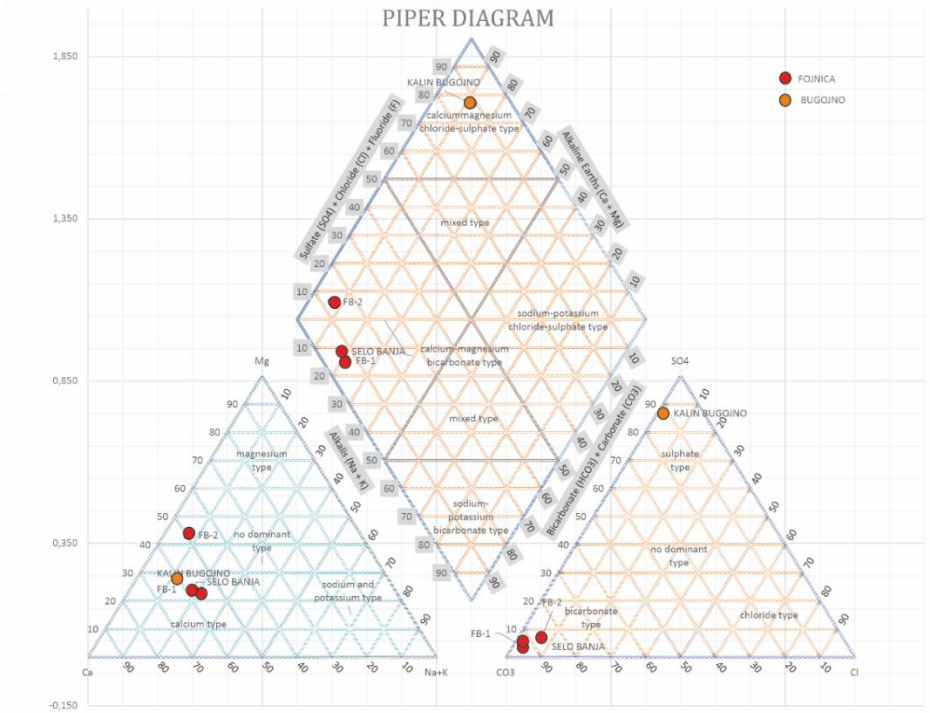
Geohemijski su analizirani lokaliteti Fojnice i Bugojna sa cjelovitim geohemijskim analizama. Piperov dijagram pokazuje da uzorci ne pripadaju jednom jedinstvenom vodonosnom sistemu, nego različitim litološkim i tektonskim sredinama.

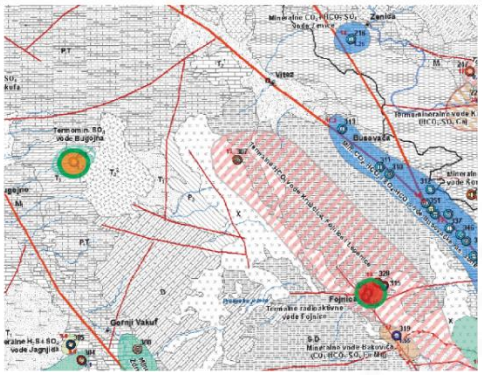
Lokaliteti u Fojnici Selo Banja i FB-1 nalaze se blizu bikarbonatnog polja na anionskom trokutu, a na kationskom trokutu imaju izražen Ca–Mg karakter. U centralnom rombu padaju prema području calcium–magnesium bicarbonate type.

To upućuje na vode koje su najvjerovatnije vezane za karbonatno okruženje, odnosno cirkulaciju kroz krečnjake i/ili dolomite. Njihov hemijski sastav odgovara relativno plitkoj do srednje dubokoj karbonatnoj cirkulaciji, bez jakog uticaja hloridne ili sulfatne mineralizacije.

FB-2 je nešto pomjeren prema miješanom tipu, ali i dalje pokazuje značajan karbonatni uticaj.

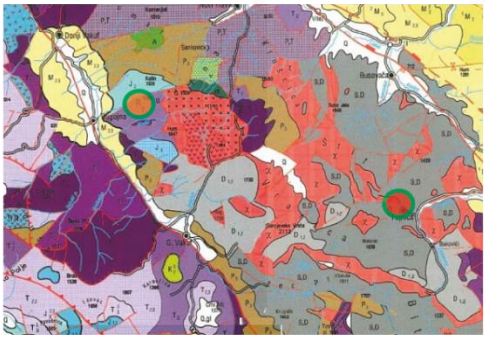
Lokalitet KALIN u Bugojnu jasno se izdvaja. Na anionskom trokutu nalazi se blizu sulfatnog vrha, dok na kationskom trokutu ima dominantan Ca–Mg sastav. U centralnom rombu pada prema calcium–magnesium chloride-sulphate type. To znači da je voda kationski vezana za karbonatni sistem, ali je anionski snažno modificirana sulfatnom komponentom.

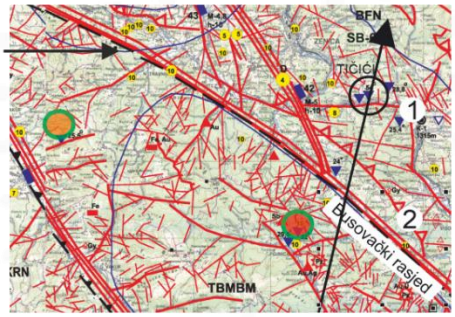




KATASTARSKI BROJ	BUŠOTINA/KOPANI BUNAR/IZVOR	Temp °C	Q (l/s)	pH	Mineralizacija (mg/l)	SiO_2 (mg/l)
325	FB-1	30	20,00	7,1	500	25,6
427	SELO BANJA	28,9	N/A	8	483	24,1
293	KALIN BUGOJNO	25	1	7,75	1192	
326	FB-2 BANJA FOJNICA	22	200,00	7,7	233	12

KAT. BROJ BUŠOTINA/KOPANI BUNAR	K/Mg Giggenbach 1986 (°C)	Kalcedon (°C)	Komentar
FB-1	30	41	Usklađeni
SELO BANJA	17	39	
FB-2 BANJA FOJNICA	18	13	
KALIN BUGOJNO	30	28	Usklađeni





Slika 7-13 Srednjebosanski paleozojski masiv

7.4.7 Srednjobosanski mezozojski basen

Obuhvata jugoistočni obod sarajevsko-zeničkog basena.

Najznačajniji lokalitet:

- Ilidža – Sarajevo (58°C)

Ilidža predstavlja hidrogeotermalni sistem sa najvećim balneološkim i energetskim značajem u centralnoj Bosni. Temperatura od 58°C ukazuje na dubinsku cirkulaciju i povoljan geotermalni gradijent.

Miošić (1982) je termomineralne vode Ilidže svrstao u hidrogeološku strukturu koju je nazvao „arteški bazeni i međugorske depresije", s pojavama termomineralnih voda atmosfersko-jezersko-kontinentalnog porijekla.

U području Ilidže prevladavaju mezozojske i kenozojske naslage. Paleozojske naslage ne izdanjuju na površini, ali su spuštene u dublje dijelove terena. Predstavljene su permsko-trijaskim sedimentima: konglomeratima, glinama, pješčenjacima i šupljikavim vapnencima, uz leće gipsa i anhidrita. Njihova prisutnost u bazi trijaskog Igmanskog kompleksa ima važnu ulogu u formiranju i održavanju režima podzemnih voda na ovom području.

Mezozojske naslage uključuju različite sedimentne i flišne stijene trijaske i kredne starosti. Trijas je zastupljen donjim, srednjim i gornjim trijasom. Donji trijas čine pijesci, gline i lapori u nižim dijelovima, te lapori i vapnenci u višim dijelovima. Srednji trijas dominira u strukturama Igmana i sastoji se od anizijskih vapnenaca i dolomita, lapora i tufitičnih pješčenjaka. Srednjo-gornjotrijaske naslage građene su od vapnenaca, djelomično dolomita, dok gornji trijas pretežno čine vapnenci.

Gornjokredni fliš sastoji se od lapora, pješčenjaka, breča, kalkarenitnih vapnenaca i brečastih vapnenaca.

Kenozoik je predstavljen neogenskim i kvartarnim sedimentima. Miocenske naslage čine pretežno gline, s izmjenama lapora, pješčenjaka i ugljena. Pleistocenske i holocenske naslage čine kvarcni sedimenti. Pleistocenski sedimenti Sarajevskog bazena sastoje se od vapnenaca, glina i sitnih pijesaka.

Perma Vlahović and Skopljak, (2019.) visokopropusne stijene s pukotinskom poroznošću predstavljene su permsko-trijaskim i srednjotrijasko-ladinijskim naslagama. Visokopropusne stijene s kavernozno-pukotinskom poroznošću čine vapnenci i anizijski dolomiti srednjo-gornjotrijaske i gornjotrijaske starosti. Na visoku propusnost upućuje prisutnost brojnih podzemnih krških pojava, uključujući krška vrela s izdašnostima većim od 100 l/s, velike razlike između minimalnih i maksimalnih izdašnosti izvora te visoki koeficijenti istjecanja krških izvora.

Izvor termomineralnih voda Ilidže nalazi se upravo u tim trijaskim karbonatnim stijenama.

Nepropusne stijene obuhvaćaju pretežno nepropusne komplekse, a mjestimično i potpuno nepropusne stijene. Pretežno nepropusni kompleksi predstavljeni su donjotrijaskim klastitima te jursko-krednim i gornjokrednim flišnim klastičnim naslagama. One imaju ulogu hidrogeološke barijere.

Potpuno nepropusne stijene čine glinovite miocenske naslage, koje djeluju kao hidrogeološka krovinska barijera.

Skopljak i Čičić (2006) naveli su da se primarni vodonosnik termomineralnih voda Ilidže nalazi u naslagama permsko-trijaskog gipsa i anhidrita. Skopljak (2006) je zaključio da je temperatura termomineralnih voda rezultat međudjelovanja dubine infiltracije oborinske vode i geotermalnog gradijenta, kao i statičkog pritiska u permsko-trijaskim lećama. Taj pritisak povezan je s diferencijacijom u sistemu Busovačkog rasjeda te s dinamičkim faktorima kretanja i uzdizanja termomineralnih voda kroz porozne stijene pod visokim pritiskom.

Skopljak i Vlahović (2011) utvrdili su da su termomineralne vode krajnjeg jugozapadnog ruba Zeničko-sarajevskog bazena.

Termomineralne vode Ilidže potječu iz sistema povezanog s permsko-trijaskim gipsnim naslagama, a akumuliraju se i provode kroz trijasko karbonatno okruženje, posebno vapnence i dolomite. Najvažniji vodonosnici su plitki aluvijalno-karbonatni sistemi i dublji krški vodonosnik potvrđen bušotinom IB-10 na dubinama 355–1100 m. Izdašnosti su značajne, od oko 10 l/s do 100 l/s, a dio voda je arteški.

Piper za Ilidžu – Sarajevo pokazuje prilično jasan hidrohemijski obrazac i dobro se uklapa u opisani geološko-hidrogeološki model Ilidže.

Uzorci se uglavnom nalaze u području Ca–Mg–HCO_3 do miješanog Ca–Mg–HCO_3–SO_4 tipa, što upućuje na dominantan uticaj karbonatnih stijena — prije svega trijaskih krečnjaka i dolomita Igmanskog kompleksa.

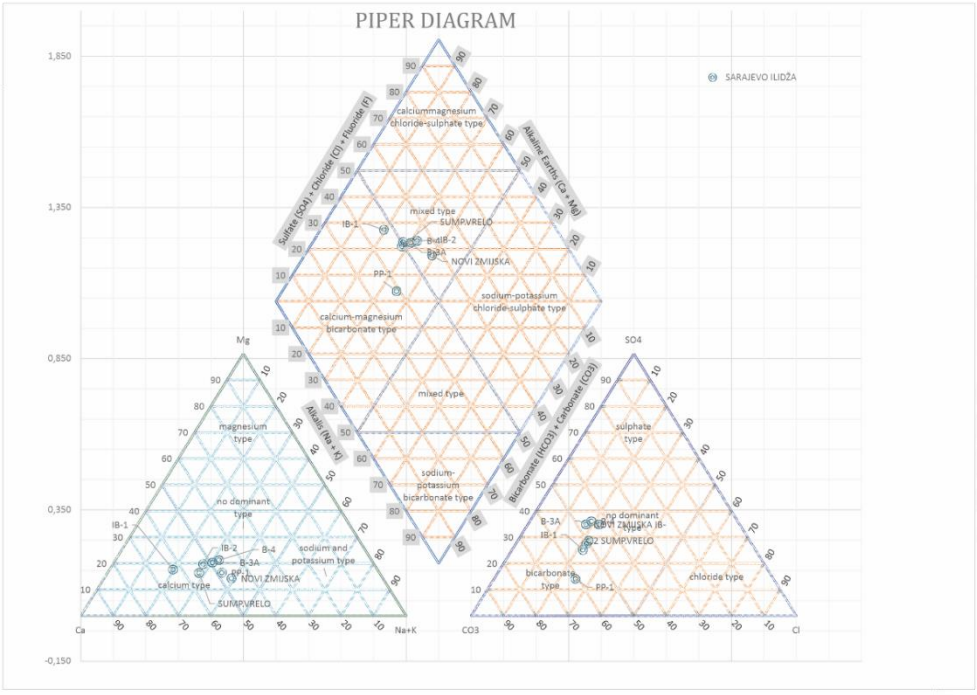
Na kationskom trokutu uzorci su bliže Ca i Mg strani, a ne Na+K vrhu. To znači da vode nisu tipične duboke Na–Cl slanice, nego imaju jasan karbonatni potpis.

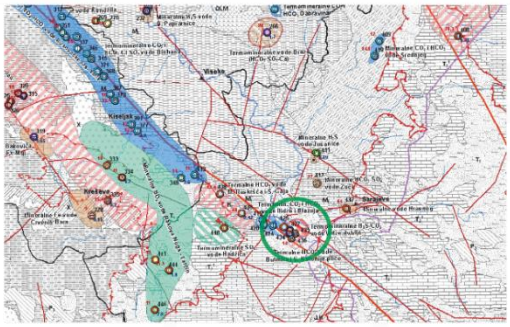
Na anionskom trokutu vidi se dominacija HCO_3, uz određeni pomak prema SO_4 kod dijela uzoraka. Taj sulfatni doprinos je važan jer se dobro uklapa u literaturno tumačenje da su termomineralne vode Ilidže povezane s permsko-trijaskim gipsno-anhidritnim naslagama i trijaskim karbonatima.

Piperov dijagram podržava model prema kojem vode Ilidže nisu samo obične plitke aluvijalne vode, nego predstavljaju sistem u kojem se miješaju ili hidraulički povezuju:

- trijaski karbonatni vodonosnici — krečnjaci i dolomiti;
- permsko-trijaski evaporiti — gips i anhidrit, koji daju sulfatni signal;
- kvartarni aluvijalni sedimenti — kroz koje voda može izbijati ili se lokalno akumulirati;
- dublji krški vodonosnik potvrđen bušotinom IB-10.

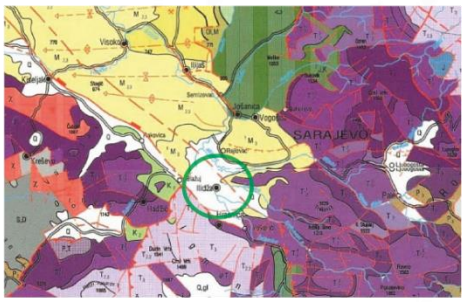
Zato se hidrohemijski tip može opisati kao karbonatno-bikarbonatni sistem sa sulfatnom modifikacijom. Vode su više vezane za karbonatno-evaporitni sistem, što je u skladu s modelom u kojem termomineralne vode nastaju u kontaktu trijaskih karbonata i permsko-trijaskih gipsno-anhidritnih naslaga.

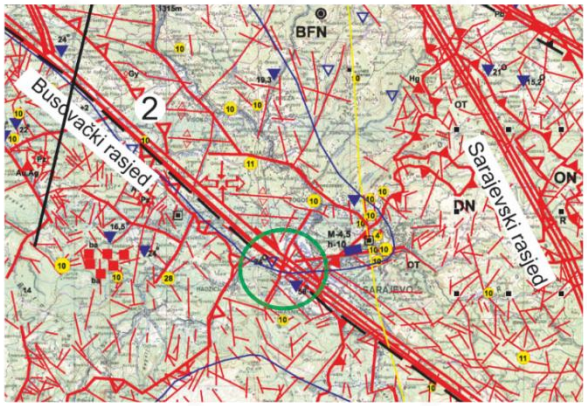




KATASTARSKI BROJ	BUŠOTINA/KOPANI BUNAR/IZVOR	Temp °C	Q (l/s)	pH	Mineralizacija (mg/l)	SiO_2 (mg/l)
432	IB-1	58	75,00	6,6	3057	50
427	IB-2	58	76.00-77.00	6,7	3176	53.4
431	PP-1	58	50,00	6,5	2733	47
429	B-3A	57	10.00-20.00	6,5	4140	42
433	B-4	57		6,8	3104	41
428	NOVI IZVOR ZMIJSKA STIJENA	32,9	<0.1	6,32	3483,86	
430	SUMPOROVITO VRELO	56,7	17,00		2997	

KAT. BROJ BUŠOTINA/KOPANI BUNAR	Na/K/Ca Mg corr. (°C)	K/Mg Giggenbach 1986 (°C)	Kalcedonski geotermometar (°C)	Komentar
IB-1	52,1	48,7	71,9	Jonski balans 26% - nepovoljan, kalcedonski termometar prihvaćen
IB-2	44,4	47,4	75,2	Jonski balans 23% - nepovoljan, kalcedonski termometar prihvaćen
PP-1	57,1	65,2	68,8	Jonski balans 30% - nepovoljan, kalcedonski termometar prihvaćen
B-3A	54,0	63,1	63,4	Jonski balans 27% - nepovoljan, kalcedonski termometar prihvaćen
NOVI ZMIJSKA	42,5	46,3		Jonski balans 23% - nepovoljan
SUMP.VRELO	42,5	46,3		Jonski balans 25% - nepovoljan
B-4	54,1	56,9		Jonski balans 23% - nepovoljan





Slika 7-14 Geohemijski kompozit Sarajevo – Ilidža

7.4.8 Paleozojski masiv jugoistočne Bosne

Najmanje istražen region u BiH. Jedino potvrđeno ležište:

- Prača (Čeljadinići, 20°C)

Voda je vezana za devonske naslage do 500 m dubine. Akvifer mineralne vode predstavljaju i naslage slabo propusne naslage donjeg karbona u kojima su registrirane rudne mineralizacije olova, cinka, antimona i dr.. Mineralni izvori izbija uz rasjede, uz diluvijalne akumulativne terase ili uz naslage permotrijasa.

Ležište Prače se nalazi na prelazu unutrašnjih i središnjih Dinarida BiH. Situirano je u zoni navlake, koju karakterizira navlačenje devonskih krečnjaka na donjokarbonske naslage, presječenom rasjedom Prače. U građi ležišta su krečnjaci donjeg i srednjeg karbona u izmjeni sa škriljcima, metapješčarima, glincima i rožnacima (C1,2), te krečnjaci devona (D).Primarni akvifer termalnih voda su, najvjerovatnije, krečnjaci gornjeg silura i donjeg karbona.

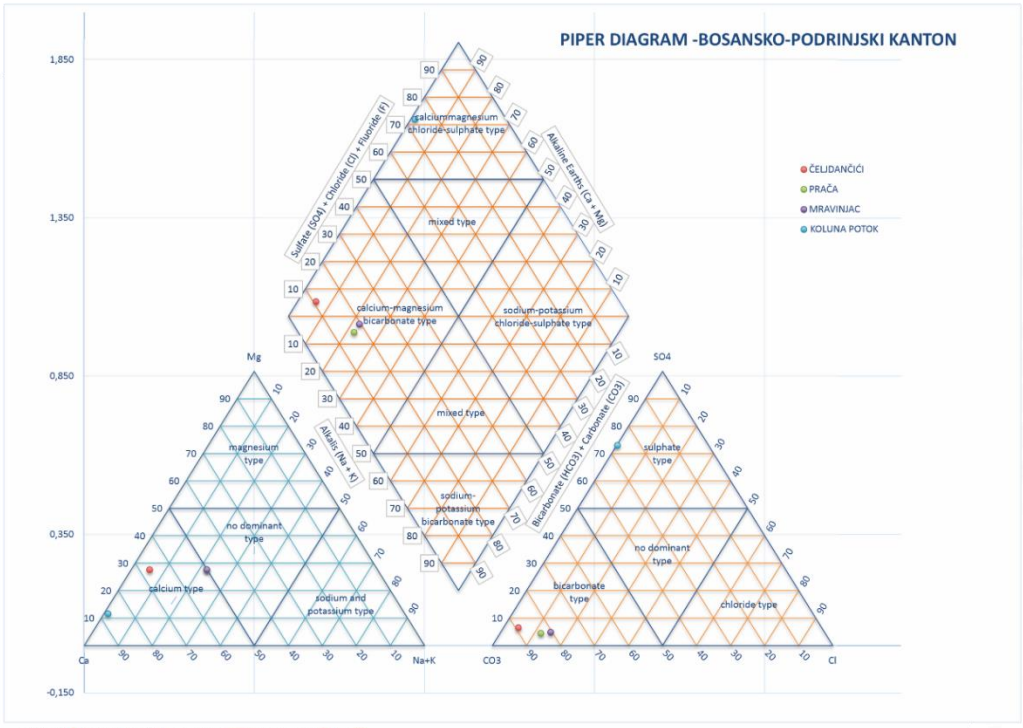
Nešto dalje u pravcu jugozapada i sjeveroistoka razvijeni su pješčari, konglomerati, krečnjaci i brče gornjeg perma (P3) u kojima može biti evaporita.

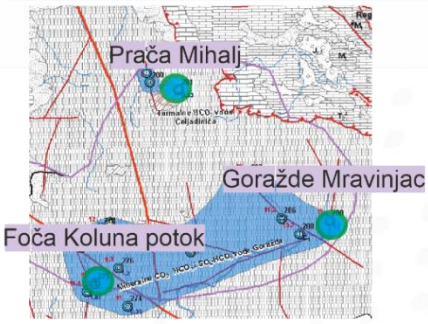
Akvifer mineralne vode u Pračam,a koji je je slabe vodoobilnosti, su orudnjeni siderično-ankeritični krečnjaci donjeg karbona. Mineralni izvor je sekundarnog tipa, a izbija na kontaktu krečnjaka i nepropusnih škriljaca karbona.

Analizirani lokaliteti u području Bosansko-podrinjskog kantona pokazuju hidrohemijske karakteristike tipične za plitke karbonatne vodonosnike. Piperov dijagram svrstava uzorke pretežno u Ca–Mg–HCO_3 tip voda, što ukazuje na dominantnu cirkulaciju kroz krečnjake i dolomite, bez jasnog signala duboke mineralizirane ili termalne komponente.

Izmjerene temperature su niske, uglavnom između približno 11 i 16 °C, dok geotermometrijski pokazatelji daju vrijednosti od oko 22–25 °C. Takvi rezultati ne ukazuju na postojanje značajnijeg geotermalnog rezervoara. Iako je područje strukturno rasjednuto, rasjedi vjerovatno omogućavaju lokalnu cirkulaciju podzemnih voda, ali ne pokazuju vezu s dubljim uzlaznim termalnim tokom.

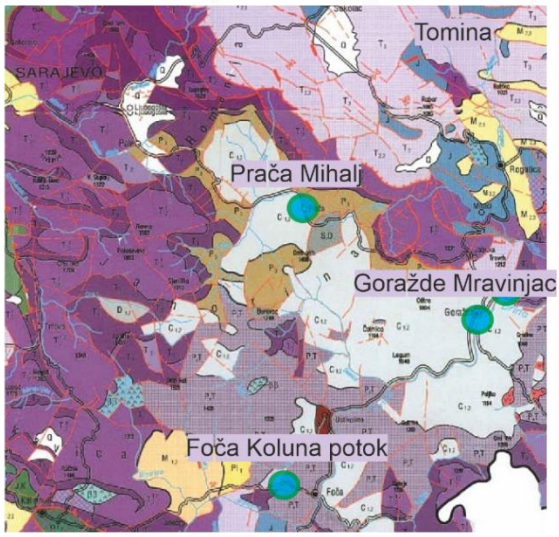
Na osnovu dostupnih hidrohemijskih, temperaturnih i geoloških podataka, područje se može ocijeniti kao neperspektivno za geotermalnu eksploataciju viših temperatura. Eventualni potencijal može biti ograničen na vrlo niskotemperaturne primjene ili lokalne hidrogeološke resurse, ali ne na energetski značajan geotermalni sistem.

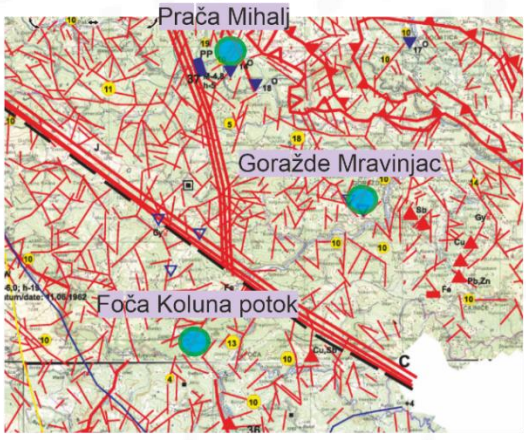




KATASTARSKI BROJ	BUŠOTINA/KOPANI BUNAR/IZVOR	Temp °C	Q (l/s)	pH	Mineralizacija (mg/l)
284	PRAČA	14,5	0,10	6,2	2166
281	TOPLIK	18	50,00	7,5	420
271	KOLUNA POTOK	11,1	0,10	8	2802

KAT. BROJ BUŠOTINA/KOPANI BUNAR	Na/K/Ca Mg corr. (°C)	K/Mg Giggenbach 1986 (°C)	Komentar
TOPLIK 1	2,8	24,3	Ionski balans 16% - nepovoljan,
PRAČA -MIHALJ	19,2	22,8	Usklađeni geotrmometri
MRAVINJAC	21,4	25,3	Usklađeni geotrmometri





Slika 7-15 Geohemijski kompozit Paleozojski masiv jugoistočne Bosne

7.4.9 Geotermalne zone-zaključak

Na osnovu provedenog zoniranja može se zaključiti da geotermalni potencijal Federacije Bosne i Hercegovine nije ravnomjerno raspoređen, već je jasno kontrolisan tektonostratigrafskom građom, dubinom cirkulacije voda, prisustvom karbonatnih kolektora, evaporitnih sekvenci i aktivnih rasjednih zona. Najvažniji geotermalni sistemi vezani su za trijaske karbonatne komplekse, posebno krečnjake i dolomite, koji zbog pukotinske i kavernozno-pukotinske poroznosti predstavljaju glavne vodonosnike termalnih i termomineralnih voda. Ovaj zaključak posebno se potvrđuje u mezozojskim karbonatnim zonama sjeverozapadne Bosne, srednje Bosne, Ilidže i područja Tičića.

Hidrogeohemijski podaci i Piperovi dijagrami pokazuju da većina analiziranih voda ima karbonatni potpis, najčešće u obliku Ca–Mg–HCO_3 voda ili miješanih Ca–Mg–HCO_3–SO_4 tipova. Takav sastav ukazuje na dominantnu cirkulaciju kroz karbonatne vodonosnike, uz lokalne uticaje evaporita, sulfata, dubljih mineraliziranih voda ili miješanja s plićim infiltracionim vodama. Vode s izraženim Na–Cl ili Na–K–Cl/SO_4 karakterom izdvajaju se kao posebne hidrogeohemijske populacije i najčešće upućuju na dublju, mineraliziraniju komponentu ili kontakt s evaporitnim naslagama.

Najperspektivnije zone izdvajaju se u sjevernim arteškim basenima, posebno na području Domaljevca, gdje je zabilježena temperatura do 96 °C, te u centralnobosanskim karbonatnim sistemima, prije svega na lokalitetima Ilidža – Sarajevo i Tičići, gdje temperature od približno 56–58 °C ukazuju na povoljnije uslove za energetsku valorizaciju. U ovim zonama geološki položaj, hidrogeohemijski sastav, geotermometrijski pokazatelji i strukturni odnosi zajedno upućuju na mogućnost postojanja dubljih, toplijih vodonosnika u mezozojskim karbonatima.

S druge strane, područja s niskim izmjerenim temperaturama, slabim geotermometrijskim pokazateljima i dominantnim Ca–Mg–HCO_3 tipom voda, kao što su pojedini lokaliteti Bosansko-podrinjskog kantona, ukazuju uglavnom na plitku karbonatnu cirkulaciju bez jasnog signala dubokog termalnog sistema. Takve zone mogu imati lokalni hidrogeološki ili balneološki značaj, ali se ne mogu smatrati perspektivnima za razvoj energetskih geotermalnih projekata viših temperatura.

Posebnu pažnju treba posvetiti zonama gdje se preklapaju povoljni faktori: prisustvo spuštenih mezozojskih karbonata, rasjedne i navlačne strukture, hidrogeohemijski signal dublje mineralizirane komponente, povišene temperature izvora ili bušotina, te pozitivni geotermometrijski indikatori. Takve zone predstavljaju prioritet za dalja istraživanja. U tom smislu izdvajaju se Domaljevac, dijelovi područja Gradačca bliže rasjednim zonama, Tuzlanski bazen, Ilidža, Tičići–Biohan i pojedini segmenti mezozojskog masiva sjeverozapadne bosne.

Indikacije postojanja viših temperatura upućuju na potrebu analiza dubina basena te zona raspucanosti gdje bi se mogle raskriti zone višeg energetskog potencijala.

Zaključno, hidrogeotermalni potencijal Bosne i Hercegovine treba posmatrati kao strukturno i litološki kontrolisan resurs. Najveći potencijal imaju područja gdje su karbonatni kolektori spušteni u veće dubine, prekriveni hidrogeološkim barijerama i povezani s rasjednim zonama

koje omogućavaju uzlazno kretanje termalnih voda. Za pouzdanu procjenu rezervi i mogućnosti korištenja neophodna su

- reobrada postojećih geofizičkih podataka
- dodatna geofizička istraživanja,
- izotopne analize, ponegdje kvalitetnije hidrogeohemijske analiza s provjerom ionskog bilansa
- integrisano geološko-hidrogeološko i rezervoarsko modeliranje.

U pogledu prioriteta daljih istraživanja, zone višeg potencijala treba usmjeriti prema direktnoj upotrebi toplote, balneologiji, plasteničkoj proizvodnji, daljinskom grijanju i industrijskoj toploti, dok se mogućnost šire energetske upotrebe može razmatrati tek nakon potvrde izdašnosti, temperature, hemijske stabilnosti i održivosti eksploatacije.

U cjelini, hidrogeotermalni potencijal u BiH predstavlja značajan, ali nedovoljno iskorišten prirodni resurs, čija valorizacija zahtijeva integrisani pristup geologije, hidrogeologije, geotermike i energetskog planiranja.

7.4.10 Preliminarna procjena volumena vode u dubljim potencijalnim vodonosnicima

Proračun volumena vode izrađen je samo za odabrane lokalitete na kojima dostupni geološki, hidrogeološki, hidrohemijski, temperaturni i/ili geotermometrijski pokazatelji indiciraju mogućnost postojanja dubljih vodonosnika s višim temperaturama. Takvi lokaliteti izdvojeni su kao potencijalno perspektivni za širu energetsku upotrebu geotermalne vode, uključujući direktnu upotrebu toplote, daljinsko grijanje, industrijsku primjenu, a u slučaju potvrde dovoljnih temperatura, izdašnosti i rezervoarskih uslova, potencijalno i proizvodnju električne energije.

U ovu preliminarnu procjenu uključeni su lokaliteti Domaljevac, dublji dio Sarajevsko-zeničkog basena / područje Tičići–Biohan, potencijalno dublji dio Tuzlanskog basena i područje Male Kladuše. Za ove lokalitete pretpostavlja se mogućnost razvoja dubljih vodonosnih sistema, ali njihova geometrija, efektivna debljina, poroznost, temperaturni režim i proizvodni kapacitet još nisu dokazani istražnim bušenjem i ispitivanjem rezervoara.

Zbog nedostatka potvrđenih podataka o geometriji rezervoara, efektivnoj poroznosti, debljini vodonosnika i PVT karakteristikama fluida, deterministički proračun volumena vode bio bi nepouzdan i potencijalno pogrešno interpretiran. Zbog toga se za odabrane duboke, nedokazane vodonosne ciljeve predlaže probabilistički pristup metodom Monte Carlo.

Proračun procjenjuje mogući raspon volumena vode u pornom prostoru koristeći nesigurne ulazne distribucije za površinu vodonosnika, efektivnu debljinu rezervoara i efektivnu poroznost. Rezultate je potrebno prikazati kao vrijednosti P90, P50 i P10, te ih tumačiti isključivo kao preliminarnu procjenu volumena vode in place, odnosno vode sadržane u pretpostavljenom vodonosniku. Ovi rezultati ne predstavljaju dokazane iskoristive rezerve.

Ovaj pristup primjenjuje se samo na dublje potencijalne vodonosne sisteme kod kojih bi se mogla razmatrati upotreba viših temperatura. Metoda se ne primjenjuje kao procjena rezervi za plitke konvektivne izvorske sisteme, kod kojih je održivi kapacitet proizvodnje prvenstveno kontrolisan prihranjivanjem, propusnošću, povezanošću rasjednih zona i pritiskom u sistemu, a ne statičkim volumenom vode u vodonosniku.

Potvrđivanje ovih potencijalnih dubljih vodonosnih sistema zahtijevalo bi dodatne geofizičke radove, prije svega radi definiranja dubinske građe, geometrije potencijalnih vodonosnika, rasjednih zona, debljine rezervoarskih intervala i mogućih putova uzlazne cirkulacije termalnih voda. Tek nakon takvih istraživanja, te eventualnog istražnog bušenja i testiranja, bilo bi moguće pouzdanije procijeniti stvarni geotermalni kapacitet i iskoristive rezerve.

S obzirom na ograničenost dostupnih podataka i izostanak pouzdanih informacija o najvjerovatnijim vrijednostima ulaznih parametara, za potrebe preliminarne Monte Carlo procjene korištene su uniformne distribucije, uz izuzetak lokaliteta Domaljevac. Time se svakom parametru unutar definiranog minimalnog i maksimalnog raspona pridaje jednaka vjerovatnoća. Ovakav pristup je prikladan za screening fazu, jer ne uvodi prividnu preciznost niti pretpostavlja oblik distribucije koji nije podržan dostupnim podacima.

Volumena vode izračunat je po formuli:

$$V = A \times huk * n/g \times \phi / B_{wi}$$

Gdje je

A - površina područja;

H_{uk} - ukupna debljina vodonosnika;

n/g - odnos protočne i ukupne debljine;

B_{wi} - volumni faktor za vodu

Domaljevac

Za lokalitet Domaljevac površina potencijalnog vodonosnika razvijenog u naslagama trijaskih dolomita procijenjena je scenarijski, na osnovu prostornog odnosa postojeće bušotine, dostupnih strukturnih indikacija i regionalne geološke interpretacije. U Monte Carlo proračunu korištena je trokutasta distribucija površine, s minimalnom vrijednošću od 14 km², najvjerovatnijom vrijednošću od 42 km² i maksimalnom vrijednošću od 61 km². Minimalni scenarij obuhvata zonu oko postojeće bušotine, srednji scenarij širi dio područja vezanog uz bušotinu Do-1, dok maksimalni scenarij uključuje i dodatnu potencijalnu površinu izdvojenog dijela područja.

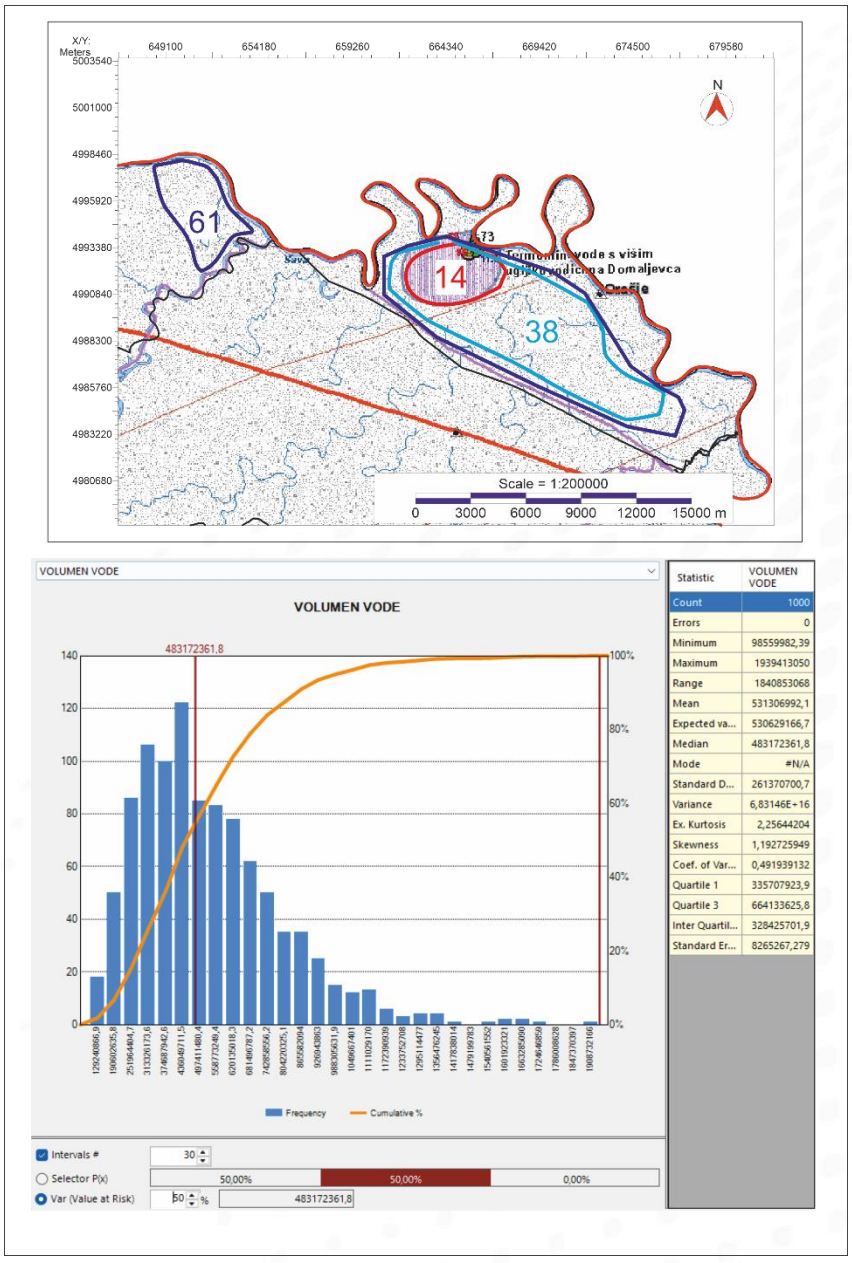
Debljina je varirana od minimalnih 200 m do maksimalno 500 m.

Odnos efektivne, protočne i ukupne debljine varira od 0,2 do 0,5.

Poroznost je iskazana za ukupnu primarnu i sekundarnu poroznosti i iznosi od 0,08 do 0,15.

Varijacije Bwi su minimalne od 0,95 do 1,05.

Volumen geotermalne vode varira(P50) iznosi 48,317 km^3.



Slika 7-16 Proračun volumena geotermalne vode - Domaljevac

Tuzla

Za lokalitet Tuzla površina potencijalnog vodonosnika razvijenog u naslagama podloge kenozoika procijenjena je scenarijski, na osnovu dostupnih strukturnih indikacija i regionalne geološke interpretacije. U Monte Carlo proračunu korištena je uniformna distribucija površine, s minimalnom vrijednošću od 11 km² i maksimalnom vrijednošću od 72 km². Minimalni scenarij obuhvata zonu oko bušotine Tu-1, dok maksimalni scenarij uključuje i dodatnu potencijalnu površinu izdvojenog dijela područja.

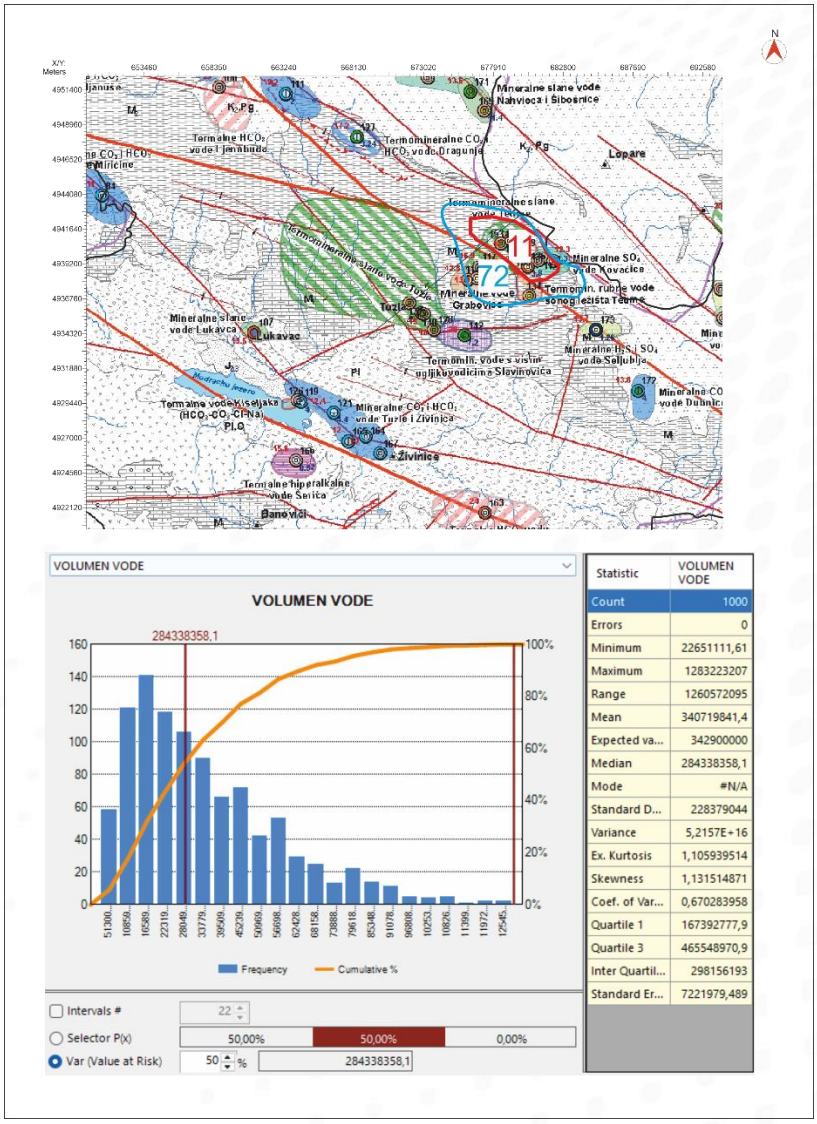
Debljina je varirana od minimalnih 100 m do maksimalno 500 m.

Odnos efektivne, protočne i ukupne debljine varira od 0,1 do 0,5.

Poroznost je iskazana za ukupnu primarnu i sekundarnu poroznosti i iznosi od 0,06 do 0,15.

Varijacije Bwi su minimalne od 0,95 do 1,05.

Volumen geotermalne vode varira(P50) iznosi 28,433 km^3.



Slika 7-17 Proračun volumena geotermalne vode - Tuzla

Kakanj

Za lokalitet Kakanj (Tičići-Biohan) površina potencijalnog vodonosnika razvijenog u naslagama podloge kenozoika, trijaskim dolomitima procijenjena je scenarijski, na osnovu dostupnih strukturnih indikacija i regionalne geološke interpretacije. U Monte Carlo proračunu korištena je uniformna distribucija površine, s minimalnom vrijednošću od 16 km² i maksimalnom vrijednošću od 56 km². Minimalni scenarij obuhvata zonu oko lokacije Tičići, dok maksimalni scenarij uključuje i dodatnu potencijalnu površinu izdvojenog dijela područja, gdje se očekuje raskrivanje vodonosnika na većim dubinama.

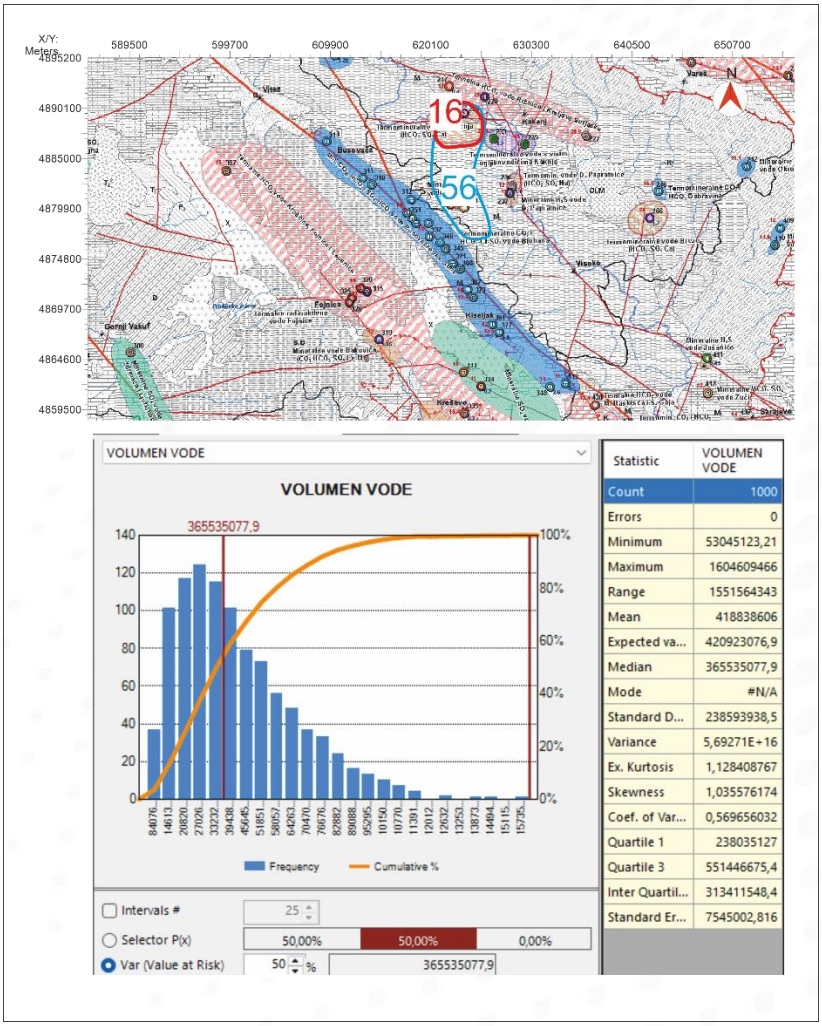
Debljina je varirana od minimalnih 200 m do maksimalno 600 m.

Odnos efektivne, protočne i ukupne debljine varira od 0,1 do 0,5.

Poroznost je iskazana za ukupnu primarnu i sekundarnu poroznosti i iznosi od 0,07 do 0,12.

Varijacije Bwi su minimalne od 0,93 do 1,02.

Volumen geotermalne vode varira(P50) iznosi 36,553 km^3.



Slika 7-18 Proračun volumena geotermalne vode - Kakanj

Mala Kladuša

Za lokalitet Mala Kladuša površina potencijalnog vodonosnika razvijenog u dubljim naslagama od onih nabušenih bušotinom VTK-1 procijenjena je scenarijski, na osnovu vrlo oskudnog seta podatak, pretežno temeljem regionalne geološke interpretacije. U Monte Carlo proračunu korištena je uniformna distribucija površine, s minimalnom vrijednošću od 5 km² i maksimalnom vrijednošću od 15 km². Minimalni scenarij obuhvata zonu oko lokacije bušotine VKT-1, dok maksimalni scenarij uključuje i dodatnu potencijalnu površinu izdvojenog dijela područja, gdje se također očekuje raskrivanje vodonosnika.

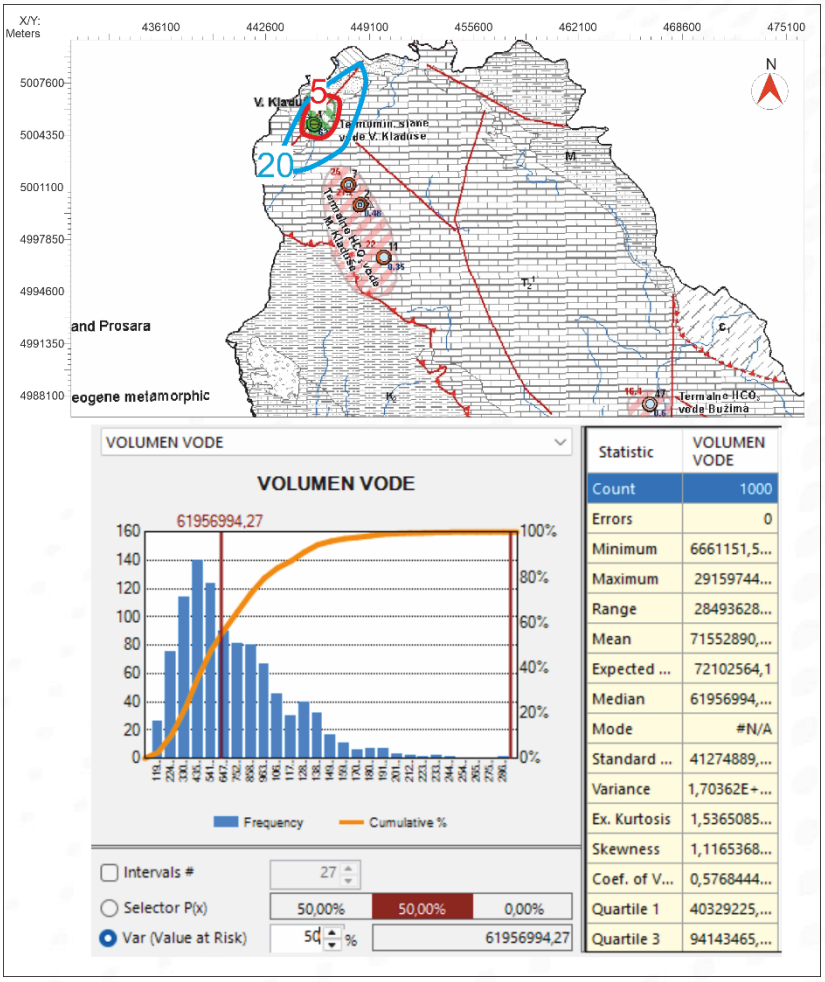
Debljina je varirana od minimalnih 100 m do maksimalno 300 m.

Odnos efektivne, protočne i ukupne debljine varira od 0,1 do 0,5.

Poroznost je iskazana za ukupnu primarnu i sekundarnu poroznosti i iznosi od 0,07 do 0,12.

Varijacije Bwi su minimalne od 0,93 do 1,02.

Volumen geotermalne vode varira(P50) iznosi 6,956 km^3.



Slika 7-19 Proračun volumena geotermalne vode - Kladuša

7.4.11 Regionalni energetski okvir do 3000 m i 3000- m

Obnovljivi energetski potencijal hidrogeotermalnih sistema Bosne i Hercegovine procijenjen je za model rada sistema bunara eksploatacije (1+1), koji podrazumijeva jednu eksploatacijsku i jednu upojnu bušotinu.

Procjene energetskog potencijala po dubinskim intervalima do 3000 m i 3000–5000 m predstavljaju regionalni teorijski okvir preuzet iz ranijih hidrogeotermalnih procjena. One služe za sagledavanje reda veličine ukupnog potencijala, ali se ne mogu neposredno tumačiti kao dokazane rezerve pojedinih lokaliteta bez dodatnih geofizičkih istraživanja, istražnog bušenja, testiranja izdašnosti i izrade rezervoarskog modela.

Proračuni su izvršeni za dvije dubinske zone:

- do 3000 m,
- od 3000 do 5000 m,

Na ukupnoj potencijalnoj površini od oko 26 200 km², koja obuhvata 9 hidrogeotermalnih regiona BiH. Prema tome ukupni potencijali, resursi i reserve hidrotermalnih sistema se mogu kategorisati prema procjenama N.Miošića po kategorijama (Miošić, 1995),

Energetski bilans hidrogeotermalnih sistema prikazan je kroz nekoliko kategorija:

Toplota u kolektoru (TUK) – ukupni primarni energetski potencijal akumuliran u stijenskom rezervoaru;
- Utvrđeni resursi – dio potencijala potvrđen geološkim i hidrogeološkim istraživanjima;
- Utvrđene rezerve – tehnički i ekonomski pristupačan dio resursa;
- Potencijalne rezerve – procijenjeni eksploatabilni dio uz određeni stepen neizvjesnosti;
- Snaga (MW za 100 godina) – ekvivalent kontinuirane snage tokom 100 godina eksploatacije.

Tabela 7-6 Hidrogeotermalni potencijali, resursi i rezerve Bosne i Hercegovine (Miošić, 1995)

Dubina (m) ↓	Toplota u kolektoru 10^6 TJ	Identificirani resursi, 10^6 TJ	Identificirane rezerve, 10^6 TJ	Moguće rezerve, 10^6 TJ	Snaga, MW sto godina
do 3,000	1428,1	385,5	191,75	125	$3,9x10^4$
3,000 – 5,000	1707,2	500,0	250,0	162,5	$5,2x10^4$
UKUPNO	3135,3	885,5	441,75	287,5	$9,1x10^4$

Ukupna toplota u kolektoru (TUK) iznosi približno:

- $1,4 \times 10^9$ TJ do 3000 m dubine,
- $1,7 \times 10^9$ TJ u intervalu 3000–5000 m.

Ukupne moguće rezerve iznose oko $287,5 \times 10^6$ TJ, što odgovara kontinuiranoj snazi od približno $9,1 \times 10^4$ MW tokom 100 godina. Ove vrijednosti ukazuju na značajan potencijal za dugoročnu proizvodnju toplotne, ali i električne energije u dubljim i toplijim sistemima.

Regionalna raspodjela potencijala

Raspodjela toplote u kolektoru (TUK) i mogućih rezervi (PR) za devet hidrogeotermalnih regiona pokazuje izražene razlike u energetskom potencijalu.

Najveći potencijal evidentiran je u:

2. Mezozojskim i tercijarnim arteškim bazenima sjeverne Bosne

- TUKdo 3000 m: 780×10^6 TJ
- TUK 3000–5000 m: $717,6 \times 10^6$
- PR do 3000 m: 113×10^6 TJ

- PR 3000–5000 m: 107,5 × 10^6 TJ

Ovaj region se izdvaja kao najznačajnija hidrogeotermalna zona BiH, sa najvećim mogućnostima za razvoj geotermalnih energetskih projekata.

Ostali značajni regioni

Značajan potencijal pokazuju i:

- 4. Ofiolitski masiv
  - TUK do 3000 m: 288 × 10^6 TJ
  - TUK 3000–5000 m: 483 × 10^6 TJ
  - PR 3000–5000 m: 70 × 10^6 TJ
- 5. Mezozojski srednjebosanski masiv
  - TUK do 3000 m: 132,5 × 10^6 TJ
- 7. Srednjebosanski mezozojski bazen
  - PR 3000–5000 m: 18 × 10^6 TJ

Manji, ali lokalno značajni potencijali prisutni su u paleozojskim masivima jugoistočne i istočne Bosne.

Odnos primarnog potencijala i eksploatabilnih rezervi

Odnos između toplote u kolektoru (TUK) i mogućih rezervi (PR) pokazuje da se samo dio ukupnog geološkog potencijala može tehnički i ekonomski iskoristiti. Taj odnos zavisi od:

- debljine rezervoara,
- temperature fluida,
- poroziteta i permeabilnosti stijena,
- koeficijenta iskoristivosti sistema,
- tehnologije bušenja i reinjekcije,
- ekonomske isplativosti projekta.

U praksi, realni potencijali mogu biti i viši i niži od proračunatih, zavisno od detaljnijih istraživanja i tehnološkog napretka.

Na osnovu svega navedeno možemo zaključiti da hidrogeotermalni sistemi Bosne i Hercegovine predstavljaju izuzetno značajan obnovljivi energetski resurs. Ukupan procijenjeni potencijal od preko 3 135 × 10^6 TJ toplote u kolektoru i gotovo 287,5 × 10^6 TJ mogućih rezervi ukazuje na dugoročnu održivost eksploatacije.

Posebno su perspektivne dublje zone (3000–5000 m), gdje su temperature više i postoji mogućnost kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije. Daljnji razvoj zavisi od sistematskih istraživanja, investicija i strateškog planiranja energetskog sektora.

7.5 Količine toplote koju je moguće pridobiti iz geotermalne vode – pregled po kantonima

Izračuni količine toplote koju je moguće pridobiti iz geotermalne vode izrađen je za izvore nisko do srednje temperaturne i srednje temperaturne geotermalne lokacije iz kojih je moguće iskorištavati toplinu iz geotermalne vode u energetske svrhe.

Izračuni su iskazani po lokacijama u općinama, a vezani su uz tablice lokaliteta po kantonima. Za svaku lokaciju izračunata je količina toplote koju je moguće dobiti iz postojeće bušotinske infrastrukture te moguće proširenje uz pretpostavku dodatnih radova, opremanja postojećih bušotina, novih geofizičkih snimanja i geoloških analiza.

Za većinu sistema konvekcijskog karaktera toplotna energija računa se po formuli

$$P(kW) \approx 4.18 \cdot Q(l/s) \cdot \Delta T$$

Gdje je

P - toplotna snaga $[W]$

$\dot{m}$ - maseni protok $[kg/s]$

c_p - specifični toplotni kapacitet vode, približno 4.18 kJ/kg°C

ΔT - razlika između ulazne i izlazne temperature $[°C]$

Izlazna temperatura fluida iz sistema definirana je na 15 °C kako bi se omogućila usporediva i konzistentna procjena energetskog potencijala za sve analizirane geotermalne izvore, neovisno o njihovom temperaturnom rasponu. Odabrana vrijednost predstavlja realan tehnički kompromis između maksimalnog iskorištenja toplotne energije i operativnih ograničenja sistema, uzimajući u obzir da bi niže izlazne temperature (npr. 10 °C) u mnogim slučajevima bile teško ostvarive u praksi zbog ograničenja u prijenosu toplote i ekonomičnosti sistema.

7.5.1 Zeničko-dobojski kanton

Zeničko-Dobojski kanton pripada centralnom dijelu Bosne i geološki je izgrađeno od složenog skupa sedimentnih i tektonski poremećenih stijena različite starosti. U regionalnom smislu dominiraju mezozojski karbonatni kompleksi (vapnenci i dolomiti), koji u tektonskom smislu čine važan hidrogeološki rezervoar zbog svoje pukotinske i lokalno karstificirane strukture.

U mlađim tektonskim depresijama razvijene su neogene sedimentne sekvence sastavljene od klastičnih naslaga (pješčenjaci, lapori, glinoviti sedimenti) u kojima se lokalno javljaju i ugljenonosni slojevi. Ove naslage prekrivaju starije karbonatne stijene i predstavljaju hidrogeološki sloj promjenljive propusnosti, koji može djelovati kao djelimična barijera ili zona miješanja podzemnih voda.

Tektonska razlomljenost terena, posebno prisustvo rasjednih i pukotinskih zona, omogućava dublju cirkulaciju meteorskih voda koje se zagrijavaju u dubljim dijelovima geološke strukture. Duž takvih struktura dolazi do uzlaznog toka termalnih voda, pri čemu se toplija voda tokom

migracije prema površini djelimično miješa sa hladnijim meteorskim vodama iz plićih hidrogeoloških horizonata.

Na području Zeničko-dobojskog kantona izdvojene su u dvije opštine lokaliteti geotermalnih voda koje pripadaju termalnom razredu niže do srednjetemperaturnih ležišta, Olovo i Kakanj.

Olovo

Na području opštine Olovo nalazi se 14 geotermalnih lokaliteta, od kojih sedam s temperaturom od 32,6 do 34 °C. Trenutno se za rekreaciju koristi bušotina SB-1 izdašnosti 25 l/s te Zeničko dobro izdašnosti 6 l/s.

Ležište pripada hidrogeohemijskoj oblasti N2 i N2-O2 voda u karbonatnim masivima ofiolitske zone. Krečnjaci srednjeg i gornjeg trijasa u čelu durmitorske navlake imaju funkcije sekundarnog, a oni u podini jursko-krednog fliša primarnog akvifera termalnih voda. Tvorevine „dijabaz-rožnačke formacije" i jursko-krednog fliša imaju funkcije bočnih i krovinskih hidrogeoloških barijera

U katastru bušotina navedeno je da je u bunar SB-1 ugrađena pumpa snage 5,5 kW na 18 m dubine i uvijek je uključena, jer je u banji bazen za rekreaciju protočni, a voda se koristi i u balneološke svrhe. Temperatura vode, prema iskazu zaposlenih u Zdravstvenoj ustanovi Aquaterm Olovo, na bušotini SB-1 je 36°.

Uz bušotine SB-1 u katastru su navedeni i bunari SB-2 i SB-3. Izdašnosti bušotina iznose od 5 do 7 l/s. Bušotine su bušene 1975. godine.

Uz opremanje bušotina i ugradnju pumpe ukupna proizvodnja na području iznosila bi 6,1533 MWt.

Tabela 7-7 Energetski proračun postojeće proizvodne infrastrukture -Olovo

PODRUČJE	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt (MWt)	Eg (GWht)
OLOVO	SB-1	**25**	**36**	15	21	**2,1184**	17,794
	SB-2	**6**	**35**	15	20	**0,4842**	4,067
	SB-3	**7**	**35**	15	20	**0,5649**	4,745
UKUPNO		38	35	15	20	**3,1675**	26,606

Tabela 7-8 Energetski proračun obnovljene proizvodne infrastrukture uz korištenje pumpe - -Olovo

PODRUČJE	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt (MWt)	Eg (GWht)
OLOVO	SB-1	25	36	15	21	**2,1184**	17,794
	SB-2	25	35	15	20	**2,0175**	16,947
	SB-3	25	35	15	20	**2,0175**	16,947
UKUPNO		75	35	15	20	**6,1533**	51,688

Geotermalno ležište Olovo predstavlja lokalitet sa izraženim potencijalom za **direktnu toplotnu upotrebu geotermalne energije**, prije svega u oblasti balneologije, rekreacije i grijanja objekata. Na području opštine evidentirano je više geotermalnih pojava, pri čemu je naročito značajno da se dio resursa već koristi kroz eksploataciju bušotine SB-1, što potvrđuje postojanje stabilnog i funkcionalnog hidrotermalnog sistema.

Temperaturni raspon voda od približno **32,6 do 36 °C** svrstava ove resurse u kategoriju nisko- do srednjetemperaturnih geotermalnih resursa, koji su u skladu s Lindalovim dijagramom prvenstveno pogodni za direktne toplotne primjene. U tom smislu, najveća razvojna perspektiva je u proširenju i unapređenju korištenja geotermalne toplote za:

- balneološke i zdravstvene sadržaje,
- rekreativne i turističke objekte,
- grijanje postojećih i planiranih objekata,
- grijanje staklenika i manjih poljoprivrednih sistema,
- te potencijalno niskotemperaturne sisteme daljinskog grijanja lokalnog karaktera.

Posebnu prednost lokaliteta predstavlja činjenica da je eksploatacija već uspostavljena, što znači da postoji početna infrastrukturna i operativna osnova za dalje unapređenje korištenja resursa.

Bušotina SB-1, sa izdašnošću od 25 l/s i temperaturom vode od oko 36 °C, već se koristi za rekreativne i balneološke svrhe, dok dodatne bušotine SB-2 i SB-3 predstavljaju osnovu za moguće proširenje sistema. U tom smislu, budući razvoj ležišta mogao bi biti usmjeren ka energetskoj valorizaciji postojećih i dodatno opremljenih bušotina, uz detaljnu tehničku i hidrogeološku verifikaciju njihovih stvarnih eksploatacionih kapaciteta.

Na osnovu prikazanih proračuna, ukupan toplotni kapacitet ležišta može biti značajan za lokalne potrebe, posebno ako se resurs koristi planski i višestepeno te ako se provedu dodatni istražni radovi.

Kod ovakvih temperatura važno je primijeniti princip kaskadnog korištenja energije, pri čemu bi se voda najprije koristila za balneološke ili rekreativne svrhe, a zatim za grijanje objekata, staklenika ili drugih potrošača nižih temperaturnih zahtjeva. Na taj način moguće je postići veći stepen energijske efikasnosti i bolja ukupna valorizacija resursa.

Tabela 7-9 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta Olovo i razvojni potencijal

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	dugotrajno korištenje u balneološke svrhe	smanjen geološki rizik za dalji razvoj
Temperatura geotermalne vode	32,6–36 °C	nema značajnog povećanja, no moguće nakon geofizičkih mjerenja i izrade modela ležišta
Izdašnost bušotina	SB-1: 25 l/s, SB-2 i SB-3: 5–7 l/s	povećanje protoka opremanjem bušotina pumpama
Stanje i broj aktivnih bušotina	trenutno eksploatisana bušotina SB-1, bušotine stare 50 godina	aktiviranje i optimizacija rada bušotina SB-2 i SB-3
Hidrogeološki okvir	karbonatni rezervoar u ofiolitskoj zoni	mogućnost dodatne verifikacije rezervoara i novih bušenja
Trenutna namjena	balneologija i rekreacija	proširenje na grijanje objekata, turizam i staklenike
Energetski kapacitet	približno 3 MWt prema postojećim podacima	do približno 6 MWt uz optimizaciju eksploatacije, moguć razvoj bušenjem dodatnih bušotina
Energetska infrastruktura	lokalno korištenje u banji, starost bušotina	moguć razvoj lokalnog sistema grijanja

Procjena razvojnog potencijala lokaliteta

Tabela 7-10 Procjena razvojnog potencijala lokaliteta Olovo

Kriterij	Procjena
Razvojni potencijal lokaliteta	srednji do dobar za proširenje direktne toplotne upotrebe

Kakanj

Šire područje Kaknja, Zeničko-Dobojski kanton pripada centralnom dijelu Bosne i geološki je izgrađeno od složenog skupa sedimentnih i tektonski poremećenih stijena različite starosti. U regionalnom smislu dominiraju mezozojski karbonatni kompleksi (vapnenci i dolomiti), koji u tektonskom smislu čine važan hidrogeološki rezervoar zbog svoje pukotinske i lokalno karstificirane strukture.

Ležište pripada hidrogeohemijskoj oblasti N2 i N2-O2 voda u karbonatnim masivima ofiolitske zone. Krečnjaci srednjeg trijasa u čelu durmitorske navlake imaju funkcije sekundarnog, a oni u podini jursko-krednog fliša primarnog akvifera termalnih voda. Tvorevine „dijabaz-rožnačke formacije" i jursko-krednog fliša imaju funkcije bočnih i krovinskih hidrogeoloških barijera. Akviferske naslage imaju dobru vodoobilnosti i vodoprovodnost sa izvorima uzlaznog tipa izdašnosti oko 6,0 l/s.

U mlađim tektonskim depresijama razvijene su neogene sedimentne sekvence sastavljene od klastičnih naslaga (pješčenjaci, lapori, glinoviti sedimenti) u kojima se lokalno javljaju i ugljenonosni slojevi. Ove naslage prekrivaju starije karbonatne stijene i predstavljaju hidrogeološki sloj promjenljive propusnosti, koji može djelovati kao djelimična barijera ili zona miješanja podzemnih voda.

Tektonska razlomljenost terena, posebno prisustvo rasjednih i pukotinskih zona, omogućava dublju cirkulaciju meteorskih voda koje se zagrijavaju u dubljim dijelovima geološke strukture. Duž takvih struktura dolazi do uzlaznog toka termalnih voda, pri čemu se toplija voda tokom migracije prema površini djelimično miješa sa hladnijim meteorskim vodama iz plićih hidrogeoloških horizonata.

U takvim uslovima formira se hidrogeotermalni sistem konvektivnog tipa, u kojem karbonatne stijene predstavljaju glavni rezervoar termalne vode, dok klastične i ugljenonosne naslage imaju ulogu pokrovnih ili miješajućih slojeva. Hemijski sastav voda (hidrokarbonatno-sulfatno-kalcijski tip sa prisutnim CO_2) ukazuje na dominantnu interakciju fluida sa karbonatnim stijenama, uz dodatni uticaj silikatnih minerala u dubljim dijelovima sistema, što potvrđuje i prisustvo silicijeve kiseline u toplijoj bušotini.

Prirodni izvori u neposrednoj blizini bušotina karakterišu se vodama sulfatno–hidrokarbonatno–kalcijum–magnezijskog tipa (SO_4–HCO_3–Ca–Mg), uz prisustvo rastvorenih plinova N_2 i CO_2, pri čemu se javljaju varijacije u njihovom međusobnom odnosu (N_2–CO_2 odnosno CO_2–N_2). Ovakav hemijski sastav ukazuje na dominantnu interakciju podzemnih voda sa karbonatnim stijenama, uz dodatni uticaj klastičnih i laporovitih sedimenata.

Geološki kontekst izvora vezan je za laporovite i brečaste vapnence, koji predstavljaju pukotinski propusne stijene pogodne za cirkulaciju podzemnih voda. U takvim litološkim

uslovima karbonatne stijene djeluju kao rezervoar hidrotermalnih voda, dok prisustvo laporovitih komponenti može doprinijeti povećanom sadržaju sulfata u vodi.

Prisustvo CO_2 u rastvorenim plinovima dodatno potiče rastvaranje karbonatnih minerala i formiranje hidrokarbonatno-kalcijskog sastava vode. Istovremeno, prisustvo azota (N_2) često je povezano sa sedimentnim basenima i organski bogatim naslagama, uključujući i ugljenonosne slojeve karakteristične za šire područje Kaknja.

Na osnovu hemijskog sastava i geološkog okruženja može se zaključiti da izvori predstavljaju plitku manifestaciju istog hidrogeotermalnog sistema koji je zahvaćen istražnim bušotinama, pri čemu je temperatura na izvorima dodatno snižena zbog miješanja sa hladnijim meteorskim vodama tokom uzlazne cirkulacije.

Ipak, dobijeni rezultati ukazuju da izmjerena temperatura od 54 °C u bušotini IT-1 vjerovatno predstavlja djelimično ohlađen fluid, te da bi stvarna temperatura dubljeg hidrotermalnog sistema mogla biti znatno viša.

Dodatno, činjenica da je u toplijoj bušotini evidentirana povišena koncentracija silicijeve kiseline ($H_2SiO_3 \geq 50$ mg/l), dok u bušotini IT-2 ova komponenta nije registrovana iznad praga detekcije, podržava pretpostavku da bušotina IT-1 zahvata veći udio dublje i toplije komponente fluida, dok je voda u bušotini IT-2 izraženije razrijeđena meteorskom vodom.

Izračun je izrađen za bušotine IT-1 i IT-2 koje su u funkciji. Varijacije u temperaturi ukazuju na mogućnost zahvaćanja vodonosnika viših temperatura. Toplotni kapacitet ležišta može biti značajan za lokalne potrebe, posebno ako se resurs koristi planski i višestepeno te ako se provedu dodatni istražni radovi. Minimalna količina toplotne energije koja bi se dobila daljnjom razradom resursa istovjetna je rezultatima bušotine IT-1.

Tabela 7-11 Energetski proračun postojeće proizvodne infrastrukture - Kakanj

PODRUČJE	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt(MWt)	Eg (GWht)
KAKANJ	Ti-1	**35**	**54**	15	39	**5,5077**	46,265
	Ti-2	**22**	**39**	15	24	2,1503	18,063
UKUPNO		**57**				7,6581	64,328

Tabela 7-12 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta Kakanj i razvojni potencijal

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	dugotrajno korištenje u rekreacijske svrhe	smanjen geološki rizik za dalji razvoj
Temperatura geotermalne vode	54 °C	Varijacije unutar ležišta, moguće povećanje zahvaćanjem dubljeg dijela akvifera
Izdašnost bušotina	TI-1: 35 l/s, TI-2 22, samoizlijevanje	povećanje protoka opremanjem bušotina pumpama
Stanje i broj aktivnih bušotina	trenutno eksploatisana bušotina TI-1, bušotine stare 40 godina	Bušenje dodatne bušotine

Hidrogeološki okvir	karbonatni rezervoar u ofiolitskoj zoni	mogućnost dodatne verifikacije rezervoara i novih bušenja
Trenutna namjena	balneologija i rekreacija	proširenje na grijanje objekata, turizam i staklenike
Energetski kapacitet	približno 7,63 MWt prema postojećim podacima	Najmanje 5,5 MW svaka dodatna bušotina
Energetska infrastruktura	lokalno korištenje u banji, starost bušotina	moguć razvoj lokalnog sistema grijanja

Tabela 7-13 Procjena razvojnog potencijala lokaliteta Olovo

Kriterij	Procjena
Razvojni potencijal lokaliteta	Dobar do visok za proširenje direktne toplotne upotrebe

7.5.2 Sarajevski kanton

Ilidža/Ljetna pozornica

Termomineralne H2S – CO2 vode Ilidže su primarno akumulirane u trijaskim karbonatnim stijenama, odakle ascedentno cirkulišu u aluvion u kome su zahvaćene na brojnim buštinama, od kojih su najznačajnije IB-1 i B-3A, dok su bušotine IB-2 i PP-1 zahvatile ove vode u trijaskim dolomitima i krečnjacima. Krečnjaci i dolomiti, za koje brojni autori pretpostavljaju da pripadaju srednjem-gornjem trijasu (T2,3), odlikuju se izraženom karstno-pukotinskom poroznošću i veoma su vodoobilni. U području, u kome su dokazane ove vode na izvorima ili bušotinama, aluvion leži direktno na karbonatnim čvrstim stijenama.

Izmjerene temperature (≈57–58 °C) već su pogodne za niskotemperaturno daljinsko grijanje. Međutim, prisustvo CO_2 i H_2S u plinovima, povišena mineralizacija (≈2,7–4,1 g/L) i silicij (H_2SiO_3 ≥ 50 mg/L) upućuju na konvektivni sistem u karbonatnom rezervoaru, gdje je temperatura na površini vjerovatno djelimično snižena miješanjem s plićim vodama.

Tabela 7-14 Energetski proračun postojeće proizvodne infrastrukture – Ljetna pozornica

PODRUČJE	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt(MWt)	Eg (GWht)
SARAJEVO	Ljetna Pozornica	75	58	15	43	13,04	109,57
	Zmijska Stijena	76	58	15	43	13,22	111,03
	Ljetna pozornica	50	**58**	15	43	8,70	73,05
	Ljetna Pozornica	10	57	15	42	1,70	14,27
UKUPNO		**211**				36,66	307,91

Tabela 7-15 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta Sarajevski kanton – Ilidža/Ljetna pozornica i razvojni potencijal

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	dugotrajno korištenje	smanjen geološki rizik za dalji razvoj
Temperatura geotermalne vode	58 °C	moguće povećanje zahvaćanjem dubljeg dijela akvifera
Izdašnost bušotina	Samoizlijevanje, do 78 l/s	povećanje protoka opremanjem bušotina pumpama
Stanje bušotina/izvora	IB-1 – kolone nisu dobro cementirane, nije eksploatacioni vodozahvatni objekat	Potrebna rekonstrukcija i sanacija bušotine
	IB-2 – bušotina sanirana, testiranje 30 dana – 78 l/s, koristi se ograničenim kapacitetom	Korištenje u punom kapacitetu
	PP-1- bušena 1964. godine, vodonosnik na 90 m, ne koristi se	Zamjenska bušotina
	B-3A – zahvatila vodonosnik naizmjenično konglomerati i sedra, dubina 21,6 m, samoizljev neustaljeni 25 l/s, koristi se u medicinsko-balneološke svrhe	Na lokaciji rekonstrukcija ili izrada zamjenske bušotine i korištenje u energetske svrhe
	B-4 – nepoznato stanje bušotine, podaci nisu sigurni, temperatura povoljna	Zamjenska bušotina
	Sumporovito vrelo – historijsko vrelo, nesigurna lokacija, Katzer (1919) navodi da je izdašnost vrela 16 l/s,	
	Novi izvor Zmijska stijena, nakon rušenja Zmijske stijene kaptiran izvor, dio vode se gubi u aluvijumu, izvor zatrpan	
Hidrogeološki okvir	karbonatni rezervoar u ofiolitskoj zoni	mogućnost dodatne verifikacije rezervoara i novih bušenja
Trenutna namjena	balneologija i rekreacija, energetika	proširenje kapaciteta za širu energetsku upotrebu
Energetski kapacitet	približno 7,63 MWt prema postojećim podacima	Najmanje 5,5 MW svaka dodatna bušotina
Energetska infrastruktura	lokalno korištenje u banji, starost bušotina	moguć razvoj lokalnog sistema grijanja

Tabela 7-16 Procjena razvojnog potencijala Sarajevski kanton – Ilidža/Ljetna pozornica

Kriterij	Procjena	Preduslovi proširenja
Razvojni potencijal lokaliteta - energetsko korištenje	Vrlo visok za proširenje direktne toplotne upotrebe, moguće više temperature,	Geofizički radovi, modeli simulacije proizvodnje, bušenje novih bušotina

7.5.3 Srednjebosanski kanton

Fojnica

Ležište pripada hidrogeohemijskoj oblasti termalnih voda srednjobosanskih škriljavih planina. Akvifer termalnih voda su, najvjerovatnije, mermeri, te mermerizirani krečnjaci i dolomiti silur-devona čija debljina dokazana bušotinom FB-1 iznosi preko 200 m. Paleozojski metamorfiti, klastiti i vulkaniti pretežno imaju funkcije hidrogeoloških barijera čija se propusnost, u

određenoj mjeri, povećava u zoni rasjeda. Karbonati devona imaju funkcije akvifera običnih voda u kojima se u okolini Fojnice pojavljuju snažna kraška vrela. Akvifer termalnih voda karakterizira dobra propusnost, usporena vodozamjena i cirkulacija, a izvore termalne vode male oscilacije izdašnosti i približno konstantan fiziko-kemizam vode.

Po Krušić (1985) u selu Banja su 1958. god. izvedene tri bušotine: B-Ia, B-II i B-III; dubina bušotina je od 63,50 – 93,5 m. Bušotine B-Ia i B-III su ušle u vodonosne prekristalisale dolomite dok je B-II (96,5 m) ostala u vodonepropusnim filitima i na njoj nije dobivena voda. Izdašnost na prve dvije je bila po 22 l/s, a temperatura na B-Ia je bila 30,8ºC, a na B-III 30,4ºC. Tokom vremena izdašnost na bušotinama se smanjivala, tako da se koristila hipsometrijski niža bušotina B-III, dok je na bušotini B-Ia nivo vode opao na oko 10 m ispod nivoa terena (1984.).

Testiranjem bušotine FB-1 u 1998. dokazana je jaka hidraulička veza sa bušotinama B-III i B-Ia.

Termalne vode su atmosferskog porijekla. Atmosferilije descendiraju na veće dubine u silur-devonske akviferske naslage gdje se zagrijavaju, te usljed visokog pritiska u akviferu duž rasjeda ističu na izvorima termalne vode. Prema rezultatima izotopskih ispitivanja termalna voda Banje Fojnica je „mrtva" (sadržaj tricija od 0,62 T.U.), starosti cca 30.000 godina.

Hidrohemijski sastav voda HCO_3–Ca–Mg (lokalno uz prisustvo Na), uz dominaciju rastvorenog azota (N_2) i pojavu radona, ukazuje na cirkulaciju podzemnih voda kroz karbonatno-klastični kompleks sedimentnog basena. Prisustvo radona i radija povezano je sa interakcijom fluida sa glinovitim, laporovitim i organski bogatim sedimentima, dok dominacija azota u plinovima sugerira sedimentno porijeklo gasne komponente i cirkulaciju vode kroz organski bogate naslage

Na ovom lokalitetu zabilježena je temperatura termomineralne vode od 29–31 °C uz nižu ukupnu mineralizaciju (~0,6 g/l), što ukazuje na relativno plitku hidrotermalnu cirkulaciju i/ili izraženije miješanje sa meteorskim vodama u odnosu na lokalitet Kakanj. Hemijski tip HCO_3–Ca–Mg(–Na) i dominacija N_2 u rastvorenim plinovima dodatno podržavaju interpretaciju o većem udjelu meteorske komponente i kraćem vremenu boravka vode u rezervoaru, uz slabiji uticaj CO_2 na rastvaranje karbonata. Prisustvo radona/radija može se povezati sa cirkulacijom kroz rasjedne i pukotinske zone u kontaktu sa glinovitim i organski bogatim sedimentima, pri čemu povišene vrijednosti radona ne moraju pratiti ukupnu mineralizaciju, već prije ukazuju na relativno brz transport fluida prema površini.

Tabela 7-17 Energetski proračun postojeće proizvodne infrastrukture - Fojnica

OPŠTINA	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt(MWt)	Eg (GWht)
FOJNICA	B-1a	22	30,8	15	15,8	1,403	11,781
	B-III	22	30,4	15	15,4	1,367	11,483
	FB-1	20	30	15	15	1,210	10,168
UKUPNO		**64**				3,980	33,433

Tabela 7-18 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta Fojnica i razvojni potencijal

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	dugotrajno korištenje u rekreacijske svrhe	Niskotemperaturni energetski sistemi
Temperatura geotermalne vode	31 °C	Eventualno moguće povećanje zahvaćanjem dubljeg dijela akvifera
Izdašnost bušotina	20 l/s, samoizlijevanje	U Katalogu je navedeno da testiranje nije izvršeno propisno zbog objektivnih okolnosti.
Stanje i broj aktivnih bušotina	trenutno eksploatisana bušotina FB-1, bušotine stare 40 godina	Bušenje dodatne bušotine
Hidrogeološki okvir	Mermerizirani silursko-devonski dolomiti	Geneza nije razjašnjena, potrebna geofizička mjerenja i analize ležišta te eventualno novih bušenja
Trenutna namjena	balneologija i rekreacija	proširenje na grijanje objekata
Energetski kapacitet	približno 4 MWt prema postojećim podacima	Dodatne bušotine minimalno 1,4 MWt/bušotini
Energetska infrastruktura	lokalno korištenje u banji,	moguć razvoj lokalnog sistema grijanja

Tabela 7-19 Procjena razvojnog potencijala Fojnice

Kriterij	Procjena	Preduslovi proširenja
Razvojni potencijal lokaliteta - energetsko korištenje	Srednji za proširenje direktne lokalne toplotne upotrebe	Geofizički radovi, modeli simulacije proizvodnje, bušenje novih bušotina

7.5.4 Tuzlanski kanton

U Tuzlanskom kantonu izdvojeno je više lokaliteta. Za pouzdano određivanje prioritetnih područja daljih geotermalnih istraživanja u Tuzlanskom kantonu potrebno je izraditi cjelovitu geotermalnu studiju područja. Studija bi trebala obuhvatiti integriranu analizu svih raspoloživih geoloških, geofizičkih, hidrogeoloških, geohemijskih i bušotinskih podataka, uz procjenu njihove kvalitete, prostorne pokrivenosti i međusobne usklađenosti. U slučaju nedovoljne kvalitete ili nepotpunosti postojećih podataka, potrebno je predvidjeti njihovu reobradu, reinterpretaciju i, prema potrebi, izvođenje novih geofizičkih i drugih istraživanja.

Kategorizacija lokaliteta i određivanje prioritetnih područja ne bi se trebali zasnivati isključivo na procijenjenom geotermalnom potencijalu, nego i na stepenu istraženosti, tehničkoj izvodljivosti, potrebama lokalnih zajednica, postojanju mogućih korisnika toplote i realnim mogućnostima korištenja geotermalne energije za daljinsko grijanje, industriju, poljoprivredu, banjsko-rekreacijske sadržaje i druge namjene. Takav pristup omogućio bi objektivno rangiranje lokaliteta i usmjeravanje daljih istraživanja i ulaganja prema područjima s najvećim ukupnim razvojnim potencijalom.

Lokalitet Tuzla–Lukavac može biti visok prioritet ne samo zbog geološkog potencijala nego i zbog vrlo dobrih mogućnosti neposrednog korištenja geotermalne toplote.

Tuzla

Na području opštine Tuzla izrađena je 1972. Godine duboka bušotina Tuzla-1 (Tu-1) dubine 3232 m. Bušotina je izbušila naslage kvartara, miocena, oligocena, gornjeg paleogena, eocena te je završena u naslagama donjeg paleogena. Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 118 °C.

Tabela 7-20 Pregled temperature prema dubini mjerenja – Tuzla

Dubina mjerenja (m)	Temperatura (°C)	Izvor
1044	68	DST
2133	87	karotaža
3232	118	karotaža

Hidrodinamički je testiran inerval 1025 do 1044 m, u facijesu sivozelenih konglomerata, pješčenjaka. Testiranjem je dobiven bušotinski fluid i 6,65 m^3 slane vode s plinom. Temperatura izmjerena prilikom testiranja iznosi 68 °C. Za potrebe izrade studije nije bio dostupan dokument o testiranju, no naveden je ekstrapolirani pritisak od 78 bar, što upućuje na ispod pritisnute naslage.

Premda u plićim bunarima Tuzlanskog bazena nije prepoznat jasan i neposredan hidrogeohemijski ekvivalent dubokog termalno-saliničnog fluida registriranog u bušotini Tu-1, pojedini objekti, naročito BHT-1, TD-23 i DS-7, pokazuju salinitetne, termalne i strukturne indikacije koje mogu upućivati na djelimično očuvan ili miješan odraz dubljeg višefaznog sistema.

Izrađena je procjena toplotne snage uz pretpostavku korištenja ESP pumpe.

Tabela 7-21 Energetski proraccun postojeće proizvodne infrastrukture - Tuzla

OPŠTINA	Bušotina	qw (l/s)	ρwu (kg/dm3)	cwu (kJ/kgK)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt(MWt)	Eg (GWht)
TUZLA	Tu-1	25	0,983	4,21	68	15	53	5,483	46,061
UKUPNO		25						5,483	46,061

Tabela 7-22 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta - Tuzla

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	Napuštena bušotina	Srednjetemperaturni energetski sistemi
Temperatura geotermalne vode	68 °C	Moguće povećanje zahvaćanjem dubljeg dijela naslaga
Izdašnost bušotina	Dobiveno 6,65 m^3 slane vode s plinom	Procjenjeno 7 l/s
Stanje i broj aktivnih bušotina	Napuštena bušotina	Bušenje zamjenske bušotine do 1500 m
Hidrogeološki okvir	Geotermalno ležište razvijeno u oligocenskim naslagama	Detaljna analiza bušotinskih podataka
Trenutna namjena	-	grijanje objekata, agrogeotermija
Energetski kapacitet	približno 5 MWt prema postojećim podacima 19 m ležišta	Povećati zahvaćanjem većih debljina ležišta
Energetska infrastruktura		Infrastruktura srednjetemperaturinih energetskih sistema, agrogeotermija

Tabela 7-23 Procjena razvojnog potencijala - Tuzla

Kriterij	Procjena	Preduslovi proširenja
Razvojni potencijal lokaliteta - energetsko korištenje	Visok za direktne upotrebe, toplotarstvo, agrogeotermija,	Geofizički radovi, analize geotermlani model šireg područja geotermalnog ležišta, bušenje nove bušotine

Mogućnost proizvodnje električne energije iz dubljih djelova bušotine zahtijeva pregled svih bušotinskih i geofizičkih podataka.

Gračanica

Ležište pripada hidrogeohemijskoj oblasti mineralnih i termomineralnih voda sa CO2 sprečanske rasjedne zone. Primarni akvifer termomineralnih voda su krečnjaci i dolomiti trijasa u podini nepropusne „dijabaz-rožnačke formacije" jure.

CO2 i termomineralna voda imaju različito porijeklo. Termomineralna voda je atmosferskog porijekla; ne rastvara evaporitne naslage. Termomineralna voda je, najvjerovatnije, mješavina dvije ili više voda različite mineralizacije i temperature, a visok odnos Ca/Sr=430 ukazuje na veće učešće infiltracionih voda. Miješanje voda se vrši na većim dubinama bez uticaja savremenih klimatskih faktora na što ukazuje sadržaj tricija od 2,9 T.U. i starost voda oko 22.000 godina.

CO2 je, najvjerovatnije, termometamorfan nastao raspadom karbonata koji nemaju kontakt sa ugrijanim magmatskim tijelom na što ukazuje veoma nizak sadržaj radona.

Lokalitet Gračanica, uprkos relativno umjerenoj temperaturi izvorske vode (~37 °C), pokazuje nekoliko indikatora koji mogu upućivati na dublju hidrotermalnu cirkulaciju. Visoka mineralizacija (~3,2 g/l), značajan sadržaj rastvorenog CO_2 (≥500 mg/l) te velika izdašnost izvora (~80 l/s) sugeriraju intenzivnu interakciju fluida sa karbonatnim stijenama i moguće prisustvo konvektivnog sistema u dolomitnom rezervoaru. Navedeni parametri mogu ukazivati da izmjerena temperatura predstavlja djelimično ohlađeni fluid, te da u dubljim dijelovima sistema mogu postojati zone sa višom temperaturom.

Odnos relativno visoke mineralizacije i umjerene temperature izvorske vode u Gračanici sugerira intenzivnu interakciju fluida sa karbonatnim stijenama i duže vrijeme boravka u rezervoaru, što može ukazivati na postojanje dubljih dijelova hidrotermalnog sistema sa potencijalno višim temperaturama.

Na području Gračanice, pored glavnog izvora (T≈37 °C; mineralizacija ~3,2 g/l; Q≈80 l/s; HCO_3–Ca–Na; CO_2 ≥500 mg/l), evidentiran je i slabiji, hladniji izvor (T≈22,8 °C; mineralizacija ~1,9 g/l; Q≈5 l/s) istog karbonatnog okvira (vapnenački dolomit), uz prisutan CO_2 i jednostavniji hemijski tip (HCO_3–Mg). Ova pojava ukazuje na postojanje najmanje dvije komponente unutar istog hidrotermalnog sistema: pliće, više razrijeđene meteorske komponente i jače mineralizirane komponente sa izraženijim uticajem CO_2, što podržava pretpostavku o konvektivnoj cirkulaciji i mogućem postojanju dubljih dijelova sistema sa višim temperaturama od onih registriranih na površini.

Iako je temperatura glavnog izvora u Gračanici umjerena (~37 °C), kombinacija vrlo velike izdašnosti (~80 l/s), povišene mineralizacije (~3,2 g/l) i izrazito visokog sadržaja rastvorenog CO_2 (≥500 mg/l) ukazuje na intenzivnu interakciju fluida sa karbonatnim (dolomitnim) rezervoarom i vjerovatnu tektonsku kontrolu uzlazne cirkulacije. Navedeni parametri mogu sugerirati da izmjerena temperatura predstavlja temperaturu djelimično ohlađenog/miješanog fluida, te da u dubljim dijelovima sistema mogu postojati toplije zone koje nisu direktno manifestovane na površini. Prisustvo hladnijeg izvora (22,8 °C; 1,9 g/l; HCO_3–Mg; CO_2) u istom litološkom okviru dodatno podržava postojanje više komponenti i miješanja unutar istog hidrotermalnog sistema.

Tabela 7-24 Energetski proračun postojeće proizvodne infrastrukture - Gračanica

OPŠTINA	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt(MWt)	Eg (GWht)
Gračanica	PEB-4	80	38	15	23	7,460	62,662
	GB-4	20	36,5	15	21,5	1,751	14,711
UKUPNO		100				9,211	77,373

Tabela 7-25 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta Gračanica

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	Sezonalno korištenje u rekreacijske svrhe	Niskotemperaturni energetski sistemi
Temperatura geotermalne vode	38 °C	Moguće povećanje zahvaćanjem dubljeg dijela akvifera, Gubici isplake na dubinama 400 -500 m, bentonitna isplaka
Izdašnost bušotina	80 l/s, samoizlijevanje	Kako voda sadrži CO2 zbog održavanja količina bilo bi uputno djelomično povratno utiskivati CO2.
Stanje i broj aktivnih bušotina	PEB-4 rekreacija, odvajanje CO2, no ne koristi se	Bušenje dodatne bušotine
Hidrogeološki okvir	Ležište pripada hidrogeohemijskoj oblasti mineralnih i termomineralnih voda sa CO2 sprečanske rasjedne zone. Primarni akvifer termomineralnih voda su krečnjaci i dolomiti trijasa	Geneza nije razjašnjena, nivo vode se snižava, potrebna geofizička mjerenja i analize ležišta te eventualno nove bušotine većih dubina
Trenutna namjena	sezonalna rekreacija	grijanje objekata, agrogeotermija
Energetski kapacitet	približno 5 MWt prema postojećim podacima	Dodatne bušotine minimalno 5 MWt/bušotini
Energetska infrastruktura	lokalno korištenje u banji,	razvoj lokalnog sistema grijanja

Tabela 7-26 Procjena razvojnog potencijala Sarajevski kanton – Ilidža/Ljetna pozornica

Kriterij	Procjena	Preduslovi proširenja
Razvojni potencijal lokaliteta - energetsko korištenje	Srednje visok za proširenje direktne upotrebe, toplotarstvo, agrogeotermija	Geofizički radovi, model proizvodnje geotermalnog ležišta, bušenje novih bušotina

Gradačac

Ležište pripada hidrohemijskoj oblasti termalnih i termomineralnih voda formacije aktivnog kontinentalnog ruba.

Primarni akvifer su, najvjerovatnije, paleocen-eocenske naslage spuštene duboko u zoni rasjeda koji se pruža pravcem sjeverozapad-jugoistok; od Modriče preko Gradačca do Ormanice. Termomineralne vode iz primarnog akvifera ascedentno, duž rasjeda, dotiču u sekundarni akvifer, gdje se, najvjerovatnije, u određenoj mjeri, miješaju sa mlađim infiltracionim običnim podzemnim vodama. Sekundarni akvifer u kojem se pojavljuju ili su zahvaćene termalne i termomineralne vode predstavljaju krečnjaci srednjeg miocena - badena

i sarmata u čijoj krovini su nepropusni lapori i laporovite gline, najvjerovatnije, gornjeg miocena–panona. Miocenske naslage leže diskordantno preko eocenskih flišnih sedimenata u čijoj podini su paleocen-eocenske naslage i, najvjerovatnije, senonski fliš. Nije isključeno da mlađe infiltracione podzemne vode rastvaraju naslage srednjeg miocena-badena u čijem sastavu su mogući slojevi i sočiva kamene i glauberove soli, te anhidrita na šti ukazuje povišen sadržaj natrija i sulfata

Kako je u Katalogu navedeno rimarni akvifer geotermalnih voda je paleocenskim krečnjacima i pješčarima koji su dobro vodopropusni, pukotinsko-karstne poroznosti, visokog arteškog pritiska – 300 m te kredni krečnjaci, lapori, pješčari dobro vodopropusne stijenske mase, pukotinsko-karstne poroznosti-visokog arteškog pritiska – 300 m). Iz primarnog akvifera TM-e vode se ascedentnim mladim rasjednim drenovima probijaju kroz eocenske sedimente i dolaze u miocenske sekundarne akvifere gdje se mješaju sa mladim infiltracionim podzemnim običnim vodama.

Implikacija te tvrdnje je mogućnost zahvaćanja primarnog akvifera na mjestima gdje se ne miješa s mladim običnim vodama viših temperatura, što otvara mogućnost energetskog korištenja lokacije.

Tabela 7-27 Energetski proračun postojeće proizvodne infrastrukture - Gradačac

OPŠTINA	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt(MWt)	Eg (GWht)
GRADAČAC	B-5	27	30	15	15	1,642	13,792
	B-6	27	30	15	15	1,642	13,792
UKUPNO		54				3,284	27,585

Tabela 7-28 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta - Gradačac

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	B-6 rekreacijske svrhe	Niskotemperaturni energetski sistemi
Temperatura geotermalne vode	28-30 °C	Moguće povećanje zahvaćanjem dubljeg dijela akvifera utjecaja površinskih voda
Izdašnost bušotina	Do 5 l/s, samoizlijevanje, pumpa 27 l/s	
Stanje i broj aktivnih bušotina	B-6 rekreacija	Bušenje bušotine koja zahvaća primarni vodonosnik
Hidrogeološki okvir	Ležište pripada hidrohemijskoj oblasti termalnih i termomineralnih voda formacije aktivnog kontinentalnog ruba.	J.Josipović smatra da su ove vode sedimentacionog (morskog) porijekla
Trenutna namjena	sezonalna rekreacija	grijanje objekata, agrogeotermija
Energetski kapacitet	približno 0,5 MWt prema postojećim podacima	Dodatne bušotine viših temperatura
Energetska infrastruktura	lokalno korištenje u banji	Infrastruktura niskotemperaturinih sistema

Tabela 7-29 Procjena razvojnog potencijala - Gradačac

Kriterij	Procjena	Preduslovi proširenja
Razvojni potencijal lokaliteta - energetsko korištenje	Srednje visok za proširenje direktne upotrebe, toplotarstvo, agrogeotermija	Geofizički radovi, geotermlani model šireg područja geotermalnog ležišta, bušenje novih bušotina

7.5.5 Unsko sanski kanton

Bihać

Na području Gata Ilidža evidentiran je značajan broj hidrotermalnih objekata koji uključuju bušotine i prirodne izvore. Ukupno je u analiziranoj tablici identificirano 15 objekata, od čega 10 bušotina i 5 prirodnih izvora temperatura viših od 30 °C što otvara mogućnost energetskog korištenja.

Ležište pripada hidrogeohemijskoj oblasti N2 i N2-O2 termalnih i termomineralnih voda,odnosno strukturi zapadnobosanskog karbonatnog masiva. Karbonati trijasa, jure i krede imaju funkcije akvifera, a ladinika, senonskog fliša i miocena funkcije hidrogeoloških barijera. Primarni akvifer su klastiti, karbonati i, najvjerovatnije, evaporiti permotrijasa i trijasa, a sekundarni karbonati gornjeg trijasa, jure i donje krede. Akviferske naslage imaju znatno rasprostranjenje i vodoobilnost, umjereno dobru propusnost, višu u rasjednim zonama. Zabilježene vrijednosti ključnih parametara ukazuju na relativno ujednačen hidrotermalni sistem:

- Temperatura vode: od približno 31 °C do 38 °C
- Izdašnost: do oko 2,2 l/s
- Mineralizacija (TDS): u rasponu od približno 0,3 do 3,3 g/l

Ovakav litološki sastav ukazuje na pukotinsko-karbonatni (krški) tip rezervoara, u kojem je cirkulacija fluida kontrolirana sistemom pukotina i rasjeda. Izračunata je toplotna snaga bušotina navedenih u katalogu s iskazanim količinama proizvodnje Nije pretpostavljeno povećanje kako je navedeno da u toku crpljenja bunara SB-1 reagirali su skoro svi osmatrani objekti i pojave (bušotine i izvori) u arealu bunara.

Tabela 7-30 Energetski proračun postojeće proizvodne infrastrukture - Bihać

PODRUČJE	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt(MWt)	Eg (GWht)
BIHAĆ (GATA)	B-11	13,6	38	15	23	1,27	10,63
	SB-1	14	37,6	15	22,6	1,28	10,75
	B-8	5	36,9	15	21,9	0,44	3,72
	B-3	8	33,5	15	18,5	0,60	5,03
	B-1	9	31	15	16	0,58	4,89
	B-2	1,7	31	15	16	0,11	0,92
UKUPNO		51,3				4,28	35,94

Tabela 7-31 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta - Bihać

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	SB-1, B-8, B-2, ukupno 21,7 l/s za potrebe balneologije i rekreacije	Niskotemperaturni energetski sistemi

Temperatura geotermalne vode	31-38 °C	Moguće povećanje temperatura bušenjem dubljih bušotina, min vrijednost 38
Izdašnost bušotina	Od 2- 14 l/s, ovisno o pukotinskom sistemu	
Stanje i broj aktivnih bušotina	Napuštena bušotina	Bušenje zamjenske bušotine do 1500 m
Hidrogeološki okvir	Geotermalno ležište razvijeno u oligocenskim naslagama	Detaljna analiza bušotinskih podataka
Trenutna namjena	-REkreacija	grijanje objekata, agrogeotermija
Energetski kapacitet	približno 4,2 MWt	Povećati zahvaćanjem ležišta neovisnog o postojećim bušotinama
Energetska infrastruktura		

Tabela 7-32 Procjena razvojnog potencijala - Bihać

Kriterij	Procjena	Preduslovi proširenja
Razvojni potencijal lokaliteta - energetsko korištenje	Nizak do srednji za direktne upotrebe, toplotarstvo, agrogeotermija,	Geofizički radovi, geotermlani model šireg područja bušenje nove bušotine

Sanski Most-Tomina Ilidža

Ležište pripada strukturi hidrogeološkog masiva unsko-sanskog paleozoika, odnosno hidrogeohemijskoj oblasti N_2 i N_2-O_2 termalnih i termomineralnih voda. Naslage permotrijasa i anizika u ležištu imaju hidrogeološke funkcije akvifera, a donjeg trijasa i ladinika funkcije hidrogeoloških barijera. Primarni akvifer su klastiti, karbonati i, najvjerovatnije, evaporiti permotrijasa, a sekundarni karbonati anizika. Akviferske naslage imaju znatno rasprostranjenje i vodoobilnost, dobru propusnost, te vodoprovodnost u rasjednim zonama.

Termomineralna voda je, blago alkalna, blago radioaktivna i sadrži korisne mikroelemente za primjenu u zdravstvenom turizmu. Nije podesna za flaširanje ali se može koristiti pijenjem kao dopunsko sredstvo u liječenju nekih hroničnih oboljenja. Po kemijskom sastavu je slična mineralnim vodama lječilišta Fűssen-Faulenbach, Hűsede i Meinberg u Njemačkoj, Andeer, Lenk i Teniger u Švicarskoj, te Vittel i Contrexeville u Francuskoj. U Bosni i Hercegovini nema voda sličnih Tominoj Ilidži.

Iako prisutnost rasjednih struktura može značajno unaprijediti hidrauličku povezanost i omogućiti dublju cirkulaciju fluida, u uslovima umjerenog geotermalnog gradijenta, kakav je karakterističan za područje Sanskog Mosta, njihov utjecaj na povećanje temperature fluida je ograničen.

Lokalno povišenje temperature može se očekivati u zonama gdje rasjedi omogućuju hidrauličku vezu s dubljim dijelovima rezervoara, pri čemu su realna povećanja u rasponu od nekoliko do desetak stupnjeva Celzija. Međutim, bez izraženog regionalnog toplotnog toka, kao u aktivnim rift zonama, nije realno očekivati razvoj visokotemperaturnih geotermalnih sistema.

Tabela 7-33 Sanski Most

OPŠTINA	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt(MWt)	Eg (GWht)
SANSKI MOST	SB-3	16	30,7	15	15,7	1,018	8,555
UKUPNO		54				1,018	8,555

Tabela 7-34 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta – Sanski Most

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	SB-1	Niskotemperaturni energetski sistemi
Temperatura geotermalne vode	31°C	Eventualno moguće umjereno povećanje temperatura bušenjem dubljih bušotina,
Izdašnost bušotina	Od do 16 l/s, ovisno o rasjednom sistemu	
Stanje i broj aktivnih bušotina	Bušotine uz izvore i bazene	Bušenje nove bušotine
Hidrogeološki okvir	Primarni akvifer su klastiti, karbonati i, najvjerovatnije, evaporiti permotrijasa	Detaljna analiza rasjednog sistema snimanjem geofizičkih podataka, dodatna bušotina
Trenutna namjena	Balneologija	Lokalno grijanje objekata
Energetski kapacitet	približno 1 MWt	Povećati zahvaćanjem ležišta neovisnog o postojećim bušotinama
Energetska infrastruktura	-	Ovisno o potencijalnim potrošačima

Tabela 7-35 Procjena razvojnog potencijala - Sanski Most

Kriterij	Procjena	Preduslovi proširenja
Razvojni potencijal lokaliteta - energetsko korištenje	Nizak do srednji za direktne upotrebe, toplotarstvo,	Geofizički radovi, geomehanički modeli rasjeda

7.5.6 Posavski kanton

Domaljevac

Po Josipoviću (1971.) krečnjaci i dolomiti su akvifer geotermalnih voda dok krovinu čine lapori panona; izdašnost u trenutku erupcije iznosila je 15 l/s; voda je Cl-SO4-HCO3-Na tipa, mineralizacije 15,4 g/l; karakteristično je prisustvo naftenskih kiselina (kvalitativna odredba), a zatim joda (6,5 mg/l) i broma (13,0 mg/l).

Akumulacija podzemnih voda formirana je na krednim sarmatskim i tortonskim krečnjacima na kojima leži panon kao izolator (Miošić, 1977).

Pouzdano se ne zna se da li je registrirani priliv eruptirajućih voda na 1175 m iz srednjemiocenskih, krednih ili trijaskih horizonata, mada su Velimirović i Baner (1976) na bliskoj bušotini Do-2 (1169,95 - 1172,53 m) dokazali paleontološki srednji do gornji trijas. Kombinacija povišenog sadržaja joda (≥5 mg/L), prisustva metana (CH_4) u plinskom sastavu te visoke mineralizacije (~11,6 g/L) ukazuje na duboke formacijske vode sedimentnog basena povezane s organski bogatim sedimentima.

Bušotina Do-1

Probni rad i hidrodinamička mjerenja na bušotini izvršena su 1973. godine (31.08. – 05.09.). Radni pritisak se ustalio na izlazu pri maximalnom kapacitetu na 5,8 atmosfera. Maksimalni kapacitet bušotine je 22,6 l/s. Podaci se nalaze u Katalogu, a Preuzeti su iz "Elaborata o reaktiviranju, hidrodinamičkim i hidrohemijskim ispitivanjima, ocjeni kvaliteta i mogućnosti primjene termo-mineralne vode iz bušotine. Prema istom izvoru u toku bušenja, prilikom ulaska u trošne miocenske krečnjake, došlo je do naglog gubljenja isplake što je imalo za posljedicu zaglavu bušaćeg pribora te je izvedeno skretanje bušotine na dubini 425,67 m, nakon čega je pri dubinama 1196 i 1208 m dolazilo do gubitka isplake, a na dubini od 1212 m došlo do erupcije voda temperature 70-82ºC i pritiska na ušću bušotine 3 – 8 at., sa kapacitetom 20-25 l/s. Kako je u dosadašnjem tekstu navedena temperatura bušotine 92 °C, s tim iznosom računat je potencijal bušotine.

Bušotina Do-3/B

Bušotina Do-3/B je u rad puštena 2003. godine i ona je jedina bušotina koja se koristi za zagrijavanje staklenika. Od bušotine Do - 3/A je udaljena oko 5 m. Do-3A je zatvorena. Radni pritisak na Do-3/B je 1,5-1,6 bara pri oko Q = 30 l/s, tv=80 ºC (temperatura je mjerena na izlazu iz kotla preko kojega se odvaja sumpor (21.05.2007).

Izračun je rađen s izlaznom temperaturom iz energetskih sistema od 15ºC, da bi se zadržala ujednačenost obračuna na nivou FBiH.

Tabela 7-36 Energetski proračun postojeće proizvodne infrastrukture – Domaljevac-Šamac

PODRUČJE	Bušotina	qw (l/s)	Tin (°C)	Tout (°C)	ΔT (°C)	Pt (MWt)	Eg (GWht)
DOMALJEVAC ŠAMAC	Do-1	25	92	15	77	7,804	65,556
	Do-3B	30	80	15	65	7,905	66,408
	UKUPNO	**55**				**15,71**	**131,96**

Tabela 7-37 Ključne karakteristike geotermalnog ležišta Domaljevac - Šamac

Parametar	Trenutno stanje (dokazano ležište)	Mogućnost razvoja
Postojeća eksploatacija	-	Korištenje u energetici, toplotarstvo, agrogeotermija
Temperatura geotermalne vode	Utvrđeno do 92°C	Moguće povećanje zahvaćanjem dubljih vodonosnika,
Izdašnost bušotina	30 l/s	Tehnološki zahvati (ESP pumpe)
Stanje i broj aktivnih bušotina	Do-1, Do-3B, Do-3A-mjerna bušotina	Bušenje novih bušotina, revitalizacija ovisna o tehničkim analizama
Hidrogeološki okvir	Krečnjaci i dolomiti - akvifer geotermalnih voda	Interpretacija geofizičkih podataka, snimanje dodatnih geofizičkih podataka
Trenutna namjena	Povremeno korištenje u agrogeotermiji	Grijanje objekata, industrijska upotreba,
Energetski kapacitet	približno 1 MWt	Povećati zahvaćanjem ležišta neovisnog o postojećim bušotinama

Energetska infrastruktura	-	Ovisno o potencijalnim potrošačima

Tabela 7-38 Procjena razvojnog potencijala - Domaljevac - Šamac

Kriterij	Procjena	Preduslovi proširenja
Razvojni potencijal lokaliteta - energetsko korištenje	Vrlo visok za direktne upotrebe, toplotarstvo, privredne zone	Aktivacija bušotina, proizvodno utisni parovi

7.6 Procjena potencijala geotermalne energije za grijanje i hlađenje (duboka i plitka geotermalna energija)

Potencijal za grijanje i hlađenje procijenjen je na temelju postojećih, otkrivenih i dokazanih geotermalnih izvora temperatura viših od 30 °C. U procjeni je pretpostavljeno energetsko korištenje fluida s izlaznom temperaturom iz sistema od 15 °C, što odgovara standardnim uslovima za direktnu toplotnu upotrebu i sisteme daljinskog grijanja nižih temperatura.

S obzirom na to da se radi o već potvrđenim hidrotermalnim pojavama, navedena područja karakterizira **minimalan geološki rizik**, budući da su ključni parametri (temperatura, izdašnost i hemijski sastav) već verificirani postojećim istraživanjima i/ili eksploatacijom.

Tabela 7-39 Procjena energetskog potencijala FBiH

KANTON	OPŠTINA	Pt(MWt)		Eg (GWht)	
POSAVSKI	BOSANSKI ŠAMAC	15,710	15,710	131,965	131,9652
ZENIČKO-DOBOJSKI	OLOVO	6,153	13,811	51,688	116,0161
	KAKANJ	7,658		64,328	
SARAJEVO	SARAJEVO LJETNA POZORNICA	39,547	39,547	332,193	332,1932
TUZLANSKI	GRAČENICA	9,211	17,978	77,373	151,0184
	GRADAČAC	3,284		27,585	
	TUZLA	5,483		46,061	
UNSKO-SANSKI	SANSKI MOST	1,018	5,297	8,555	44,49652
	BIHAĆ (GATA)	4,279		35,942	
SREDNJEBOSANSKI	FOJNICA	3,980	3,980	33,433	33,43279
UKUPNO			**96,324**		**809,1221**

Ukupno procijenjeni potencijal iz analiziranih lokaliteta iznosi:

- **instalirana toplotna snaga (Pt)**: približno **96 MWt**
- **godišnja proizvodnja energije (Eg)**: približno **809 GWh**

Ove vrijednosti ukazuju na značajan ukupni potencijal za razvoj sistema grijanja i hlađenja na regionalnoj razini.

Potencijal je raspoređen po više kantona, pri čemu se izdvajaju sljedeća područja:

Sarajevski kanton (Sarajevo – Ljetna pozornica)

predstavlja najznačajniji pojedinačni lokalitet, s instaliranom snagom od oko **39,5 MWt** i godišnjom proizvodnjom od preko **330 GWh**, što ga čini ključnim kandidatom za razvoj većih sistema daljinskog grijanja.

Posavski kanton (Domaljevac Šamac)

također pokazuje visok potencijal (~15,7 MWt), uz stabilnu godišnju proizvodnju energije, što upućuje na mogućnost kontinuiranog korištenja.

Zeničko-dobojski kanton (Olovo i Kakanj)

predstavlja značajan klaster s ukupnim potencijalom većim od **13 MWt** (bez dodatnih doprinosa iz Kaknja), uz mogućnost daljnjeg razvoja kroz integraciju više lokalnih izvora.

Tuzlanski kanton (Gračanica, Gradačac, Tuzla)

karakterizira disperziran potencijal srednje veličine, s Gračanicom kao najznačajnijim lokalitetom (~18 MWt), što omogućuje razvoj decentraliziranih energetskih sistema.

Unsko-sanski kanton (Sanski Most i Bihać – Gata)

pokazuje manji, ali stabilan potencijal (do ~5 MWt po lokalitetu), koji je posebno pogodan za lokalne sisteme grijanja i balneološko-energetsku integraciju.

Srednjobosanski kanton (Fojnica)

predstavlja manji, ali potpuno definiran sistem (~4 MWt), pogodan za direktnu primjenu bez značajnih dodatnih istraživanja.

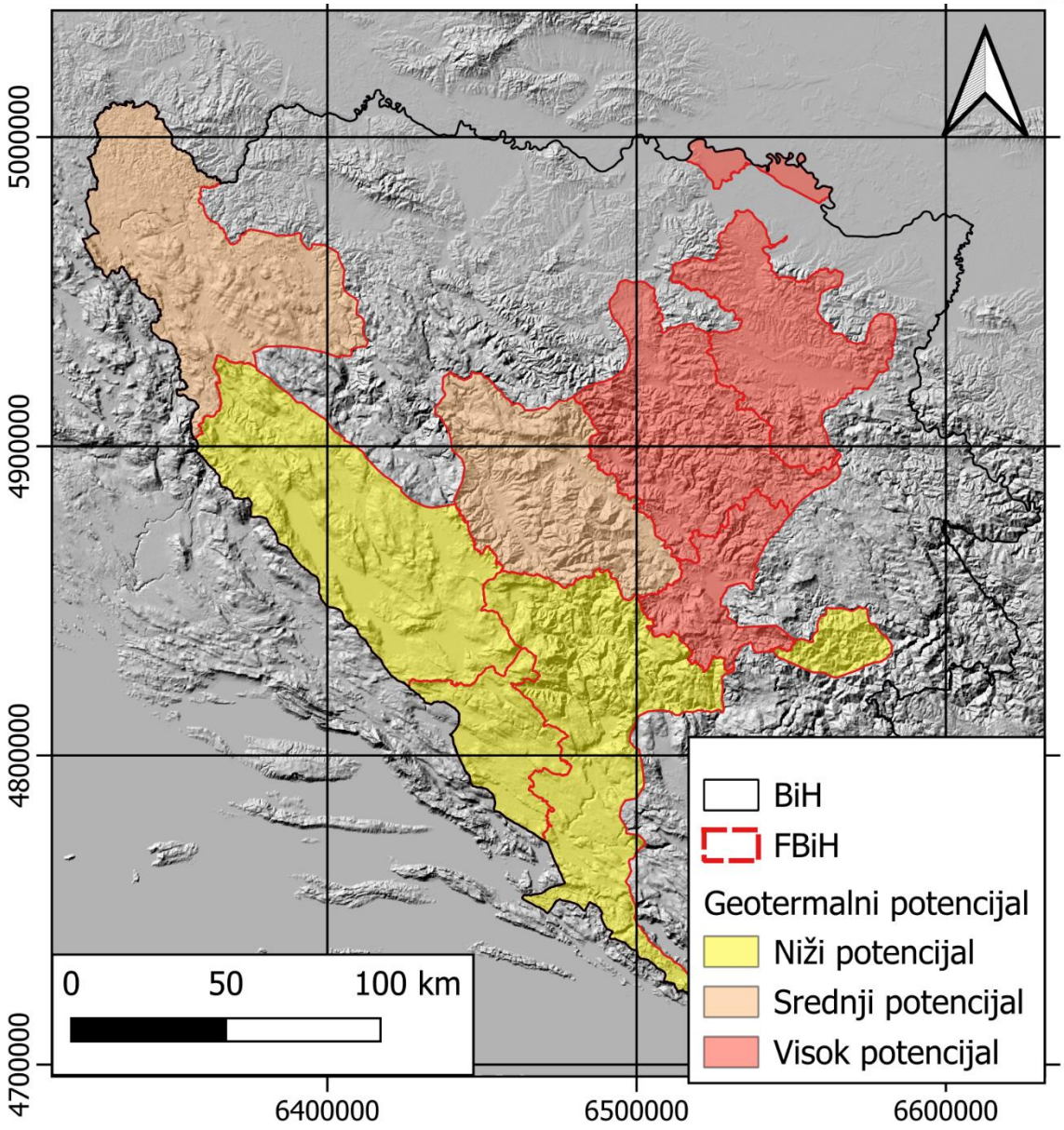
Analizirani resursi pripadaju niskotemperaturnim do srednjetemperaturnim geotermalnim sistemima, pri čemu temperature fluida (>30 °C) omogućuju direktnu toplotnu upotrebu, najveći potencijal leži u:

- sistemima daljinskog grijanja,
- grijanju javnih i turističkih objekata,
- korištenju toplotnih pumpi za povećanje učinkovitosti,
- te kombiniranim sistemima grijanja i hlađenja.

S obzirom na relativno ujednačene temperature i potvrđene izdašnosti, sistemi su posebno pogodni za kontinuirani (bazni) rad, što je ključna prednost u odnosu na druge obnovljive izvore energije.

Rezultati procjene ukazuju da Bosna i Hercegovina raspolaže značajnim, već potvrđenim geotermalnim resursima za grijanje i hlađenje, s ukupnim potencijalom koji omogućuje razvoj kako velikih urbanih sistema, tako i manjih lokalnih rješenja.

Zahvaljujući niskom geološkom riziku i postojećim podacima, navedeni lokaliteti predstavljaju prioritetna područja za brzu implementaciju geotermalnih projekata, uz minimalna dodatna istraživanja i relativno kratko vrijeme realizacije.



Slika 7-20 Potencijal energetskog iskorištavanja energije za grijanje i hlađenje

7.7 Procjena geotermalnog potencijala za proizvodnju električne energije

Mogućnost razvoja geotermalnog sistema za proizvodnju električne energije u Federaciji Bosne i Hercegovine zavisi od istovremenog ispunjenja nekoliko osnovnih tehničkih i geoloških preduvjeta. Ključni među njima su:

- temperatura geotermalnog fluida,
- dovoljan i dugoročno održiv protok,

- stabilnost proizvodnih i utisnih bušotina,
- povoljna hemijska svojstva fluida (u smislu ograničenog taloženja i korozije),
- te mogućnost reinjekcije ohlađenog fluida u rezervoar.

Za niskotemperaturne i srednjetemperaturne resurse, kakvi se očekuju u pojedinim dijelovima FBiH, proizvodnja električne energije tehnički je moguća primjenom **ORC sistema (Organic Rankine Cycle)**. Ovi sistemi omogućavaju korištenje geotermalnih fluida i pri temperaturama iznad približno **90 °C**, ali pri tim temperaturama proizvodnja električne energije značajno zavisi od raspoloživog protoka i ukupne toplotne snage sistema. Toplotni potencijal fluida može se procijeniti pomoću izraza:

$$P_{th} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

gdje je:

- $\dot{m}$– maseni protok fluida [kg/s],
- c_p– specifični toplotni kapacitet vode (≈ 4,18 kJ/kgK),
- ΔT– korisni pad temperature između proizvodnje i reinjekcije.

Ako se pretpostavi proizvodna temperatura od 90 °C i reinjekcijska temperatura od 60–70 °C, korisni temperaturni pad iznosi približno 20–30 °C. U tom slučaju, protok od 1 kg/s daje približno:

- pri $\Delta T = 20°C$: oko 84 kWth
- pri $\Delta T = 25°C$: oko 105 kWth
- pri $\Delta T = 30°C$: oko 125 kWth

Kod ORC postrojenja koja rade s fluidima temperature oko 90 °C, neto električni stepen korisnosti je relativno nizak i u praksi se kreće u rasponu od približno 8 do 12 %, zavisno od tehnologije, rashladnog sistema i operativnih gubitaka. To znači da se iz 1 kg/s geotermalne vode temperature oko 90 °C može dobiti približno:

- 7 do 8 kWe u konzervativnim uslovima,
- do oko 10 do 12 kWe u povoljnijim uslovima.

Na osnovu toga može se procijeniti potreban protok za razvoj manjih geotermalnih elektroenergetskih sistema:

- za oko 250 kWe: približno 25–35 l/s
- za oko 500 kWe: približno 50–70 l/s
- za oko 1 MWe: približno 80–140 l/s

Tabela 7-40 Moguća neto električna snaga za različite temperature i protoke

Temperatura fluida (°C)	Pretpostavljena reinjekcijska temperatura (°C)	ΔT (°C)	Protok (l/s)	Toplotna snaga (MWt)	Moguća neto električna snaga (kWe)*
90	60	30	10	1.25	75–125
90	60	30	20	2.51	150–250
90	60	30	30	3.76	225–375
90	60	30	50	6.27	375–625

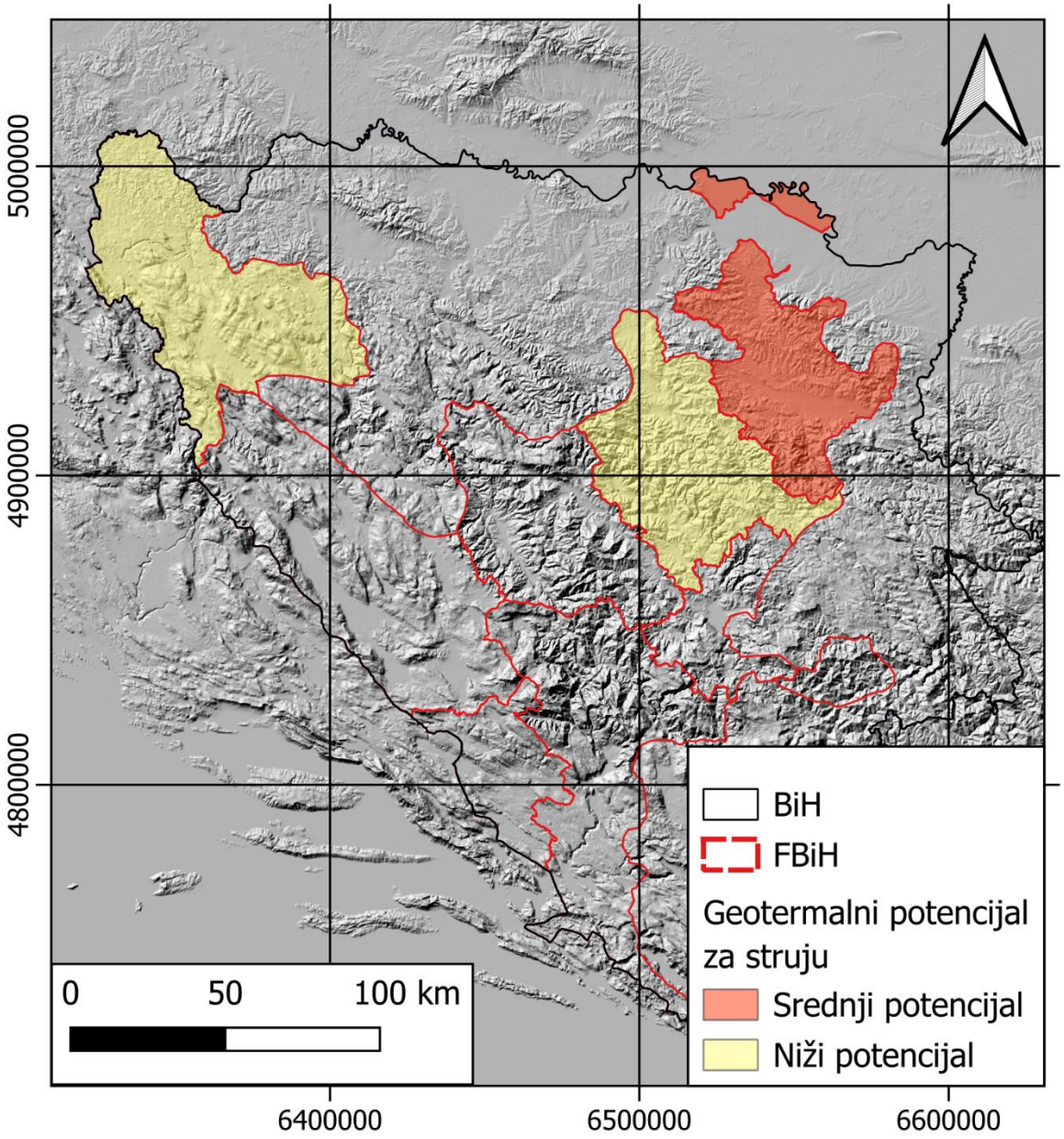
Temperatura fluida (°C)	Pretpostavljena reinjekcijska temperatura (°C)	ΔT (°C)	Protok (l/s)	Toplotna snaga (MWt)	Moguća neto električna snaga (kWe)*
90	60	30	100	12.54	750–1,250
100	60	40	10	1.67	125–185
100	60	40	20	3.34	250–370
100	60	40	30	5.02	375–555
100	60	40	50	8.36	625–925
100	60	40	100	16.72	1,250–1,850
110	60	50	10	2.09	170–250
110	60	50	20	4.18	340–500
110	60	50	30	6.27	510–750
110	60	50	50	10.45	850–1,250
110	60	50	100	20.90	1,700–2,500

Iz navedenog proizlazi da je pri temperaturi od oko 90 °C proizvodnja električne energije tehnički moguća, ali uglavnom u obliku manjih modularnih ORC sistema, i to isključivo u slučajevima gdje postoji dovoljno visok i stabilan protok. U suprotnom, resursi s manjim protocima znatno su pogodniji za direktnu toplotnu primjenu.

U tabeli je prikazana orijentaciona procjena moguće neto električne snage za geotermalne fluide temperatura 90 °C, 100 °C i 11 U uslovima Federacije BiH, realan razvoj geotermalnih elektrana može se očekivati prvenstveno na lokalitetima s dubljim i produktivnijim vodonosnicima, gdje su istovremeno potvrđeni i temperatura i odgovarajuća izdašnost, koji su dokazani bušotinama u Posavskom kantonu gdje bušotina Do-1 ima zadovoljavajuću temperaturu vode i protok te je moguće izraditi sistem za proizvodnju 225-375 Mwe,

I Tuzlanskom kantonu gdje je u bušotini temeljem rezultata bušenja i karotažnih dijagramaizdvojen interval na 2400-2800 m temperature min.90 °C gdje je moguće proizvesti više od 30 l/s geotermalne vode.

0 °C, uz pretpostavku reinjekcije ohlađenog fluida na približno 60 °C. Proračun je informativnog karaktera i zasniva se na pojednostavljenom toplotnom bilansu, pri čemu stvarni učinak zavisi od tehnologije ORC postrojenja, hemijskog sastava fluida, rashladnog sistema, radnog režima i unutrašnjih gubitaka.



Slika 7-21 Potencijal energetskog iskorištavanja za proizvodnju električne energije

8 Mogućnosti korištenja geotermalne energije u FBiH

Upotreba geotermalne energije u komercijalnom i industrijskom sektoru u FBiH trenutno je vrlo ograničena i predstavlja jedan od najmanje iskorištenih segmenata geotermalnog potencijala. Iako na teritoriji FBiH postoji više lokacija sa dostupnim srednjetemperaturnim i termomineralnim vodama, njihova primjena u industriji je sporadična i uglavnom povezana sa manjim lokalnim inicijativama u poljoprivredno-prehrambenom sektoru (sušare, prerada voća i povrća, manje mljekare, ribogojilišta). Ove primjene nisu rezultat strateškog planiranja ili sistematskog upravljanja resursima, nego pojedinačnih projekata koji su se razvijali na osnovu lokalne dostupnosti toplote.

Industrija u FBiH i dalje dominantno koristi fosilna goriva (ugalj, lož ulje, prirodni gas) za potrebe procesne toplote, dok se mogućnosti zamjene dijela tih potreba geotermalnim izvorima ne razmatraju dovoljno. Nedostatak primjene geotermalne energije u industriji dijelom je posljedica nedostatka pouzdanih geotermalnih podataka, slabog poznavanja tehnologija, ograničenog pristupa investicijama te nepostojanja ekonomskih poticaja za dekarbonizaciju toplote. Također, zbog fragmentirane strukture industrije i malog broja velikih potrošača na lokacijama u blizini geotermalnih izvora, nije došlo do razvoja većih integrisanih sistema.

Sektor komercijalnih objekata – uključujući hotele, wellness centre, sportske objekte i zdravstvene ustanove – pokazuje nešto veći nivo korištenja geotermalne toplote, posebno u Sarajevu (Ilidža) i na nekoliko manjih lokaliteta. Međutim, upotreba je i dalje ograničena na grijanje bazena, prostorno grijanje i pripremu potrošne tople vode, bez značajnijeg iskorištavanja kapaciteta geotermalne toplote za šire komercijalne aplikacije.

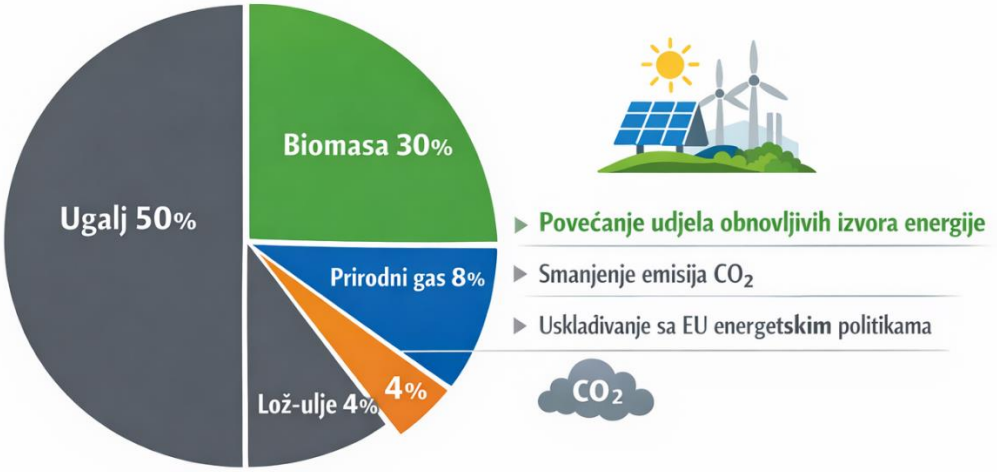
8.1 Korištenje geotermalne energije za proizvodnju toplote

Sektor daljinskog grijanja u FBiH suočava se sa značajnim strukturnim, tehnološkim i regulatornim izazovima. Ukupno 21 sistem daljinskog grijanja operativan je u 17 urbanih centara širom FBiH, uključujući Sarajevo, Tuzlu, Zenicu, Kakanj, Lukavac, Gračanicu, Novi Travnik, Travnik, Tešanj, Kalesiju, Livno, Banoviće, Srebrenik, Zavidoviće, Bugojno, Brezu i Žepče. Ukupno instalirani kapacitet ovih sistema iznosi približno 1.470 MW, a pokrivaju zajedničku grijanu površinu od preko 7,21 milion m².

Industrijski pad, dugotrajna neaktivnost pojedinih postrojenja i nedostatak investicija u modernizaciju doveli su do djelimične degradacije mnogih sistema daljinskog grijanja. Veliki broj sistema je historijski bio povezan sa industrijskim izvorima pare ili termoenergetskim postrojenjima, koristeći zastarjele tehnologije sa relativno niskom energetskom efikasnošću i visokim toplotnim gubicima u distribucionim mrežama. Dodatni izazovi uključuju nedovoljnu izolaciju mreža, hidrauličku neuravnoteženost sistema i nisku energetsku efikasnost objekata krajnjih korisnika, što dovodi do povećanja operativnih troškova i finansijskih pritisaka na komunalna preduzeća.

Energetska struktura postojećih sistema grijanja pokazuje značajnu zavisnost od fosilnih goriva. Procjenjuje se da se oko 50 % energije za daljinsko grijanje proizvodi iz uglja, oko 30 % iz biomase, dok prirodni gas i lož-ulje učestvuju sa približno 8 % odnosno 4 %. U takvom

kontekstu, povećanje udjela obnovljivih izvora energije predstavlja važan korak u pravcu smanjenja emisija stakleničkih gasova i usklađivanja sa energetskim i klimatskim politikama Evropske unije. Nedavni razvoj uključuje sisteme na biomasu u Livnu i Gračanici, dok su neki poslijeratni sistemi prestali s radom. Sveukupno, sektor ostaje tehnički neefikasan, finansijski ograničen i nedovoljno regulisan, što ukazuje na potrebu za rehabilitacijom, modernizacijom, poboljšanjem efikasnosti, diverzifikacijom goriva i usklađivanjem s energetskim i klimatskim politikama EU (Policy Document for Bosnia and Herzegovina on district heating analysis and possibilities to apply highly efficient heating/cooling co-generation in BiH , 2021).



Slika 8-1 - Energetska struktura daljinskog grijanja u FBIH

Geotermalna energija može predstavljati značajan obnovljivi izvor toplote za sisteme daljinskog grijanja i druge oblike direktne upotrebe toplote. Za razliku od solarnih ili vjetroelektrana, geotermalni sistemi omogućavaju kontinuiranu proizvodnju toplote tokom cijele godine, bez zavisnosti od vremenskih uslova. Posebno su pogodni za primjenu u urbanim sredinama sa razvijenom infrastrukturom daljinskog grijanja ili u područjima gdje postoje prirodni izvori termalne vode.

U FBiH već je evidentiran veći broj lokaliteta sa pojavama termalnih i termomineralnih voda koje se trenutno koriste prvenstveno u balneološke i rekreativne svrhe. Uz dodatna hidrogeološka i tehnička istraživanja, pojedini od ovih lokaliteta mogli bi biti iskorišteni i za proizvodnju toplote za grijanje objekata, javnih ustanova ili manjih sistema daljinskog grijanja.

Pored daljinskog grijanja, geotermalna toplota može se koristiti i u drugim sektorima kao što su grijanje plastenika, sušenje poljoprivrednih proizvoda, akvakultura ili turističko-rekreativne aktivnosti. Ovakvi modeli često se razvijaju u okviru kaskadnih sistema korištenja geotermalne energije, u kojima se toplota koristi u više uzastopnih procesa različitih temperaturnih zahtjeva.

Potencijalni pilot projekti za korištenje geotermalne energije za grijanje

U cilju praktične demonstracije mogućnosti korištenja geotermalne energije u sektoru grijanja, moguće je razmotriti razvoj pilot projekata na lokalitetima gdje su već evidentirane pojave termalnih voda i gdje postoji infrastruktura ili potražnja za toplotnom energijom.

Tabela 8-1 - Potencijalne lokacije za pilot projekte grijanja

Lokacija	Primjena	Snaga	Status
Ilidža	Sistemi centralnog grijanja	13-30 MWt	djelomično infrastruktura, pilot
Tuzla	Grijanje objekata, sistemi centralnog grijanja	Min. 5,5 MWt	istraživanje, pilot
Kakanj	Toplotarstvo, grijanje objekata	5,5-8 MWt	pilot
Olovo	Grijanje javnih objekata	3-4 MWt	pilot
Fojnica	Grijanje turističkih kapaciteta	3–5 MWt	koncept
Domaljevac	električna energija/**kaskadna primjena agrogeotermija**	0.5–1 MW	Istraživanje

Razvoj pilot projekata na ovim lokalitetima omogućio bi prikupljanje tehničkih podataka o temperaturi, protoku i stabilnosti geotermalnih izvora, kao i demonstraciju različitih modela korištenja geotermalne energije u realnim uslovima FBiH.

Troškovi pilot projekata direktnog korištenja geotermalne energije za proizvodnju toplote znatno su niži u odnosu na projekte proizvodnje električne energije. U zavisnosti od dubine bušenja i obima infrastrukture, okvirni troškovi mogu se procijeniti u rasponu od približno **1 do 5 miliona eura** po projektu.

Ovi projekti obično uključuju izvođenje istražnih ili eksploatacionih bušotina, instalaciju izmjenjivača toplote, pumpnih stanica i distribucione mreže za grijanje objekata. U međunarodnoj praksi ovakvi pilot projekti često se finansiraju kroz kombinaciju javnih sredstava, razvojnih fondova i međunarodnih finansijskih institucija.

8.2 Korištenje geotermalne energije za proizvodnju električne energije

Korištenje geotermalne energije za proizvodnju električne energije predstavlja tehnološki najzahtjevniji, ali i energetski najvrjedniji oblik iskorištavanja geotermalnih resursa. Geotermalne elektrane omogućavaju stabilnu i kontinuiranu proizvodnju električne energije, nezavisno od vremenskih uslova i doba godine, što ih čini pouzdanim izvorom bazne energije.

Kroz poglavlje 3.3.2 su analizirane različite tehnologije za proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora, koje se značajno razlikuju prema temperaturnim zahtjevima i uslovima rada geotermalnog rezervoara. Elektrane na direktnu suhu paru i elektrane sa principom separiranja pare zahtijevaju visoke temperature geotermalnog fluida, najčešće iznad 150-180 C, te prisustvo pare ili vrlo visokotemperaturnih fluida pod pritiskom. Ovakvi uslovi karakteristični su za geotermalno aktivne regije sa izraženim vulkanskim ili magmatskim procesima i trenutno nisu potvrđeni u geološkim uslovima FBiH.

Za razliku od navedenih tehnologija, binarne elektrane (posebno sistemi zasnovani na Organskom Rankineovom ciklusu – ORC ili Kalina ciklusu) omogućavaju proizvodnju električne energije iz geotermalnih fluida znatno nižih temperatura, u pravilu od približno 80–100 °C pa naviše, uz odgovarajuće protoke fluida. Ove tehnologije koriste sekundarni radni fluid sa nižom tačkom ključanja, čime se omogućava iskorištavanje geotermalnih resursa koji nisu pogodni za klasične geotermalne elektrane. Zbog toga se binarne elektrane smatraju najprikladnijim tehnološkim rješenjem za potencijalnu proizvodnju električne energije iz niskotemperaturnih i srednjetemperaturnih geotermalnih sistema.

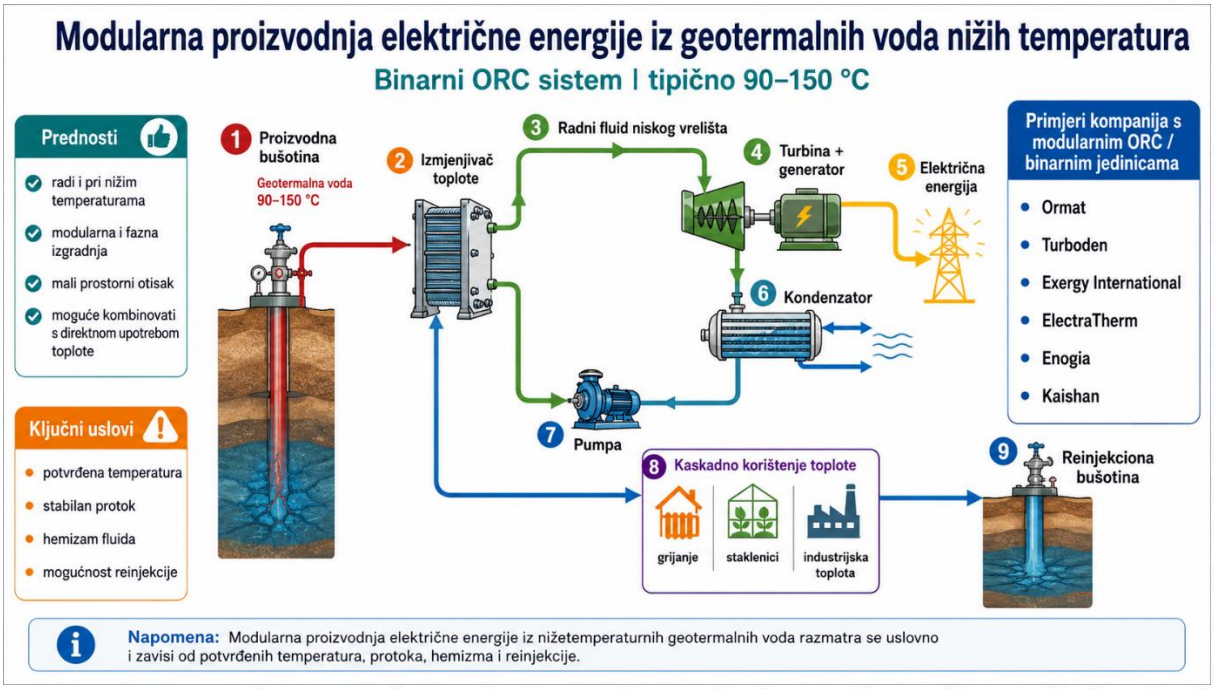
Dodatno, savremeni pristupi razvoja geotermalne energije sve češće uključuju modularne ili hibridne sisteme, u kojima se proizvodnja električne energije kombinuje sa direktnom upotrebom toplote u kaskadnim energetskim sistemima.

Kod geotermalnih sistema nižih i srednjih temperatura proizvodnja električne energije moguća je korištenjem modularnih binarnih postrojenja, najčešće na principu ORC ciklusa. U takvom sistemu geotermalna voda ne ulazi direktno u turbinu, nego predaje toplinu sekundarnom radnom fluidu nižeg vrelišta. Radni fluid isparava, pokreće turbinu i generator, zatim se kondenzira i vraća u zatvoreni ciklus.

Ovakav pristup omogućava korištenje geotermalnih voda koje nisu dovoljno vruće za klasičnu parnu proizvodnju električne energije. Prednost modularnih ORC postrojenja je mogućnost fazne izgradnje, prilagodba stvarno potvrđenom protoku i temperaturi, te kombinacija s direktnom upotrebom toplote, npr. za staklenike, daljinsko grijanje ili industrijsku toplinu.

Za lokalitete poput Domaljevca, ovakav scenarij treba razmatrati samo uslovno, nakon potvrde dubljeg vodonosnika, stabilnog protoka, temperature, hemijske stabilnosti fluida i mogućnosti reinjekcije. Pri temperaturama oko 90–120 °C proizvodnja električne energije je moguća, ali je učinkovitost niska, pa ekonomska opravdanost često zavisi od kaskadnog korištenja preostale toplote.

Shematski je prikazan modularni binarnog ORC sistema za korištenje nižetemperaturne geotermalne vode. Geotermalna voda predaje toplinu sekundarnom radnom fluidu u zatvorenom ciklusu, dok se preostala toplota može dodatno koristiti za direktne toplotne namjene prije reinjekcije.



Slika 8-2 – Modularna proizvodnja električne energije iz geotermalnih voda nižih temperatura

U kontekstu FBiH, ovakav kaskadni pristup bi mogao biti primjenjiv. Takav kaskadni pristup podrazumijeva da se geotermalna energija prvo koristi za proizvodnju električne energije, a zatim preostala toplota za grijanje, industrijske procese ili balneologiju. Ovaj model povećava ukupnu energetsku efikasnost i može poboljšati ekonomsku opravdanost projekata.

Uprkos tim ograničenjima, geotermalna energija može imati stratešku ulogu u dugoročnoj energetskoj tranziciji FBiH. U kombinaciji s drugim obnovljivim izvorima energije, geotermalne elektrane bi mogle doprinijeti diversifikaciji energetskog miksa i smanjenju zavisnosti od uvoza energije. Ulaganja u istraživanja, pilot projekte i međunarodnu saradnju mogla bi u budućnosti otvoriti prostor za realniju procjenu i eventualnu primjenu geotermalne energije za proizvodnju električne energije u FBiH, uz poštivanje principa održivosti i zaštite okoliša.

Tabela 8-2 - Potencijalne lokacije za pilot projekte proizvodnje električne energije

Lokacija	Dubina ležišta	Moguća temperatura (°C) /Protok (l/s)	Snaga po bušotini Tout = 70 °C		Snaga po bušotini Tout = 30 °C		Status
			Pbruto1 (MWe)	Pneto1 (MWe)	Pbruto2 (MWe)	Pneto2 (MWe)	
Domaljevac	1500-2000 m	120/70	1,04	0,73	3,82	2,67	dokazano
Tuzlanski basen	1500-2000 m	120/70	1,04	0,73	3,82	2,67	Indicirano bušotinama
Sarajevsko-zenički bazen Tičići Biohan	2000-2500 m	90-100/ 75	0,28	0,2	2,13	1,5	Indicirano geokemijskim podacima i strukturnim sklopom
Kladuša	1500-2000 m	90-100/ 50	0,19	0,13	1,42	1	Indicirano geokemijskom analizom, strukturna analiza

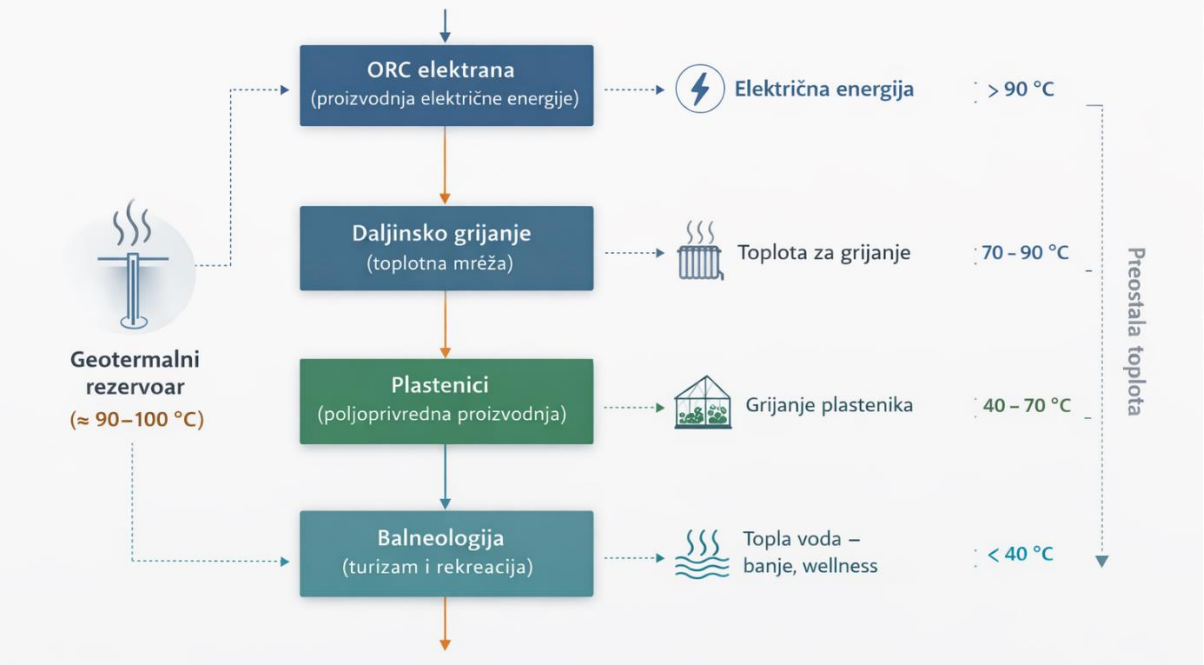
Pilot projekat elektrane Domaljevac

Kako je najviša registrovana vrijednost temperature od 96°C u Domaljevcu, lokalitet predstavlja jedini geotermalni potencijal za energetsko korištenje u svrhu proizvodnje električne energije. Iako takvi resursi nisu pogodni za klasične geotermalne elektrane zasnovane na direktnoj pari ili flash tehnologiji, oni se mogu koristiti u binarnim geotermalnim elektranama (ORC sistemi), posebno ukoliko je osiguran dovoljan i stabilan protok fluida.

Uzimajući u obzir potencijale navedenog lokaliteta, ukoliko bi se izgradnja elektrane posmatrala samostalno, period povrata investicije bi bio izuzetno visok. U praksi se ovakvi projekti često razvijaju kao dio kaskadnih energetskih sistema, gdje se električna energija proizvodi u prvom koraku, dok se preostala toplota koristi za druge termalne procese. Kombinacijom u kaskadnom sistemu, posebno uzimajući u obzir činjenicu da se na lokalitetu geotermalna energija već koristi u plastenicima, isplativost samog projetka bi mogla biti značajnije poboljšana.

Prijedlog kaskadnog sistema bi mogao biti:

ORC elektrana -> daljinsko grijanje -> plastenici -> balneologija



Slika 8-3 - Primjer kaskadnog korištenja geotermalne energije

Za realnu procjenu mogućnosti razvoja takvog projekta potrebno je planirati dodatna geološka istraživanja geotermalnog gradijenta, geološke strukture i rezervoara, hidrogeološka istraživanja protoka, permeabilnosti i stabilnosti izvora, hemijsku analizu (mineralizacija, korozija, scaling), te testiranje bušotine - dugoročni pump test. Navedena istraživanja podrazumijevaju istražne bušotine, mjerenja i testiranja.

Na osnovu međunarodnih iskustava sa ORC sistemima koji koriste geotermalne fluide temperature oko 90–100 °C, potencijalna instalirana snaga pilot elektrane mogla bi biti u rasponu od približno 0,5 do 1 MW, uz godišnju proizvodnju od približno 4.000 do 8.000 MWh električne energije, zavisno od dostupnog protoka fluida i radnog režima postrojenja.

Nakon navedenih pripremnih radnji, svi nalazi će se objediniti u studiju izvodljivosti *(Feasibility study)*, koja će dalje definisati izvedivost samog projekta, procijeniti tehničku i ekonomsku izvodljivost projekta, te dati dalje smjernice. Potom slijedi priprema projektne dokumentacije, prikupljanje svih potrebnih dozvola i izvođenje samog projekta.

Za potrebe istraživanja i pripremnih radnji za studiju izvodljivosti za pilot projekat elektrane, okvirna vrijednost potrebnih radova bi bila 5-8 mil EUR, dok bi, ukoliko studija pokaze opravdanost, okvirna vrijednost implementacije istog bila 4-6 mil EUR.

U međunarodnoj praksi ovakav tip pilot projekata je često finansiran kroz kombinaciju javnih sredstava, razvojnih fondova i međunarodnih finansijskih institucija.

8.3 Korištenje geotermalne energije u poljoprivredi

Primjena geotermalne toplote u poljoprivrednom sektoru FBiH trenutno je ograničena na nekoliko lokacija gdje se topla voda koristi za grijanje staklenika, plastenika ili ribogojilišta, te sporadične primjene u preradi voća i povrća. Iako geotermalni izvori postoje u više kantona, njihovo korištenje u poljoprivredi nije sistemski razvijeno niti integrisano u lokalne razvojne planove.

Glavne prepreke su nedostatak informacija o dostupnim geotermalnim kapacitetima, ograničena svijest među poljoprivrednicima i investitorima, te nepostojanje finansijskih poticaja za razvoj geotermalno grijane poljoprivredne infrastrukture. Poljoprivredni proizvođači uglavnom se oslanjaju na skupa fosilna goriva, električnu energiju ili biomasu, što povećava troškove proizvodnje i smanjuje konkurentnost domaćih proizvoda.

Glavne prepreke za širu primjenu geotermalne energije u ovom sektoru uključuju nedovoljno dostupne i sistematizovane podatke o geotermalnim resursima i njihovim kapacitetima, ograničenu informisanost poljoprivrednih proizvođača i investitora o mogućnostima njihove primjene, kao i nedostatak finansijskih i institucionalnih mehanizama podrške za razvoj geotermalno grijane poljoprivredne infrastrukture. Dodatni izazov predstavlja i početni investicioni trošak za istraživanje, bušenje i izgradnju sistema za korištenje geotermalne energije.

Zbog navedenih ograničenja, poljoprivredni proizvođači u FBiH se u velikoj mjeri i dalje oslanjaju na konvencionalne izvore energije kao što su fosilna goriva, električna energija ili biomasa. Ovakav model proizvodnje povećava troškove energije, posebno u zimskom periodu, te negativno utiče na konkurentnost domaćih poljoprivrednih proizvoda na tržištu. Istovremeno, rast cijena energenata i klimatske promjene dodatno naglašavaju potrebu za diversifikacijom izvora energije i većim korištenjem lokalno dostupnih obnovljivih resursa, među kojima geotermalna energija zauzima značajno mjesto.

Uprkos trenutnim ograničenjima, raspoloživi geotermalni resursi predstavljaju važan potencijal za razvoj održive poljoprivrede u Federaciji BiH. Termalne vode srednjih i nižih temperatura

pogodne su za niz poljoprivrednih i agroindustrijskih primjena koje zahtijevaju stabilan izvor toplotne energije.

- **Potencijal za razvoj**

Geotermalna energija ima izuzetno visok potencijal za smanjenje sezonalnosti i povećanje produktivnosti poljoprivredne proizvodnje u FBiH. Njena primjena može doprinijeti stabilnijoj proizvodnji tokom cijele godine, smanjenju troškova energije i povećanju ekonomske održivosti poljoprivrednih gazdinstava. Najperspektivnije primjene uključuju:

- Grijanje staklenika i plastenika tokom zime,
- Zagrijavanje tla i ubrzavanje vegetacijskog ciklusa,
- Sušare za voće, povrće, aromatično i ljekovito bilje,
- Preradu i fermentaciju poljoprivrednih proizvoda,
- Akvakulturu i ribogojilišta,
- Sušenje stočne hrane,
- Podršku malim i srednjim poljoprivrednim zadrugama.

Toplote od 30-60°C, koje su dostupne na brojnim lokacijama u FBiH, u potpunosti su odgovarajuće za ove procese. Uvođenje geotermalnih staklenika omogućilo bi višesezonsku proizvodnju, smanjenje troškova energije i veći kvalitet proizvoda, što je posebno značajno u kontekstu klimatskih promjena i rasta troškova grijanja.

Posebno veliki potencijal postoji za kaskadnu upotrebu, gdje se topla voda nakon primarne namjene u staklenicima može dalje koristiti za akvakulturu, a potom za zagrijavanje vode ili tla u poljoprivrednim pogonima. Ovaj model se već uspješno primjenjuje u EU i može se lako replicirati u FBiH.

8.4 Korištenje geotermalne energije u turizmu i balneologiji

Korištenje geotermalne energije u turizmu i balneologiji ima dugu tradiciju i predstavlja jedan od najstarijih oblika njenog iskorištavanja. Još od antičkih vremena termalne i mineralne vode korištene su za liječenje, relaksaciju i unapređenje općeg zdravlja. Danas se geotermalna energija u ovom sektoru ne posmatra samo kao prirodni resurs, već i kao važan faktor održivog razvoja, jer omogućava kombinaciju zdravstvenog turizma, rekreacije i energetske efikasnosti uz relativno mali uticaj na okoliš.

Balneologija se zasniva na terapeutskoj upotrebi prirodnih mineralnih i termalnih voda, blata i gasova, pri čemu toplota geotermalnih izvora ima ključnu ulogu. Termalne vode se koriste za kupke, inhalacije, terapije blatom i različite rehabilitacione tretmane. Stabilna temperatura i hemijski sastav vode omogućavaju kontinuiranu primjenu tokom cijele godine, što banjskim centrima daje veliku prednost u odnosu na sezonske oblike turizma. Osim zdravstvenih efekata, boravak u termalnim objektima ima snažan relaksacijski i preventivni karakter, što je sve traženije u savremenom načinu života.

U savremenom turizmu geotermalna energija se sve više koristi i izvan striktno medicinskog konteksta. Termalne vode su osnova razvoja wellness i spa centara, rekreativnih bazena, vodenih parkova i luksuznih turističkih kompleksa. Pored direktne upotrebe vode za kupanje, geotermalna energija se koristi i za grijanje hotela, sportskih objekata, bazena i prateće

infrastrukture. Time se značajno smanjuju troškovi energije i povećava ekološka prihvatljivost turističkih objekata, što postaje važan kriterij za sve veći broj gostiju.

Geotermalna energija doprinosi i razvoju cjelogodišnjeg turizma. Za razliku od planinskog ili ljetnog turizma, koji često zavise od vremenskih uslova, banjski i wellness turizam može funkcionisati tokom cijele godine. Toplota geotermalnih izvora omogućava rad vanjske infrastrukture i u zimskim mjesecima, uključujući bazene i rekreativne sadržaje, čime se produžava turistička sezona i osigurava stabilniji prihod lokalnim zajednicama.

Balneologija i termalni turizam su trenutno najrazvijeniji oblik korištenja geotermalne energije u FBiH. FBiH ima dugu tradiciju korištenja termalnih i termomineralnih voda, posebno u Fojnici, Ilidži, Olovu, Banji Vrućici (granica entiteta), Gračanici i nekoliko drugih lokaliteta. Ovi centri imaju dugu medicinsku, rehabilitacijsku i rekreativnu tradiciju i predstavljaju okosnicu postojećeg geotermalnog turizma.

Uprkos dugoj tradiciji, razvoj sektora je neujednačen. Većina banjskih centara funkcioniše s ograničenim kapacitetima, nedovoljno moderniziranom infrastrukturom i nedostatkom integrisanog pristupa spa & wellness ponudi. Korištenje geotermalne toplote najčešće se odnosi na grijanje bazena, prostorija i pripremu potrošne tople vode, bez značajnog unapređenja turističke ponude ili diversifikacije proizvoda.

U FBiH geotermalna energija ima posebno značajno mjesto u turizmu i balneologiji, prvenstveno zahvaljujući velikom broju termalnih i termomineralnih izvora. Ovi izvori su uglavnom vezani za banjska područja koja imaju dugogodišnju tradiciju zdravstvenog turizma. Termalne vode u FBiH koriste se za liječenje reumatskih oboljenja, posttraumatskih stanja, neuroloških i dermatoloških problema, ali i za rehabilitaciju nakon operacija i povreda.

Primjena geotermalne energije u banjama FBiH uglavnom se zasniva na direktnom korištenju prirodno zagrijane vode. U mnogim slučajevima, geotermalna voda se koristi i za grijanje objekata unutar banjskih kompleksa, čime se smanjuje potrošnja konvencionalnih energenata. Međutim, u praksi još uvijek postoji značajan neiskorišteni potencijal, posebno kada je riječ o modernizaciji postojećih objekata i širenju ponude prema wellness i rekreativnom turizmu.

FBiH ima povoljne uslove za dalji razvoj banjskog i zdravstvenog turizma zasnovanog na geotermalnim resursima. Kombinacija prirodnih ljekovitih faktora, relativno očuvane prirode i povoljnog geografskog položaja pruža dobru osnovu za privlačenje domaćih i stranih turista. Geotermalna energija može igrati važnu ulogu u brendiranju destinacija kao ekološki prihvatljivih i zdravstveno orijentisanih, što je u skladu s globalnim trendovima u turizmu.

Ipak, razvoj ovog sektora u FBiH suočava se s određenim izazovima. Nedostatak investicija, zastarjela infrastruktura i ograničena promocija smanjuju konkurentnost banjskih centara na međunarodnom tržištu. Također, često izostaje integrisani pristup koji bi povezao zdravstveni turizam, energetsku efikasnost i lokalni razvoj. Bez sistematskog upravljanja geotermalnim resursima postoji rizik njihovog nedovoljnog ili neodrživog korištenja.

- **Potencijal za razvoj**

Potencijal za širenje balneoloških i turističkih sadržaja u FBiH izuzetno je visok, jer postoji više lokacija sa ljekovitim i termalnim vodama koje su nedovoljno iskorištene. Razvoj je moguć kroz:

- Modernizaciju postojećih banjskih i wellness centara,
- Izgradnju novih spa i zdravstvenih resorta,
- Integraciju medicinskog turizma (fizioterapija, rehabilitacija),
- Privlačenje međunarnih korisnika kroz zdravstveni i sportski turizam,
- Razvoj outdoor i rekreativnih sadržaja povezanih s termalnim izvorima.

Na više lokacija postoji mogućnost značajnog proširenja turističke infrastrukture, posebno gdje su temperature vode visoke (Ilidža, Fojnica, Olovo). Kombinacija geotermalne toplote s prirodnim i kulturnim atrakcijama omogućava razvoj visokovrijednih turističkih proizvoda poklapanjem trendova u EU – wellness, dugovječnost, rehabilitacija i „eco-health" turizam.

Balneološki sektor zbog svoje komercijalne isplativosti može postati jedan od najbrže razvijajućih segmenata geotermalnog korištenja u FBiH, pod uslovom ulaganja u infrastrukturu, modernizaciju i brendiranje.

8.5 Korištenje geotermalne energije u druge svrhe (ribnjaci, topljenje snijega itd.)

Geotermalna energija se najčešće povezuje s proizvodnjom toplotne energije za grijanje i hlađenje objekata, ali njen potencijal se ne iscrpljuje samo u toj oblasti. Posebno značajno mjesto zauzima korištenje geotermalne energije u takozvane direktne ili druge svrhe, gdje se toplota zemlje koristi neposredno, bez pretvaranja u električnu energiju. Ovakva primjena je tehnički jednostavnija, energetski efikasnija i često ekonomski isplativija, jer zahtijeva manja ulaganja i donosi brže povrate investicije. Zbog toga direktna upotreba geotermalne energije ima veliku ulogu u ruralnom razvoju, poljoprivredi, komunalnim djelatnostima i specijalizovanim industrijskim procesima.

Jedna od najrasprostranjenijih primjena geotermalne energije u druge svrhe jeste zagrijavanje ribnjaka i akvakulturnih sistema. Stabilna temperatura vode je ključna za rast i zdravlje ribe, posebno u hladnijim klimatskim uslovima. Geotermalna toplota omogućava održavanje optimalne temperature tokom cijele godine, čime se produžava sezona uzgoja, povećava prinos i smanjuje rizik od uginuća ribe tokom zimskih mjeseci. Ovakvi sistemi se u svijetu koriste za uzgoj toplovodnih vrsta ribe u područjima gdje bi to inače bilo nemoguće bez značajnih energetskih troškova.

Geotermalna energija se također koristi u poljoprivredi, prvenstveno za zagrijavanje plastenika i staklenika. Direktno korištenje tople vode ili toplote tla omogućava kontrolisane uslove za uzgoj povrća, cvijeća i drugih kultura nezavisno od vanjskih temperatura. Time se postiže ranija sjetva, veći broj berbi tokom godine i stabilniji kvalitet proizvoda. U poređenju s konvencionalnim sistemima grijanja, geotermalni sistemi imaju niže operativne troškove i manji uticaj na okoliš, što je posebno važno u kontekstu održive poljoprivrede.

Posebno zanimljiva primjena geotermalne energije jeste topljenje snijega i leda na saobraćajnicama, trotoarima, mostovima i prilazima javnim objektima. U ove svrhe se toplota koristi za zagrijavanje podloge, čime se sprječava nakupljanje snijega i pojava poledice. Ovakvi sistemi povećavaju sigurnost saobraćaja i pješaka, smanjuju potrebu za mehaničkim čišćenjem i upotrebom soli, koja ima negativan uticaj na okoliš i infrastrukturu. Iako zahtijevaju veća početna ulaganja, dugoročno mogu donijeti značajne uštede u održavanju, posebno na kritičnim lokacijama.

Geotermalna energija se koristi i u industrijskim procesima gdje je potrebna toplota niskih i srednjih temperatura. To uključuje sušenje poljoprivrednih proizvoda, drveta, ljekovitog bilja i prehrambenih proizvoda, kao i zagrijavanje tehnološke vode u određenim proizvodnim procesima. Prednost ovakve primjene leži u stabilnosti izvora toplote i smanjenju zavisnosti od fosilnih goriva, što doprinosi smanjenju troškova proizvodnje i emisija štetnih gasova.

U FBiH postoji realan potencijal za korištenje geotermalne energije u ovim drugim, direktnim svrhema, iako je on do sada uglavnom nedovoljno iskorišten. Na području FBiH prisutni su brojni geotermalni i termomineralni izvori, koji se tradicionalno koriste u banjsko-turističke svrhe, ali čija se toplotna energija može znatno šire primjenjivati. U blizini takvih izvora postoji mogućnost razvoja ribnjaka, plasteničke proizvodnje i manjih prerađivačkih kapaciteta koji bi koristili dostupnu toplinu.

Posebno je značajan potencijal u poljoprivrednim područjima, gdje bi geotermalna energija mogla doprinijeti razvoju intenzivne i cjelogodišnje proizvodnje. U FBiH ovakav pristup bi mogao imati pozitivan efekat na zapošljavanje u ruralnim sredinama i smanjenje migracija stanovništva. Također, u urbanim sredinama i turističkim centrima postoji mogućnost primjene sistema za topljenje snijega na frekventnim lokacijama, čime bi se unaprijedila sigurnost i smanjili troškovi zimskog održavanja.

Razlozi ograničene primjene ovih rješenja u FBiH uglavnom se odnose na nedostatak sistematskih istraživanja, investicija i strateškog planiranja. Iako tehnički potencijal postoji, često izostaje koordinacija između energetskog, poljoprivrednog i prostornog planiranja. Također, investitori i lokalne zajednice često nisu dovoljno upoznati s mogućnostima direktne upotrebe geotermalne energije i njenim dugoročnim prednostima.

U budućnosti, razvoj pilot projekata i integracija geotermalne energije u lokalne razvojne strategije mogli bi predstavljati važan korak ka njenoj široj primjeni u FBiH. Korištenje geotermalne energije u druge svrhe ne zahtijeva kompleksne tehnologije, ali zahtijeva jasnu viziju, institucionalnu podršku i interdisciplinarni pristup. Na taj način geotermalna energija može postati važan faktor održivog razvoja, ne samo u energetskom sektoru, već i u poljoprivredi, komunalnim djelatnostima i lokalnoj ekonomiji u cjelini.

8.6 Korištenje plitke geotermalne energije

Plitka geotermalna energija ima posebnu vrijednost u savremenim energetskim strategijama jer omogućava lokalnu proizvodnju toplotne energije bez sagorijevanja goriva. Za razliku od duboke geotermalne energije, koja zahtijeva složena i skupa bušenja na velikim dubinama, plitka geotermalna energija je tehnički dostupnija i pogodna za decentralizovanu primjenu. Upravo ta karakteristika je čini naročito zanimljivom za stambeni sektor, manje poslovne objekte, ali i za škole, vrtiće, zdravstvene ustanove i druge javne zgrade. Njena upotreba direktno doprinosi smanjenju potrošnje električne energije i fosilnih goriva u sistemima grijanja i hlađenja.

Jedna od važnih prednosti plitke geotermalne energije jeste njena pouzdanost. Za razliku od solarne ili energije vjetra, ona ne zavisi od vremenskih prilika u kratkom vremenskom intervalu. Temperatura tla na relativno malim dubinama ostaje približno konstantna, što omogućava stabilan rad sistema tokom cijele godine. Ovo je posebno značajno u klimatskim

uslovima BiH, gdje su zime hladne, a ljeta sve toplija, te postoji potreba za sistemima koji mogu efikasno odgovoriti na oba zahtjeva.

U tehničkom smislu, primjena plitke geotermalne energije zahtijeva pažljivu analizu lokacije. Potrebno je uzeti u obzir vrstu tla, prisustvo podzemnih voda, raspoloživu površinu i namjenu objekta. U područjima gdje nema dovoljno prostora za horizontalne kolektore, prednost se daje vertikalnim sondama, koje zauzimaju manju površinu, ali zahtijevaju veća početna ulaganja. Uprkos tome, pravilno dimenzionisan i stručno ugrađen sistem može imati dug vijek trajanja i niske troškove održavanja.

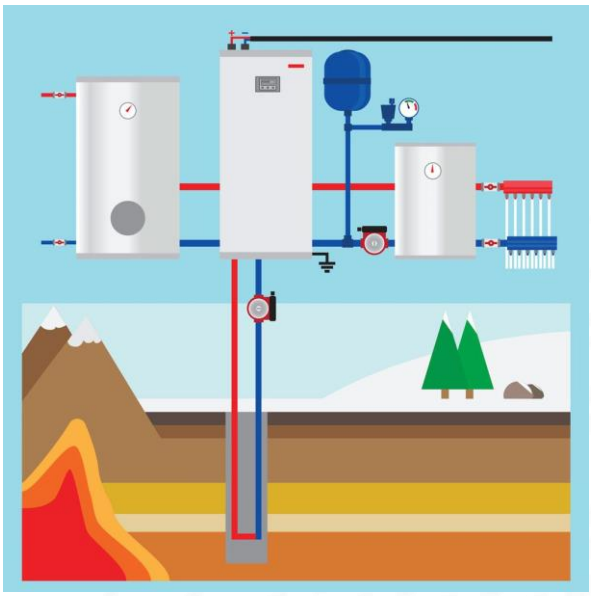
U FBiH, primjena plitke geotermalne energije može imati posebno važnu ulogu u procesu energetske tranzicije i poboljšanja kvaliteta zraka. Veliki dio grijanja u urbanim sredinama i dalje se zasniva na individualnim ložištima na čvrsta goriva, što predstavlja jedan od glavnih uzroka zagađenja zraka tokom zimskih mjeseci. Zamjena takvih sistema geotermalnim toplotnim pumpama mogla bi značajno smanjiti lokalne emisije štetnih materija. Ovo je naročito važno za gradove i kotline u kojima se zagađenje zraka zadržava zbog nepovoljnih meteoroloških uslova.

Princip rada geotermalne toplotne pumpe zasniva se na ciklusu kompresije pare u rashladnom sistemu, koji prenosi toplotu između dva rezervoara - obično tla i unutrašnjosti objekta - cirkulacijom rashladnog sredstva kroz zatvoreni krug. Ovaj proces se pridržava drugog zakona termodinamike, zahtijevajući unos mehaničke energije (obično putem električne energije) za premještanje toplote iz hladnijeg područja (npr. tla) u toplije područje (npr. u zatvorenom prostoru). U režimu grijanja, toplotna pumpa izvlači toplotnu energiju niskog stepena iz tla i isporučuje je zgradi. U režimu hlađenja, rad je obrnut: sistem uklanja višak toplote iz unutrašnjeg prostora i ispušta je u zemlju. Ovaj reverzibilni ciklus omogućava rad tokom cijele godine.

Osnovni koraci ciklusa kompresije pare su sljedeći:

- **Isparavanje:** Rashladno sredstvo, pri niskom pritisku i temperaturi, apsorbuje toplotu iz kruga tla i isparava,
- **Kompresija:** Para se komprimuje na visoki pritisak i temperaturu,
- **Kondenzacija:** Vruća para pod visokim pritiskom oslobađa toplotu u sistem za distribuciju zraka ili vode u zgradi i kondenzuje se u tečnost,
- **Ekspanzija:** Rashladno sredstvo prolazi kroz ekspanzioni ventil, smanjujući svoj pritisak i temperaturu prije povratka u isparivač.

Ovaj kontinuirani ciklus omogućava dvosmjerni prijenos toplote, što sistemu omogućava efikasnu kontrolu klime pod različitim sezonskim zahtjevima. Budući da temperature pod zemljom ostaju relativno konstantne tokom cijele godine (obično 10–15 °C na umjerenim dubinama), geotermalni sistemi mogu održavati veće koeficijente performansi čak i u ekstremnim vanjskim uslovima, nadmašujući sisteme sa izvorom zraka u hladnim klimama.



Slika 8-4 - Princip rada geotermalne toplotne pumpe

Dodatni potencijal leži u integraciji plitke geotermalne energije sa drugim obnovljivim izvorima, poput fotonaponskih sistema. Na taj način moguće je postići gotovo potpuno energetski nezavisne objekte, posebno u novogradnji ili prilikom energetske sanacije postojećih zgrada. U FBiH ovakav pristup je još uvijek rijedak, ali postoji prostor za razvoj kroz pilot projekte, lokalne inicijative i podršku međunarodnih programa.

Institucionalna podrška i strateško planiranje imaju ključnu ulogu u daljem razvoju ove tehnologije. Uvođenje poticaja, subvencija ili povoljnih kreditnih linija moglo bi značajno povećati interes investitora i građana. Također, važno je jačati domaće stručne kapacitete kroz edukaciju projektanata, instalatera i nadzornih organa. Bez adekvatnog znanja i kontrole kvaliteta, postoji rizik od loše izvedenih sistema, što može negativno uticati na percepciju same tehnologije.

Na duži rok, šira primjena plitke geotermalne energije u FBiH mogla bi doprinijeti ne samo smanjenju emisija i troškova energije, već i razvoju domaće privrede kroz otvaranje novih radnih mjesta u sektoru obnovljivih izvora energije. Iako se trenutno radi o tehnologiji koja je još u fazi sporijeg prodora na tržište, njen potencijal je značajan i u skladu je sa ciljevima održivog razvoja i evropskim energetskim trendovima.

9 Preporuke za daljnja istraživanja usmjerena na razvoj i korištenje geotermalnog potencijala

Dosadašnja istraživanja geotermalnih resursa u FBiH pokazala su postojanje značajnog broja pojava termalnih i termomineralnih voda, koje se danas prvenstveno koriste u balneološke, rekreativne i turističke svrhe. Međutim, nivo istraženosti geotermalnih resursa i dalje je relativno nizak, posebno u kontekstu njihovog energetskog korištenja.

Daljnja istraživanja geotermalnog potencijala u FBiH trebaju biti usmjerena prvenstveno na razvoj sistema direktnog korištenja toplote, posebno za potrebe daljinskog grijanja i lokalnih sistema grijanja, s obzirom na to da većina trenutno poznatih geotermalnih resursa pripada kategoriji niskotemperaturnih i srednjetemperaturnih sistema. Ovakvi resursi su posebno pogodni za primjenu u sektorima grijanja stambenih i javnih objekata, poljoprivrede, industrijskih procesa niskih temperaturnih zahtjeva te turističko-rekreativnih aktivnosti.

Pored direktnog korištenja toplote, daljnja istraživanja mogu imati za cilj i procjenu mogućnosti proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora. Iako trenutno dostupni podaci ukazuju da su geotermalni resursi u FBiH uglavnom niskotemperaturnog karaktera, mogućnost korištenja geotermalne energije za proizvodnju električne energije ne može se u potpunosti isključiti bez detaljnijih istraživanja dubinskih geotermalnih struktura.

U tom kontekstu, daljnja istraživanja trebala bi biti usmjerena na unapređenje geoloških i hidrogeoloških podataka, kao i na identifikaciju potencijalnih geotermalnih rezervoara pogodnih za energetsko korištenje. Posebnu pažnju potrebno je posvetiti područjima u kojima već postoje indicije o povišenim geotermalnim gradijentima ili prisustvu termalnih voda.

Razvoj geotermalne proizvodnje električne energije u FBiH suočava se s brojnim izazovima, uključujući visoke početne troškove istraživanja i bušenja, regulatorne nejasnoće i nedostatak domaćih iskustava u realizaciji ovakvih projekata. Investitori se često suočavaju s dugim periodima povrata ulaganja i značajnim geološkim rizikom u ranim fazama razvoja projekata. Zbog toga je za razvoj ovog sektora potrebna snažna institucionalna podrška, kao i jasno definisana dugoročna strategija razvoja geotermalne energije.

Prvi korak u tom procesu predstavlja izrada detaljnijih geotermalnih i geofizičkih karata šireg područja FBiH, koje bi omogućile identifikaciju zona sa povišenim geotermalnim gradijentima i potencijalno pogodnim geološkim strukturama. Ova faza obuhvata analizu postojećih geoloških i hidrogeoloških podataka, kao i primjenu savremenih geofizičkih metoda, uključujući gravimetrijska i magnetotelurička istraživanja, kojima se mogu identifikovati dubinske strukture i potencijalni geotermalni rezervoari.

Nakon regionalne identifikacije perspektivnih područja slijedi faza detaljnijih geofizičkih istraživanja, uključujući seizmička ispitivanja i modeliranje dubokih geoloških slojeva. Ove metode omogućavaju preciznije određivanje strukture i dubine geoloških formacija, procjenu propusnosti stijena i identifikaciju potencijalnih rezervoara koji bi mogli sadržavati geotermalne fluide pogodnih temperatura.

Ključni korak u potvrđivanju geotermalnog potencijala predstavlja izvođenje istražnih bušotina, obično na dubinama od približno 2 do 3 km. Ove bušotine omogućavaju direktno mjerenje temperature, pritiska i protoka fluida sa dubinom, izvođenje testova produktivnosti rezervoara, hemijsku analizu geotermalnih fluida te procjenu dugoročne stabilnosti eksploatacije.

Na osnovu rezultata geoloških, geofizičkih i bušačkih istraživanja moguće je izraditi detaljne tehničko-ekonomske studije koje procjenjuju izvodljivost potencijalnih geotermalnih projekata. Takve studije obuhvataju procjenu investicionih troškova, očekivane proizvodnje energije, operativnih troškova i perioda povrata investicije. Tek nakon završetka ovih faza istraživanja moguće je donijeti pouzdanu odluku o ekonomskoj opravdanosti razvoja geotermalnih projekata.

U kontekstu FBiH, ovakav pristup bi omogućio sistematsko smanjenje geološke neizvjesnosti i stvaranje pouzdane osnove za razvoj projekata korištenja geotermalne energije u sektoru grijanja, a potencijalno i za proizvodnju električne energije u dugoročnom periodu.

9.1 Nivo istraživanja geotermalne energije u Federaciji BiH

Geotermalna energija je na području FBiH istražena značajnim brojem identificiranih termalnih izvora. Osnovna snaga i temelj istraživanja je kvalitetna baza podataka na površinskoj razini. Trenutni nivo istraženosti ne omogućava pouzdanu procjenu dubinskih geotermalnih rezervoara i njihovog energetskog potencijala.

Daljnji razvoj geotermalnog sektora u Bosni i Hercegovini zahtijeva sisteman pristup istraživanjima, koji uključuje integraciju geoloških, geofizičkih i bušotinskih podataka, uz postupni prijelaz s regionalne identifikacije na detaljna istraživanja i potvrdu resursa bušenjem.

Ključni nedostatak predstavlja ograničena dostupnost geofizičkih i dubokih bušotinskih podataka, koji su nužni za definiranje geometrije, dubine i produktivnosti rezervoara.

9.2 Kriteriji za određivanje prioriteta istraživanja i korištenja geotermalne energije u Federaciji BiH

S obzirom na ograničene finansijske i tehničke resurse dostupne za istraživanje i razvoj geotermalne energije, neophodno je definirati kriterije koji omogućavaju određivanje prioriteta istraživačkih aktivnosti i buduće eksploatacije geotermalnih resursa. Ovi kriteriji omogućavaju identifikaciju lokaliteta koji imaju najveći potencijal za održivo korištenje geotermalne energije u Federaciji Bosne i Hercegovine.

9.2.1 Geološki kriteriji

Lokaliteti sa višim temperaturama i stabilnim protokom geotermalnog fluida imaju veći prioritet za dalja istraživanja.temperatura geotermalnog fluida. Osnovni geološki kriteriji su

- dubina i tip geotermalnog rezervoara
- propusnost i poroznost rezervoarskih stijena

- izdašnost izvora ili bušotina
- stabilnost hidrotermalnog sistema
- hemijski sastav fluida (skaliranje, korozija).

9.2.2 Energetski kriteriji

- raspoloživa toplotna snaga (MWt)
- mogućnost proizvodnje električne energije
- potencijal za direktnu toplotnu upotrebu
- **mogućnost kaskadnog korištenja energije.**

9.2.3 Tehnički kriteriji

Određuju koliko je jednostavno razviti lokalitet, a ovise o

- postojanju bušotina ili izvora
- dostupnosti infrastrukture
- potreba za dodatnim bušenjem
- mogućnosti reinjekcije vode u slučaju tehnološke potrebe

9.2.4 Ekonomski kriteriji

- udaljenost od potrošača toplote
- mogućnost daljinskog grijanja
- razvoj turističkih ili balneoloških sadržaja
- troškovi istraživanja i razvoja.

9.2.5 Okolišni kriteriji

Geotermalni projekti moraju biti održivi uz minimalan uticaj na podzemne vode i okoliš. Hemijski sastav fluida i izlazna temperatura temeljni su faktori. Reinjekcija fluida smanjuje rizik za okoliš.

9.2.6 Razvojni kriteriji

Razvojni kriteriji odnose se na doprinos lokalnom razvoju, integraciju sa turizmom ili poljoprivredom i doprinos energetskoj sigurnosti. Važan element je mogućnost otvaranja novih radnih mjesta u zelenoj atraktivnoj industriji.

9.3 Prioriteti istraživanja

Temeljem svih navedenih kriterija određuju se prioriteti istraživanja.

S obzirom na ograničene finansijske i tehničke resurse, razvoj geotermalne energije u FBiH zahtijeva jasno definisane kriterije za određivanje prioriteta istraživanja i implementacije projekata. Prioritet bi trebalo dati područjima koja imaju najveći potencijal za praktično korištenje geotermalne energije i koja omogućavaju bržu realizaciju projekata.

1. Jedan od osnovnih kriterija predstavlja postojanje **potvrđenih geotermalnih pojava**, poput termalnih ili termomineralnih izvora sa povišenim temperaturama i stabilnim protokom. Područja u kojima su takve pojave već evidentirane imaju znatno manji geološki rizik i predstavljaju logičan početni korak za razvoj geotermalnih projekata.

2. Drugi važan kriterij odnosi se na **blizinu potrošača** toplote ili energije. Geotermalni projekti imaju najveću ekonomsku opravdanost u područjima gdje postoji razvijena infrastruktura daljinskog grijanja ili značajna potražnja za toplotnom energijom, kao što su urbanizirana područja, industrijske zone, područja gdje je moguća implementacija agrogeotermije ili turistički centri.

3. Treći kriterij predstavlja **mogućnost integracije** geotermalne energije u postojeće energetske sisteme, posebno sisteme daljinskog grijanja. U takvim slučajevima geotermalna energija može zamijeniti dio proizvodnje toplote iz fosilnih goriva, čime se smanjuju emisije stakleničkih gasova i povećava energijska efikasnost sistema.

4. Dodatni kriteriji uključuju: dostupnost geoloških podataka, postojanje infrastrukturnih kapaciteta za realizaciju projekata, kao i interes lokalnih zajednica i potencijalnih investitora za razvoj geotermalnih projekata.

Uzimajući u obzir ove kriterije, prioritetna istraživanja u FBiH trebala bi biti usmjerena na područja sa već potvrđenim geotermalnim pojavama i potencijalom za razvoj projekata direktnog korištenja toplote, dok bi istraživanja usmjerena na proizvodnju električne energije trebala imati karakter pilot projekata i dugoročnih razvojnih aktivnosti.

9.3.1 Prioritetna područja i regije za istraživanje i korištenje geotermalne energije u Federaciji BiH

Na osnovu dostupnih hidrogeoloških podataka, historijskih istraživanja termalnih voda i postojeće infrastrukture za korištenje geotermalne energije, moguće je identifikovati nekoliko područja u FBiH koja predstavljaju prioritetne lokacije za daljnja istraživanja i razvoj projekata korištenja geotermalne energije.

Pri određivanju prioritetnih područja uzeti su u obzir sljedeći kriteriji:

- ✓ Postojanje potvrđenih pojava termalnih ili termomineralnih voda,
- ✓ Temperatura i izdašnost izvora,
- ✓ Blizina urbanih područja i potrošača toplote,
- ✓ Postojanje turističke ili komunalne infrastrukture koja bi mogla koristiti geotermalnu energiju,
- ✓ Mogućnost integracije u postojeće ili planirane sisteme grijanja.

Na osnovu ovih kriterija, kao potencijalno najperspektivnije lokacije za razvoj pilot projekata direktnog korištenja geotermalne energije izdvajaju se područja na prostoru Ilidže, Tuzle, Kaknja, Olova, Fojnice, Šamac Domaljevac.

Ilidža (Sarajevo)

Područje Ilidže predstavlja jedno od najpoznatijih hidrotermalnih područja u BiH. Termalne i termomineralne vode ovog područja imaju temperature u rasponu približno 57–58 °C, uz relativno značajne protoke, što predstavlja značajan potencijal za direktno korištenje geotermalne energije.

Ilidža je dio urbanog područja Sarajeva i na navedenom prostoru se nalazi veliki broj javnih objekata, turističkih kompleksa i stambenih zgrada. Osim toga, postoji već razvijen sistem daljinskog grijanja. Upravo zbog toga ovo područje ima izuzetno povoljne uslove za integraciju geotermalne energije u sistem daljinskog grijanja. U posljednjim godinama pokrenute su i konkretne inicijative za korištenje geotermalne energije u sistemu daljinskog grijanja Sarajeva.

S obzirom na postojeća istraživanja, razvijenu infrastrukturu i veliku koncentraciju potrošača toplote, područje Ilidže može se smatrati **najperspektivnijom lokacijom za razvoj pilot projekta geotermalnog grijanja u FBiH**.

Tuzla

Daljinsko grijanje u Bosni i Hercegovini na bazi kogeneracije radi od 1983. Godine i od tada je najveći sistem daljinskog grijanja u Bosni i Hercegovini i jedan od najvećih u jugoistočnoj Europi na bazi kogeneracije.

Grad Tuzla je prije početka savremene toplifikacije imao veliki broj toplotnih izvora (113 kotlovnica u gradu i Termoelektrana "Tuzla"), različitih tehničko-tehnoloških karakteristika i kapaciteta, kao i različitih tipova potrošačkih instalacija i uređaja a sve u nadležnosti različitih subjekata (stambeni pogoni Kreka, Tuzla, Stambeno preduzeće Tuzla i drugi).

Snabdijevanje grada Tuzle toplotnom energijom za potrebe grijanja objekata stanovanja i ostalih objekata–potrošača se vrši na dva načina:

- Proizvodnjom i distribucijom toplotne energije iz lokalnih izvora (kotlovnica–većih i manjih),
- Proizvodnjom i isporukom toplotne energije iz Termoelektrane (TE) "Tuzla" preko sistema daljinskog grijanja.

Postojanje geotermalnih ležišta na prostoru grada moguća je djelomična zamjena ekološki održivim energentom.

Geoermalna voda raskrivena je dubokom bušotinom Tu-1. Testiranjem je dobivena voda te se minimalna količina energije koju je moguće procjenjuje na 5,5 MWt. Maksimalne količine odnose se na zahvaćanje dubljih vodonosnika i višestruko povećanje.

Za razvoj su potrebna detaljna geološka istraživanja.

Kakanj

Kakanj je također poznat po mineralnim i termalnim vodama koje se tradicionalno koriste u zdravstvene i turističke svrhe. Temperature voda u ovom području procjenjuju se na približno 40–55 °C, što je pogodno za direktno korištenje toplote u sistemima grijanja objekata ili turističkih kompleksa.

Kakanj ima razvijenu toplotarsku mrežu, postoje korištenje geotermalne vode za rekreaciju te predstavlja potencijalnu lokaciju za pilot projekat korištenja geotermalne energije u sektoru toplotarstva, turizma i grijanja javnih objekata.

Olovo

Područje Olova također raspolaže značajnim termalnim izvorima koji se koriste u okviru banjskog kompleksa. Temperature termalnih voda u ovom području procjenjuju se na približno 35–50 °C, što ih čini pogodnim za direktnu upotrebu u sistemima grijanja objekata i turističkih sadržaja.

Geotermalni potencijal Olova trenutno se koristi prvenstveno u balneološke svrhe, ali bi uz dodatna istraživanja i modernizaciju infrastrukture mogao biti proširen i na grijanje turističkih i javnih objekata.

Fojnica

Fojnica je poznata po dugoj tradiciji korištenja termalnih voda u zdravstvenom i banjskom turizmu. Termalne vode u ovom području imaju temperature u rasponu približno 45–60 °C, što ih čini pogodnim za direktno korištenje u sistemima grijanja, ali i lokalnim mrežama za grijanje.

Trenutno se geotermalni resursi Fojnice primarno koriste za balneološke i turističke svrhe u okviru banjskog kompleksa. Međutim, zbog relativno stabilnih temperatura i postojećih bušotina, postoji potencijal za proširenje njihove upotrebe na grijanje javnih objekata, turističkih kapaciteta i dijela urbanog naselja.

Daljnja hidrogeološka istraživanja mogla bi omogućiti precizniju procjenu protoka i dugoročne stabilnosti rezervoara, što bi predstavljalo osnovu za razvoj lokalnog geotermalnog sistema grijanja.

Domaljevac

Lokacija Domaljevac zahvaljujući postojećoj bušotinskoj infrastrukturi i utvrđenom geotermalnom potencijalu najviših temperatura u FBiH nisko je rizični projekt visoke perspektivnosti za upotrebu u agrogeotermiji, industriji u poslovnim zonama ili proizvodnji električne energije putem manjih ORC modula koje je moguće nadograđivati ovisno o skaliranju projekta.

Tabela 9-1 - Prioritetni projekti

Lokacija	Primjena	Snaga	Status
Ilidža	Sistemi centralnog grijanja	5–10 MW	pilot
Fojnica	Grijanje turističkih kapaciteta	3–5 MW	koncept
Kakanj	Toplotarstvo, grijanje objekata	2–3 MW	studija
Olovo	Grijanje javnih objekata		
Tuzla	Grijanje objekata, sistemi centralnog grijanja	Min. 5,4	istraživanje

Domaljevac	električna energija	0.5–1 MW	istraživanje

Analiza postojećih geotermalnih pojava i infrastrukturnih uslova pokazuje da su prioritetne lokacije za razvoj projekata korištenja geotermalne energije u FBiH prvenstveno područja sa već potvrđenim termalnim izvorima i razvijenom turističkom ili urbanom infrastrukturom.

U tom kontekstu, područje Ilidže ima najveći potencijal za integraciju geotermalne energije u sistem daljinskog grijanja, dok Tuzla ima preduvjete uz složenije istražne radnje. Fojnica, Kakanj i Olovo predstavljaju perspektivne lokacije za razvoj lokalnih sistema grijanja ili kaskadnih projekata koji bi kombinovali grijanje objekata, turizam i druge oblike direktnog korištenja geotermalne energije.

Daljnja istraživanja na ovim lokacijama trebala bi biti usmjerena na detaljna hidrogeološka ispitivanja, procjenu protoka i stabilnosti geotermalnih rezervoara, kao i izradu tehničko-ekonomskih studija koje bi omogućile donošenje odluka o realizaciji konkretnih projekata.

9.4 Očekivani utjecaji na energetski sektor i smanjenje proizvodnje energije iz termoelektrana

Elektroenergetski sektor BiH, uključujući FBiH karakteriše relativno visoka zavisnost od proizvodnje električne energije iz termoelektrana na ugalj. Ukupna bruto proizvodnja električne energije u BiH u posljednjim godinama kreće se u rasponu od približno 14–16 TWh godišnje, pri čemu je u 2025. godini proizvedeno oko 14,4 TWh električne energije.

Struktura proizvodnje električne energije u BIH i dalje pokazuje dominantnu ulogu termoelektrana i hidroelektrana. Prema dostupnim statističkim podacima, 2025. godine, termoelektrane su učestvovale sa 54 % ukupne proizvodnje, hidroelektrane sa 30 %, vjetroelektrane i solarne elektrane zajedno sa 8%, te ostala mala postrojenja na obnovljive izvore energije također 8%.

U FBiH značajan dio proizvodnje električne energije dolazi iz termoelektrana Tuzla i Kakanj, koje koriste lignit kao osnovno gorivo. Ovakva struktura proizvodnje električne energije rezultira relativno visokim emisijama CO_2 u energetskom sektoru i predstavlja jedan od ključnih izazova u procesu energetske tranzicije i usklađivanja sa klimatskim politikama Evropske unije.

9.4.1 Potencijalni doprinos geotermalne energije

U poređenju s drugim obnovljivim izvorima energije, geotermalna energija ima specifičnu prednost stabilne i kontinuirane proizvodnje energije, nezavisno od vremenskih uslova. Prema trenutno dostupnim istraživanjima, lokalitet Domaljevac predstavlja jedinu poznatu lokaciju na kojoj su zabilježene temperature geotermalne vode približno 96 °C, što potencijalno omogućava korištenje binarnih geotermalnih elektrana male snage. U takvom slučaju, realno je razmatrati pilot elektranu kapaciteta u rasponu od približno 0,5 do 1 MW instalirane snage.

Uz pretpostavku rada elektrane tokom većeg dijela godine, godišnja proizvodnja električne energije takvog postrojenja mogla bi iznositi približno 4–8 GWh godišnje, zavisno od protoka i stabilnosti geotermalnog fluida.

9.4.2 Utjecaj na proizvodnju električne energije iz termoelektrana

U poređenju s ukupnom proizvodnjom električne energije u FBIH, potencijalna proizvodnja električne energije iz jedne male geotermalne elektrane bila bi relativno skromna i činila bi manje od 0,10 % ukupne proizvodnje električne energije.

Zbog toga se može zaključiti da razvoj pojedinačnih geotermalnih elektrana u FBiH ne bi imao značajan direktan utjecaj na smanjenje proizvodnje električne energije iz postojećih termoelektrana. Međutim, značaj geotermalne energije treba posmatrati u širem kontekstu energetske tranzicije i diverzifikacije izvora energije.

Geotermalna energija može imati važnu ulogu kao stabilan obnovljivi izvor energije koji doprinosi smanjenju emisija stakleničkih gasova i povećanju sigurnosti snabdijevanja energijom. Posebno je značajna njena uloga u sektoru grijanja, gdje može zamijeniti dio potrošnje fosilnih goriva u sistemima daljinskog grijanja.

9.4.3 Dugoročni značaj za energetsku tranziciju

Iako trenutni potencijal geotermalne energije za proizvodnju električne energije u FBiH nije značajan u poređenju s postojećim termoenergetskim kapacitetima, razvoj pilot projekata može imati važnu stratešku ulogu. Takvi projekti omogućavaju prikupljanje tehničkih i geoloških podataka, razvoj lokalnih stručnih kapaciteta i stvaranje institucionalnog iskustva u planiranju i razvoju geotermalnih projekata.

Dugoročno gledajući, dodatna geološka istraživanja mogu doprinijeti identifikaciji novih geotermalnih resursa ili omogućiti razvoj naprednih tehnologija eksploatacije, čime bi se potencijal geotermalne energije u FBiH mogao preciznije procijeniti. U tom kontekstu, geotermalna energija predstavlja dopunski obnovljivi izvor koji može doprinijeti postupnom smanjenju zavisnosti elektroenergetskog sektora od termoelektrana na ugalj.

9.5 Tehnike i tehnologije za daljne istraživanje geotermalne energije

9.5.1 Geofizička mjerenja

Geofizičke metode predstavljaju jednu od tri osnovne discipline koje se primjenjuju u istraživanju geotermalnih resursa, uz geologiju i geohemiju. U istraživanjima geotermalnih ležišta primjenjuje se širok spektar geofizičkih metoda, pri čemu izbor optimalne metode ovisi o više faktora, uključujući:

- tip geotermalnog vodonosnika
- dubinu zalijeganja geotermalnog vodonosnika
- okolišne uvjete
- stupanj istraženosti područja
- dostupnost postojećih podataka

Na izbor metode dodatno utječu raspoloživi budžet te vremenski okvir u kojem je potrebno izvršiti snimanje i interpretaciju podataka. Svaka geofizička metoda ima svoje prednosti i

ograničenja, te se u praksi često primjenjuje kombinacija više metoda radi postizanja pouzdanijih rezultata.

U su prikazane osnovne geofizičke metode koje se standardno koriste u industriji za istraživanje geotermalnih vodonosnika. Pored navedenih metoda, razvija se i niz novih pristupa koji su još uvijek u fazi testiranja, te zbog toga nisu uključeni u ovu analizu.

Geofizičke metode mogu se podijeliti na direktne i indirektne (strukturne) metode, u zavisnosti od vrste parametara koji se mjere.

Direktne metode usmjerene su na mjerenje parametara na koje geotermalna aktivnost ima neposredan utjecaj, kao što su električna vodljivost i prirodni potencijali. U ovu grupu spadaju metode spontanog potencijala, geoelektrične metode i metode mjerenja toplotnog toka, a posebno primjenjivo u geotermalnim istraživanjima su magnetotelurska ispitivanja.

Indirektne ili strukturne metode temelje se na mjerenju fizičkih svojstava stijena i vodonosnika, kao što su gustoća, magnetna svojstva i seizmičke brzine. Analizom ovih parametara moguće je identificirati geološke strukture i tijela koja kontroliraju razvoj geotermalnog sistema.

Preporučene metode za daljnji razvoj ovise o tipu i dubini vodonosnika. Tako na području Unutarnjih Dinarida sa dubljim geotermalnim ležištima preporučeno je snimanje 2D seizmičkih podataka, reinterpretacija postojećih seizmičkih podataka, snimanje regionalnih gravimetrijskih podataka te dodatno snimanje magnetotelurskih podataka.

U Središnjim Dinaridima s rasjedno kontroliranim sistemima gdje je cilj identificirati aktivne zone crikulacije preporučene su metode MT/AMT, spontani potencijal i mikroseizmika. Također lokalno bi trebalo snimati TEM podatke.

U Južnim Dinaridima sa kompleksnim, krškim rasjedno kontroliranim potencijalnim geotermalnim vodonosnicima gdje je potrebno identificirati lokalne anomalije, magnetotelurska snimanja su ključna uz dodatno snimanje spontanog potencijala i mikroseizmike.

Preporučljivo bi bilo na području cijele FBiH snimiti aerogravimetrijske podatke, gdje bi se modeliranjem odredile dubine basena te nakon toga magnetotelurske podatke na izdvojenim lokacijama okomito na pružanje basena. Time bi se mogao preciznije odrediti geotermalni potencijal lokacije i u slučaju potvrde pristupiti snimanju seizmičkih podataka te nakon integracije i geološkom modeliranja odrediti potencijal lokacije i pozicija geotermalne bušotine.

Tabela 9-2 Geofizičke metode

METODE			KARAKTERISTIKA SIGNALA U GEOTERMALNOM LEŽIŠTU	DUBINA	ISKORISTIVOST	PREDNOSTI	NEODSTACI	PRECIZNOST
DIREKTNE	ELEKTRIČNE METODE	INDUCIRANI POTENCIJAL	Visoke vrijednosti	0.5 km	Direktno ukazuje na akvifer	Izvodivo na raznim terenima	Plitki zahvat	Dobra pri malim dubinama
		DC SOUNDING	Nizak otpor	0.5 km	Direktna očitanja akvifera	Jednostavan terenski rad, jednostavno za	Plitki zahvat, osjetljiv na smetnje	Srednja
		SPONTANI POTENCIJAL	Pozitivna ili negativna anomalija otpornosti	Površinski	Direktna očitanja akvifera	Brza, jednostavna metoda	Plitki zahvat, pogodna za rane procjenske istražne radove	Srednja do niska
		MAGNETOTELURIKA	Niske vrijednosti otpornosti	do 10-30 km	Ocrtava područja akvifera na većim dubinama	Jednostavno prikupljanje podataka, male	Utjecaj buke, osjetljiv na električne vodove, složen proces interpretacije, smanjenje rezolucije povećanjem dubine	Srednja do niska
		TEM	Niske vrijednosti otpornosti	1 km	Ocrtava područja akvifera	Visoka rezolucija, jednostavna interpretacija	Kompleksni instrument, potreba za transformacijom podataka, nepreciznost, jak utjecaj elektromagnetskih smetnji	Niska
		AMT/CSAMT	Niske vrijednosti otpornosti	1 km	Ocrtava područja akvifera	Efikasna metoda, dobar odnos signal/smetnja,	Osjetljiv na električne vodove, potrebna korekcija za teren u procesingu i interpretaciji	Srednja do niska
INDIREKTNE	SEIZMIČKE METODE	2D/3D SEIZMIKA p valovi	Smanjenje seizmičkih brzina, analizama područja smanjenja	5-7 km	Ocrtavanje strukture, rasjeda, atributne analize zone viših	Vertikalna preciznost, visoka prostorna rezolucija,	Logistički zahtijevna metoda, visoke investicije, moguće štete prilikom snimanja	Visoka preciznost pri određivanju
		MIKROVALNO OČITANJE (eng. microwave sounding)	Smanjenje seizmičkih brzina	0.05-3km	Precizna interpretacija struktura	Fleksibilni senzori, elektromagnetne smetnje ne utječu	Efekt velikih volumena, nepogodna za 2D interpretaciju, ima jak utjecaj na okoliš	Visoka preciznost
		MICRO SEISMIC MONITORING	Smanjenje seizmičkih brzina	do 30 km	Interpretacija struktura	Visoka rezolucija, mala cijena	Vrlo dugo trajanje mjerenja (6mj.), kompleksne metode obrade podataka	Visoka preciznost
	GRAVIMETRIJA		Pozitivne i negativne težinske anomalije	Duboki zahvat, više od 500 m	Ocrtavanje bazena, struktura, rasjeda, duboki zahvat	Dubina zahvata, brzina snimanja	Potreba za topografskom korekcijom, potrebna lunisolarna korekcija, složeno određivanje dubina	Niska, pogodno za snimanje većih
	MIKROGRAVIMETRIJA		Pozitivne i negativne težinske anomalije	Duboki zahvat, više od 500 m	Određivanje pukotinske i rasjedne zone manjih gustoća	Vrlo gusta mreža, precizno mjerenje (5*5, 10*10)	Smanjenje rezolucije s dubinom, preciznost geodetskih mjerenja nadmorskih visina, površinske	Srednja do niska

	MAGNETOMETRIJA	Pozitivne i negativne magnetne anomalije	Duboki zahvat, više od 500 m	Ocrtavanje magnetnih anomalija (rasjedi), specifične magnetične	Niska cijena, brzina, dubina zahvata	Preklapanje mnogih utjecaja	Niska, upotpunjuje gravimetrijske

9.5.2 Bušenje

Osnovni cilj razvoja geotermalnih ležišta na svim identificiranim lokalitetima je osigurati optimalno zahvaćanje rezervoara, uz postizanje maksimalnog dotoka i temperature geotermalnog fluida. Pri tome je nužno izbjeći hidrauličku povezanost s površinskim i plitkim podzemnim vodama, kako bi se očuvala kvaliteta fluida i stabilnost temperaturnih uvjeta u ležištu.

Projektiranje eksploatacijskog sistema treba biti zasnovano na uspostavi optimalne mreže proizvodnih i utisnih bušotina, s ciljem dugoročnog održavanja energetskog potencijala ležišta. Neadekvatno raspoređene bušotine mogu dovesti do prijevremenog hlađenja rezervoara, smanjenja tlaka i opće degradacije sistema, te je stoga njihova lokacija i međusobni odnos od ključnog značaja.

Osnovni cilj razvoja geotermalnih ležišta na svim identificiranim lokalitetima je osigurati optimalno zahvaćanje rezervoara, uz postizanje maksimalnog dotoka i temperature geotermalnog fluida. Pri tome je nužno izbjeći hidrauličku povezanost s površinskim i plitkim podzemnim vodama, kako bi se očuvala kvaliteta fluida i stabilnost temperaturnih uvjeta u ležištu.

Projektiranje eksploatacijskog sistema treba biti zasnovano na uspostavi optimalne mreže proizvodnih i utisnih bušotina, uz pažljivo definiranje njihovog međusobnog razmaka (well spacing). Neadekvatan raspored bušotina može dovesti do pojave ranog termalnog proboja (thermal breakthrough), pri čemu dolazi do prijevremenog hlađenja proizvodnih bušotina uslijed povrata ohlađenog fluida iz utisnih bušotina.

Osim toga, nepravilno dimenzioniran sistem može uzrokovati smanjenje tlaka u ležištu i dugoročnu degradaciju geotermalnog potencijala. Stoga je nužno optimizirati položaj i radne režime bušotina na temelju detaljnih geoloških i rezervoarskih modela.

U pojedinim ležištima, zbog specifičnih prirodnih mehanizama, utiskivanje fluida ne mora imati značajan utjecaj na održavanje tlaka u rezervoaru. Međutim, primjena utisnih bušotina i vraćanje fluida u ležište nužni su s aspekta zaštite okoliša, sprječavanja površinskog ispuštanja i očuvanja vodnih resursa, kao i dugoročne održivosti eksploatacije.

Tehnološki zahtjevi bušenja geotermalnih bušotina značajno se razlikuju ovisno o dubini i uslovima u ležištu. Plitke bušotine karakteriziraju jednostavniji operativni uslovi, dok duboke bušotine zahtijevaju naprednu opremu, specijalizirane materijale i složenije procedure bušenja i testiranja.

Tehnološki zahtjevi dubokih geotermalnih bušotina značajno su veći u odnosu na plitke sisteme, posebno zbog utjecaja visokih temperatura i tlakova na opremu, mjerenja i sigurnost operacija. Dok plitke bušotine omogućavaju brzu i relativno jednostavnu implementaciju lokalnih sistema, duboke bušotine zahtijevaju detaljno planiranje, specijaliziranu opremu i iskusne operativne timove, ali pružaju znatno veći energetski potencijal.

Za bušenje geotermalnih bušotina najčešće se primjenjuju rotacijske metode bušenja, uz korištenje isplake ili zraka kao medija za iznošenje izbušenog materijala. Izbor tehnologije ovisi o litološkim uslovima, temperaturi i tlaku u ležištu.

U karbonatnim i krškim sistemima često se susreću gubici isplake, što zahtijeva posebne tehničke mjere i prilagodbu režima bušenja.

Tijekom i nakon bušenja provode se geofizička mjerenja (logging), koja omogućavaju detaljnu karakterizaciju ležišta. Najvažnija mjerenja uključuju:

- temperaturu
- tlak
- poroznost i propusnost
- litološke karakteristike

Ovi podaci predstavljaju osnovu za ocjenu geotermalnog potencijala i izradu rezervoarskih modela.

Nakon završetka bušenja provode se testovi produktivnosti, uključujući:

- proizvodne testove (flow test)
- injekcijske testove (injectivity test)

Cilj testiranja je utvrditi kapacitet bušotine, odnos tlaka i protoka te dugoročnu održivost eksploatacije.

Bušenje geotermalnih bušotina mora biti izvedeno uz strogo poštivanje okolišnih standarda. Posebno je važno:

- spriječiti kontaminaciju podzemnih voda
- kontrolirati ispuštanje fluida
- osigurati ponovno utiskivanje geotermalnog fluida

Utiskivanje fluida predstavlja ključnu mjeru za očuvanje okoliša i dugoročnu stabilnost geotermalnog sistema.

Bušenje geotermalnih bušotina predstavlja tehnički zahtjevan i investicijski intenzivan proces, ali ujedno i najvažniji korak u potvrdi i razvoju geotermalnih resursa. Uspjeh bušenja u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti prethodnih istraživanja, pravilnom projektiranju i razumijevanju geološkog i rezervoarskog sistema.



Slika 9-1 Bušaće postrojenje Ideco-301

Metode danjih radova na prioritetnim lokalitetima dani su tablično.

Tabela 9-3 Metode danjih radova

Lokacija	Tip sistema	Preporučene geofizičke metode	Preporuke za bušenje
Ilidža (Sarajevo)	Rasjedni	MT, SP, mikroseizmika	Plitko–srednje duboke bušotine
Tuzla	Sedimentno-strukturni	Seizmika, MT, geohemija (izotopi)	Duboke bušotine (>2000 m),
Kakanj	Rasjedni	MT / AMT, SP	Plitko–srednje duboke bušotine
Olovo	Rasjedni	MT, SP, TEM	Plitko–srednje duboke bušotine
Domaljevac (Posavina)	Sedimentni	Seizmika (prioritet), gravimetrija, MT	Duboke bušotine (do 2000 m)
Fojnica	Karbonatni	MT, SP	Plitko–srednje duboke bušotine

9.6 Tehnike i tehnologije za korištenje geotermalne energije

Izbor tehnologija za korištenje geotermalne energije u FBiH treba biti usklađen sa karakteristikama identificiranih geotermalnih resursa. Na osnovu dostupnih geoloških i hidrogeoloških podataka može se zaključiti da većina geotermalnih sistema u FBiH pripada kategoriji niskotemperaturnih i srednjetemperaturnih resursa, što prvenstveno pogoduje njihovom korištenju za direktnu proizvodnju toplote.

U tom kontekstu, prioritet u razvoju geotermalne energije trebaju imati tehnologije koje omogućavaju direktno korištenje geotermalne toplote, posebno u sistemima daljinskog grijanja, lokalnim sistemima grijanja objekata, te u sektorima poljoprivrede i turizma. Ovakvi sistemi zasnivaju se na korištenju geotermalnih bušotina, izmjenjivača toplote i distribucionih mreža koje omogućavaju efikasno korištenje toplote iz geotermalnih fluida.

U pojedinim slučajevima moguće je razmatrati i primjenu binarnih geotermalnih elektrana male snage (ORC sistemi), posebno u kombinaciji sa kaskadnim korištenjem geotermalne energije. Ovakvi sistemi omogućavaju proizvodnju električne energije iz geotermalnih fluida nižih temperatura, dok se preostala toplota koristi za druge termalne procese.

Uzimajući u obzir trenutni nivo istraženosti geotermalnih resursa u FBiH, razvoj geotermalne energije treba prvenstveno usmjeriti na projekte direktnog korištenja toplote, dok proizvodnju električne energije treba posmatrati kao dugoročnu razvojnu mogućnost koja zahtijeva dodatna geološka istraživanja i pilot projekte.

Tabela 9-4: Oblici korištenja geotermalne energije, preporučene tehnologije i prioritet primjene u FBiH

Oblik korištenja	Preporučene tehnologije	Prioritet u FBiH
Daljinsko grijanje	geotermalne bušotine, izmjenjivači toplote, toplotne mreže	visok
Lokalni sistemi grijanja	male geotermalne mreže	visok
Poljoprivreda	grijanje plastenika	srednji
Turizam i balneologija	banjski i wellness sistemi	srednji
Električna energija	ORC binarne elektrane	dugoročni potencijal

10 Analiza prostornih kapaciteta i uslova za istraživanje i korištenje geotermalnog potencijala

Razvoj projekata korištenja geotermalne energije u FBiH zavisi od niza prostornih, infrastrukturnih i institucionalnih faktora. Pored geoloških karakteristika područja, za realizaciju geotermalnih projekata presudni su i prostorno-planski dokumenti, razvojne strategije lokalnih zajednica, dostupnost energetske infrastrukture i stvarne potrebe potrošača za toplotnom energijom.

U FBiH sistem prostornog planiranja i upravljanja prirodnim resursima uređen je kroz višeslojni institucionalni okvir koji uključuje federalni, kantonalni i lokalni nivo vlasti. Prostorno-planska dokumentacija predstavlja ključni instrument kojim se definišu namjena prostora, razvoj infrastrukture i korištenje prirodnih resursa, uključujući i energetske sisteme.

Na nivou FBiH osnovni okvir za prostorno planiranje definisan je Zakonom o prostornom planiranju i korištenju zemljišta na nivou FBiH, dok kantoni imaju vlastite zakone i prostorne planove koji detaljnije uređuju razvoj prostora. U okviru ovih planova obično se analiziraju infrastrukturni sistemi, uključujući energetiku, komunalnu infrastrukturu i korištenje prirodnih resursa.

U tom kontekstu, potencijalni projekti korištenja geotermalne energije moraju biti usklađeni sa prostornim planovima kantona, urbanističkim planovima općina i gradova, kao i sa planovima razvoja energetske infrastrukture. Posebno je važno da potencijalne lokacije za geotermalne projekte budu kompatibilne sa planiranom namjenom prostora i infrastrukturnim razvojem lokalnih zajednica.

Analiza prostornih kapaciteta u ovoj studiji obuhvata procjenu usklađenosti geotermalnih projekata sa postojećim strateškim i planskim dokumentima, kao i procjenu potreba lokalnih zajednica za korištenjem geotermalne energije u sektorima grijanja, turizma i poljoprivrede.

10.1 Usklađenost korištenja geotermalne energije sa strategijama, programima i prostornim planiranjem

Razvoj projekata korištenja geotermalne energije u FBiH mora biti usklađen sa postojećim strateškim dokumentima i prostorno-planskom dokumentacijom na različitim administrativnim nivoima. Ova dokumentacija obuhvata energetske strategije, klimatske i okolišne akcione planove, kao i prostorne planove kantona i općina koji definišu dugoročne pravce razvoja infrastrukture i korištenja prirodnih resursa.

Na federalnom nivou energetski razvoj i korištenje obnovljivih izvora energije regulisani su kroz Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije, kao i kroz relevantne energetske strategije i programe razvoja energetskog sektora. Ovi dokumenti naglašavaju potrebu za povećanjem udjela obnovljivih izvora energije i smanjenjem emisija stakleničkih gasova, što otvara prostor za razvoj projekata korištenja geotermalne energije.

Važan okvir za razmatranje korištenja obnovljivih izvora energije u zgradarstvu predstavlja i Studija primjenjivosti alternativnih sistema snabdijevanja energijom u FBiH, iz 2024. godine. Ova studija analizira mogućnosti primjene alternativnih energetskih sistema u sektoru

zgradarstva i infrastrukturnim projektima, s fokusom na sisteme zasnovane na obnovljivim izvorima energije. U okviru dokumenta naglašava se značaj korištenja lokalnih energetskih resursa i integracije obnovljivih izvora energije u sektoru grijanja i hlađenja, što uključuje i mogućnost korištenja geotermalne energije u odgovarajućim geološkim uslovima. Rezultati ove studije predstavljaju važnu osnovu za integraciju geotermalne energije u projekte energetske efikasnosti zgrada i planiranje novih energetskih sistema na lokalnom nivou. U tom smislu, razvoj geotermalnih projekata u FBiH može se posmatrati kao dio šire politike povećanja korištenja obnovljivih izvora energije i smanjenja potrošnje fosilnih goriva u sektoru grijanja.

Na kantonalnom nivou značajnu ulogu imaju prostorni planovi kantona, koji definišu dugoročni razvoj prostora i infrastrukturnih sistema, uključujući energetsku infrastrukturu. U tim planovima često se analiziraju potencijali korištenja prirodnih resursa i mogućnosti razvoja obnovljivih izvora energije.

Na lokalnom nivou, u posljednjim godinama značajan broj općina i gradova izradio je strateške dokumente koji uključuju mjere za smanjenje emisija i povećanje korištenja obnovljivih izvora energije.

Prostorno planiranje u FBiH uređeno je Zakonom o prostornom planiranju i korištenju zemljišta na nivou FBiH, kao i odgovarajućim zakonima na kantonalnom nivou, koji definišu obavezu integracije energetskih sistema i infrastrukturnih projekata u prostorne planove.

U kontekstu razvoja geotermalne energije, posebno su relevantni sljedeći dokumenti:

- ✓ Prostorni planovi kantona i općina,
- ✓ Strategije razvoja kantona i lokalnih zajednica,
- ✓ Lokalni akcioni planovi zaštite okoliša (LEAP),
- ✓ Akcioni planovi za održivu energiju i klimu (SECAP),
- ✓ Sektorske energetske strategije i planovi razvoja energetskog sektora.

Ovi dokumenti često identifikuju potrebu za modernizacijom sistema grijanja, povećanjem energetske efikasnosti i korištenjem lokalnih obnovljivih izvora energije. Analiza dostupnih strateških dokumenata pokazuje da se geotermalna energija u većini slučajeva ne tretira kao zaseban energetski sektor, već se uglavnom spominje u širem kontekstu obnovljivih izvora energije i energetske tranzicije. Međutim, pojedini dokumenti prepoznaju potrebu diverzifikacije izvora energije u sektoru grijanja, što indirektno otvara prostor za razvoj geotermalnih projekata.

Analiza dostupnih dokumenata za lokacije identifikovane u ovoj studiji pokazuje da se u većini slučajeva obnovljivi izvori energije prepoznaju kao važan razvojni pravac, dok se geotermalna energija ponekad spominje indirektno kroz projekte korištenja lokalnih energetskih resursa.

U tom kontekstu, perspektivni lokaliteti predstavljaju potencijalne zone za razvoj projekata direktnog korištenja geotermalne energije, jer već imaju razvijene turističke kapacitete i određenu infrastrukturu za korištenje termalnih voda.

Područje Ilidže predstavlja najznačajniju lokaciju za razvoj geotermalne energije u FBiH, s obzirom na dugogodišnje korištenje termalnih voda i postojanje značajnih geotermalnih resursa. U strateškim dokumentima Kantona Sarajevo i u projektima komunalnog preduzeća

Toplane Sarajevo prepoznata je mogućnost korištenja geotermalne energije kao alternativnog izvora toplote u sistemu daljinskog grijanja.

U saradnji sa Evropskom bankom za obnovu i razvoj (EBRD) pokrenuta je inicijativa za istraživanje geotermalnih resursa na području Ilidže s ciljem njihove integracije u sistem centralnog grijanja Sarajeva. Ovaj projekat predstavlja prvi konkretan primjer integracije geotermalne energije u sistem daljinskog grijanja u Bosni i Hercegovini i pokazuje visok stepen usklađenosti geotermalnih projekata sa energetskim i klimatskim politikama lokalnog i kantonalnog nivoa.

Općina Fojnica je tradicionalno poznata po termalnim izvorima koji se koriste u zdravstvenom i banjskom turizmu. U lokalnim strateškim dokumentima razvoj turizma i održivo korištenje prirodnih resursa predstavljaju jedan od ključnih razvojnih prioriteta. Iako geotermalna energija u tim dokumentima nije uvijek eksplicitno definisana kao energetski resurs, termalne vode se prepoznaju kao važan element turističke infrastrukture i lokalnog ekonomskog razvoja. U tom kontekstu postoji mogućnost proširenja postojećeg korištenja termalnih voda na energetske namjene, posebno za grijanje turističkih objekata, javnih institucija i lokalne infrastrukture.

Općina Kakanj je također poznata po mineralnim i termalnim vodama koje se koriste u banjskom turizmu i proizvodnji mineralne vode. U okviru LEAP-a općine Kakanj naglašava se potreba unapređenja upravljanja prirodnim resursima i zaštite okoliša, kao i povećanja korištenja održivih energetskih rješenja. Geotermalna energija nije posebno izdvojena kao energetski resurs, no navedena je kao komparativna prednost područja. Postojanje termalnih izvora predstavlja osnovu za potencijalni razvoj projekata direktnog korištenja geotermalne energije, posebno u sektorima grijanja.

Općina Olovo je još jedno područje u kojem su termalne vode već integrisane u turističke i banjske aktivnosti. U lokalnim razvojnim strategijama razvoj turizma i korištenje prirodnih resursa predstavljaju važan segment ekonomskog razvoja općine. S obzirom na postojanje termalnih izvora i relativno koncentrisanu turističku infrastrukturu, geotermalna energija može predstavljati dodatni energetski resurs koji bi se mogao koristiti za grijanje turističkih kompleksa i javnih objekata.

Tabela 10-1 - Usklađenost potencijalnih lokacija za razvoj geotermalne energije sa strateškim i planskim dokumentima

Lokacija	Relevantni planski dokumenti	Prepoznavanje OIE u dokumentima	Eksplicitno spominjanje geotermalne energije	Potencijal za razvoj projekata
Ilidža (Sarajevo)	Strategija razvoja Kantona Sarajevo, SECAP Sarajevo, studije razvoja sistema daljinskog grijanja (Toplane Sarajevo), Studija alternativnih sistema snabdijevanja energijom FBiH	Da	Indirektno (kroz projekte geotermalnog grijanja Sarajeva)	Vrlo visok – mogućnost integracije u sistem daljinskog grijanja
Tuzla	Lokalni akcioni plan zaštite Okoline za općinu Tuzla Leap,	Da	Da, moguće korištenje, ograda, manji broj korisnika	Srednji do visok
Fojnica	Strategija razvoja općine Fojnica, LEAP općine Fojnica	Da	Ne (termalne vode prepoznate kroz turizam)	Srednji – moguć razvoj lokalnog sistema grijanja i turističkih objekata
Kakanj	LEAP općine Kakanj, Strategija razvoja općine Kakanj	Da	Spominju se termalne vode, prepoznato kao uslov za razvoj poljoprirede i turizma	Srednji do visok– centralno grijanje, grijanje turističkih objekata i javnih institucija
Olovo	Strategija razvoja općine Olovo, lokalni razvojni planovi	Da	Ne (termalne vode kroz turizam)	Srednji – grijanje banjskog kompleksa i javnih objekata
Domaljevac	Lokalni razvojni planovi i energetske inicijative na nivou Posavskog kantona	OIE prepoznat općenito	Ne	Dugoročni potencijal – pilot projekat ORC elektrane

Analiza strateških i planskih dokumenata pokazuje da većina lokalnih razvojnih planova i energetskih strategija u FBiH prepoznaje potrebu povećanja korištenja obnovljivih izvora energije, iako geotermalna energija rijetko predstavlja poseban fokus u tim dokumentima. U većini slučajeva obnovljivi izvori energije se navode općenito, dok se geotermalni resursi indirektno prepoznaju kroz razvoj banjskog turizma i upravljanje prirodnim resursima.

Najveći stepen institucionalne spremnosti za razvoj geotermalnih projekata trenutno postoji na području Kantona Sarajevo, gdje se već razmatra mogućnost integracije geotermalne energije u sistem daljinskog grijanja. U ostalim lokalnim zajednicama geotermalna energija predstavlja potencijalni razvojni resurs koji bi se mogao integrirati u lokalne energetske i turističke projekte uz dodatna istraživanja i planiranje.

10.2 Analiza potreba lokalnih zajednica i tehnička izvodljivost korištenja geotermalne energije za grijanje, hlađenje i kaskadne namjene (npr. poljoprivreda, itd.)

Energetske potrebe lokalnih zajednica predstavljaju jedan od ključnih faktora u procjeni mogućnosti korištenja geotermalne energije. U FBiH veliki broj urbanih sredina koristi sisteme

daljinskog grijanja koji se u značajnoj mjeri oslanjaju na fosilna goriva, prvenstveno ugalj i prirodni gas.

U većim urbanim centrima razvijeni su sistemi daljinskog grijanja koji predstavljaju potencijalne korisnike geotermalne energije. Integracija geotermalne toplote u takve sisteme može doprinijeti smanjenju potrošnje fosilnih goriva i povećanju energetske efikasnosti.

U manjim gradovima i općinama, gdje sistemi daljinskog grijanja nisu razvijeni, geotermalna energija može se koristiti kroz lokalne ili decentralizirane sisteme grijanja, koji mogu obuhvatiti javne objekte, turističke komplekse, plasteničku proizvodnju i druge potrošače toplote.

Analiza lokalnih potreba pokazuje da geotermalna energija ima posebno veliki potencijal u sljedećim sektorima:

- ✓ Grijanje javnih objekata (škole, bolnice, administrativne zgrade),
- ✓ Grijanje turističkih i banjskih kompleksa,
- ✓ Grijanje plastenika i poljoprivrednih objekata,
- ✓ Razvoj malih lokalnih sistema daljinskog grijanja.

Posebno povoljni uslovi za takve projekte postoje na lokalitetima gdje su termalne vode već u upotrebi, jer u tim slučajevima postoji osnovna infrastruktura i iskustvo u korištenju geotermalnih resursa.

Pored navedenih sistema grijanja, značajan potencijal za korištenje geotermalne energije postoji i u sektorima turizma i poljoprivrede. U područjima sa razvijenim banjskim turizmom geotermalne vode već se koriste za rekreativne i zdravstvene svrhe, ali postoji mogućnost njihovog šireg korištenja u grijanju objekata i turističkih kompleksa.

U poljoprivredi, geotermalna energija može se koristiti za grijanje plastenika i staklenika, ali i za druge procese koji zahtijevaju niskotemperaturnu toplotu. Takvi projekti mogu doprinijeti razvoju lokalne poljoprivredne proizvodnje i povećanju energetske efikasnosti.

Tehnička izvodljivost projekata korištenja geotermalne energije zavisi od više faktora, uključujući temperaturu i protok geotermalnih fluida, udaljenost potencijalnih potrošača toplote od izvora energije, kao i mogućnost integracije geotermalne energije u postojeće energetske sisteme.

10.3 Potencijal eksploatacije i metode korištenja od strane krajnjih korisnika/lokalnih zajednica

Geotermalna energija može se koristiti u različitim sektorima zavisno od karakteristika geotermalnog resursa i potreba lokalnih zajednica. U FBiH najrealniji oblici korištenja geotermalne energije odnose se na direktnu upotrebu toplote. Najznačajniji potencijal postoji u sektoru direktne upotrebe toplote, posebno kroz:

- ✓ Sisteme daljinskog grijanja,
- ✓ Grijanje turističkih i banjskih kompleksa,
- ✓ Grijanje plastenika i poljoprivrednih objekata,
- ✓ Industrijske procese koji zahtijevaju toplotnu energiju nižih temperatura.

Pored toga, u određenim slučajevima moguće je razviti kaskadne sisteme korištenja geotermalne energije, u kojima se toplota koristi u više uzastopnih procesa različitih temperaturnih zahtjeva. Takvi sistemi omogućavaju optimalno iskorištenje geotermalnog resursa i povećavaju ekonomsku isplativost projekata.

Ovakvi integrisani energetski sistemi posebno su pogodni za lokalitete gdje već postoji infrastruktura za korištenje termalnih voda, jer omogućavaju kombinaciju energetskih, ekonomskih i turističkih funkcija geotermalnih resursa.

Tabela 10-2 - Potencijalni modeli korištenja geotermalne energije od strane krajnjih korisnika u FBiH

Tip korisnika	Mogući način korištenja geotermalne energije	Potencijalni primjeri lokacija u FBiH
Lokalna komunalna preduzeća	Integracija geotermalne energije u sisteme daljinskog grijanja ili lokalne toplotne mreže	Ilidža (Sarajevo), Kakanj, Tuzla, potencijalno druga urbana područja sa termalnim izvorima
Javne institucije	Grijanje javnih objekata (škole, bolnice, administrativne zgrade, sportski centri) putem lokalnih geotermalnih sistema	Fojnica, Olovo
Turistički i banjski kompleksi	Korištenje geotermalne energije za grijanje bazena, wellness centara, hotela i turističkih objekata	Ilidža, Kakanj, Fojnica, Olovo
Poljoprivredni proizvođači	Grijanje plastenika i staklenika, sušenje poljoprivrednih proizvoda	područja u blizini termalnih izvora i ruralne zone, Domaljevac, Kakanj
Industrijski korisnici	Procesno grijanje u industrijama koje zahtijevaju niskotemperaturnu toplotu	lokalne industrijske zone u blizini geotermalnih izvora, Tuzla
Energetske kompanije	Razvoj manjih geotermalnih postrojenja za proizvodnju električne energije (binarni sistemi) u kombinaciji sa kaskadnim korištenjem toplote	Domaljevac (pilot potencijal)

11 Procjena uticaja na okolinu tokom istraživanja i korištenja geotermalne energije i preporuke za zaštitne mjere

Iako je geotermalna energija široko prepoznata kao čist, niskougljenični i ekološki održiv izvor energije, njeno istraživanje, razvoj i rad mogu uključivati nekoliko ekoloških rizika. Ovi rizici variraju ovisno o vrsti geotermalnog sistema (hidrotermalni, petrotermalni/EGS, plitki geotermalni), geološkim uslovima i dizajnu projekta. Većina rizika može se efikasno upravljati pravilnim planiranjem, praćenjem i mjerama ublažavanja. Treba istaknuti ekološke rizike povezane s induciranom seizmičkošću (posebno u EGS sistemima), slijevanjem tla i hemijskim emisijama. U ovoj studiji, rizici su navedeni prema vjerojatnoći njihove pojave u FBIH. Ovo poglavlje analizira ključne uticaje na okolinu tijekom istraživanja (npr. bušenje) i korištenja geotermalne energije (npr. emisije, upravljanje otpadnim vodama), te daje preporuke za zaštitne mjere kako bi se minimizirali rizici i osigurala održiva eksploatacija u skladu s nacionalnim i EU standardima.

Geotermalna energija u FBiH ima potpuno regulisan pravni okvir koji obuhvata istraživanje, eksploataciju, zaštitu okoliša i sistem poticaja. Ključni Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije FBiH (Službene novine FBiH, br. 82/23) prvi put definira geotermalnu elektranu kao postrojenje za proizvodnju električne i/ili toplotne energije iz geotermalnih izvora, dajući joj status obnovljivog izvora energije.

Glavni zakoni koji reguliraju geotermalne projekte su Zakon o korištenju OIE (br. 82/23) koji daje status OIE i poticaje, Zakon o zaštiti okoliša FBiH (Službene novine FBiH, br. 15/21) koji obavezuje procjenu uticaja na okoliš (EIA) za elektrane >5 MW ili bušenja >1000m, Zakon o geološkim istraživanjima FBiH (Službene novine FBiH, br. 44/10) za geološke koncesije i Zakon o vodama FBiH (Službene novine FBiH, br. 70/13) za upravljanje geotermalnim fluidima.

Okolišne obaveze i monitoring

Svi projekti moraju ispuniti standarde Pravilnika o EIA (br. 7/17) koji zahtijeva seizmološku mikrozonaciju i hidrogeološke modele. Monitoring uključuje seizmometre, mjesečne analize geofl uida na arsen i bor te godišnje izvještaje Federalnom inspektoratu. Granice emisija su H_2S <10 ppm i buka 55 dB danju (Geotermalna energija u energetskoj tranziciji Bosne i Hercegovine. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Hrvatović, H., Ahmetović, E., Hanjalić, K., Smajević, I, 2025).

Usklađenost s EU standardima

Regulativa je usklađena s EU Direktivom 2011/92/EU (EIA), Vodnom okvirnom direktivom 2000/60/EC i SEVESO III direktivom za opasne kemikalije. Projekti u Natura 2000 područjima zahtijevaju dodatne dozvole.

11.1 Procjena uticaja na okolinu i zaštitne mjere u fazi istraživanja

Faza istraživanja geotermalnih resursa obuhvata geološka i geofizička ispitivanja, seizmička mjerenja i istražna bušenja s ciljem utvrđivanja postojanja i karakteristika geotermalnih rezervoara. Uticaji na okoliš u ovoj fazi su uglavnom privremeni i lokalizirani, ali mogu zahvatiti tlo, vodne resurse, zrak, bioraznolikost, šumska i poljoprivredna područja te kulturnu baštinu.

Prema Zakonu o zaštiti okoliša (Službene novine FBiH, br. 15/21) i Pravilniku o procjeni utjecaja na okoliš (EIA, br.7/17), prije početka radova je obavezna izrada studije procjene utjecaja na okoliš (EIA B1), koja obuhvata sve relevantne sastavnice okoliša.

Tijekom istražnih radova primjenjuju se zakonski propisane mjere zaštite, uključujući višeslojno cementiranje bušotina, postavljanje vodonepropusnih bazena za prihvat geotermalnih fluida (u skladu sa Zakonom o vodama, br. 70/13), korištenje postojećih infrastrukturnih koridora radi smanjenja fragmentacije staništa, te praćenje emisija, buke i kvalitete vode. Zaštita rijetkih i zaštićenih vrsta, kulturne baštine i informisanje lokalnog stanovništva također je zakonski obavezna i dio EIA procesa.

Uticaj na zrak i emisije

Tokom istražnih radova, izvori emisije uključuju dizelske agregate, bušaću opremu i transportnu mehanizaciju. Emisije štetnih materija kao što su NOx, SO_2, CO, PM_{10} i $PM_{2,5}$ mogu negativno uticati na kvalitet zraka i zdravlje ljudi, posebno u naseljenim područjima.

Mjere ublažavanja:

- ✓ Zabranjeno spaljivanje otpada na lokaciji,
- ✓ Instalacija filtera na agregate i bušaću opremu,
- ✓ Redovno održavanje opreme i ograničenje rada motora,
- ✓ Kontinuirano praćenje i dokumentiranje emisija.

Uticaj na tlo i vegetaciju

Izgradnja bušaćih platformi, pristupnih puteva i skladišnih prostora može uzrokovati privremeni gubitak vegetacije, zbijanje tla i fragmentaciju staništa. Rizik od erozije tla posebno je izražen na vlažnim terenima i u područjima osjetljivim na klizišta.

Mjere ublažavanja:

- ✓ Smanjenje površine bušaćih platformi na minimum,
- ✓ Izgradnja drenažnih sistema i agrotehničke mjere na erozivnim terenima,
- ✓ Pravilno odlaganje humusa i rekultivacija zemljišta nakon završetka radova,
- ✓ Korištenje postojećih infrastrukturnih koridora kad god je moguće.

Uticaj na vodne resurse

Istražna bušenja mogu izazvati kontaminaciju podzemnih voda bušaćim fluidima ili geotermalnim vodama koje sadrže minerale i teške metale. Postoji i rizik miješanja geotermalnih fluida sa slatkovodnim akviferima.

Mjere ublažavanja:

- ✓ Višeslojno cementiranje bušotina i postavljanje zaštitnih cijevi,
- ✓ Vodonepropusni bazeni za prihvat geotermalnih voda,
- ✓ Definisanje zaštitnih zona oko vodotoka i akumulacija,
- ✓ Kontinuirani monitoring kvaliteta podzemnih i površinskih voda.

Uticaj na bioraznolikost i šumske ekosisteme

Radovi u šumama i uz vodotoke mogu ugroziti rijetke i zaštićene biljne i životinjske vrste, te strogo zaštićene tipove staništa.

Mjere ublažavanja:

- ✓ Zaštitne zone oko kritičnih staništa,
- ✓ Maksimalno korištenje postojećih puteva i degradiranih lokaliteta,
- ✓ Očuvanje šumskih ekosistema i vraćanje privremeno oštećenih površina,
- ✓ Suzbijanje invazivnih biljnih vrsta.

Uticaj na kulturnu baštinu i stanovništvo

Istražni radovi mogu zahvatiti arheološka nalazišta ili smetati lokalnom stanovništvu zbog buke i transporta.

Mjere ublažavanja:

- ✓ Prethodno arheološko rekognosciranje; obustava radova u slučaju nalaza.
- ✓ Izmak zahvata od stambenih zona.
- ✓ Redovno praćenje razine buke i informiranje lokalne zajednice (Agencija za ugljikovodike (AZU). Plan razvoja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske do 2030. godine, 2023).

11.2 Procjena uticaja na okolinu i zaštitne mjere u fazi eksploatacije.

Faza eksploatacije geotermalnih voda podrazumijeva kontinuirano crpljenje i korištenje geotermalne energije za proizvodnju električne i toplotne energije. Ova faza može imati značajniji i dugotrajniji uticaj na okoliš u odnosu na istražnu fazu, naročito na tlo, vodne resurse, zrak, bioraznolikost, šume, kulturnu baštinu i lokalno stanovništvo. Kako bi se smanjili negativni uticaji, provode se propisane mjere zaštite okoliša koje uključuju prevenciju, kontrolu rizika i kontinuirani monitoring.

Utiecaj na zrak

Eksploatacijski objekti mogu emitovati zagađujuće tvari iz agregata, pumpi i drugih postrojenja. Prekomjerne emisije mogu štetiti zdravlju ljudi i okolišu.

Mjere zaštite:

- ✓ Redovno održavanje i kontrola opreme da emisije ne prelaze granične vrijednosti (NOx, SO_2, CO, PM10 i PM2,5),
- ✓ Primjena tehnologija za smanjenje emisija i stalna provjera agregata i bušaće opreme.

Uticaj na klimatske promjene

Infrastruktura mora biti planirana i izvedena s obzirom na klimatske rizike, poput poplava, suša i ekstremnih vremenskih događaja.

Mjere zaštite:

- ✓ Analiza ranjivosti i primjena odgovarajućih mjera prilagodbe,
- ✓ Planiranje objekata u skladu sa zabilježenim i predviđenim klimatskim promjenama.

Uticaj na tlo i poljoprivredno zemljište

Postavljanje bušotina i prateće infrastrukture može dovesti do fragmentacije zemljišta i degradacije tla.

Mjere zaštite:

- ✓ Izbjegavanje visokokvalitetnog poljoprivrednog zemljišta,
- ✓ planovi restauracije i minimalnog površinskog otiska,
- ✓ Izrada elaborata o stanju tla nakon sanacije bušotina kako bi se provjerila kvaliteta radova.

Uticaj na vodne resurse

Eksploatacija geotermalnih voda može dovesti do kontaminacije podzemnih i površinskih voda. Geotermalni razvoj može dovesti do miješanja geotermalnih fluida sa slatkovodnim vodonosnicima, kontaminacije mineralima ili metalima, promjene temperature površinskih voda i prekomjerne upotrebe podzemnih voda.

Mjere zaštite:

- ✓ Vodonepropusni bazeni za prihvat geotermalnih voda,
- ✓ Povrat iskorištene vode u geotermalni rezervoar kad god je moguće,
- ✓ Hemijska predobrada i monitoring kvalitete vode prije ispuštanja u prirodne prijemnike,
- ✓ Zaštitne zone od vodotoka i od podzemnih staništa (npr. špilje i jame).

Uticaj na bioraznolikost i šumske ekosisteme

Eksploatacija može ugroziti ugrožene vrste i staništa te izazvati gubitak šumske pokrivenosti.

Mjere zaštite:

- ✓ Definisanje zaštitnih zona oko kritičnih staništa i vodotoka.
- ✓ Maksimalno korištenje postojećih putova i degradiranih lokaliteta.
- ✓ Suzbijanje invazivnih biljnih vrsta i zaštita faune (ptice, šišmiši, vodozemci).
- ✓ Povratak privremeno oštećenih površina u prvobitno stanje.

Uticaj na kulturnu baštinu i krajolik

Nepravilno planiranje može oštetiti kulturnu baštinu i vizualni integritet krajolika.

Mjere zaštite:

- ✓ Planiranje objekata na udaljenosti od kulturnih dobara,
- ✓ Uklapanje pogona u okolni krajolik i korištenje degradiranih ili niskovrijednih lokaliteta,
- ✓ Projekti uređenja i sanacije.

Uticaj na stanovništvo i zdravlje ljudi

Buka, saobraćaj i prisustvo postrojenja mogu negativno utjecati na lokalno stanovništvo.

Mjere zaštite:

- ✓ Redovno mjerenje nivoa buke i primjena mjera za njeno smanjenje.
- ✓ Informisanje javnosti o sigurnosti i koristima geotermalne energije.
- ✓ Planiranje eksploatacijskih objekata u skladu s potrebama korisnika (industrija, turizam, zdravstvo) (Agencija za ugljikovodike (AZU). Plan razvoja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske do 2030. godine, 2023).

Izgradnja geotermalnih postrojenja zahtijeva trostruku dozvolu koja uključuje geološku koncesiju prema Zakonu o geološkim istraživanjima FBiH (br. 44/10), prostorno planiranje i okolišnu dozvolu EIA A kategorije prema Zakonu o zaštiti okoliša (br. 15/21). Proces traje 24-36 mjeseci i koordinira ga Federalno ministarstvo energije, rudarstva i industrije (FMERI), Federalno ministarstvo okoliša i turizma (FMOIT) te kantonalna ministarstva prostornog uređenja.

Prema Zakonu o zaštiti okoliša FBiH (Službene novine FBiH, br. 15/21) bavezne su studije procjene utjecaja na okoliš (EUO elaborat) koji analizira utjecaje na 12 sastavnica okoliša prema Zakonu o zaštiti okoliša FBiH: zrak, vode, tlo, bioraznolikost, zaštićena područja, šume, divljač, krajolik, kulturna baština, stanovništvo, geološke karakteristike i podzemlje. Dodatno se provode seizmološka mikrozonacija (Federalni hidrometeorološki zavod), hidrogeološki model (Agencije za vodno područje rijeke Save i Jadranskog mora), te glavna ocjena ekološke mreže za područja izvrsnosti (Natura 2000 ekvivalent).

12Glavne ekonomske koristi korištenja geotermalne energije

Najveće ekonomske koristi razvoja geotermalne energije u FBiH očekuju se u sektoru toplote, prvenstveno kroz zamjenu fosilnih goriva obnovljivim izvorom energije, stabilizaciju i veću predvidivost cijene toplote te smanjenje dugoročne izloženosti promjenama cijena energenata. Iako geotermalni projekti zahtijevaju relativno visoka početna kapitalna ulaganja, nakon izgradnje ih karakteriziraju niski operativni troškovi i dugoročno stabilna proizvodnja energije. Razvoj geotermalnih projekata može dodatno djelovati kao poticaj za privlačenje domaćih i međunarodnih fondova i ulaganja.

U poljoprivredi, geotermalna toplota može omogućiti razvoj stakleničke proizvodnje veće dodane vrijednosti, s manjom osjetljivošću na meteorološke prilike i produženom sezonom proizvodnje. U industriji predstavlja izvor predvidive, a potencijalno i dugoročno stabilne cijene energije, što može povećati konkurentnost i olakšati planiranje poslovanja. Kaskadno korištenje geotermalne energije omogućava da se isti resurs uzastopno koristi za daljinsko grijanje, industrijske procese, staklenike, uslužne djelatnosti, balneologiju i rekreaciju, čime se povećava ukupna energetska i ekonomska efikasnost projekta. Poseban razvojni potencijal postoji u unapređenju i izgradnji banjskih i rekreacijskih sadržaja u blizini gradskih područja, gdje se geotermalni resurs može povezati s turizmom, zdravstvenim uslugama i lokalnim sistemima grijanja.

Posredne društveno-ekonomske koristi uključuju razvoj savremene zelene industrije, otvaranje stručnih i dugoročnih radnih mjesta, jačanje lokalnih dobavljačkih lanaca i povećanje privlačnosti lokalnih zajednica za život i rad, što može doprinijeti zadržavanju stanovništva i smanjenju iseljavanja.

1. Smanjenje troškova energije i energetska sigurnost

Jedna od ključnih ekonomskih prednosti geotermalne energije jeste dugoročno stabilna i predvidiva cijena toplote. Za razliku od fosilnih goriva, geotermalna energija je znatno manje izložena promjenama cijena energenata na međunarodnom tržištu, što omogućava:

- Smanjenje troškova grijanja za domaćinstva, javne objekte i industriju,
- Veću energetsku sigurnost i smanjenje zavisnosti od uvoza energenata,
- Dugoročno planiranje troškova u javnom i privatnom sektoru.
- Zamjenu fosilnih goriva domaćim obnovljivim izvorom energije,
- Veću predvidivost troškova energije za industriju i druge korisnike s kontinuiranom potrošnjom toplote.

Posebno značajne uštede mogu se ostvariti u sistemima daljinskog grijanja i industrijskim procesima sa kontinuiranom potrebom za toplotom.

2. Dugoročne investicije i lokalna ekonomska vrijednost

Geotermalne projekte karakteriziraju relativno visoka početna kapitalna ulaganja, posebno u fazama istraživanja i izrade bušotina, ali nakon puštanja sistema u rad imaju relativno niske i predvidive operativne troškove te dug vijek trajanja. Ekonomske koristi uključuju:

- Stvaranje dugoročne energetske infrastrukture,
- Povećanje lokalne dodane vrijednosti kroz angažman domaćih firmi,
- Stabilne prihode za lokalne zajednice kroz koncesije, naknade i poreze.

- Niske operativne troškove nakon završetka početne investicione faze,
- Mogućnost privlačenja međunarodnih fondova i razvojnih institucija namijenjenih obnovljivim izvorima energije, dekarbonizaciji grijanja i regionalnom razvoju.

Jednom razvijeni geotermalni sistemi mogu funkcionisati nekoliko decenija uz relativno niske troškove održavanja.

3. Otvaranje novih radnih mjesta i razvoj lokalnih kapaciteta

Razvoj geotermalne energije doprinosi zapošljavanju u različitim fazama projekta:

- Tokom istraživanja (geolozi, geofizičari, tehničari),
- U fazi izgradnje (građevinski i mašinski sektor),
- Tokom eksploatacije i održavanja (operateri, inženjeri)
- Dodatno, geotermalni projekti podstiču razvoj stručnih znanja i transfer tehnologije, što jača domaće kapacitete u oblasti obnovljivih izvora energije.

4. Indirektne ekonomske koristi i regionalni razvoj

Pored direktnih ekonomskih efekata, geotermalna energija može generirati značajne indirektne i teško mjerljive društveno-ekonomske koristi, uključujući:

- razvoj stakleničke poljoprivrede i proizvodnje veće dodane vrijednosti, s produženom proizvodnom sezonom i manjom osjetljivošću na meteorološke prilike,
- korištenje toplote za sušenje, preradu i skladištenje poljoprivrednih proizvoda,
- povećanje privlačnosti industrijskih zona kroz dostupnost dugoročno stabilne i predvidive cijene energije,
- razvoj uslužnih djelatnosti povezanih s energetikom, turizmom, zdravljem, održavanjem i tehničkim uslugama,
- razvoj i modernizaciju banjskih, zdravstvenih i rekreacijskih sadržaja, posebno u blizini gradskih područja i većih centara potrošnje,
- revitalizaciju ruralnih, depopulacijskih i industrijski pogođenih područja,
- razvoj stručnih i dugoročnih radnih mjesta te povećanje privlačnosti lokalnih zajednica za život i rad, što može doprinijeti zadržavanju stanovništva i smanjenju iseljavanja.

Posebna ekonomska prednost može se ostvariti kaskadnim korištenjem geotermalne energije, pri kojem se isti resurs uzastopno koristi za daljinsko grijanje, industrijske procese, stakleničku proizvodnju, uslužne djelatnosti, balneologiju i rekreaciju. Na taj način povećavaju se ukupna energijska efikasnost i ekonomska vrijednost proizvedene geotermalne toplote.

5. Doprinos dekarbonizaciji i izbjegnuti troškovi emisija

Korištenjem geotermalne energije smanjuju se emisije CO_2 i drugih zagađujućih materija, što donosi ekonomske koristi kroz:

- Izbjegnute troškove emisijskih naknada i budućih karbonskih mehanizama,
- Smanjenje troškova zdravstvene zaštite povezanih s kvalitetom zraka,
- Usklađivanje s evropskim klimatskim politikama

- Veću mogućnost pristupa evropskim, međunarodnim i razvojnim fondovima namijenjenim dekarbonizaciji, obnovljivim izvorima energije, održivom grijanju i pravednoj energetskoj tranziciji.

Iako se ovi efekti ne iskazuju direktno u finansijskim bilansima, oni predstavljaju značajnu dugoročnu ekonomsku korist.

6. Ograničenja i potreba za detaljnijom ekonomskom analizom

Ekonomske koristi su prikazane na kvalitativnom nivou. Za dalji razvoj projekata neophodno je provesti:

- Detaljne troškovno-korisne analize po lokaciji,
- Analizu osjetljivosti na cijene energenata i investicione troškove,
- Procjenu finansijskih modela i dostupnih izvora finansiranja.

Ove analize će omogućiti kvantifikaciju ekonomskih efekata i donošenje investicionih odluka.

7. Indikativni pokazatelji za kvantifikaciju ekonomskih koristi

Ekonomske koristi geotermalnih projekata mogu se preliminarno procijeniti primjenom standardiziranih tehničkih i ekonomskih pokazatelja. U ovoj fazi Studije nije moguće pouzdano kvantificirati koristi za pojedinačne lokalitete bez potvrđenih podataka o temperaturi, protoku, režimu proizvodnje, udaljenosti korisnika, potrebnoj infrastrukturi i investicionim troškovima. Ipak, za potrebe poređenja i rangiranja područja mogu se koristiti sljedeći indikativni pokazatelji.

7.1. Godišnja korisna proizvodnja toplote

Godišnja korisna proizvodnja toplote može se procijeniti na osnovu protoka fluida, razlike ulazne i izlazne temperature, specifičnog toplotnog kapaciteta vode i broja radnih sati:

$$Q_{godišnje} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot t$$

gdje su:

- $\dot{m}$– maseni protok geotermalnog fluida;
- c_p– specifični toplotni kapacitet fluida;
- ΔT– iskoristiva temperaturna razlika;
- t– godišnji broj radnih sati.

Ovaj pokazatelj predstavlja osnovu za procjenu količine zamijenjenog fosilnog goriva, prihoda od prodaje toplote i izbjegnutih emisija.

7.2. Vrijednost zamijenjenog energenta

$$V_{zamjene} = Q_{godišnje} \cdot C_{referentne\ toplote}$$

Vrijednost zamjene određuje se poređenjem godišnje proizvedene geotermalne toplote s troškom ekvivalentne količine toplote proizvedene iz prirodnog plina, lož-ulja, uglja, električne energije ili biomase.

7.3. Izbjegnuti troškovi emisija CO_2

$$E_{CO_2} = Q_{zamijenjena} \cdot EF$$

$$V_{CO_2} = E_{CO_2} \cdot C_{CO_2}$$

gdje su:

- EF– faktor emisije zamijenjenog energenta;
- C_{CO_2}– pretpostavljena cijena emisije CO_2.

Pored direktno izbjegnutih emisija CO_2, mogu se procjenjivati i koristi od smanjenja emisija čvrstih čestica, SO_2 i NO, posebno u urbanim i industrijskim područjima s izraženim problemima kvaliteta zraka.

7.4. Pokazatelji investicione opravdanosti

Za detaljnije analize po lokalitetima računa se:

- ukupni CAPEX;
- godišnji OPEX;
- jednostavni period povrata;
- neto sadašnju vrijednost;
- internu stopu povrata;
- nivelirani trošak toplote;
- odnos koristi i troškova.

Posebno je koristan pokazatelj:

$$LCOH = \frac{\text{diskontirani ukupni troškovi tokom vijeka projekta}}{\text{diskontirana ukupna proizvedena toplota}}$$

Nivelirani trošak toplote (LCOH) omogućava neposredno poređenje geotermalne energije s prirodnim plinom, biomasom, električnom energijom i drugim izvorima grijanja.

7.5. Lokalna ekonomska vrijednost

Lokalna ekonomska korist može se procjenjivati kroz:

- udio investicije realiziran angažmanom domaćih firmi;
- broj direktnih i indirektnih radnih mjesta;
- godišnje prihode od koncesija, poreza i naknada;
- vrijednost domaće poljoprivredne i industrijske proizvodnje omogućene korištenjem geotermalne toplote;
- smanjenje uvoza energenata;
- povećanje prihoda u turizmu, balneologiji i uslužnim djelatnostima.

7.6. Kvantifikacija koristi u poljoprivredi

Za stakleničku proizvodnju analizira se:

- površina grijanih staklenika u hektarima;
- produženje proizvodne sezone;
- godišnju količinu proizvoda;
- povećanje prinosa;

- povećanje vrijednosti proizvodnje po hektaru;
- broj stalnih i sezonskih radnih mjesta;
- smanjenje troškova grijanja u odnosu na referentni energent.

7.7. Kaskadno korištenje

Kod kaskadnog korištenja potrebno je posebno iskazati koliko se dodatne korisne energije dobiva iz istog protoka geotermalnog fluida nakon primarne namjene.

Moguće je koristiti pokazatelj:

$$\eta_{kaskade} = \frac{\text{ukupno iskorištena toplota u svim fazama}}{\text{raspoloživa toplota geotermalnog fluida}}$$

Koeficijent kaskadne iskorištenosti toplote ($\eta_{kaskade}$) pokazuje koliki je dio ukupno raspoložive geotermalne toplote iskorišten kroz sve uzastopne faze korištenja. Veća iskorištenost raspoložive toplote povećava prihod po jedinici proizvedenog fluida i poboljšava ukupnu ekonomsku opravdanost projekta.

Tabela 12-1 Indikativni pokazatelji za kvantifikaciju ekonomskih koristi geotermalnih projekata

Pokazatelj	Jedinica	Potrebni podaci
Korisna toplotna snaga	MWt	protok, temperatura, povratna temperatura
Godišnja proizvodnja toplote	MWh/god. ili GWh/god.	snaga, radni sati, faktor korištenja
Vrijednost zamijenjenog energenta	KM/god.	proizvedena toplota, cijena referentne toplote
Izbjegnute emisije CO_2	t CO_2/god.	energija, faktor emisije
Izbjegnuti trošak CO_2	KM/god.	emisije, cijena CO_2
CAPEX	KM ili EUR	bušotine, postrojenje, mreža, priključci
OPEX	KM/god. ili EUR/god.	energija za pumpe, održavanje, radna snaga
Nivelirani trošak toplote	KM/MWh	CAPEX, OPEX, vijek projekta, diskontna stopa

Pokazatelj	Jedinica	Potrebni podaci
Period povrata	godine	neto godišnje koristi i ulaganja
Lokalna radna mjesta	broj	faza istraživanja, gradnje i rada
Grijani staklenici	ha	raspoloživa toplota i potrebe proizvodnje
Kaskadna iskorištenost	%	energija korištena u svim fazama

Zaključna napomena

Geotermalna energija može predstavljati ekonomski održivu opciju za dugoročni razvoj energetskog sektora u FBiH, posebno u segmentu grijanja i industrijske toplote. Njene ključne prednosti ogledaju se u dugoročno stabilnoj cijeni toplote, relativno niskim operativnim troškovima nakon početne investicione faze, mogućnosti zamjene fosilnih goriva, razvoju lokalne poljoprivrede, industrije, turizma i uslužnih djelatnosti te privlačenju fondova i investicija. Kaskadno korištenje dodatno povećava ekonomsku vrijednost resursa, dok razvoj zelene industrije i kvalitetnih radnih mjesta može imati dugoročno povoljne demografske učinke.

Kvalitativna procjena ukazuje da bi najveće ekonomske koristi mogle biti ostvarene u zonama Srednjobosanskog mezozojskog bazena i Panonskog ruba, gdje se povoljni geotermalni uslovi mogu povezati s postojećim ili potencijalnim korisnicima toplote, razvojem toplotnih mreža, industrije, poljoprivrede i banjsko-rekreacijskih sadržaja. Ostale zone mogu imati ograničeniju ekonomsku perspektivu na regionalnom nivou, ali i značajnu lokalnu ili dugoročnu vrijednost u kontekstu energetske tranzicije i regionalnog razvoja.

Tabela 12-1 - Ekonomska perspektiva zona

Geotermalna zona	Dominantni tip primjene	Ekonomske koristi	Investicioni nivo	Ukupna ekonomska perspektiva
SMB – Srednjobosanski mezozojski basen	Grijanje naselja, industrijska toplota, kaskadni sistemi	Značajno smanjenje troškova grijanja; stabilna cijena energije; dugoročni prihodi; lokalno zapošljavanje	Srednji do viši (duboki sistemi)	**Vrlo visoka**
PRB – Panonski rub	Gradske toplane, industrija, ORC (manji kapaciteti)	Visoke uštede energije; atraktivno za industriju; mogućnost kombinacije s drugim OIE	Srednji	**Vrlo visoka**
DOZ – Dinarska ofiolitna zona	Direktna upotreba, lokalni sistemi grijanja	Umjerene uštede; lokalni razvoj; podrška ruralnim sredinama	Nizak do srednji	**Umjerena**
PAT – Paleozojsko–trijaski alohton	Direktna upotreba, istraživački projekti, potencijal EGS	Ograničene direktne koristi; dugoročni istraživački potencijal; razvoj znanja	Srednji do visok	**Umjerena do niska**
DKP – Dinarska karbonatna platforma	Plitka geotermija (toplotne pumpe), balneologija	Lokalno smanjenje troškova; mala, ali stabilna korist	Nizak	**Niska**

13 Potencijalne barijere za razvoj geotermalne energije i preporuke za njihovo uklanjanje

Razvoj geotermalne energije u FBiH suočava se s nizom tehničkih, institucionalnih i ekonomskih prepreka koje su u ovoj fazi prepoznate na regionalnom nivou. Identifikacija ovih prepreka ima za cilj usmjeriti dalja istraživanja i razvojne aktivnosti te doprinijeti realnom i faznom planiranju geotermalnih projekata.

1. Geološke i tehničke prepreke

Glavne tehničke prepreke odnose se na:

- Ograničenu dostupnost dubinskih temperaturnih i bušotinskih podataka,
- Složenu tektonsku građu i heterogenost rezervoara,
- Neizvjesnosti vezane za propusnost i održivost protoka u dubokim sistemima,
- Nedostatak savremenih geofizičkih istraživanja u prioritetnim zonama.

Preporuka: Fokusirati se na ciljano prikupljanje podataka u zonama najvišeg potencijala (SMB i PRB), kroz fazna geofizička istraživanja i verifikacione bušotine, prije donošenja investicionih odluka.

2. Institucionalne i regulatorne prepreke

Na institucionalnom nivou uočene su sljedeće prepreke:

- Fragmentirana nadležnost između federalnog, kantonalnog i lokalnog nivoa,
- Nepostojanje specifičnog regulatornog okvira za geotermalnu energiju,
- Ograničeno iskustvo institucija u razvoju i nadzoru geotermalnih projekata.

Preporuka: Razmotriti uspostavu jasnijeg institucionalnog i regulatornog okvira za geotermiju, uz jačanje uloge kantona kao ključnog nivoa za planiranje i implementaciju projekata, te integraciju geotermalne energije u kantonalne energetske i prostorne planove. Iako se energetske strategije i regulatorni okvir donose na nivou FBiH, ključne nadležnosti za prostorno planiranje, izdavanje dozvola i korištenje prirodnih resursa nalaze se na kantonalnom nivou, što čini kantone centralnim akterima u razvoju geotermalnih projekata.

3. Ekonomske i finansijske prepreke

Ekonomske prepreke uključuju:

- Visoke početne troškove istraživanja i bušenja,
- Ograničen pristup finansiranju u ranoj fazi projekata,
- Nedostatak demonstracijskih i pilot-projekata u FBiH.

Preporuka:
Podržati razvoj pilot-projekata direktne upotrebe, koristiti dostupne međunarodne fondove i mehanizme podrške (EU programi, razvojne banke), te razvijati modele javno–privatnog partnerstva, posebno na kantonalnom nivou.

4. Prostorne i planske prepreke

U prostornom planiranju uočeni su izazovi povezani sa:

- Neusklađenošću prostorno-planskih dokumenata,
- Nedovoljnom integracijom energetskih i prostorno-razvojnih ciljeva,
- Ograničenom dostupnošću prostornih podataka na jedinstvenoj platformi.

Preporuka:
U narednoj fazi studije preporučuje se integracija geotermalnih zona s kartama kantona, infrastrukturnih sistema i stepena urbanizacije, kako bi se omogućilo realno i provedivo planiranje projekata.

5. Zaključna preporuka

Uprkos identificiranim preprekama, geotermalna energija predstavlja realnu i dugoročno održivu opciju za energetski razvoj FBiH. Ključ uspjeha leži u postupnom, faznom pristupu, jasnoj prioritetizaciji zona i snažnijem povezivanju geoloških potencijala s kantonalnim razvojnim i energetskim strategijama.

14 Zaključak

Na osnovu provedenih analiza dostupnih geoloških, hidrogeoloških, geohemijskih, geofizičkih, prostornih, energetskih i regulatornih podataka može se zaključiti da Federacija Bosne i Hercegovine raspolaže značajnim, ali još uvijek nedovoljno istraženim i nedovoljno iskorištenim geotermalnim potencijalom. Iako postoje brojni poznati izvori termalnih i termomineralnih voda, sadašnji nivo korištenja geotermalne energije uglavnom je ograničen na balneologiju, rekreaciju, turizam i djelimično grijanje, dok je sistemska energetska valorizacija ovog resursa još uvijek u početnoj fazi.

Analiza podataka za ukupno 448 lokaliteta pokazuje da geotermalni potencijal FBiH ima dominantno niskotemperaturni karakter, pri čemu najveći broj evidentiranih pojava ima temperature u rasponu od 10 do 30 °C, dok značajan broj lokaliteta pripada grupi niskotemperaturnih termalnih sistema s temperaturama od 30 do 50 °C. Manji broj lokaliteta pokazuje temperature iznad 50 °C, s maksimalno zabilježenim vrijednostima do približno 96 °C. Upravo ove lokalizirane geotermalne anomalije predstavljaju najvažnije ciljeve za daljnja istraživanja i moguću energetsku primjenu.

Geotermalni sistemi FBiH u najvećoj su mjeri povezani s karbonatnim vodonosnicima, rasjednim i pukotinskim zonama, kao i lokalnim strukturnim uslovima koji omogućavaju dublju cirkulaciju i uzdizanje zagrijanih fluida. Posebno važnu ulogu imaju trijaski i mezozojski karbonatni kompleksi, krečnjaci i dolomiti, koji zbog pukotinske, kavernozne i kavernozno-pukotinske poroznosti predstavljaju glavne kolektore termalnih i termomineralnih voda. U sjevernim dijelovima FBiH dodatni potencijal vezan je za dublje sedimentne bazene, gdje se mogu očekivati konduktivno zagrijani rezervoari većih dubina.

Geohemijski podaci potvrđuju dominaciju voda karbonatnog tipa, najčešće Ca–Mg–HCO_3 i miješanih Ca–Mg–HCO_3–SO_4 tipova, što ukazuje na cirkulaciju kroz karbonatne vodonosnike. Lokalno prisustvo voda s izraženijim Na–Cl, Na–K–Cl ili sulfatnim karakterom upućuje na dublju mineraliziranu komponentu, kontakt s evaporitnim naslagama ili miješanje plićih i dubljih hidrogeoloških sistema. Takve zone zahtijevaju dodatna geohemijska, izotopna i geotermometrijska istraživanja kako bi se bolje definirali dubina cirkulacije, porijeklo fluida, temperatura rezervoara i dugoročna održivost korištenja.

Rezultati Studije pokazuju da je najrealniji kratkoročni i srednjoročni pravac razvoja geotermalne energije u FBiH direktno korištenje toplote. Najveći potencijal postoji u sistemima daljinskog grijanja, grijanju javnih objekata, turističkih i banjskih kompleksa, plastenika, poljoprivrednih objekata, akvakulture, sušenju poljoprivrednih proizvoda i niskotemperaturnim industrijskim procesima. Posebno su važni kaskadni sistemi korištenja, u kojima se isti geotermalni resurs koristi na više uzastopnih temperaturnih nivoa, čime se povećavaju ukupna energijska efikasnost i ekonomska opravdanost projekta.

Proizvodnja električne energije iz geotermalnih izvora u FBiH trenutno se može razmatrati samo selektivno i uslovno, na lokalitetima s najvišim potvrđenim ili indiciranim temperaturama, stabilnim protocima i povoljnim hidrogeološkim uslovima. Klasične tehnologije geotermalnih elektrana, poput sistema na suhu paru ili flash sistema, za većinu poznatih lokaliteta zasad nisu realna opcija. Međutim, binarne tehnologije, posebno ORC sistemi, mogu predstavljati mogućnost za ograničenu proizvodnju električne energije, naročito ako se kombinuju s

kaskadnim korištenjem preostale toplote. U tom smislu, lokalitet Domaljevac izdvaja se kao najvažniji pilot-potencijal za ispitivanje mogućnosti modularnog binarnog sistema, uz uslov potvrde dovoljnog protoka, temperature, hemijske stabilnosti fluida i mogućnosti reinjekcije.

Na osnovu provedenog vrednovanja, kao prioritetne lokacije za daljnja istraživanja i razvoj pilot-projekata izdvajaju se Ilidža–Sarajevo, Tuzla, Domaljevac, Kakanj, Olovo i Fojnica. Ilidža se posebno izdvaja zbog temperature termalnih voda, urbanog položaja, postojeće infrastrukture i mogućnosti integracije sa sistemom daljinskog grijanja Sarajeva. Tuzla je značajna zbog razvijenog sistema daljinskog grijanja i potencijala za povezivanje geotermalnih resursa s postojećom energetskom infrastrukturom. Domaljevac je najperspektivniji za razmatranje binarne proizvodnje električne energije i kaskadnog korištenja toplote. Kakanj, Olovo i Fojnica imaju potencijal za lokalne sisteme grijanja, banjsko-turističku primjenu, javne objekte i manje integrirane energetske sisteme.

Ipak, razvoj geotermalne energije u FBiH suočava se s više važnih ograničenja. Najveći tehnički izazovi odnose se na nedostatak sistematskih dubinskih geotermalnih istraživanja, ograničenu dostupnost bušotinskih podataka, nedovoljan broj kvalitetnih temperaturnih mjerenja, nedostatak modernih geofizičkih istraživanja i nepostojanje detaljnih geološko-rezervoarskih modela za prioritetne lokacije. Bez dodatnih istraživanja nije moguće pouzdano odrediti dubinu, geometriju, temperaturu, propusnost, izdašnost i dugoročnu održivost geotermalnih rezervoara.

Ekonomski rizici također predstavljaju značajnu prepreku, posebno zbog visokih početnih troškova istraživanja i bušenja. Istražno bušenje nosi najveći geološki i finansijski rizik, jer konačna potvrda temperature, protoka i hemijskog sastava fluida može biti ostvarena tek nakon izvedbe bušotine i testiranja. Zbog toga je za razvoj sektora ključno uspostaviti modele finansijske podrške, uključujući grantove, povoljne kreditne linije, mehanizme podjele istražnog rizika, javno–privatna partnerstva i korištenje međunarodnih fondova namijenjenih energetskoj tranziciji i dekarbonizaciji.

Regulatorni i institucionalni okvir predstavlja dodatno područje koje zahtijeva unapređenje. Iako postoje zakonske osnove koje se odnose na obnovljive izvore energije, geološka istraživanja, vode, okoliš i koncesije, geotermalna energija zahtijeva jasnije i integriranije procedure. Potrebno je preciznije definirati faze istraživanja, prava i obaveze nosilaca istraživanja, način upravljanja podacima, uslove za prelazak iz istražne u eksploatacionu fazu, obaveze reinjekcije, monitoring ležišta i okolišne standarde. Posebno je važno osigurati da regulatorni okvir bude predvidiv, transparentan i prilagođen specifičnostima geotermalnih projekata, koji se razlikuju i od klasičnih rudarskih i od standardnih energetskih projekata.

Sa okolišnog aspekta, geotermalna energija predstavlja niskougljični i lokalno dostupan izvor energije, s potencijalom smanjenja emisija stakleničkih plinova i lokalnog zagađenja zraka, naročito u sistemima grijanja koji danas ovise o fosilnim gorivima. Ipak, održivi razvoj zahtijeva pažljivo upravljanje geotermalnim fluidima, kontrolu hemijskog sastava voda, sprečavanje kontaminacije plićih vodonosnika, monitoring mogućeg slijeganja tla i inducirane seizmičnosti, te planiranje reinjekcije gdje god je to tehnički izvedivo. Dugoročna održivost geotermalnih sistema može se osigurati samo kroz integrirano upravljanje proizvodnjom, reinjekcijom, pritiscima, temperaturom i hemijskom stabilnošću fluida.

U strateškom smislu, geotermalna energija može imati važnu ulogu u energetskoj tranziciji Federacije Bosne i Hercegovine. Njena najveća vrijednost nije samo u mogućoj proizvodnji električne energije, već prvenstveno u stabilnoj, lokalnoj i obnovljivoj proizvodnji toplote. Geotermalni sistemi mogu doprinijeti dekarbonizaciji grijanja, smanjenju zavisnosti od uvoznih energenata, stabilizaciji dugoročnih troškova energije i razvoju lokalnih ekonomija. Posebno značajan potencijal postoji u kombinaciji geotermalne energije s postojećim sistemima daljinskog grijanja, banjsko-turističkim kompleksima, poljoprivredom, industrijom i javnim sektorom.

Budući razvoj treba se temeljiti na faznom, „stage-gate" pristupu, u kojem se svaka naredna faza istraživanja i ulaganja provodi tek nakon potvrde ključnih tehničkih, geoloških, ekonomskih i okolišnih parametara. Prvi korak treba biti detaljno rangiranje prioritetnih lokacija, prikupljanje i digitalizacija postojećih podataka, izrada geotermalnog informacijskog sistema i definiranje preliminarnih modela korištenja. Nakon toga potrebno je provesti ciljane geofizičke metode, geohemijska i izotopna istraživanja, hidrogeološka testiranja i, na najperspektivnijim lokacijama, istražno bušenje. Tek nakon potvrde resursa moguće je pristupiti izradi detaljnih tehničko-ekonomskih studija i razvoju pilot-projekata.

Zaključno, geotermalni potencijal Federacije Bosne i Hercegovine nije ravnomjerno raspoređen, ali je jasno prisutan i razvojno značajan. On se prvenstveno očituje kroz niskotemperaturne i srednjetemperaturne hidrotermalne sisteme, lokalizirane geotermalne anomalije, karbonatne i sedimentne rezervoare, te postojeću tradiciju korištenja termalnih voda. Najveći kratkoročni potencijal nalazi se u direktnom korištenju toplote i kaskadnim sistemima, dok proizvodnja električne energije ostaje dugoročnija i selektivna mogućnost, vezana za ograničen broj lokaliteta i primjenu binarnih tehnologija.

Federacija Bosne i Hercegovine ima realnu priliku da geotermalnu energiju postepeno uključi u svoj energetski miks, posebno na lokalnom i kantonalnom nivou. Da bi se taj potencijal pretvorio u konkretne projekte, potrebno je uspostaviti sistemski istražni program, unaprijediti zakonodavni i institucionalni okvir, osigurati finansijske mehanizme za smanjenje istražnog rizika i pokrenuti prve demonstracijske projekte na prioritetnim lokacijama. Takav pristup omogućio bi da geotermalna energija postane važan element održivog razvoja, energetske sigurnosti, dekarbonizacije grijanja i lokalnog ekonomskog razvoja Federacije Bosne i Hercegovine.

Na osnovu navedenog provedena je SWOT analiza sektora geotermalne energije. Rezultati SWOT analize sintetiziraju analizu geotermalnog potencijala, mogućnosti korištenja geotermalne energije, institucionalnog i zakonodavnog okvira, kao i ekonomskih i prostorno-planskih aspekata razvoja geotermalnih projekata. Cilj analize je identificirati ključne faktore koji mogu doprinijeti razvoju geotermalne energije u FBiH, ali i ukazati na ograničenja i rizike koje je potrebno uzeti u obzir pri planiranju budućih istraživanja i investicija.

Tabela 14-1 – SWOT analiza sektora geotermalne energije u FBiH

Snage (Strengths) **S**	Postojanje prirodnih termalnih i termomineralnih izvora	Na području FBiH evidentiran je značajan broj termalnih i termomineralnih izvora, koji već imaju određeni nivo korištenja u banjskom i turističkom sektoru (poglavlje 7.6).
	Potencijal za direktno korištenje toplote	Većina geotermalnih resursa u FBiH pripada niskotemperaturnim i srednjetemperaturnim sistemima koji su posebno pogodni za sisteme daljinskog grijanja, poljoprivredu i kaskadne energetske sisteme (poglavlje 8.1 i 8.3).
	Postojeći sistemi daljinskog grijanja	Postojanje razvijenih sistema daljinskog grijanja u većim urbanim centrima predstavlja važnu infrastrukturu koja omogućava potencijalnu integraciju geotermalne energije u postojeće energetske sisteme (poglavlje 8.1).
	Dugogodišnja tradicija korištenja termalnih voda	Geotermalni izvori se već koriste u balneologiji i turizmu, što potvrđuje postojanje osnovne infrastrukture i iskustva u upravljanju termalnim resursima (poglavlje 8.4).
Slabosti (Weaknesses) **W**	Nedostatak dubinskih geotermalnih istraživanja	Postojeći podaci o geotermalnim resursima uglavnom se odnose na plitke izvore i termalne vode, dok su dubinski geotermalni rezervoari nedovoljno istraženi (poglavlje 7).
	Visoki troškovi istražnih bušotina	Najveći dio investicionog rizika u geotermalnim projektima odnosi se na fazu istražnog bušenja, koja zahtijeva značajna finansijska sredstva i nosi visok geološki rizik (poglavlje 3.6).
	Nedovoljno razvijen regulatorni okvir	Postojeći zakonodavni okvir u FBiH ne tretira geotermalnu energiju kao zaseban energetski resurs, što može otežati razvoj projekata i investicije (poglavlje 4).
	Ograničeno institucionalno iskustvo	U FBiH trenutno postoji relativno malo iskustva u planiranju i realizaciji geotermalnih energetskih projekata, posebno u sektoru proizvodnje električne energije.
Prilike (Opportunities) **O**	Energetska tranzicija i dekarbonizacija	Razvoj geotermalne energije može doprinijeti smanjenju emisija stakleničkih gasova i smanjenju zavisnosti od fosilnih goriva, posebno u sektoru grijanja (poglavlje 9).
	EU fondovi i međunarodni programi	Programi Evropske unije i međunarodnih finansijskih institucija predstavljaju potencijalni izvor finansiranja za geotermalne projekte i istraživanja.
	Razvoj pilot projekata	Lokacije sa postojećim termalnim izvorima mogu poslužiti kao pilot projekti za razvoj geotermalnih sistema grijanja i kaskadnih energetskih sistema (poglavlje 8).
	Integracija sa drugim sektorima	Geotermalna energija može imati značajnu ulogu u razvoju poljoprivrede, turizma i lokalne ekonomije kroz kaskadne sisteme korištenja (poglavlje 8.3 i 8.4).
Prijetnje (Threats) **T**	Geološka neizvjesnost	Nedostatak detaljnih geoloških podataka povećava rizik neuspjeha istražnih bušotina, što može negativno uticati na investicione odluke.
	Ograničena finansijska sredstva	Visoki početni troškovi razvoja geotermalnih projekata mogu predstavljati značajnu prepreku za investitore.
	Konkurencija drugih obnovljivih izvora	Razvoj solarne i vjetro energije može smanjiti interes za geotermalne projekte ukoliko ne postoji adekvatna politika podrške.
	Administrativne i regulatorne prepreke	Komplikovane procedure izdavanja dozvola i koncesija mogu usporiti razvoj geotermalnih projekata.

15 Izvori podataka

Andrić, N., Sant, K., Matenco, L., Mandic, O., Tomljenović, B., Pavelić, D., Hrvatović, H., Demir, V. i Ooms, J. (2017): The link between tectonics and sedimentation in asymmetric extensional basins: Inferences from the study of the Sarajevo-Zenica Basin, Marine and Petroleum Geology 83 (2017) 305-332.

Aubouin, J., Blanchet, R., Cadet, JP., Celet, P., Charvet, J., Chorowicz, J., Cousin, M., Rampnoux, JP. (1970). Essai sur la geologie des Dinarides. Bulletin de la Societe Geologique de France. S7-XII. 1060-1095. 10.2113/gssgfbull.S7-XII.6.1060.

Bać, J. (1957): Pojava pregrijanih para na užem izvorišnom području termalnih izvora u Ilidži kod Sarajeva *(The appearance of overheated steams in a narrow thermal spring area in Ilidža near Sarajevo)*, Zbornik radova II kongresa geologa FNRJ, Sarajevo, 614-616.

BVEG (2024): Economic assessment of geological risks of deep geothermal projects

Dando, B.D.E., Stuart, G.W., Houseman, G.A., Hegedüs, E., Brückl, E., Radovanović, S. (2011): Teleseismic tomography of the mantle in the Carpathian-Pannonian region of central Europe. Geophys. J. Int. 186, 11–31

Dimitrijević, M. (1995): Geologija Jugoslavije, 205 str. Geološki institut Beograd

Dovenyi, P., Horváth, F., Liebe, P., Gafi, J., Erki, I. (1983): Geothermal conditions of Hungary. *Geophys. Transactions*, 29(1), 3-114

ENER-SUPPLY (2010) - Energetska efikasnost i obnovljivi izvori energije – potpora kreiranju energetske politike na lokalnoj razini https://www.menea.hr/wp-content/uploads/2013/12/6-geotermalna.pdf EIHP

Franko, O. (1980): Geothermal energy resources in Slovakia (problems.methods and results of research). Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. a inž. geol. 3. Bratislava, 61-120

Gehringer, M., Loksha, V.B. (2012): *Geothermal handbook : planning and financing power generation (English).* ESMAP technical report ; no. 002/12 Washington, DC: World Bank.

GEODH (2014): Developing geothermal district heating in Europe

Herak, M. (1991): Dinaridi - Mobilistički osvrt na genezu i strukturu. Acta geol., 21/2, (Prirodosl. istraž. 63), Hrv. akad. znan. i umjetn., Zagreb, 35-117.

Hijriawan, Miftah & Pambudi, Nugroho & Wijayanto, Danar & Wahyu Kuncoro, Ilham & Rudiyanto, Bayu & Wibowo, Muhammad Khalif (2019): Organic Rankine Cycle (ORC) in geothermal power plants. Journal of Physics: Conference Series. 1402. 10.1088/1742-6596/1402/4/044064.

Hochstein, M.P. (1990): Classification and Assessment of Geothermal Resources. Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization. UNITAR, New York, 31-57.

Hrvatović, H. (2006): Glavne strukture Dinarida Bosne i Hercegovine, Zbornik radova, I Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine s međunarodnim sudjelovanjem, Muška voda Kladanj, od 24-25 juna 2004, Udruženje geologa u BiH, Sarajevo, 61-91.

Hrvatović, H. (2022): Geološki vodič kroz Bosnu i hercegovinu: Geological guidebook through Bosnia and Herzegovina, 2. dopunjeno izdanje, Akademija nauka Bosne i hercegovine, Sarajevo, 334.

Hrvatović, H., Begić, H., Skopljak, F., Samardžić, N., Šarić, Ć. (2019): Analysis of heating sector in the Federation of Bosnia and Herzegovina, Federalni zavod za geologiju, ISBN 978-9958-9351-6-9, COBISS.BH-ID 27194530. The document is prepared within the DARLINGe project. 1-90.

International Finance Corporation – IFC. (2013): Success of Geothermal Wells: A Global Study, 21.

IRENA (2017c): Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

Jelić, K. (1979). Termičke osobine sedimantacionog kompleksa jugozapadnog dijela Panonskog basena. Doktorska disertacija Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Katzer, F. (1919.): K poznavanju mineralnih vrela Bosne (To know the mineral springs of Bosnia), Glasnik zemalj. muzeja BiH, 191-264, Zemaljska štamparija, Sarajevo.

Lindal, B., 1973. Industrial and other applications of geothermal energy. Armstead, H.C.H., ed., Geothermal Energy, UNESCO, Paris, 135–148.

Lozanić, S (1892): Mineralni izvori u Bosni, Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. IV, sveska I p. 119-125., Beograd.

Ludvig, E. (1893): Analize mineralnih voda u Bosni, Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. IV, sveska II p. 244-278., Beograd.

Ludwig, E. Die Mineralquellen Bosniens. *Mineralog. und petrogr. Mitth.* **11**, 183–213 (1890).

Luković, M. (1936):The geology of thermal and mineral springs of Yugoslavia. IV Congr. intern, de hydrol. de climatol. et de geol. medicale, 1936. Reports 1936.

Miholić, S. (1938): Kemijska analiza termalnog vrela u Ilidži kod Sarajeva, Arhiv za kemiju, 12, 83 - 92

Miholić, S. (1951): Geohemijska istraživanja mineralnih vrela u Srednjoj Bosni, Geološki vjesnik, vol II-IV

Miholić, S. (1954): Mineralne vode u Bosni i Hercegovini, Godišnjak Biološkog instituta u Sarajevu

Milojević, R. (1964): Geološki sastav i tektonski sklop Srednjebosanskog basena sa naročitim osvrtom na razvoj i ekonomsku vrijednost ugljonosnih facija. Geološki glasnik, posebno izdanje knj VII, 120 str., Sarajevo

Miošić, N., Samardžić, N., Hrvatović, H. (2020). The Current Status of Geothermal Energy Research and Use in Bosnia and Herzegovina, Proceedings World Geothermal Congress 2020, Reykjavik, Iceland, April 26 – May 2, 2020.

Miošić, Neven & Samardžić, Natalija. (2016). Mineral, Thermal and Thermomineral Waters of Bosnia and Herzegovina

Moeck, I. (2014): Catalog of geothermal play types based on geologic controls. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 37. 867–882. 10.1016/j.rser.2014.05.032.

Moeck, I., beardsmore, G., Colin, H.C. (2015): Cataloging Worldwide Developer Geothermal Systems by geothermal Play Type, Proceedings World Geothermal Congress, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015, 9.

Mojsisovics, E., Tietze, E., Bittner, A. (1880): Grundlinien der Geologie von Bosnien und Hercegovina, Jahrbuch der Geologischen Reichanstalt. Wien.

Pamić, J. (1993): Eoalpine to Neoalpine magmatic and metamorphic processes in the northwestern Vardar Zone, the easternmost Periadriatic Zone and the southwestern Pannonian Basin.– Tectonophysics, 226, 503–518, Amsterdam

Pamić, J., Jurković, I. (1997): Alpine magmatic-metallogenic formations of the Northwestern and Central Dinarides, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, Vol. 9 No.1, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 1-9.

Papeš, J. (1985): Geologija jugozapadne Bosne (Geology of the southwestern Bosnia). – Geol. Glasnik, Pos. izd. (Spec. Publ.), 19, Sarajevo, 197.

S. Čičić, N. Miošić (1986): Geotermalna energija Bosne i Hercegovine, Geoinženjering, Sarajevo, 1986.

Salley, R.C. (2000): Applied Sedimentology, 2nd Edition. Academic Press; San Diego (CA), London (UK), Burlington (MA), 523.

Samardžić, N., Hrvatović, H. (2025): Geothermal Energy Use, Country Update for Bosnia and Herzegovina. Proceedings of the European Geothermal Congress 2025, Zürich, Switzerland.

Sant, K., Andrić, N., Mandić, O., Demir, V., Pavelić, D., Rundić, Lj., Hrvatović, H., Matenco, L. i Krijgsman, W. (2018): Magneto-biostratigraphy and paleoenvironments of the Miocene freshwater sediments of the Sarajevo-Zenica Basin, Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. 506, 48-69

Skopljak, F. (2024): Geotermalni potencijali Federacije Bosne i Hercegovine, sadašnje korištenje i regulatorni okvir, II Kongres geologa Bosne i Hercegovine sa međunarodnim učešćem,Laktaši, Zbornik radova, 206-211

Šumanovac, F. (2015): Lithosphere model of the Pannonian–Adriatic overthrusting, *Tectonophysics,* 665 (2015), 79-91 doi:10.1016/j.tecto.2015.09.032 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)

Ungemach, P., Antics, M., Papachristou, M. (2005): Sustainable Geothermal Reservoir Management, Proceedongs World Geothermal Congress, Antalya, Turkey, 1-12

Van Nguyen, M., Arason, S., Gissurarson, M. and Pálsson, P.G. (2015): Uses of Geothermal Energy in Food and Agriculture. Opportunities for Developing Countries. FAO, Rome.

Vrabac, S., Đučović, I., Babajić, E. (2020): Paleontological and stratigraphic characteristics of Badenian and Sarmatian in the profile of borehole DH-1 near Lukavac (Tuzla basin, Central Paratethys), Journal of Faculty of mining, geology and civil engineering, 8/2020, Tuzla, 9-17

16 ANEX/TABELE/GRAFIČKI PRILOZI

Relevantni zakoni, politike i strateški dokumenti

Relevantni EU dokumenti i regulative

Relevantni UN dokumenti i regulative

Vladina i regulatorna tijela FBiH vezana uz geotermalnu energiju

Adrese Instituta i agencija za dohvat podataka

Karta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda

Karta tektonostratigrafskih jedinica u BiH (razmjera 1:300 000) koja prikazuje hidrogeotermalne regije, zone geotermalnih resursa i lokacije izvora, bunara i bušotina termalnih i termomineralnih voda.

Katastarski list bušotine IB-1, Ilidža, Kanton Sarajevo

Stup bušotine Tuzla-1 (Tu-1)

Katalog lokacija korištenja geotermalne energije i vrsta korištenja u Federaciji BiH, prikaz po kantonima s istaknutim vodama temperatura viših od 30 °C.

Karte koja prikazuju područja predložena za daljnja istraživanja geotermalne energije

Tabela toplotne vodljivosti stijena

Tabela 16-1 - Relevantni zakoni, politike i strateški dokumenti

Zakon / Uredba	***Nivo nadležnosti***	***Službene novine***	***Područje***	***Releventnost za geotermalne projekte***
Zakon o geološkim istraživanjima	FBiH	FBiH Br. 9/10; 14/10	Geološka istraživanja, dozvole za istraživanje, upravljanje podacima	Potrebno za sve geološke i geotermalne istraživačke radove; bušenje, licenciranje.
Zakon o vodama	FBiH	FBiH Br. 70/06	Upravljanje vodama, korištenje podzemnih voda, zaštitne zone	Regulira zahvatanje i ponovno ubrizgavanje geotermalnih voda; potrebne su vodne dozvole.
Zakon o zaštiti okoliša	FBiH	FBiH Br. 15/21	Dozvole u oblasti zaštite okoliša, procjena utjecaja na okoliš, monitoring	Dozvole za zaštitu okoliša potrebne za bušenje, instalacije i potencijalne elektrane/toplane.
Zakon oenergiji i regulaciji energetskih djelatnosti	FBiH	FBiH Br. 60/23	Energetska politika, planiranje, regulator (FERK)	Utvrđuje cjelokupni okvir energetskog sektora; potreban za energetske dozvole za korištenje geotermalne energije.
Zakon o električnoj energiji	FBiH	FBiH Br. 60/23	Proizvodnja električne energije, licenciranje, priključak na mrežu	Primjenjuje se ako se geotermalna energija koristi za proizvodnju električne energije; moguće su FERK licence
Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne *kogeneracije*	FBiH	FBiH Br. 82/23	Ciljevi za OIE, programi podrške, garancije porijekla	Pravno definisana geotermalna energija kao OIE; definira podsticaje, integraciju tržišta i mehanizme podrške.
Zakoni o prostornom planiranju	FBiH/ Kantoni	U skladu sa nivoom	Prostorni planovi, odobrenja za korištenje zemljišta	Osigurava da je geotermalna infrastruktura u skladu s prostornim planovima; potrebno za bunare/postrojenja.
Zakon o koncesijama	FBiH	FBiH Br. 40/02, 61/06	Dodjela koncesija i nadzor	Potrebno za dugoročno komercijalno korištenje geotermalnih/termalnih voda ili energetskih resursa.
Podzakonski akti FERK-a (Pravilnici)	FBiH (Regulator)	Različiti akti	Licenciranje, priključak na mrežu, obaveze za OIE	Definiše pravila za priključenje geotermalnih elektrana, obaveze udjela u OIE, prozjumere, programe podrške.
Pravilnik Agencija za vode (Savski i Jadranski sliv)	FBiH	Institucionalni akti	Izdavanje vodnih dozvola, monitoring, zaštitne zone	Operativne procedure za dobijanje vodnih saglasnosti i dozvola za zahvatanje/ponovno ubrizgavanje.
Pravilnici o geološkoj dokumentaciji i klasifikaciji resursa	F BiH/ FZZG	Institucionalni akti	Standardizirano geološko i hidrogeološko izvještavanje	Osigurava da rezultati geotermalnih istraživanja slijede usklađene standarde izvještavanja.

Tabela 16-2 Relevantni EU dokumenti i regulative

EU Dokument (izvorni naziv)	Godina	Glavno područje	Relevantnost za usklađivanje propisa u Federaciji BiH
EU Strategy on Geothermal Energy	2023	Okvir za geotermalno grijanje, hlađenje, električnu energiju; izdavanje dozvola; investicijski alati	Visok – pruža metodologiju i standarde za mapiranje geotermalne energije, pojednostavljenje izdavanja dozvola i integraciju u sisteme grijanja.
Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources – RED II, as amended by Directive (EU) 2023/2413 – RED III	2018 / 2023	Zajednički okvir EU za obnovljive izvore energije; ciljevi i definicije OIE; integracija obnovljive energije u sektor grijanja i hlađenja; pojednostavljenje i ubrzavanje postupaka izdavanja dozvola; razvoj područja za ubrzanu primjenu OIE.	Vrlo visok – predstavlja ključni referentni okvir za usklađivanje propisa FBiH u oblasti obnovljivih izvora energije, uključujući pravni položaj geotermalne energije, planiranje njenog korištenja u grijanju i hlađenju, programe podrške te pojednostavljenje i ubrzavanje postupaka izdavanja dozvola.
EU Heating & Cooling Strategy	2016, updated 2023	Dekarbonizacija daljinskog grijanja; uloga geotermalnih sistema.	Visok – relevantan za buduće planiranje geotermalnog daljinskog grijanja u Federaciji BiH
REPowerEU Plan	2022	Ubrzanje primjene obnovljivih izvora energije, diverzifikacija od plina	Srednje-visok – model za pojednostavljenje izdavanja dozvola OIE; relevantan za izvodljivost i politiku geotermalne energije.
Fit for 55 Package	2021–2023	Duboka dekarbonizacija energetskog sektora EU; reforme u električnoj energiji, efikasnosti, ETS-u	Srednji – indirektno oblikuje regulatorne trendove OIE koje Federacija BiH može slijediti.
EU Strategy on Climate Adaptation	2021	Otporna infrastruktura, održivi sistemi grijanja, uključujući geotermalnu energiju	Srednji – za dijelove otpornosti i dugoročnog planiranja.
TEN-E Regulation (Revised)	2022	Transevropske energetske mreže, mreže grijanja zasnovane na obnovljivim izvorima energije	Nizak-srednji – relevantno samo ako se razviju prekogranični sistemi ili velike mreže grijanja.
Critical Raw Materials Act (CRM) – Geothermal Lithium	2023	Strateški razvoj ekstrakcije geotermalnog litijuma	Nizak – relevantno samo ako postoje geotermalni fluidi visokog saliniteta s potencijalom za ekstrakciju minerala.
Horizon Europe & LIFE Programme Priorities	2021–2027	Istraživanje, inovacije, geotermalne tehnologije, EGS	Srednji – relevantno za mogućnosti finansiranja i usklađivanje istraživanja.

EU Guidelines for National Energy and Climate Plans (NECPs)	2019 / 2023	Standardizirano nacionalno planiranje obnovljivih izvora energije, grijanja i hlađenja	Visok – korisno za strukturiranje dokumenata energetskog planiranja u skladu s metodologijama EU.

Tabela 16-3 Relevantni UN dokumenti i regulative

UN Dokument (izvorni naziv)	Godina	Glavno područje	Relevantnost za usklađivanje propisa u Federaciji BiH
UN Sustainable Development Goals (SDG Agenda 2030)	2015	Globalni okvir održivog razvoja; SDG 7 (Pristupačna i čista energija), SDG 13 (Klimatske akcije)	Vrlo visoko – Strategije FBiH moraju biti usklađene sa SDG 7; geotermalna energija direktno podržava ciljeve čistog grijanja i dekarbonizacije.
UNFCCC – Paris Agreement	2015	Globalni sporazum o klimi; obaveze smanjenja emisija stakleničkih plinova; energetska tranzicija	Vrlo visoko – pokreće puteve dekarbonizacije; geotermalna energija je ključna niskougljična opcija za grijanje i električnu energiju.
UNDP Climate Promise Framework	2019–2025	Podrška zemljama za ažuriranje i implementaciju nacionalno određenih doprinosa (NDC)	Visoko – BIH učestvuje; geotermalna energija je uključena u mjere čiste energije i prilagođavanja.
UNDP Energy Governance Framework	2020+	Jačanje regulatornih okvira, energetskog planiranja, integracije obnovljivih izvora energije	Visoko – direktno relevantno za modernizaciju zakona o energiji u FBiH i planiranje geotermalne energije kao OIE.
UNDP "Sustainable Energy for All (SE4ALL) Initiative" Support Documents	2014–u toku	Pristup čistoj, pristupačnoj energiji; razvoj nacionalnih akcionih programa SE4ALL	Visoko – pruža metodologiju za integraciju geotermalne energije u nacionalne mape puta za pristup energiji i OIE.
UNDP/World Bank – ESMAP Geothermal Resource Assessment Framework	2012–2021	Standardizirane metodologije za istraživanje geotermalne energije, smanjenje rizika, mapiranje i klasifikaciju resursa	Vrlo visoko – preporučeni globalni standard za procjenu geotermalnih resursa; direktno primjenjivo na ovu studiju.
UNDP/ESMAP "GeoFund" and Geothermal Handbook	2012–2014	Tehnički vodič za bušenje, procjenu ležišta, okolišne i društvene standarde	Visok – praktična referenca za strukturiranje faza geotermalnog projekta, ublažavanje rizika i okvire za izdavanje dozvola.
UNEP Guidelines for Geothermal Environmental Management	2018	Mjere zaštite okoliša, procjena utjecaja, ponovno ubrizgavanje, održiva ekstrakcija podzemnih voda	Visok – relevantno za izdavanje okolišnih dozvola i zaštitu podzemnih voda u FBiH.

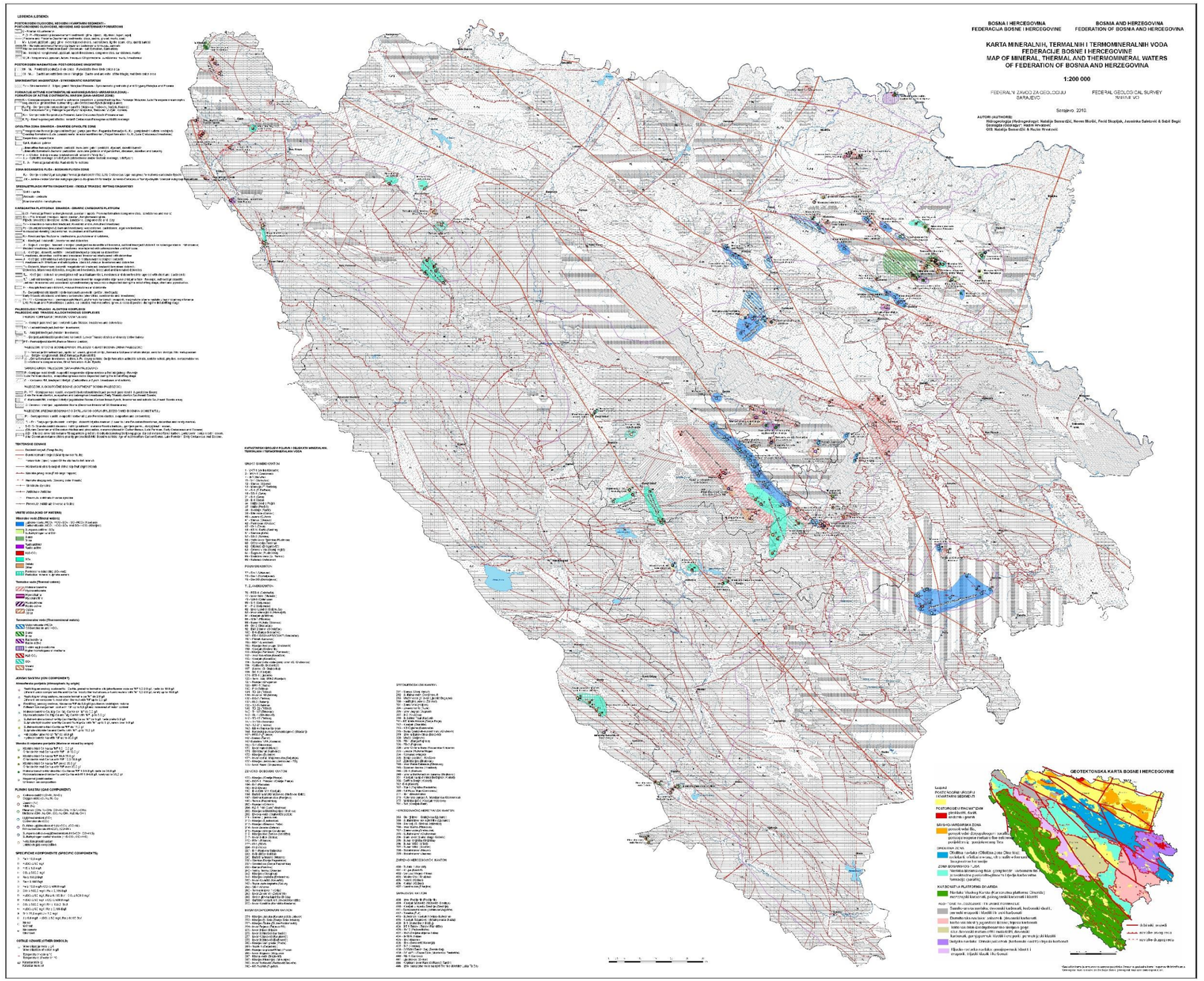
UN Economic Commission for Europe (UNECE) "Principles for Sustainable Resource Management"	2021	Okvir UN-a za klasifikaciju resursa (UNFC) za minerale, energiju i geotermalnu energiju	Vrlo visok – preporučuje se za izvještavanje o kategorijama geotermalnih resursa u studijama izvodljivosti.

Tabela 16-4 Vladina i regulatorna tijela FBiH vezana uz geotermalnu energiju

Nadležnost institucija	***Institucija***	***Osnovne obaveze i odgovornosti u vezi sa razvojem korištenja geotermalne energije***
Vladina tijela (politika i regulacija)	Federalno ministarstvo energetike, rudarstva i industrije (FMERI)	Energetska politika; odobrenja za geološka istraživanja; nadzor geotermalnih i podzemnih istraživanja.
	Federalno ministarstvo okoliša i turizma	Izdavanje ekoloških dozvola; EIA/ESIA procedure; zaštita okoliša i praćenje.
	Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva	Upravljanje vodnim resursima; okvir politike za podzemne, termalne i mineralne vode.
	Kantonalna ministarstva (prostorno planiranje, okoliš, vode)	Odobrenja prostornog planiranja; lokalni procesi zaštite okoliša; nadzor nad odlukama o korištenju zemljišta.
Regulatori (nezavisna tijela)	FERK – Regulatorna komisija za energiju u Federaciji BiH	Licenciranje proizvodnje električne energije; regulacija obnovljivih izvora energije (uključujući geotermalnu energiju); pravila o priključenju na mrežu/toplovodnu mrežu.
	Agencije za vode – slivovi Save i Jadrana	Dozvole za vodu; praćenje podzemnih voda; dozvole za zahvatanje/ponovno ubrizgavanje termalnih/mineralnih voda.
	Fond za zaštitu okoliša	Finansijska podrška za projekte obnovljivih izvora energije i zaštite okoliša.
Naučne i tehničke institucije	Federalni zavod za geologiju (FZZG)	Geološka arhiva; kartoteke bušotina; geološke karte; geofizički skupovi podataka; tehnička podrška za geotermalna istraživanja.
	Federalni hidrometeorološki zavod (FHMZ)	Klimatski, hidrološki i temperaturni podaci; dugoročne serije o okolišu korisne za geotermalno modeliranje.
	Rudarski institut Tuzla	Geološke, geofizičke i geotehničke studije; seizmička, gravimetrijska i dokumentacija o bušenju.
	Univerziteti (Sarajevo, Tuzla, Mostar)	Naučna istraživanja; geofizička istraživanja; hidrogeološke studije; akademski podaci i analize.
Lokalne vlasti i komunalna preduzeća	Općinski/kantonalni odjeli za prostorno planiranje	Odluke o prostornom planiranju; urbanistička odobrenja; integracija korištenja zemljišta.
	Javna komunalna preduzeća za grijanje (Toplane)	Potencijalni krajnji korisnici geotermalne toplote; podaci o postojećim toplotnim mrežama.
	Lokalna vodovodna preduzeća	Podaci o vodonosnicima, zaštitnim zonama podzemnih voda i infrastrukturi za eksploataciju.

Tabela 16-5 Adrese Instituta i agencija za dohvat podataka

Ustanova	***Adresa***	***Email / Web stranica***
Federalni zavod za geologiju (FZZG)	Ustanička 11, 71210 Ilidža, Sarajevo	info@fzzg.gov.ba • https://fzzg.gov.ba
FMERI – Federalno Ministarstvo energije, rudarstva i industrije	Hamdije Čemerlića 2, 71000 Sarajevo	info@fmeri.gov.ba • https://fmeri.gov.ba
Agencija za vodno područje rijeke Save	Mehmeda Spahe 20, Sarajevo	info@voda.ba • http://www.voda.ba
Agencija za vodno područje Jadranskog mora	Kneza Domagoja bb, Mostar	info@jadran.ba • http://www.jadran.ba
Federalni hidrometeorološki zavod (FHMZ)	Bardakčije 12, Sarajevo	info@fhmzbih.gov.ba • https://fhmzbih.gov.ba
Rudarski institut Tuzla	Univerzitetska 2, Tuzla	rudarski.institut@live.com • http://www.rudarskiinstitut.ba
Univerzitet u Sarajevu – RGGF	Džidžikovac 4, Sarajevo	rggf@rggf.unsa.ba • https://rggf.unsa.ba
Univerzitet u Tuzli – RGGF	Univerzitetska 2, Tuzla	rggf@untz.ba • https://untz.ba
Univerzitet u Mostaru	Matice hrvatske bb, Mostar	info@sum.ba • https://sum.ba


BOSNA I HERCEGOVINA
FEDERACIJA BOSNE I HERCEGOVINE
BOSNIA AND HERZEGOVINA
FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA
KARTA MINERALNIH, TERMALNIH I TERMOMINERALNIH VODA
FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE
MAP OF MINERAL, THERMAL AND THERMOMINERAL WATERS
OF FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA
1:200 000
FEDERALNI ZAVOD ZA GEOLOGIJU
SARAJEVO
FEDERAL GEOLOGICAL SURVEY
SARAJEVO
Sarajevo, 2010.
AUTORI (AUTHORS):
Hidrogeologija (Hydrogeology): Natalija Somunžić, Neven Mulaki, Ferid Skopljak, Jasminka Selesković & Sabid Begić
Geologija (Geology): Hazim Hrvatović
GIS: Natalija Somunžić & Nusin Hrvatović
LEGENDA ELEMENATA
LEGENDA ELEMENATA
GEOTEKTONSKA KARTA BOSNE I HERCEGOVINE

BOSNA I HERCEGOVINA
FEDERACIJA BOSNE I HERCEGOVINE
Federalni zavod za geologiju
S a r a j e v o

KATASTARSKI LIST BUŠOTINE / KOPANOG BUNARA

OPĆI PODACI

Katastarski broj	432
Kanton	Sarajevski
Općina	Ilidža
List OHGK, 1:100 000	Sarajevo
List TK, 1:25 000	Ilidža
Ležište	Ilidža
Lokalnost	Ilidža - Ljetnja Pozornica
Bušotina/kopani bunar	IB-1

Gauss-Kruegerove koordinate	x (m)	4 853 510
	y (m)	6 525 120
	z (m)	498.7

Koordinate	
Sjeverna geografska širina	
Istočna geografska dužina	

Pozicija bušotine/kopanog bunara, M 1:25 000



OSNOVNE HIDROGEOLOŠKE OSOBINE LEŽIŠTA

Termomineralne H_2S – CO_2 vode Ilidže su primarno akumulrane u permotrijaskim naslagama sa gipsom odakle ascedentno dotiču u trijaske karbonate i aluvion (Skopljak, 2006).

Ove vode su zahvaćene na brojnim buštinama u aluvionu i trijaskim krečnjacima i dolomitima. Krečnjaci i dolomiti, za koje brojni autori pretpostavljaju da pripadaju srednjem-gornjem trijasu ($T_{2,3}$), se odlikuju izraženom karstno-pukotinskom poroznošću i veoma su vodoobilni. U području, u kome su dokazane ove vode na izvorima ili bušotinama, aluvion leži direktno na karbonatnim čvrstim stijenama.

Bušotina IB-1 sa dubinom od 43,7 m ostala je u kvartarnim pjeskovito-šljunkovitim sedimentima i konglomeratima. Prva pojava samoizliva termomineralne H_2S-CO_2 vode je bila na dubini od 9,2 m.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE BUŠOTINE/ KOPANOG BUNARA

Vrsta vode	termomineralna
Snaga vode (MW-therm)	14
Plinski faktor (l plina /1 l vode)	

Način zahvatanja	Q (l/s)	S (m)	t (°C)	Datum
Samoizliv	75	14	58	
Crpljenje				

NPV (slobodni, arteški, subarteški)	arteški
Statički NPV, m	+14
Dubina bušotine/kopanog bunara, m	43,7
Dubina do vodonosnog horizonta, m	
Dubina do podine vodonosnog horizonta, m	
Dubina do prvog priliva vode, m	3
Dubina do najvećeg priliva vode, m	
Dubina do najviše temperat. priliva vode, m	
Dijametar eksploatacione kolone, mm	
Interval ugradnje filtra, m	
Dijametar bušenja za ugradnju filtra,mm	
Dijametar filtra, mm	
Interval otvorene bušotine, m	22,4-43,7
Dijametar otvorenog dijela bušotine, mm	
Godina izrade bušotine	1984.

SADAŠNJE STANJE



Bušotina IB-1, 12.04.2006.

SADAŠNJE KORIŠTENJE VODE

Termomineralne vode bušotine se sada koriste u termoenergetske svrhe preko izmjenjivača toplote: za grijanje hotela Terme i pripremu sanitarne vode hotela Terme.

PERSPEKTIVNA NAMJENA VODE

Banja, termoenergetika i ekstrakcija CO_2 iz vode.

1

FIZIKO-KEMIJSKE OSOBINE

Temperatura vode (°C)	
U kolektoru	
Crpljenje	
Ušću bušotine, samoizliv	58

pH	6,6
Boja (Pt-Co skala)	2
Miris	Na H_2S
Mutnoća (°NTU jedin.)	3

Elektroprovodljivost, µs/cm pri 25°C	2100
Ukupna mineralizacija (mg/l)	3057
Suvi ostatak (mg/l)	2386

MAKROKOMPONENTE

KATION	mg/l	mg-ekv/l	% ekv
Ca^{2+}	470,0	23,45	56,32
Mg^{2+}	79,3	6,52	15,66
Na^{+}	260,0	11,31	27,16
K^{+}	14,0	0,36	0,86
Fe^{3+}	0,0		
Fe^{2+}	0,0		
NH_4^{+}	0,0		
SUMA	823,30	41,64	100,00

ANION	mg/l	mg-ekv/l	% ekv
HCO_3^{-}	1342,0	22,01	53,13
SO_4^{2-}	500,0	10,4	25,10
Cl^{-}	320,0	9,02	21,77
NO_3^{-}	3,44		
NO_2^{-}	0,00		
CO_3^{-}	0,0		
SUMA	2165,44	41,43	100,00

MIKROKOMPONENTE

MIKROELEMENTI (mg/l)					
Li	0,66	Br	0,50	Se	0,00
Rb	0,28	J	0,10	Ag	0,00
Sr	3,25	Zn	0,01	Cd	0,000
Mn	0,12	Pb	0,00	Hg	0,000
Al	0,45	Cu	0,00		
Cr	0,01	As	0,01		

ELEMENTI

ELEMENTI (mg/l)			
P	0,20	HBO_2	11,8
F	1,05	SiO_2	50,0
C	0,10		

PLINSKI SASTAV

PLINOVI (mg/l)	
CO_2	260,00
O_2	5,10
H_2S	0,10

Plinski faktor (l plina /1 l vode)	2

RADIOAKTIVNOST

RADIOAKTIVNOST	
U (µg/l)	0,4
Ra (Bq/l)	0,28

FORMULA KEMIJSKOG SASTAVA VODE

$$\frac{HCO_3^{-}\ 53\ SO_4^{2-}\ 25\ Cl^{-}\ 22}{Ca^{2+}\ 56\ Na^{+}\ 27}$$

PODACI O UZORKOVANJU I IZRADI ANALIZE

Datum uzorkovanja vode:
Datum analize: 27.03.1985.
Analizu uradio: Geoinstitut – Beograd (Z. Červenjak)

IZOTOPI, SLOBODNI PLINOVI I RADON

IZOTOPSKI SASTAV VODE I TOTALNOG KARBONATA (‰)	
$\delta^{18}O_{SMOW}$	-10,20
δD_{SMOW}	-72,3
$\delta^{13}C_{PDB}$	+2,44

IZOTOPSKI SASTAV CO_2 (‰)	
$\delta^{13}C_{PDB}$	-0,18

IZOTOPSKI SASTAV SUMPORA IZ RASTVORENIH SULFATA (‰)	
$\delta^{34}S_{CD}$	+11,20
$^{32}S/^{34}S$	21,974
g $BaSO_4$/l	1,50

KONCENTRACIJA RADONA U VODI I SLOBODNOM PLINU	
Rn u vodi	1,5 KBq/m^3
	41 pCi/l
Rn u gasu	1,8 KBq/m^3
	50 pCi/l

SASTAV SLOBODNIH PLINOVA (vol. %)	
CH_4	0,01
N_2	1,46
O_2	0,4
Ar	0,04
CO_2	98,1

SASTAV RASTVORENIH PLINOVA (vol. %)	
CH_4	0,01
N_2	1,22
O_2	0,33
Ar	0,02
CO_2	98,4

PODACI O UZORKOVANJU I IZRADI ANALIZE

Datum uzorkovanja na izotope:

Datum analize izotopa, slobodnih plinova i radona: april, 1985.
Analizu uradio: Institut „Jožef Stefan" Ljubljana (J. Pezdič)

PRIMJEDBA

Bušotina IB-1 se nalazi se sa lijeve strane Željeznice na lokalitetu Ljetna pozornica.

Bušotina nije tehnički korektno urađena i opremljena, a kolone nisu dobro cementirane, tako da se sada smoizliv ne smije zatvoriti jer bi došlo do izbacivanja glave bušotine usljed pritiska vode, pa je potrebna rekonstrukcija i sanacija bušotine i glave bušotine. Bušotina je aktivna.

Bušotina IB-1 nije eksploatacioni vodozahvatni objekat, te ista treba biti sanirana i rekonstruirana, da bi to postala, za što je potrebno prethodno napraviti projekt.

Statički nivo mjeren 1984/85 iznosio je +14 m pri isticanju oko 3,5 l/s vode oko slabo cement. kolone.

Podaci u gornjoj tabeli - Q, S, t su mjereni nakon izrade bušotine pri stabiliziranom sniženju.

Bušotina IB-1 je testirana samoizlivom u periodu od 25.11.1984. do 30.05.1985. statički pritisak u novembru 1984. bio 1,4 bara pri isticanju vode iz bušotine u količini od oko 3,5 l/s. Pri testiranju bušotine IB-1 dobijeni su slijedeći hidrogeološki parametri:
Q_0 = 0 l/s, s_o = 0 m, p_o = 1,4 bara, q_o = 0 l/s/m'
Q_1=32 l/s, s_1 =6 m, p_1 =0,9 bar, q_1 = 5,3 l/s/m', t_1 =58^{0}C
Q_2 =75 l/s, s_2 =14 m, p_2 = 0 bar, q_2 = 5,3 l/s/m', t_2=58^{0}C
Drugo sniženje je na visini odvoda razvodne glave.

LITERATURA

Đerković,B. (1971.): Geološki i hidrogeološki odnosi područja srednje Bosne, Posebna izdanja Geološkog glasnika knj.X p. 90-121., Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.

Đerković B., 1987: Elaborat o hidrogeološkim istraživanjima na bušotini IB-2 Ilidža – Sarajevo, FSD Zavoda za geologiju - Sarajevo.

Đerković B., 1988: Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi termomineralnih voda Ilidže – Sarajevo, FSD Zavoda za geologiju - Sarajevo.

Đerković B., 1988: Elaborat i aneks Elaborata o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi termomineralnih voda Ilidže, FSD Zavod za geologiju Sarajevo.

Đerković B. i dr., 1987: Geotermalni potencijali Ilidže Sarajevo, Toplane – Sarajevo, Sarajevo.

Katzer, F. (1919): K poznavanju mineralnih vrela Bosne, Glasnik zemalj. Muzeja BiH, p.191-264, Zemaljska štamparija,Sarajevo

Katzer, F. (1926.): Geologija Bosne i Hercegovine, Direkcija državnih rudarskih preduzeća, p. 288, 345-351. Sarajevo

Josipović,J. (1971.): Mineralne, termalne i termomineralne vode na teritoriji Bosne i Hercegovine, Geološki glasnik knj.15., p. 233-275. Sarajevo.

Jovanović,R. et all (1978.): Osnovna geološka karta 1 : 100.000, list Sarajevo i tumač. Savezni geološki zavod. Beograd.

Ludvig, E. (1893.): Mineralni izvori u Bosni, Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. IV, p. 244-278., Beograd.

Miholić,S. (1957.): Bosanski kiseljaci, II Kongres geologa Jugoslavije, p.599-601, Sarajevo.

Milojević, R. (1964): Geološki sastav i tektonski sklop Srednjebosanskog basena, doktorska disertacija, Posebno izdanje Geološkog glasnika, knj. VII. Geološki zavod Sarajevo.

Muftić, M. (1965.): Geološki odnosi ugljonosnosnih terena Srednjebosanskih ugljenokopa: Bile, Zenice, Kaknja i Breze. Doktorska disertacija, Posebno izdanje Geološkog glasnika, knj.V, p 1-108. Sarajevo.

Miošić N., Hrvatović H.,19990: Hidrogeotermalni resursi područja Ilidže. Studija. FSD Zavod za geologiju Sarajevo.

Miošić, N., Hrvatović, H., 2001: Osnovni projekt detaljnih hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda područja Ilidže. FSD Zavod za geologiju – Sarajevo

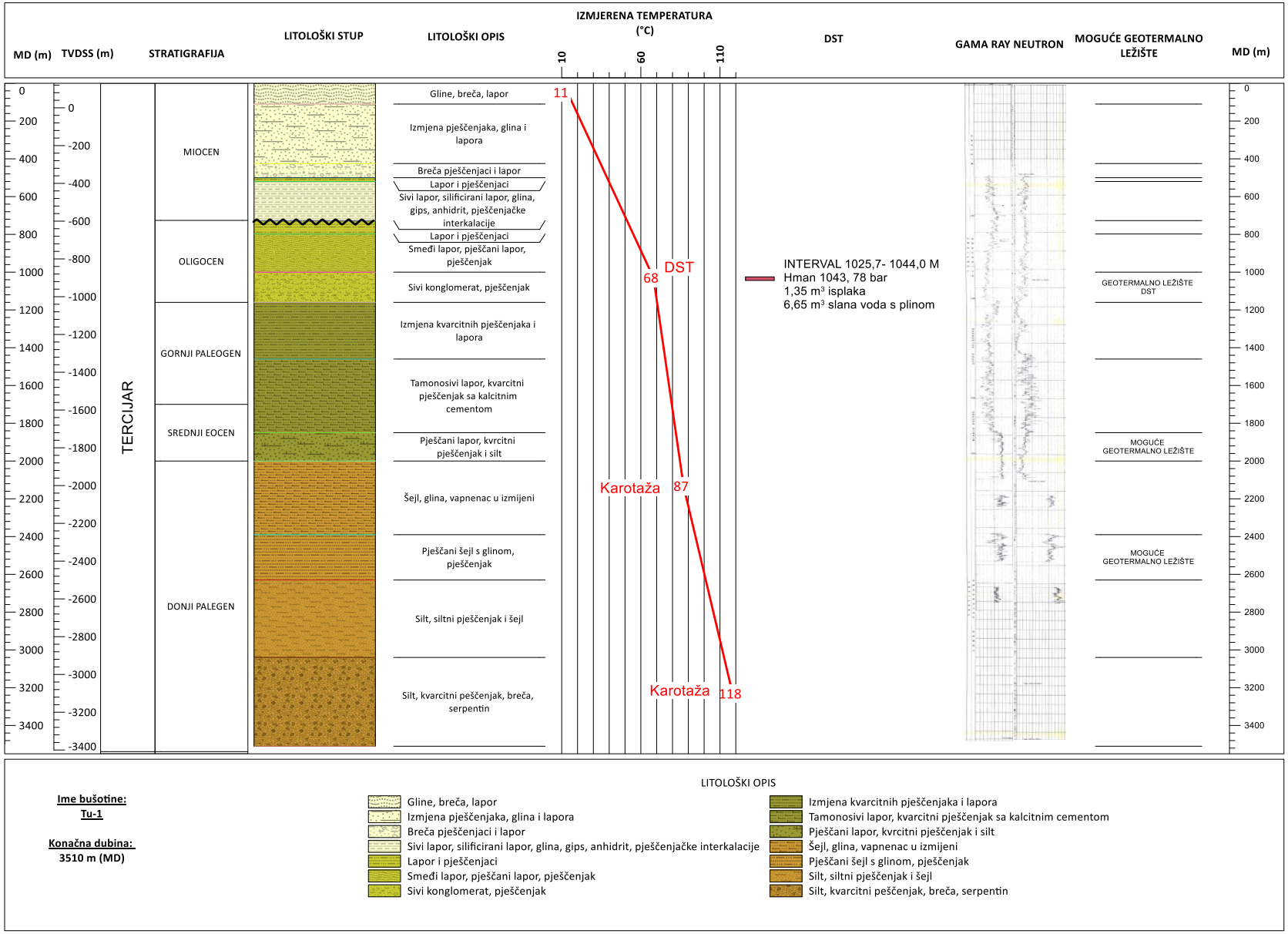
Miošić N. i dr., 2002: Elaborat o istražno – eksploatacijonoj bušotini IB-2 „Zmijska Stijena" – Ilidža. FSD Federalnog zavoda za geologiju – Sarajevo

Skopljak,F. (2006.): Odnosi podzemnih voda područja Ilidže kod Sarajeva, doktorska disertacija, Pos.izdanje Geol.glasnika knj.XXIX., Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.

Turalija A., 2005: Izvještaj o rezultatima izvedenih sanacionih radova na eksploatacionoj bušotini IB- 2 na Ilidži u cilju zahvatanja termomineralnih voda za potrebe banjsko-rekreativnog centra Terme – Ilidža, Unioninvest-Sarajevo

KATASTARSKI LIST OBRADILI

N. Miošić, N. Samardžić, F. Skopljak i J. Saletović



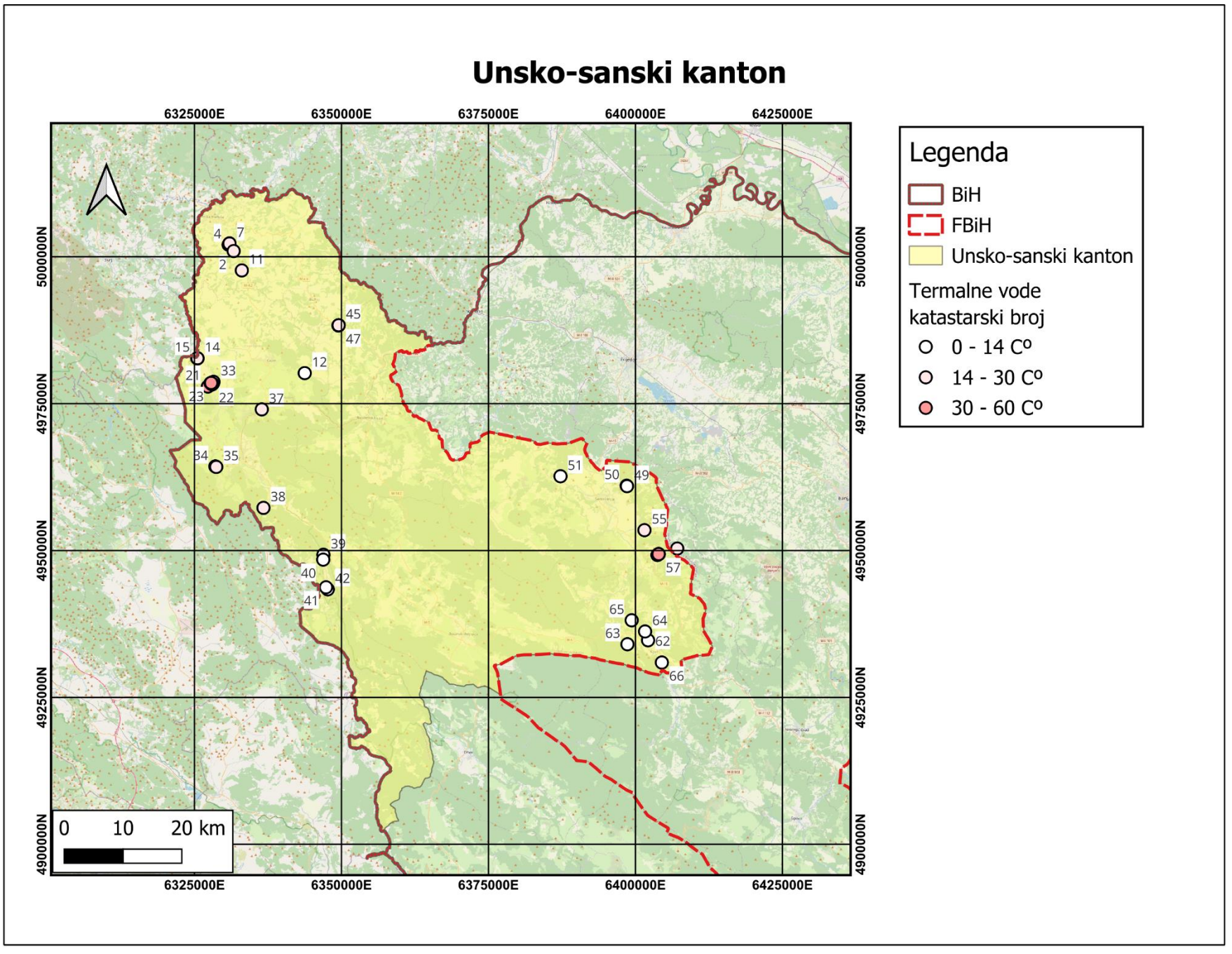
Ime bušotine:
Tu-1

Konačna dubina:
3510 m (MD)

LITOLOŠKI OPIS

- Gline, breča, lapor
- Izmjena pješčenjaka, glina i lapora
- Breča pješčenjaci i lapor
- Sivi lapor, silificirani lapor, glina, gips, anhidrit, pješčenjačke interkalacije
- Lapor i pješčenjaci
- Smeđi lapor, pješčani lapor, pješčenjak
- Sivi konglomerat, pješčenjak
- Izmjena kvarcitnih pješčenjaka i lapora
- Tamonosivi lapor, kvarcitni pješčenjak sa kalcitnim cementom
- Pješčani lapor, kvrcitni pješčenjak i silt
- Šejl, glina, vapnenac u izmijeni
- Pješčani šejl s glinom, pješčenjak
- Silt, siltni pješčenjak i šejl
- Silt, kvarcitni peščenjak, breča, serpentin

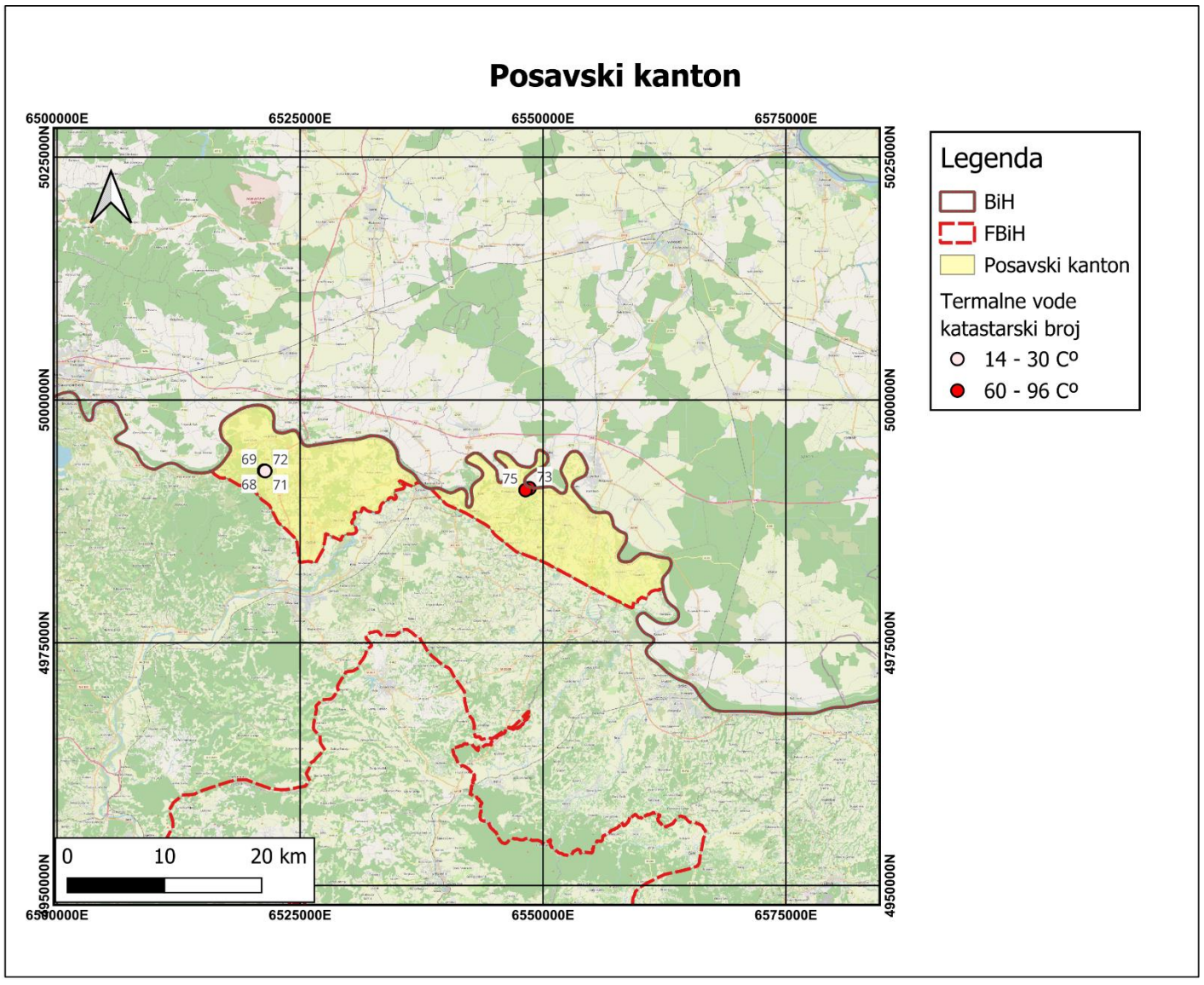
17 UNSKO-SANSKI KANTON



Lokalnost	Naziv	Red. br.	Katast. br.	I, B, KB[1]	Opština	Vrsta vode[2]	Sadašnje korištenje/Korisnik	Mineraliz. Vode (g/l)	Temperatura vode (°C)	Izdašnost-samoizliv (l/s)	Izdašnost-crpljenje (l/s)	Statički nivo (m)	Sadašnja aktivnost	Maktokomponente	Plinski sastav	Specifične komponrnte	Litologija akvifera	Potencijalno korištenje
Gata Ilidža	Bistrica	12	17	I	Bihac	T	Bezkorištenja	0,57	15,4	10			A	Cl-SO4-Ca-Mg-Na	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Ćukovi	Bile vode	37	39	I	Bihac	M	Vodosnabdije	2,1	10	1			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nema	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Gata Ilidža	B-11	23	29	B	Bihać	TM	Bezkorištenja	1,7	38	1	13,6			SO4-Cl-Ca-Na	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	SB-1	14	19	B	Bihać	TM	Banja/Z.U. Lje	1,5	37,6	3.3	14	6,8	A	SO4-Cl-Ca-Na-Mg	N2	Nema	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	G-5	15	20	B	Bihać	TM	Bezkorištenja	2,2	37	0.9				SO4-Cl-Ca-Na	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	B-8	18	23	B	Bihać	TM	Banja	1,4	36,9	0.4	5		A	SO4-Cl-Ca-Mg	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	Izvor blatr	29		I	Bihać	TM	Bezkorištenja		34,8				A		N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	B-4	21	26	B	Bihać	TM	Bezkorištenja		34,6	0.47	0,9		A		N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	B-5	22	27	B	Bihać	TM	Bezkorištenja		34,5	1.16					N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	Izvor za re	28		I	Bihać	TM	Bezkorištenja		34,5	0.3			A		N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	B-3	17	22	B	Bihać	TM	Rekreacija/Ha	2,2	33,5	1.1	8		A	SO4-Ca-Na	N2	Nema	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	Izv. Fontar	31		I	Bihać	TM	Bezkorištenja		33,4	0.5			A		N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	Izvor srčar	30		I	Bihać	TM	Bezkorištenja		32,5				A		N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	Izvor Gata	13	18	I	Bihać	TM	Bezkorištenja	2,47	32,2	1.5				SO4-Cl-Ca-Na	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	B-9	25	31	B	Bihać	TM	Bezkorištenja	2,1	31,2	2.7			A	SO4-Ca-Na	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	B-1	16	21	B	Bihać	TM	Bezkorištenja	1,5	31	1.6	9			SO4-Cl-HCO3-Ca-Na-M	N2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	B-2	20	25	B	Bihać	TM	Banja		31	0.35	1,7		A		N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	G-1	24	30	B	Bihać	TM	Bezkorištenja	1,1	29,7	0.04	0,07			SO4-Cl-Ca-Na-Mg	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	G-2	26	32	B	Bihać	TM	Bezkorištenja	2,04	26,5	0.85	25			SO4-Ca-Na	N2	Nema	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	B-7	19	24	B	Bihać	TM	Bezkorištenja		22	0.03	0,5				N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Prošići	Ilidža-Pro	35	37	I	Bihać	T	Bezkorištenja	0,45	20,7	3			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Vedro Polje	Izvor Ilidža	33	34	I	Bihać	T	Bezkorištenja	0,44	19,6	0.7			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Vedro Polje-I	Panjak	34	35	I	Bihać	T	Bezkorištenja	0,4	19,3	4			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Račić	Izvor Sveti	36	38	I	Bihać	TM	Bezkorištenja	1,22	19	0.1			A	SO4-Cl-HCO3-Ca-Mg-N	N2	Rn ≥ 133,2 Bq/l	klastiti i škriljci	Banja, termoenergetika
Gata Ilidža	Izv. bunar	32		I	Bihać	TM	Bezkorištenja		17,8	0.5			A		N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gata Ilidža	G-3	27	33	B	Bihać	T	Bezkorištenja	0,5	15	0.36				HCO3-Ca-Mg	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Pećani	Stanac-Or	39	41	I	Bihać	M	Bezkorištenja	2,7	11,6	15			A	SO4-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Ćukovi	Jezero	38	40	I	Bihać	M	Bezkorištenja	3	11,1	10			A	SO4-Na-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Orašac-Pađa	Perinovac	40	42	I	Bihać	M	Bezkorištenja	2,28	10	46042			A	SO4-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Čava	Ilidža 2-Ča	42	45	I	Bužim	T	Bezkorištenja	0,6	18,3	2			A	HCO3-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Čava	Ilidža 1-Ča	41	44	I	Bužim	T	Bezkorištenja	0,54	17	5			A	HCO3-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Čava	IB-1 Čava	44	47	B	Bužim	T	Bezkorištenja	0,6	16,4	2			A	HCO3-Ca-Mg	Neispitan plin	Nema	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Čava	IB-2 Čava	45	48	B	Bužim	T	Bezkorištenja	0,47	0				A	HCO3-Mg-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Čava	Buš. iznad	43	46	B	Bužim	T	Bezkorištenja						A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Tržačka Rašt	Mlakulja-	9	13	I	Cazin	T	Bezkorištenja	0,47	21,1	5			A	HCO3-SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Tržačka Rašt	B-2 T. Raš	11	15	B	Cazin	T	Bezkorištenja	0,4	18,3	0.2			A	HCO3-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Tržačka Rašt	B-1 T. Raš	10	14	B	Cazin	T	Bezkorištenja	0,5	17		40		A	HCO3-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Stijena	Stanac-Sti	8	12	I	Cazin	M	Bezkorištenja	2,1	10,5	0.15			A	SO4-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	pješčari, konglomerati, šupljikavi kre	Ne može se ocijeniti
Pudin Han-T	Šugavac	60	64	I	Ključ	M	Bezkorištenja	1,5	13	1			A	SO4-HCO3-Ca	N2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Gornji Ramić	Srabljivo v	61	65	I	Ključ	M	Bezkorištenja	3,08	12	46026			A	SO4-Ca-Mg	N2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Velečevo	Kafenac	62	66	I	Ključ	M	Bezkorištenja	2,3	11,8	0.3				SO4-Ca-Mg	N2	Nepoznate	pješčari, konglomerati, šupljikavi kre	Ne može se ocijeniti
Draganovići	Orljenac	58	62	I	Ključ	M	Bezkorištenja	1,77	11	1.5			A	SO4-Ca	N2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Gornji Vojići	Crveno vre	59	63	B	Ključ	M	Bezkorištenja	1,6	10,5	2			A	SO4-HCO3-Ca	N2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Kozička Ilidž	Kozička Ili	57		I	RS	T	Rekreacija	0,39	19	0.5			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Tomina-Ilidž	SB-2 Tomi	49	52	B	Sanski Mo	TM	Rekreacija/ Ba	2,5	32,4	27			A	SO4-Ca-Mg	N2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Tomina-Ilidž	SB-3 Tomi	50	53	B	Sanski Mo	TM	Rekreacija/ Ba	2,5	30,7	16			A	SO4-Ca-Mg	N2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Tomina-Ilidž	Bazen	53	57	I	Sanski Mo	TM	Bezkorištenja	3,16	29,6	1.0			N	SO4-Ca-Mg	N2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Tomina-Ilidž	Gornji izvo	54	58	I	Sanski Mo	TM	Bezkorištenja	2,2	24,7	0.3			N	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Rn ≥ 133,2 Bq/l i Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Tomina-Ilidž	Izvor kod l	55	59	I	Sanski Mo	TM	Bezkorištenja	2,26	24,7	0.3			N	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Tomina-Ilidž	Očna voda	56	60	I	Sanski Mo	TM	Bezkorištenja	2,4	24,2	0.3			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Tomina-Ilidž	Izvor nizvo	51		I	Sanski Mo	TM	Bezkorištenja		17,3	5			A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Tješnica-Rud	Veliki izvo	52	55	I	Sanski Mo	T	Bezkorištenja	0,54	16	30			A	HCO3-SO4-Ca	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak i dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Krče	Stanica Kr	48	51	I	Sanski Mo	M	Bezkorištenja	1,9	12,6	0.25			A	SO4-HCO3-Ca	N2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
Sasina	KB Sasina	46	49	KB	Sanski Mo	M	Bezkorištenja	3	10,4				A	HCO3-SO4-Na-Ca	Neispitan plin	Fe ≥ 10,0 mg/l	klastiti sa evaporitima	Flaširanje
Škriljevita	Crno vrelo	47	50	I	Sanski Mo	M	Bezkorištenja	1,8	9	1				SO4-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	klastiti	Ne može se ocijeniti
Grabovac	MKH-1 Gra	2	2	B	Velika Kla	T	Rekreacija/ O	0,48	27,2	20	180	4,5	A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Barake-M. Kl	Izvor Toplí	4	4	I	Velika Kla	T	Bezkorištenja	0,58	26	1.5				HCO3-Mg-Ca	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Barake-M. Kl	B-1 Barake	5	7	B	Velika Kla	T	Bezkorištenja	0,7	25	12.5	37	3,5	A	HCO3-SO4-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Šumatac-Do	Š-1 Šumat	7	11	B	Velika Kla	T	Vodosnabdije	0,35	22	40	150		A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Barake-M. Kl	Izvor uzv.	6	10	I	Velika Kla	T	Bezkorištenja	0,4	16,1	1			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Grabovac	Izvor u ba	3		I	Velika Kla	T	Bezkorištenja						A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Kamenolom	VKT-1	1	1	B	Velika Kla	TM	Bezkorištenja	63,18		5			N	Cl-Na	CH4, N2-CH4, CO2-N2	Fe ≥ 10,0 mg/l	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti

Maksimalna temperatura (°C)	38
Broj izvora	59
Prosječna temperatura (°C)	22,11

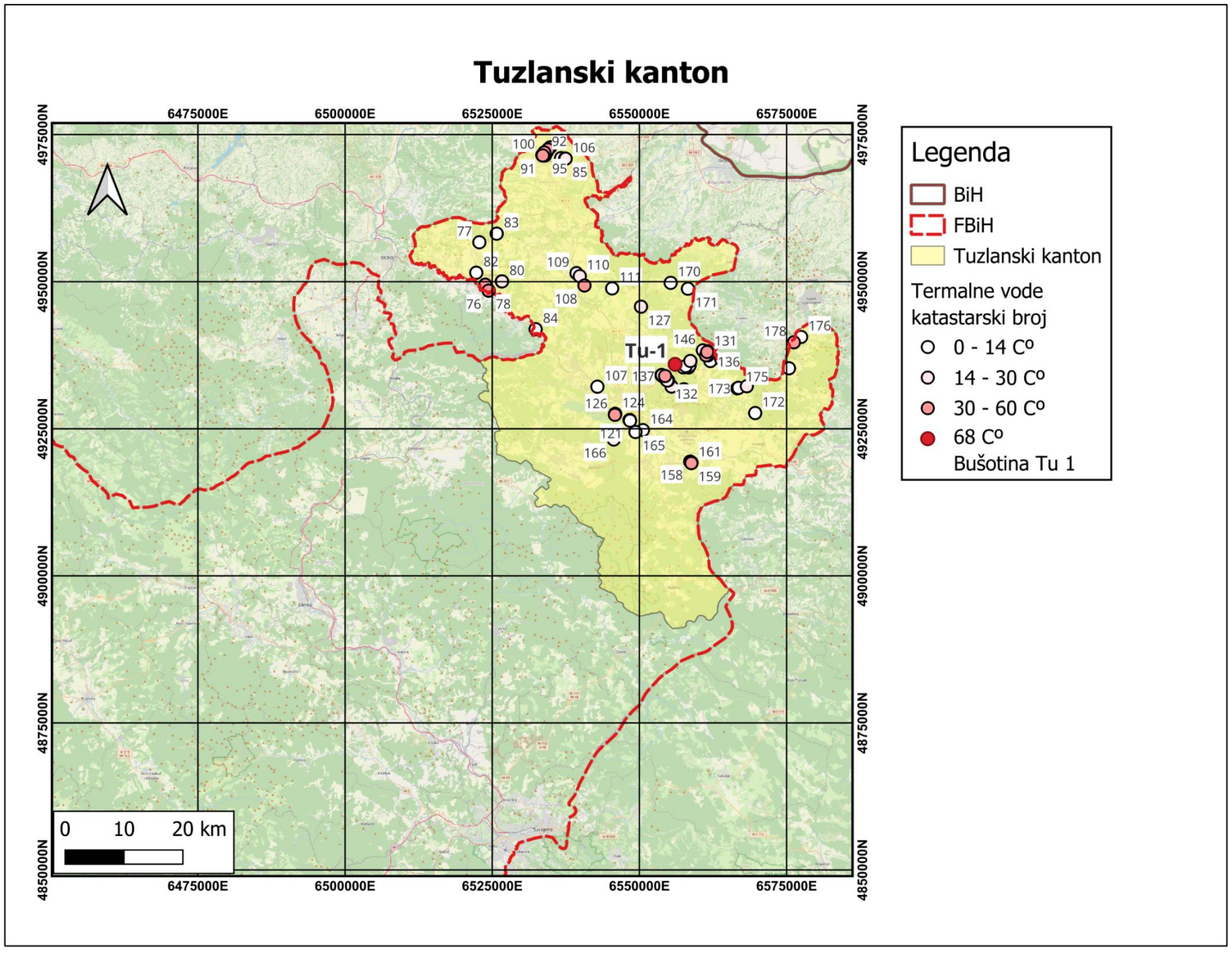
18 POSAVSKI KANTON



Poj_obj	Lokalnost	Naziv	X	Y	Z	Red. br.	Katast. br.	Opština	Vrsta vode	Sadašnje korištenje/K	Mineraliz	ratura vod	ost-samoi	ost-crpljen	tički nivo (a	šnja aktiv	Makrokomponente	Plinski sastav	Specifične komponrnte	Litologija	Potencijalno korištenje
B	Domaljevac	Do-1	6548300	4990908	85,00	6	73	Bosanski Šamac	TM	Bez korištenja	11,6	96	22.2		60	A	Cl-HCO3-Mg-Ca	CH4, N2-CH4, CO2-N2-CH4, H2S-N2-	J≥5,0 mg/l, H2SiO3≥50 mg/l, Ra≥0.185 Bq/l	krečnjak i dolomit	Banja, ekstrakcija plinova iz voda, termoenergetika, rekreacija
B	Domaljevac	Do-3/B	6547900	4990725	85,00	7	75	Bosanski Šamac	TM	Termoenergetika-staklenici i grijanje		80	47		25	A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
B	Vrbovac	VB-3	6521105	4992685	112,96	4	71	Odžak	T	Bez korištenja	0,2	17,1	1.4	4,6		A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Vodoobskrba, termoenergetika
B	Vrbovac	BV-1	6521102	4992694	112,95	5	72	Odžak	T	Vodosnabdijevanje	0,6	16,9		17		A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Vodoobskrba, termoenergetika
B	Vrbovac-Stara bara	VB-1	6521006	4992722	114,62	2	69	Odžak	T	Bez korištenja	0,64	16,2			0,81	A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Vodoobskrba, termoenergetika
I	Vrbovac-Stara bara	Stara Bara	6521012	4992722	114,82	1	68	Odžak	T	Bez korištenja	0,6	15,7		2,4		A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Vodoobskrba, termoenergetika
B	Vrbovac	VB-2	6520824	4992672	118,21	3	70	Odžak	T	Bez korištenja			0.05			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Vodoobskrba, termoenergetika

Maksimalna temperatura (°C)	96
Broj izvora	6
Prosječna temperatura (°C)	40,31667

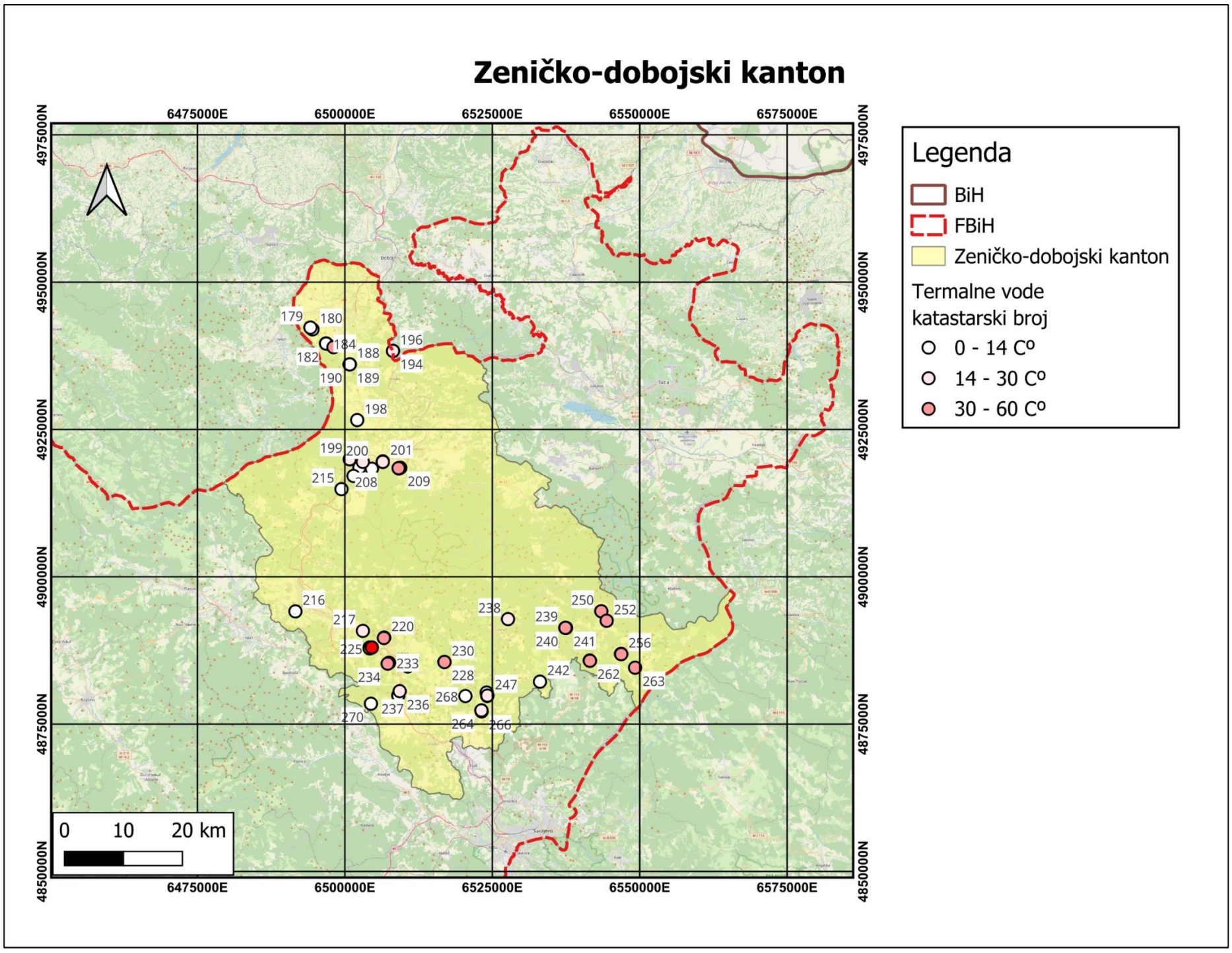
19 TUZLANSKI KANTON



Lokalnost	Naziv	X	Y	Z	Katast. br.	I, B, KB[1]	Opština	Vrsta vode[2]	Sadašnje korištenje/Korisnik	Izdašnost-samoizliv (l/s)	Izdašnost-crpljenje (l/s)	Statički nivo (m)	Sadašnja aktivnost	Maktokomponente	Plinski sastav	Specifične komponrnte	Litologija akvifera	Potencijalno korištenje
Nahvioci	Slani bunar	6557925	4948800	245,00	171	B	Čelić	M	Bez korištenja	1			A	Cl-Na	CH4, N2-CH4, CO2-N	Br ≥ 25,0 mg/l i J≥ 5,0 mg/	pješčari, laporci i glinci	Ekstrakcija cvrstih mineralnih sirovina iz voda
Humci	Izvor Humci	6555000	4949800	328,00	170	I	Čelić	M	Bez korištenja						Neispitan plin	Nepoznate	klastiti	Ne može se ocijeniti
Šibošnica	Š-1	6558903	4947445	270,00	169	B	Čelić	M	Bez korištenja	0.05				Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ekstrakcija cvrstih mineralnih sirovina iz voda
Seljanuša	P-2	6526312	4950050	260,00	81	B	Gracanica	T	Vodovod, Gračanica		9		A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje
Seljanuša	S-1	6526350	4950050	260,00	80	B	Gracanica	T	Bez korištenja	4		6	A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba
Ahmuljići	Ahmuljići I	6525098	4958098	0,00		I	Gracanica	M	Bez korištenja						Neispitan plin	Nepoznate	klastiti	Ne može se ocijeniti
Čelahuša	PEB-4	6524063	4948475	159,00	76	B	Gračanica	TM	Rekreacija/ Terme, Gračanica	80		34	A	HCO3-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	dolomit	Banja, ekstrakcija plinova iz voda, termoenergetika, rekreacija
Čelahuša	GB-4	6524075	4948525	160,00	78	B	Gračanica	TM	Bez korištenja	20				HCO3-Ca-Na-Mg	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	vapnenacki dolomit	Banja, ekstrakcija plinova iz voda, termoenergetika, rekreacija
Čelahuša	GB-5	6523500	4949500	158,00	79	B	Gračanica	TM	Bez korištenja	5				HCO3-Mg	CO2	Nepoznate	vapnenački dolomit	Banja, ekstrakcija plinova iz voda, termoenergetika, rekreacija
Ahmuljići	Ahmuljići II	6525442	4958166	360,00	83	I	Gračanica	M	Bez korištenja	2.1				Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	klastiti	Ne može se ocijeniti
Malešići-Ibrići	Izvor Ibrići-Malešići	6522500	4956700	360,00	77	I	Gračanica	M	Bez korištenja	0.1			N	HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	laporoviti krecnjaci i pješ	Flaširanje
Lendići	Izvor Lendići	6521975	4951525	220,00	82	I	Gračanica	M	Bez korištenja	0.1			A	SO4-Mg-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	laporoviti krecnjaci i pješ	Ne može se ocijeniti
Mirčina	Kiseljak Miričina	6532050	4941925	170,00	84	I	Gračanica	M	Bez korištenja	0.1			N	HCO3-SO4-Ca-Mg-Na	CO2	Nepoznate	konglomerati, pješčari i l	Flaširanje
Gradačac	B-4	6533293	4971461	117,00	86	B	Gradacac	TM	Bez korištenja	2.4			A	HCO3-SO4-Na-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Industrij. zona Grad	EB-1 BOSNAPRODUKT	6534527	4972823	105,00	103	B	Gradačac	T	Industrijske svrhe/ BOSNAPRODU	5.25			A	HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gradačac	B-1	6533280	4971456	116,00	91	B	Gradačac	TM	Bez korištenja	1.1			A	HCO3-SO4-Na-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gradačac	Terma	6533268	4971455	115,00	96		Gradačac	TM	Bez korištenja	2			N	HCO3-SO4-Na-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gradačac	B-2	6533257	4971464	116,60	97	B	Gradačac	TM	Bez korištenja	0.7			A	HCO3-SO4-Na-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gradačac	B-3	6533253	4971453	117,20	102	B	Gradačac	TM	Bez korištenja	0.6			A	HCO3-SO4-Na-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gradačac	B-6	6533193	4971516	117,30	100	B	Gradačac	TM	Banja / Banja Gradačac	10	27		A	HCO3-SO4-Na	N2-CO2, CO2-N2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Gradačac	B-5	6533260	4971520	117,00	94	B	Gradačac	TM	Bez korištenja	10	27		A	HCO3-SO4-Na	N2-CO2, CO2-N2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Industrij. zona Grad	BMI-2 Inmer	6533550	4971975	126,00	92	B	Gradačac	TM	Industrijske svrhe/ Inmer d.o.o. Gradačac		6	-3,7	A	HCO3-Na-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Industrij. zona Grad	HE-1 HEMPRO	6534155	4972479	105,00	87	B	Gradačac	T	Industrijske svrhe/ HEMPRO d.o.	6.5			A	HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Industrij. zona Grad	Sari bunar Inmer	6533530	4971975	126,00	104	B	Gradačac	TM	Bez korištenja				A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Mionica-Krčevine	GM-2 Mionica	6537150	4970900	135,65	106	B	Gradačac	T	Vodosnabdijevanje	3.5	29,4		A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Termoenergetika
Industrij. zona Grad	St. buš. RISNAUTIK	6533975	4972100	110,00	99	B	Gradačac	T	Bez korištenja	0.1			A	HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Mionica	GM-1 Mionica	6537050	4970900	141,00	85	B	Gradačac	T	Bez korištenja		20		?	HCO3-Ca-Mg	N2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Mionica	IM-1	6537145	4970900	0,00	90	B	Gradačac	T	Bez korištenja	2.5	3,7		?	HCO3-Ca-Mg	N2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Industrij. zona Grad	K-1 IMK KULA	6533525	4971550	118,00	98	B	Gradačac	T	Industrijske svrhe/ IMK KULA Gradačac		6	-5	A	HCO3-Ca-Na	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Slbovac	Bunar Hukala	6536375	4971000	145,00	88	B	Gradačac	T	Vodosnabdijevanje / Selo Slbovac		1,8	-0,5	A	HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Gradačac	Ga-3	6533607	4971535	0,00	95	B	Gradačac	T	Bez korištenja				N	HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Gradačac	Ga-1	6533666	4971520	113,80	105	B	Gradačac	T	Bez korištenja				N	HCO3-Ca-Na	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Industrij. zona Grad	Stara buš. Komunalac	6533650	4971575	115,00	93	B	Gradačac	T	Bez korištenja		0,1		A	HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Gradačac	Ga-2	6533650	4971458	0,00	89	B	Gradačac	T	Bez korištenja				N	HCO3-Ca-Na	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
Puljkov Do	Izvor Puljkov Do	6567923	4932224	510,00		I	Kalesija	M	Vodosnabdijevanje/ 10-tak doma	0.1			A	HCO3-SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	dolomiti, krečnjaci, kong	Ne može se ocijeniti
Seljublje	Izvor kod M. Mujkanovića	6566450	4931950	450,00	173	I	Kalesija	M	Vodosnabdijevanje / (5 domaćin	0.1			A	SO4-HCO3-Ca-Mg	H2S-CO2, CO2-H2S	Nepoznate	dolomiti, krečnjaci, kong	Ne može se ocijeniti
Dubnica	Kiseljak Dubnica	6569350	4927675	400,00	172	I	Kalesija	M	Bez korištenja	0.2			A	HCO3-Cl-Na-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pješčari, laporci i glinci	Flaširanje
Seljublje	Izvor na njivi P. Vujića	6566325	4931875	450,00	174	I	Kalesija	M	Bez korištenja	<0.1			A	SO4-HCO3-Ca-Mg	H2S-CO2, CO2-H2S	Nepoznate	dolomiti, krečnjaci, kong	Ne može se ocijeniti
Seljublje	Izvor na njivi Stupnik	6566525	4931950	450,00	175	I	Kalesija	M	Vodosnabdijevanje (1 domaćins	0.1			A	SO4-HCO3-Ca-Mg	H2S-CO2, CO2-H2S	Nepoznate	dolomiti, krečnjaci, kong	Ne može se ocijeniti
Lukavac	Petrak	6542550	4932150	180,00	107	I	Lukavac	M	Bez korištenja	0.03			A	HCO3-Cl-Na	O2-N2, N2-O2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Prelovina-Rastošnić	Izvor sa H2S-Prelovina	6575083	4935277	466,00		I	Sapna	M	Bez korištenja	<0.1			A		CH4, N2-CH4, CO2-N	Nepoznate	dolomiti, krečnjaci, kong	Banja
Rožanj	Slana voda Rožanj	6575372	4932678	0,00		I	Sapna	M	Bez korištenja						Neispitan plin	Nepoznate	klastiti	Ne može se ocijeniti
Rastošnica-Zavid	Sumporna voda	6575224	4934690	0,00		I	Sapna	M	Bez korištenja						Neispitan plin	Nepoznate	dolomiti, krečnjaci, kong	Ne može se ocijeniti
Ljenobud	BD-1 Ljenobud	6540350	4949350	0,00	108	B	Srebrenik	T	Bez korištenja		20		N		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Srebrenik	Kiseljak Srebrenik	6539550	4950950	185,00	110	I	Srebrenik	M	Bez korištenja	<0.05			A	HCO3-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	klastiti	Flaširanje
Srebrenik	Kiseljak kod pruge	6539000	4951450	185,00	109	I	Srebrenik	M	Bez korištenja	0.05			N	HCO3-Na-Mg-Ca	CO2	Nepoznate	klastiti	Flaširanje
Zulumi-Zahirovići	Kiseljak Zahirovići	6545050	4948850	452,00	111	I	Srebrenik	M	Bez korištenja	<0.05			A	HCO3-Ca-Mg-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	DRF	Flaširanje
Shiježnica	Izvor Rasol	6575925	4939700	250,00	178	I	Teočak	TM	Bez korištenja	2			N	Cl-HCO3-Na	H2S-CO2, CO2-H2S	H2S ≥ 5,0 mg/l	pješčari, konglomerati, š	Ne može se ocijeniti
Jasikovac	Kiseljak Jasikovac (RS)	6577150	4940600	370,00	176	I	Teočak	TM	Bez korištenja	0.05			A		H2S-CO2, CO2-H2S	Nepoznate	pješčari, konglomerati, š	Ne može se ocijeniti
Shiježnica	Rasol (nizvodno od brane)	6575925	4939725	250,00	177	I	Teočak	TM	Bez korištenja				A		H2S-CO2, CO2-H2S	Nepoznate	pješčari, konglomerati, š	Ne može se ocijeniti
Slavinovići	SL-1	6557250	4931725	250,00	142	B	Tuzla	TM	Bez korištenja	4		105	A	HCO3-CO3-Na	CH4, N2-CH4, CO2-N	Nepoznate	pješčari, laporci i glinci	Banja, ekstrakcija plinova iz voda, termoenergetika, rekreacija
Trnovac	Slana Banja (bunar br 22)	6554050	4933970	250,00	157	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		8		N	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tetima	TD-23	6561181	4938058	431,56	131	B	Tuzla	TM	Bez korištenja	0.065			A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	Tuzlanski krečnjaci (lapo	Ekstrakcija čvrstih mineralnih sirovina iz voda
Tetima	TD-22	6561004	4937475	447,84	139	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		3,33	11,3		Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ekstrakcija čvrstih mineralnih sirovina iz voda
Kiseljak	Term. buš. Kiseljak BM-2	6545525	4927375	205,00	126	B	Tuzla	T	Bez korištenja	0.1			A	HCO3-CO3-Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	serpentinit	Termoenergetika
Trnovac	Tr-155	6554269	4933333	254,40	147	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		3,4		A	Cl-Na	Neispitan plin	H2S ≥ 5,0 mg/l	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Trnovac	Tr-175	6554449	4933311	253,25	148	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		6,4		A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Trnovac	Tr-167	6554438	4933269	251,66	140	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		6		A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Trnovac	Tr-176	6554415	4933279	246,93	155	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		5,7		A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Trnovac	Tr-177	6554448	4933212	247,56	133	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		6		A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tuzla	BHT-1	6555144	4932168	237,20	128	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		2		A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tušanj	IB-3	6553414	4934118	246,92	145	B	Tuzla	TM	Bez korištenja				A	CO3-Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Trnovac	Tr-160	6554415	4933308	253,18	154	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		6		A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Trnovac	Tr-179	6554418	4933198	245,44	141	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		3,8		A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Dragunja	Kiseljak Dragunja	6549950	4945750	470,00	127	I	Tuzla	TM	Bez korištenja	0.2			A	HCO3-Na-Ca	CH4, N2-CH4, CO2-N	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pješčar	Flaširanje
Tetima	P-3	6561252	4938163	424,39	130	B	Tuzla	TM	Bez korištenja	0.09			A	Cl-HCO3-Na	Neispitan plin	Nepoznate	Tuzlanski krečnjaci (lapo	Ekstrakcija cvrstih mineralnih sirovina iz voda
Tetima	TD-17	6560460	4938329	508,78	146	B	Tuzla	TM	Bez korištenja	0.3		11		SO4-HCO3-Na	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	Tuzlanski krečnjaci (lapo	Ekstrakcija čvrstih mineralnih sirovina iz voda
Trnovac	Tr-164	6554549	4933215	264,49	132	B	Tuzla	TM	Bez korištenja		6,3		A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Gornja Grabovica	Izvor Slatina (Slanac)	6558335	4936515	350,00	117	I	Tuzla	TM	Bez korištenja	<0.1			A	HCO3-Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tušanj	IB-2	6553477	4934055	271,00	137	B	Tuzla	TM	Bez korištenja				A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tušanj	IB-4	6553520	4934124	265,43	152	B	Tuzla	TM	Bez korištenja			-19,7	A	CO3-SO4-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tetima	TD-9	6561333	4937468	467,00	138	B	Tuzla	TM	Bez korištenja	3.3			A	SO4-HCO3-Na-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	konglomerati, pješčari i l	Ne može se ocijeniti
Galušići-Ljubače	KB Ljubački kiseljak	6548087	4926375	215,00	123	B	Tuzla	M	Bez korištenja			-0,7	A	HCO3-Mg-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	peridotit	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Kiseljak	Novi izvor	6545570	4927530	210,00	122	B	Tuzla	M	Bez korištenja	0.3			A	HCO3-Mg	CO2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	serpentinit	Flaširanje
Gornja Grabovica	Korito	6558200	4935750	340,00	116	I	Tuzla	M	Bez korištenja	0.1			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Kiseljak	Kiseljak Bokavić Ševar	6545550	4927530	210,00	125	I	Tuzla	M	Bez korištenja	>1			N	HCO3-Mg-Na	CO2	H2SiO3 ≥ 50 mg/l i CO2 ≥	serpentinit	Flaširanje
Tetima	DS-7	6561732	4936510	468,30	136	B	Tuzla	TM	Bez korištenja	0.02		3	A	CO3-SO4-Na	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	breče i laporci	Ne može se ocijeniti
Gornja Grabovica	G.Grabovica I	6558020	4935420	320,00		I	Tuzla	M	Bez korištenja	0.2				SO4-HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Gornja Grabovica	G.Grabovica II	6557140	4935430	320,00		I	Tuzla	M	Bez korištenja	0.1				HCO3-SO4-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Kiseljak	KB "Glavni izvor"	6545550	4927530	210,00	124	KB	Tuzla	M	Bez korištenja	0.3			A	HCO3-Mg	CO2	Nepoznate	serpentinit	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Gornja Grabovica	Sumpor. voda-gornji iz.	6557550	4935650	310,00	114	I	Tuzla	M	Bez korištenja	0.1			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Galušići-Ljubače	EB-1 Ljubače	6548050	4926500	215,00	118	B	Tuzla	M	Bez korištenja	0.05			A		CO2	Nepoznate	peridotit	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Galušići-Ljubače	IEB-1	6548000	4926480	215,00	121	B	Tuzla	M	Bez korištenja	8		27	A	HCO3-Mg	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2 ≥ 500	peridotit	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Kovačica	Kiseljak Kovačica	6563575	4936825	450,00	113	I	Tuzla	M	Vodosnabdijevanje	46024			A	HCO3-SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Kiseljak	BK-1	6545725	4927300	205,00	119	B	Tuzla	M	Flaširanje / Pivara Tuzla d.d.		3	-5,41	A	HCO3-Mg	CO2	H2SiO3 ≥ 50 mg/l i CO2 ≥	krečnjak	Ekstrakcija plinova iz voda
Hukalo	H-100	6554068	4933520	265,00	144	B	Tuzla	TM	Bez korištenja				A		Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Hukalo	H-109	6554088	4933619	254,81	151	B	Tuzla	TM	Bez korištenja				A		Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tušanj	IB-1	6553848	4934083	269,42	129	B	Tuzla	TM	Bez korištenja				A		Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tetima	Izvor br. 18.	6561840	4934450	340,00	134	I	Tuzla	TM	Bez korištenja	1.06				HCO3-Cl-Ca-Mg-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tetima	Izvor br. 20.	6560460	4938329	509,00	156	I	Tuzla	TM	Bez korištenja	0.8				HCO3-Cl-Ca-Mg-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Kovačica	Izvor Kovačica	6562500	4936900	420,00	112	I	Tuzla	M	Bez korištenja	0.001			A		Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Kiseljak	Mali kiseljak	6545525	4927350	205,00	120	I	Tuzla	M	Bez korištenja	0.1			N		CO2	Nepoznate	serpentinit	Flaširanje
Gornja Grabovica	Sumpor. voda-donji iz.	6557510	4935575	310,00	115	I	Tuzla	M	Bez korištenja	0.1			A		Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Tetima	TD-21	6559921	4938117	561,10	153	B	Tuzla	TM	Bez korištenja					Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ekstrakcija čvrstih mineralnih sirovina iz voda
Tetima	Tetima II	6561035	4938025	430,00	143	I	Tuzla	TM	Bez korištenja	0.1			N		Neispitan plin	Nepoznate	Tuzlanski krečnjaci (lapo	Ekstrakcija cvrstih mineralnih sirovina iz voda
Trnovac	Tr-173	6554264	4933299	250,50	149	B	Tuzla	TM	Bez korištenja					Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	laporci "trakaste serije", p	Ne može se ocijeniti
Toplica-Spreča	EB-1	6558535	4919190	242,00	161	B	Živinice	T	Vodosnabdijevanje / Vodovod Tu	100		1	A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Toplica-Spreča	EB-2	6558510	4919180	239,50	162	B	Živinice	T	Vodosnabdijevanje/ Vodovod Tu	100		1	A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Toplica-Spreča	EB-3	6558510	4919250	238,00	160	B	Živinice	T	Vodosnabdijevanje / Vodovod Tu	100		1	A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Toplica-Spreča	EB-4	6558490	4919300	238,00	163	B	Živinice	T	Vodosnabdijevanje/ Vodovod Tu	100		1	A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Toplica-Spreča	Gornji izvor Toplica	6558500	4919170	240,00	159	I	Živinice	T	Rekreacija, vodosnabdijevanje/	0-30			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Šerići-D.Bučik	Slanac u r.Sušici	6545325	4923175	245,00	166	I	Živinice	T	Bez korištenja	0.03			A	HCO3-Cl-Ca-Na	Neispitan plin	Nepoznate	peridotit	Flaširanje
Toplica-Spreča	Donji izvor Toplica	6558300	4919425	240,00	158	I	Živinice	T	Bez korištenja	0.2			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
Strašanj	Kolonska p. Osmanbegović	6550275	4924775	208,00	164	KB	Živinice	M	Vodosnabdijevanje/ (1 domaćinstvo- Ćazim Osmanbegović)				A	HCO3-Mg-Ca	CO2	Nepoznate	peridotit	Flaširanje
Barice	PBS-2 Živinice	6549015	4924445	206,00	165	B	Živinice	M	Bez korištenja	0.3		2	A		CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pijesak	Flaširanje
Karaula	Busotina NPA	6551225	4923575	210,00	167	B	Živinice	M	Bez korištenja				N		CO2	Nepoznate	peridotit	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Karaula	Ručna pumpa (šljunkara)	6551380	4923475	210,00	168	KB	Živinice	M	Bez korištenja				N		CO2	Nepoznate	peridotit	Flaširanje

Maksimalna temperatura (°C)	37
Broj izvora	107
Prosječna temperatura (°C)	18,5

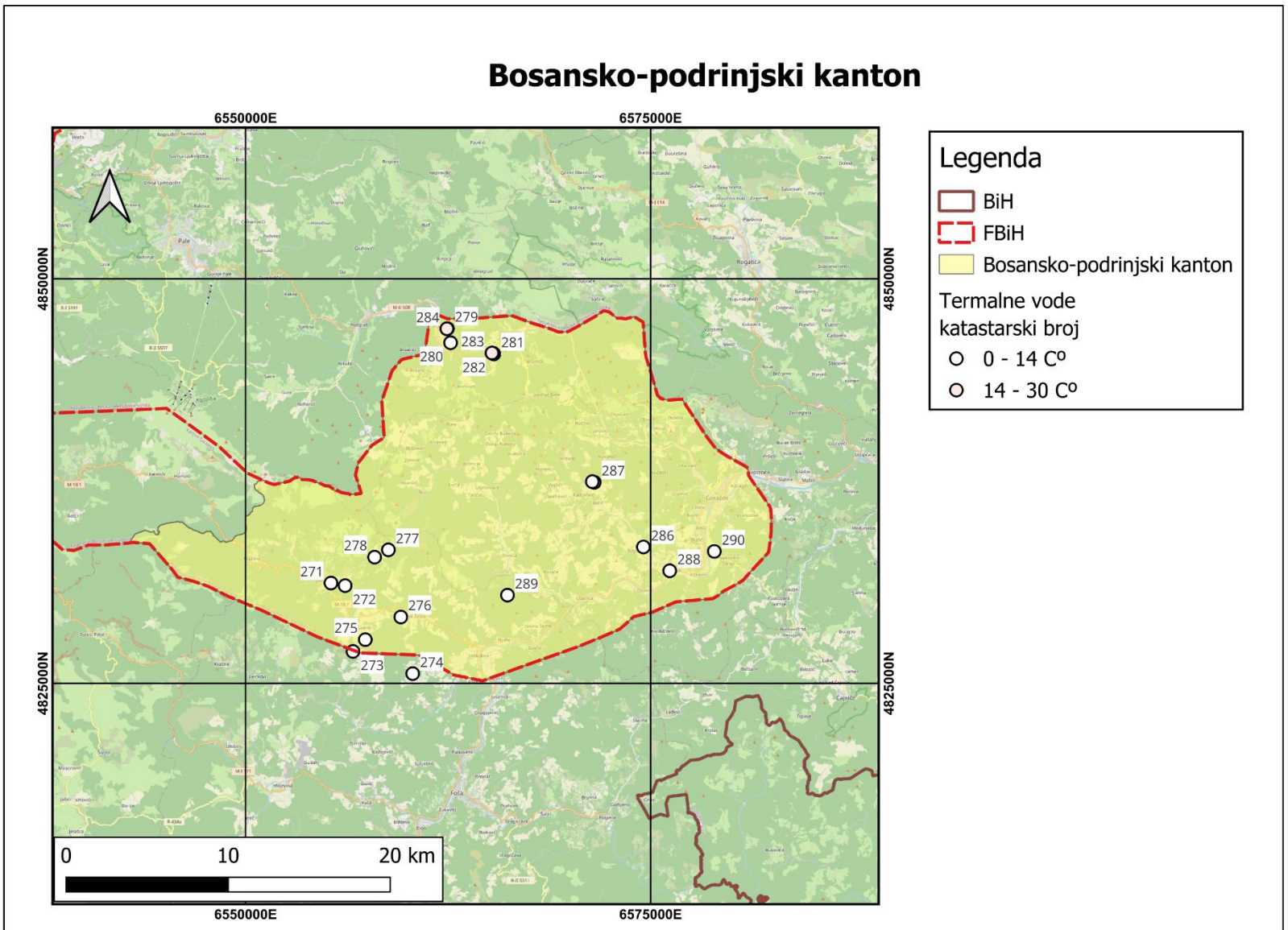
20 ZENIČKO-DOBOJSKI KANTON



Poj_obj	Lokalnost	Naziv	Katast. br.	I, B, KB[1]	Opština	Vrsta vode[2]	Sadašnje korištenje/Korisnik	Mineraliz. Vode (g/l)	Temperatura vode (°C)	Izdašnost-samoizliv (l/s)	Izdašnost-crpljenje (l/s)	Statički nivo (m)	Sadašnja aktivnost	Makrokomponente	Plinski sastav	Specifične komponrnte	Litologija akvifera	Potencijalno korištenje
I	Breza	Sedra-glavna kaptaža	266	I	Breza	TM	Rekreacija / Olimpijski bazen Breza	1,2	20				A	HCO3-SO4-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Nema	krečnjak	Banja, termoenergetika
I	Breza	Sedra-vrelo iznad puta	264	I	Breza	TM	Rekreacija / Olimpijski bazen Breza	1,1	20				A	SO4-HCO3-Ca-Mg	N2-CO2, CO2-N2	Nema	krečnjak	Banja, termoenergetika
I	Breza	Sedra-izvor iznad pruge	265	I	Breza	TM	Bez korištenja		19,2	0.7			A		N2-CO2, CO2-N2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Donja Papratnica	Smrdečica	237	I	Kakanj	M	Bez korištenja	1	12	0.05			N	HCO3-SO4-Na-Ca	H2S-CO2, CO2-H2S	Nepoznate	pjeskoviti lapor	Ne može se ocijeniti
B	**Kakanj-Ribnica**	**RB-2**	**221**	**B**	**Kakanj**	**T**	**Bez korištenja**	**0,8**	**30**		**45**	**0,4**	**N**	**HCO3-SO4-Ca**	**N2-CO2, CO2-N2**	**Nema**	**laporoviti i brečasti krečnjak**	**Banja, rekreacija, termoenergetika**
B	Kakanj-Ribnica	RB-1	220	B	Kakanj	T	Bez korištenja	0,7	29		27		N	HCO3-SO4-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	laporoviti i brečasti krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Kraljeva Sutjeska	Izvor Kraljeva Sutjeska	230	I	Kakanj	T	Vodosnabdijevanje/Vodovod Kakanj	0,69	21	50				HCO3-Ca-Mg	N2	Nema	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Kraljeva Sutjeska	B-1 Kraljeva Sutjeska	227	B	Kakanj	T	Vodosnabdijevanje/Vodovod Kakanj	0,56	20,8		70		A	HCO3-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Kraljeva Sutjeska	B-3 Kraljeva Sutjeska	228	B	Kakanj	T	Vodosnabdijevanje/Vodovod Kakanj	0,56	20,8		60		A	HCO3-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Sidica	Izvor-Sidica	217	I	Kakanj	T	Bez korištenja	0,4	17	0.2			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nema	laporoviti i brečasti krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, termoenergetika
B	Kraljeva Sutjeska	B-2 Kraljeva Sutjeska	231	B	Kakanj	T	Vodosnabdijevanje						A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Kraljeva Sutjeska	B-4 Kraljeva Sutjeska	229	B	Kakanj	T	Bez korištenja				60		A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Kraljeva Sutjeska	B-5 Kraljeva Sutjeska	232	B	Kakanj	T	Bez korištenja						A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Kraljeva Sutjeska	B-6 Kraljeva Sutjeska	226	B	Kakanj	T	Bez korištenja						A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Kakanj-Ribnica	Izvor-lijeva str. Ribnice	219	I	Kakanj	T	Bez korištenja	0,8					N	HCO3-SO4-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Nema	laporoviti i brečasti krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
KB	Kakanj-Ribnica	SK-9 (šaht)	218	KB	Kakanj	T	Bez korištenja						N		N2-CO2, CO2-N2	Nepoznate	laporoviti i brečasti krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	**Kakanj-Tičići**	**IT-1**	**223**	**B**	**Kakanj**	**TM**	**Rekreacija**	**1,3**	**54**	**35**		**10**	**A**	**HCO3-SO4-Ca**	**N2-CO2, CO2-N2**	**H2SiO3 ≥ 50 mg/l**	**laporoviti i brečasti krečnjak**	**Banja, termoenergetika**
B	Kakanj-Tičići	IT-2	224	B	Kakanj	TM	Bez korištenja	1,3	39	22		11	A	HCO3-SO4-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Nema	laporoviti i brečasti krečnjak	Banja, termoenergetika
B	Bičer-Sališta	III/B	233	B	Kakanj	TM	Bez korištenja	1,2	25,4	1.5			A	HCO3-Na-Ca	CH4, H2S-N2-CH4)	Nepoznate	pjeskoviti lapor	Ne može se ocijeniti
I	Kakanj-Tičići	Izvor ispod puta-"Radići	225	I	Kakanj	TM	Bez korištenja	1	25	4			A	SO4-HCO3-Ca-Mg	N2-CO2, CO2-N2	Nepoznate	laporoviti i brečasti krečnjak	Banja, termoenergetika
I	Bičer-Sališta	Izvor-Bičer	234	I	Kakanj	TM	Bez korištenja		22				A		CH4, H2S-N2-CH4)	Nepoznate	pjeskoviti lapor	Ne može se ocijeniti
I	Donja Papratnica	Stanica	236	I	Kakanj	TM	Bez korištenja	1,1	19	<0.1			N	HCO3-SO4-Na	Neispitan plin	Nepoznate	pjeskoviti lapor	Ne može se ocijeniti
B	Hrasno	Bušotina Hrasno	235	B	Kakanj	TM	Bez korištenja	5,9	18	3.3			N	HCO3-Na	CH4, H2S-N2-CH4)	Nepoznate	pjeskoviti lapor	Ne može se ocijeniti
I	Kakanj-Tičići	Izvor iznad puta-"Tičić	222	I	Kakanj	TM	Rekreacija	0,9	18	1.8			A	HCO3-SO4-Ca	N2-CO2, CO2-N2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	laporoviti i brečasti krečnjak	Banja, termoenergetika
B	Moševac-Brkići	Bušotina MUKI-Moševac	194	B	Maglaj	TM	Bez korištenja	1,2	14,9		0,7		A		CO2	Nepoznate	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
I	Moševac	Kiseljak Moševac	196	I	Maglaj	TM	Bez korištenja	5,58	14,5	0.1			N	HCO3-Na-Mg-Ca	CO2	i CO2 ≥ 500,0 mg/l	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
KB	Moševac-Brkići	KB MUKI-Moševac	195	KB	Maglaj	TM	Bez korištenja						A		CO2	Nepoznate	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
KB	Moševac-Brkići	Ručna pumpa A. Rušidova	191	KB	Maglaj	TM	Rušidov)						A		CO2	Nepoznate	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
KB	Moševac-Brkići	Ručna pumpa R Brkića	193	KB	Maglaj	TM	Bez korištenja						A		CO2	Nepoznate	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
KB	Moševac-Brkići	Ručna pumpa S. Brkića	192	KB	Maglaj	TM	Vodosnabdijevanje (1 domaćinstvo -Safet Brkić)						A		CO2	Nepoznate	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
I	Olovo	Glavno vrelo	256	I	Olovo	T	Bez korištenja	0,46	34	1			N	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Olovo	SB-1	258	B	Olovo	T	AQUATERM Olovo	0,523	34		25		A	HCO3-Cl-Ca-Na	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Olovo	Zeničko dobo	254	B	Olovo	T	Rekreacija / Udruženje ratnih vojnih invalida	0,42	34	6			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Olovo	Žensko kupalište	259	I	Olovo	T	Bez korištenja	0,45	34				N	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Olovo	Izvor na prelivu SB-2	255	I	Olovo	T	Bez korištenja		33,7				A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Zeleni vir	Izvor Zeleni vir	263	I	Olovo	T	Bez korištenja	0,42	33	1			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Olovo	Donji izvor	257	I	Olovo	T	Bez korištenja		32,6	0.5			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Solun	Topla voda-kaptaža	252	I	Olovo	T	Bez korištenja	0,43	26,9	5			A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Solun	Topla voda-nekaptirani i.	251	I	Olovo	T	Bez korištenja		26,8	1.5			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Orlja-Križevići	Termalni izvor 2	261	I	Olovo	T	Rekreacija	0,26	25,2	2			A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Orlja-Križevići	Termalni izvor 1	260	I	Olovo	T	Bez korištenja	0,23	25	1.5			A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Kovačići	Izvor Kovačići	250	I	Olovo	T	Bez korištenja	0,4	23	6			A	HCO3-Cl-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Orlja-Križevići	Jaruga	262	I	Olovo	T	Bez korištenja		23	0.1-1			N		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Olovo	SB-3	253	B	Olovo	T	Rekreacija / Udruženje ratnih vojnih invalida						A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
B	Raduša	B-1 Raduša	184	B	Tešanj	M	Bez korištenja	3,74	14		10	-0,7		HCO3-Cl-Na-Mg	CO2	Nepoznate	DRF	Flaširanje
B	Mahalbaši	BOP-1 "Princes"	180	B	Tešanj	M	Tešanj	2,6	14	0.17			A	HCO3-Na-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pješčar	Ekstrakcija plinova iz voda
I	Orašje Planje	Kiseljak-Orašje-Planje	179	I	Tešanj	M	Bez korištenja	2,8	14	0.1			A	HCO3-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pješčar	Flaširanje
B	Raduša	S-2 Raduša	182	B	Tešanj	M	Bez korištenja	4,96	13,9		5	-0,2		HCO3-Na-Mg	CO2	Nepoznate	DRF	Flaširanje
I	Crni Vrh-Kiseljak	Kiseljak Crni Vrh	189	I	Tešanj	M	Flaširanje / Oaza-Tešanj	3,2	13,5	0.02			A	HCO3-Na-Mg	CO2	Nepoznate	pješčar	Flaširanje
I	Raduša-Alići	Kiseljak Raduša	181	I	Tešanj	M	Bez korištenja	7,9	12,5	<0.1			A	HCO3-Cl-Mg	CO2	mg/l	DRF	Flaširanje
B	Raduša	S-1 Raduša	183	B	Tešanj	M	Bez korištenja	2,45	11,5		4	-0,8		HCO3-Na	CO2	Nepoznate	DRF	Flaširanje
B	Crni Vrh-Kiseljak	B-1 Crni Vrh	188	B	Tešanj	M	Bez korištenja		11	<0.1		2		HCO3-Na-Mg	CO2	Nepoznate	DRF	Flaširanje
B	Crni Vrh-Kiseljak	B-3 Crni Vrh	190	B	Tešanj	M	Flaširanje / Oaza-Tešanj	3,1	11	0.04		4	A	HCO3-Na-Mg	CO2	Nepoznate	pješčar	Flaširanje
B	Dolac-Tešanj	B-2 Dolac	186	B	Tešanj	TM	Flaširanje / Calvik-Kiseljak d.o.o., Dolac-Tešanj	5,24	22	0.33		0,5	A	Ca	CO2	mg/l	dijabaz	Flaširanje
B	Dolac-Tešanj	B-1 Dolac	185	B	Tešanj	TM	Flaširanje / Calvik-Kiseljak d.o.o., Dolac-Tešanj	5,64	17	0.2		0,5	A	Ca	CO2	mg/l i CO2>ili=500,0 mg/l	dijabaz	Flaširanje
I	Dolac-Tešanj	Kiseljak Dolac	187	I	Tešanj	TM	Bez korištenja	4,04		0.01			N	Ca	CO2	Nepoznate	dijabaz	Flaširanje
I	Okruglica	Kiseljak Okruglica	242	I	Vareš	M	Bez korištenja	2,18	11,1	0.05			A	HCO3-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	serija	Flaširanje
I	Hodžići-Dabravine	Iskop Beganović (Borovac	244	I	Vareš	M	Bez korištenja	2,6	11	3.7				HCO3-Ca	CO2	Nepoznate	fliš	Flaširanje
KB	Hodžići-Dabravine	KB Beganović	243	KB	Vareš	M	Bez korištenja	2,9						HCO3-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	fliš	Flaširanje
I	Očevlje-Vareš	Mala Terma	241	I	Vareš	T	Bez korištenja		25,4	0.3			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krecnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Očevlje-Vareš	Velika Terma	240	I	Vareš	T	Bez korištenja	0,28	24,1	46086			A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Očevlje-Vareš	Izvor iznad pećine	239	I	Vareš	T	Bez korištenja		19,2	0.7-1			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Banja, rekreacija, termoenergetika
I	Ponikva	Banja Ponikva	238	I	Vareš	T	Bez korištenja	0,26	18,7	46056			A	HCO3-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
I	Dabravine	Kiseljak Dabravine-kapt.	246	I	Vareš	TM	Bez korištenja	2,3	16,5	0.03			A	HCO3-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	fliš	Flaširanje
I	Dabravine	Kap.iz.-des. str. Stavnje	249	I	Vareš	TM	Bez korištenja	2,2	16,3	<0.1			A	HCO3-Ca	CO2	Nepoznate	fliš	Flaširanje
I	Dabravine	Kiseljak Dabravine-iskop	245	I	Vareš	TM	Bez korištenja	2	13,6	<0.1			A	HCO3-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	fliš	Flaširanje
I	Dabravine	Kis. Dabr.-izv. iz sedre	248	I	Vareš	TM	Bez korištenja		12,8	0.5			A		CO2	Nepoznate	fliš	Flaširanje
I	Dabravine	Kis. Dabr.-iz. pored š.p	247	I	Vareš	TM	Bez korištenja		12,5	0.02			A		CO2	Nepoznate	fliš	Flaširanje
I	Kondžilo-Krečana	Izvor Kondžilo	270	I	Visoko	M	Vodosnabdijevanje/	0,95	10				A	SO4-HCO3-Ca	Neispitan plin	Nema	klastiti	Flaširanje
I	Kondžilska r.-Javorci	Sulfatna voda K-61	269	I	Visoko	M	Bez korištenja	1,76					A	SO4-Ca	O2-N2, N2-O2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	klastiti	Ne može se ocijeniti
I	Podvinjci	Toplica-Podvinjci	268	I	Visoko	T	Rekreacija	0,5	13,5	1.5			A	HCO3-SO4-Na-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
I	Vardište	Kiseljak kod Zenice	216	I	Zenica	M	Bez korištenja	1,26	14	0.16			A	Mg	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	krečnjaci	Flaširanje
B	Bistrica	B-1 Bistrica	203	B	Žepce	TM	Bez korištenja		19,2	1.6			N		CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	serpentinit	Flaširanje
I	Ljeskovica	Gorki kiseljak	210	I	Žepce	TM	Bez korištenja	5,4	14,3	<0.1			A	HCO3-Mg-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	serpentinit	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
I	Bistric	Kiseljak u Bistričkoj r.	206	I	Žepce	TM	Bez korištenja						A		CO2	Nepoznate	serpentinit	Flaširanje
I	Orlovik-Žepče	Kiseljak Orlovik	200	I	Žepče	M	Bez korištenja	2,1	14,3	0.25			A	HCO3-Mg-Ca	CO2	Nepoznate	serpentinit	Flaširanje
I	Želeće	Izvor Želeće	214	I	Žepče	M	Bez korištenja	0,24	12,9	0.1				SO4-HCO3-Ca-Na	CO2	Nepoznate	DRF	Flaširanje
I	Budkovac-Golubinja	Kiseljak D.Golubinje	215	I	Žepče	M	Bez korištenja	4	12,6	<0.05			A	HCO3-Ca-Na	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2 ≥ 500,0 mg/l	DRF	Flaširanje
I	Orahovički potok	Divova voda	208	I	Žepče	M	Bez korištenja	0,86	12,2	0.07			A	HCO3-Na-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pješčar	Flaširanje
I	Potok Krajevi	Izvor Potok Krajevi	207	I	Žepče	M	Bez korištenja	0,51	12	0.1				HCO3-Cl-Ca	CO2	Nepoznate	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
I	Brezovo Polje	Kiseljak Brezovo polje	213	I	Žepče	M	Bez korištenja	2,78		0.01			A	HCO3-Mg-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
I	Ljeskovica	Slanac Ljeskovica	211	I	Žepče	TM	Bez korištenja	9,06	21	0.7			A	Cl-HCO3-Na-Mg	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	serpentinit	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
I	Papratnica	Papratnica-Terma	199	I	Žepče	TM	Bez korištenja	0,23	19,3	0.2			N	Cl-HCO3-Mg	CO2	Nepoznate	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
B	Bistrica	B-2 Bistrica	202	B	Žepče	TM	Bez korištenja	4,26	19,2	3.2			A	HCO3-Mg-Ca	CO2	mg/l	serpentinit	Flaširanje
I	Bistrica	Kiseljak Bistrica-d.vrelo	201	I	Žepče	TM	Bez korištenja	6,9	19	0.65			N	HCO3-Mg	CO2	mg/l	serpentinit	Flaširanje
B	Bistrica	KŽ-1 "NBI Ćurić"-Bistr	204	B	Žepče	TM	Bez korištenja	5,2	18	10		8	A	HCO3-Mg	CO2	mg/l	serpentinit	Flaširanje
I	Bistrica	Kiseljak Bistrica-g.vrelo	205	I	Žepče	TM	Bez korištenja	3,56	17,3	0.25			N	HCO3-Mg-Ca	CO2	mg/l	serpentinit	Flaširanje
I	Ljeskovica	Kiseljak Ljeskovica	212	I	Žepče	TM	Bez korištenja	4,93	16,5	1			A	HCO3-Cl-Mg-Na	CO2	mg/l	serpentinit	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
I	Ljeskovica	Otrovna voda	209	I	Žepče	TM	Bez korištenja	6,9	13,1	<0.1			A	HCO3-SO4-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	dijabazi, serpentiniti, DRF	Ne može se ocijeniti
I	Ponijevo	Slatina (Kiseljak)	198	I	Žepče	TM	Bez korištenja	4,8	10,4	0.3			N	HCO3-Mg-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje
B	Ponijevo	Slatina (Kuzman doo)	197	B	Žepče	TM	Bez korištenja	4,66		1.5			A	HCO3-Mg-Na-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	dijabazi, serpentiniti, DRF	Flaširanje

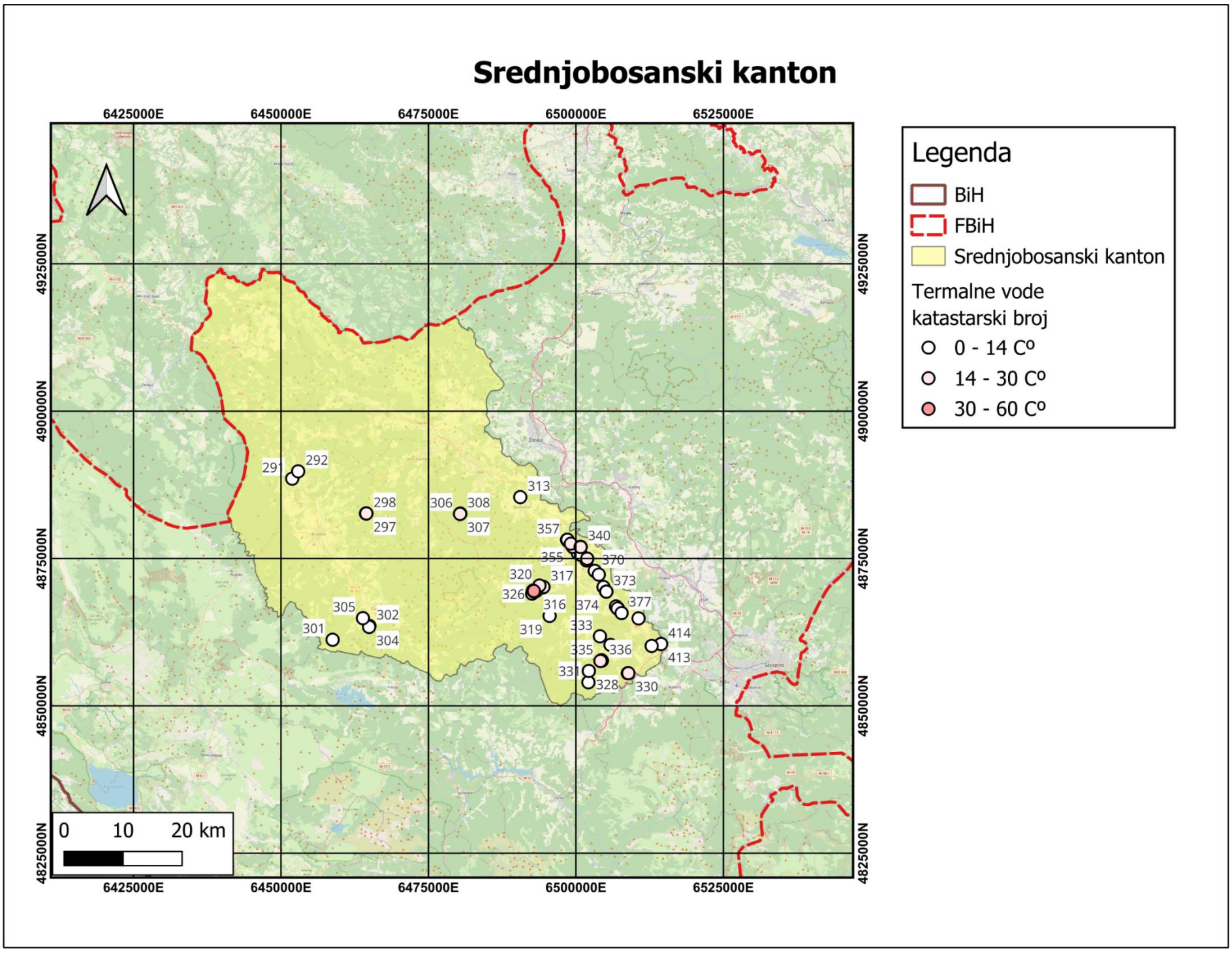
Broj izvora	**0**
Maksimalna temperatura (°C)	**21**
Prosječna temperatura (°C)	**15,2**

21 BOSANSKO-PODRINJSKI KANTON



Poj_obj	Lokalnost	Naziv	X	Y	Z	Red. br.	Katast. br.	Opština	Vrsta vode[2]	Sadašnje korištenje/Korisnik	Mineraliz. Vode (g/l)	Temperatura vode (°C)	Izdašnost-samoiziv (l/s)	Izdašnost-crpljenje (l/s)	Statički nivo (m)	Sadašnja aktivnost	Maktokompo nente	Plinski sastav	Specifične komponrnte	Litologija akvifera	Potencijalno korištenje
I	Božinovići	Izvor Božinovići	6557650	4832800	900,00	8	278	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	3,6	12	<0.1				HCO3-SO4-Ca	CO2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Flaširanje
I	Kolakovići	Izvor Kolakovići	6558500	4833250	1000,00	7	277	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	2,87	12	0.2				SO4-HCO3-Ca-Mg	CO2	Fe>ili=10,0 mg/l	klastiti sa evaporitima	Flaširanje
I	Donje Sało-Jabuka	Kiseljak D. Sało-Jabuka	6555830	4831039	700,00	2	272	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	2,2	11,5	<0.1			A	SO4-HCO3-Na-Ca	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2 ≥ 500,0 mg/l	pješčari, konglomerati, šupljikavi krečnjaci, gips	Flaširanje
I	Štuke-Pobiranovići	Kiseljak Štuke	6556314	4826971	610,00	3	273	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	1,87	11,5	0.014			A	HCO3-SO4-Ca-Mg	CO2	Fe>ili=10,0 mg/l	klastiti sa evaporitima	Flaširanje
I	Jabuka-Koluna potok	Kiseljak Jabuka	6554955	4831199	679,00	1	271	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	3,04	11,1	0.125			A	SO4-HCO3-Ca	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2 ≥ 500,0 mg/l	pješčari, konglomerati, šupljikavi krečnjaci, gips	Flaširanje
I	Željevo	Izvor Željevo (RS)	6560000	4825600	830,00	4	274	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	0,35	11	0.15				HCO3-SO4-Ca-Mg	CO2	Nepoznate	pješčari, konglomerati, šupljikavi krečnjaci, gips	Flaširanje
I	Bošković-Ilovača	Izvor Bošković	6565850	4830450	740,00	21	289	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	1,56	10,5	<0.1				HCO3-Cl-Na-Ca	CO2	Nepoznate	klastiti i škriljci	Flaširanje
I	Šahbašići	Izvor Šahbašići	6559267	4829098	860,00	6	276	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	1,2	9,3	<0.1			A	HCO3-Ca	CO2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Flaširanje
I	Biljezi	Izvor Biljezi	6557075	4827700	730,00	5	275	Foča-Ustikolina	M	Bez korištenja	2,76	8,3	0.5			A	SO4-HCO3-Na-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
I	Mravinjac	Kiseljak Mravinjac	6575865	4831955	370,00	20	288	Goražde	M	Bez korištenja	1,27	13,2	0.1			A	HCO3-Mg-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	klastiti	Flaširanje
I	Bogušići	Izvor Bogušići	6574241	4833426	430,00	17	286	Goražde	M	Bez korištenja	1,7	11,2	0.03			A	HCO3-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l i Rn ≥ 133,2 Bq/l	klastiti	Flaširanje
I	Brajlovići	Kiseljak Brajlovići I	6571087	4837465	602,00	19		Goražde	M	Bez korištenja		11	<0.01			A		CO2	Nepoznate	pješčar, škriljac	Flaširanje
KB	Zupčići	Zupčići	6578618	4833153	350,00	22	290	Goražde	M	Vodosnabdijevanje/ 1 domaćinstvo (Himzo Obuća)	1,7	11			-5	A	HCO3-Na-Ca	CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
I	Brajlovići	Kisela voda Brajlovići	6571208	4837422	596,00	18	287	Goražde	M	Bez korištenja	0,38	10	<0.1			A	HCO3-Ca-Mg	CO2	Nepoznate	pješčar, škriljac	Flaširanje
I	Čeljadinići	Toplik 1	6565005	4845354	670,00	11	281	Pale-Prača	T	Bez korištenja	0,53	19,1	30-40			A	HCO3-Ca-Na	O2-N2, N2-O2	Nema	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
I	Čeljadinići	Toplik 3	6564895	4845416	675,00	14	283	Pale-Prača	T	Bez korištenja		18,9	0.5			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
I	Čeljadinići	Toplik 2	6564976	4845382	670,00	12	282	Pale-Prača	T	Bez korištenja		18,8	46152	0		A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
I	Čeljadinići	Toplik 2a	6564979	4845395	670,00	13		Pale-Prača	T	Bez korištenja		18,4	0.7			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
I	Prača-grad	Prača u gradu-Mihalj	6562111	4846914	737,00	15	284	Pale-Prača	M	Bez korištenja	2,1	14,5	0.1			A	HCO3-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	klastiti	Flaširanje
B	Prača-grad	MP-2 Mihalj	6562145	4846924	748,00	9	279	Pale-Prača	M	Bez korištenja		10,6	0.44	0,8		A		CO2	Nepoznate	klastiti	Flaširanje
I	Prača van grada	Prača van grada	6562339	4846051	706,00	10	280	Pale-Prača	M	Bez korištenja	1,34	8	<0.1			A	HCO3-Na-Ca	CO2	Nepoznate	pješčar, škriljac	Flaširanje
B	Prača-grad	MP-1 Mihalj	6562149	4846930	681,00	16	285	Pale-Prača	M	Bez korištenja				0,2		A		CO2	Nepoznate	klastiti	Flaširanje
									Maksimalna temperatura (°C)			19,1									
									Broj izvora			21									
									Prosječna temperatura (°C)			12,47142857									

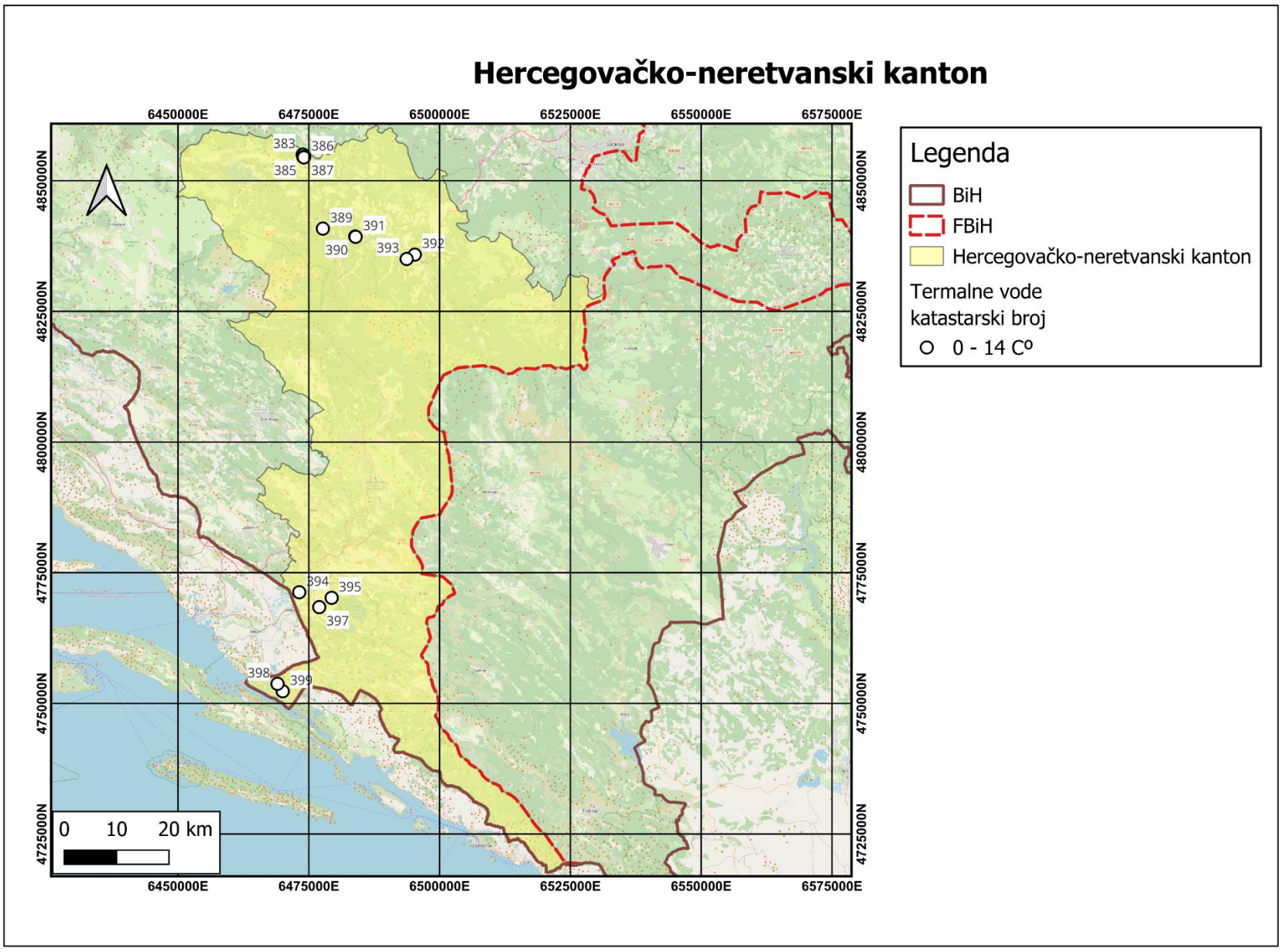
22 SREDNJOBOSANSKI KANTON



Lokalnost	Naziv	X	Y	Z	Katast. br.	I, B, KB[1]	Opština	Vrsta vode[2]	Sadašnje korištenje/Korisnik	Mineraliz. Vode (g/l)	Temperatura vode (°C)	Izdašnost-samoizliv (l/s)	Izdašnost-crpljenje (l/s)	Statički nivo (m)	Sadašnja aktivnost	Maktokomponente	Plinski sastav	Specifične komponrnte	Litologija akvifera	Potencijalno korištenje
Ljubnić-Bugo	Vruća voda-izvor III	6464160	4882650	835,00	298	B	Bugojno	TM	Bez korištenja		26	5	10		A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Ljubnić-Bugo	Vruća v-Izvor iznad puta	6464133	4882659	835,00	293	I	Bugojno	TM	Bez korištenja	1,2	24	1			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nema	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Ljubnić-Bugo	Vruća v-nova bušotina	6464150	4882655	835,00	295	I	Bugojno	TM	Bez korištenja	1,2	22	0.5			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Ljubnić-Bugo	Vruća voda-izvor I	6464120	4882650	834,00	299	I	Bugojno	TM	Bez korištenja	1,25	22	0.14			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Ljubnić-Bugo	Vruća voda-izvor II	6464145	4882650	835,00	296	I	Bugojno	TM	Bez korištenja		18,3	<0.01			A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Ljubnić-Bugo	Vruća voda-izvor Ia	6464100	4882650	834,00	294	I	Bugojno	TM	Bez korištenja	1	16	0.05			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Ljubnić	Vruća voda-gl. izvor	6464155	4882650	835,00	297	I	Bugojno	TM	Bez korištenja	1,1	15	0.05			A	SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Klokoti	B-2 Klokoti	6499150	4876975	542,00	360	KB	Busovača	T	Bez korištenja		28				N		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Ekstrakcija plinova iz voda
Klokoti	Delfina Banja	6498812	4877525	530,00	355	I	Busovača	M	Bez korištenja	0,68	20				N	SO4-HCO3-Fe-Ca	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2	pjeskoviti šljunak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
Bilalovac	KB Petra Batarela	6500480	4876950	614,00	341	I	Busovača	M	Bez korištenja	0,12	18					HCO3-Ca-Mg	CO2	Nepoznate	pješčar, škriljac	Flaširanje
Bilalovac	Izvor Petra Batarela	6500475	4877000	615,00	340	I	Busovača	M	Bez korištenja	0,25	15					HCO3-Ca-Mg	CO2	Nepoznate	pješčar, škriljac	Flaširanje
Klokoti	Kiseljak na njivi V.B.	6498275	4878075	515,00	351	I	Busovača	M	Bez korištenja	0,42	14	<0.1			A	HCO3-SO4-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Klokoti	Kiseljak Vinka Bosnjaka	6498250	4878200	510,00	356	I	Busovača	M	Bez korištenja		12	<0.1			A		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Klokoti	B11/B	6499325	4877050	553,00	363	B	Busovača	M	Bez korištenja	0,12	11,5				N	HCO3-Na-Fe-Ca	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
Klokoti	B-8	6499200	4877000	545,00	362	B	Busovača	M	Bez korištenja	0,15	11,5				N	HCO3-Na-Fe	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2	pjeskoviti šljunak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
Jazvine	KB Ciglana	6490250	4885425	379,50	313	KB	Busovača	M	Bez korištenja	3,6	11,2	0		-0,5	A	HCO3-Mg-Na-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Klokoti	B19/78	6499250	4876975	550,00	365	B	Busovača	M	Bez korištenja	0,1	11				N	HCO3-Ca-Fe	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2	pjeskoviti šljunak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
Klokoti	Kiseljak Mata Bošnjaka	6498375	4877950	513,00	358	I	Busovača	M	Bez korištenja		11	<0.1			A		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Klokoti	Kiseljak sa H2S	6499045	4877203	555,00	353	I	Busovača	M	Bez korištenja	0,11	10,9	0.2			A		CO2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	pijesak, glina	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Klokoti	B9D/76	6499300	4877020	550,00	361	B	Busovača	M	Bez korištenja	0,13	10,8				N	HCO3-Na-Fe	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2	pjeskoviti šljunak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
Kaćuni	Bušotina Tisal	6494775	4880950	440,00	310	B	Busovača	M	Bez korištenja						N		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Donje Polje	KB (vlasnik Jozo Katava)	6493775	4881625	420,00	314	KB	Busovača	M	Bez korištenja	0,8		0			N	HCO3-Ca-Mg	CO2	Nema	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Donje Polje	KB (vlasnik Mato Akrap)	6493875	4881655	420,00	311	KB	Busovača	M	evanje (1domaćinstvo	1,7		0		-3	A	HCO3-Ca-Mg-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Vodoopskrba
Oselište	Kiseljak Oselište	6498762	4879375	620,00	312	I	Busovača	M	Bez korištenja	0,62		0.3			A	HCO3-SO4-Ca-Mg	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l	pješčar, škriljac	Flaširanje
Klokoti	Kopani bazen kod B-2	6499151	4876974	542,00	359	B	Busovača	M	Bez korištenja	0,35					N	HCO3-Mg-Ca	CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Ekstrakcija plinova iz voda
Donji Vakuf	Slanac-Slatina	6451595	4888555	525,00	291	I	Donji Vakuf	M	Bez korištenja	13,7	12	0.01			A	Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	klastiti sa evaporitir	Ne može se ocijeniti
Donji Vakuf	Sulfatna voda	6452600	4889800	520,00	292	I	Donji Vakuf	M	Bez korištenja	1,35	11,5	2			A	HCO3-SO4-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	klastiti sa evaporitir	Ne može se ocijeniti
Selo Banja-F	B-Ia	6492420	4869565	676,50	323	B	Fojnica	T	Bez korištenja	0,6	30,8	22			N		N2	Nepoznate	dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Selo Banja-F	B-III	6492550	4869494	674,00	324	B	Fojnica	T	Bez korištenja	0,6	30,4	22			N		N2	Nepoznate	dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Selo Banja-F	FB-1	6492550	4869462	667,69	325	B	Fojnica	T	edicinsku rehabilitacij	0,5	30	20			A	HCO3-Ca-Mg-Na	N2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	dolomit	Termoenergetika
Selo Banja-F	Vrelo terma st. kupališt	6492547	4869400	666,00	318	I	Fojnica	T	Bez korištenja	0,5	29,5				N	HCO3-Ca-Mg	N2	Nepoznate	dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Selo Banja-F	Kaptaža u selu Banja	6492950	4869500	680,00	316	I	Fojnica	T	Bez korištenja	0,48	28,9	0.1			N	HCO3-Ca-Mg	N2	Rn ≥ 133,2 Bq/l	dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Fojnica	FB-2	6492275	4869087	594,40	326	B	Fojnica	T	e pumpe/ Centar za me	0,2	22	200		45	A	HCO3-Ca-Mg	N2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	dolomit	Flaširanje
Selo Banja-F	Kaptaža Banjski potok	6492625	4869425	650,00	322	I	Fojnica	T	Bez korištenja	0,4	21				N	HCO3-Ca-Mg	N2	Rn ≥ 133,2 Bq/l	dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Fojnica	Memino vrelo	6492250	4869050	590,00	321	I	Fojnica	T	Bez korištenja	0,2	21	0.7			A	HCO3-Ca	N2	Nepoznate	dolomit	Banja, rekreacija, termoenergetika
Voljevac	Vrućci	6493500	4870425	690,00	320	I	Fojnica	T	Bez korištenja	0,6	19	7			A	HCO3-Na-Mg	N2	Nepoznate	dolomit	Vodoopskrba
Grabovik	Banja Grabovik (niz. iz.)	6494137	4870125	590,00	315	I	Fojnica	T	Bez korištenja	0,8	17,7	0.7			A	HCO3-Ca-Mg	N2	Nepoznate	dolomit	Rekreacija
Grabovik	Banja Grabovik (uzv. iz.)	6494178	4870175	590	317	I	Fojnica	T	Bez korištenja	0,8	17,7				A	HCO3-Ca-Mg	N2	Nepoznate	dolomit	Rekreacija
Kute	Betonsko korito Kute	6464675	4863575	750	302	I	Gornji Vakuf/Usk.	M	Bez korištenja		13,2	0.2			A		Neispitan plin	Nepoznate	klastiti sa evaporitir	Ne može se ocijeniti
Točila-Voljic	Slano vrilo Voljice	6458437	4861225	1150,00	301	I	Gornji Vakuf/Usk.	M	Bez korištenja	1,45	10	46024			A	SO4-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	klastiti sa evaporitir	Ne može se ocijeniti
Kute	Drveno korito Kute	6464625	4863400	780,00	304	I	Gornji Vakuf/Usk.	M	Bez korištenja	2,1	9,8	0.1			A	SO4-Ca	N2	Nepoznate	klastiti sa evaporitir	Ne može se ocijeniti
Jagnjid	Izvor Jagnjid	6463578	4864882	685,00	305	I	Gornji Vakuf/Usk.	M	Bez korištenja	1,99	9,8	0.3			A	SO4-Ca	H2S-CO2, CO2-H2S	H2S ≥ 5,0 mg/l	pješčari, konglomer	Banja
Ždrimci	Hadžijino jezero	6470100	4864350	740,00	300	?	Gornji Vakuf/Usk.	M	Bez korištenja						A		Neispitan plin	Nepoznate	pješčari, konglomer	Ne može se ocijeniti
Ždrimci	Malo jezero (Pasje j.)	6469875	4864050	730,00	303	?	Gornji Vakuf/Usk.	M	Rekreacija						A		Neispitan plin	Nepoznate	pješčari, konglomer	Ne može se ocijeniti
Biohan	DB-1	6501593	4874975	525,00	346	B	Kiseljak	TM	Bez korištenja	15,7	17,5	7			A	HCO3-Cl-SO4-Na	CO2	H2SiO3 ≥ 50 mg/l, Ra	pješčar, škriljac	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Boljkovići	Izvor u Boljkovač. baram	6512525	4860175	515,00	348	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	2,6	14	<0.1			A	SO4-HCO3-Ca	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Gomionica	KB E. Kujundžić	6504805	4869397	483,00	374	KB	Kiseljak	M	Vodosnabdijevanje (1 domaćinstvo -Enver Kujundžić)		13,9				A		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Gomionica	KB A. Merdžanić	6504844	4869386	483,00	372	KB	Kiseljak	M	Bez korištenja		13,7				A		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Gomionica	Kolonska p. A. Merdžani	6504847	4869383	483,00	373	KB	Kiseljak	M	Vodosnabdijevanje (1 domaćinstvo-Abid Merdžanić)		13,4				A		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Gomionica	KB Rašo Mijo	6503559	4872278	498,00	368	KB	Kiseljak	M	Bez korištenja		13,3			-2	A		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Bilalovac	Izvor Bilalovac	6500451	4875800	540,00	338	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	0,087	13	0.05			N	Cl-HCO3-Ca	CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Biohan	Kiseljak kod DB-1	6501597	4874975	525,00	343	I	Kiseljak	M	Bez korištenja		12,7	0.1			A		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Kiseljak-Vete	Mali kiseljačić	6507425	4865750	480,00	377	B	Kiseljak	M	Bez korištenja	4,8	12,5	0.5			A	HCO3-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	krečnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Kiseljak-Parl	Glavno vrelo	6506740	4866530	476,00	376	KB	Kiseljak	M	Bez korištenja	5,95	12,2	1			N	HCO3-SO4-Ca-Na-M	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	krečnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Kiseljak-Parl	B-2	6506740	4866525	480,00	378	B	Kiseljak	M	Bez korištenja	4,96	12	7	30	24	A	HCO3-SO4-Ca-Na-M	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	dolomitski krecnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Kiseljak-Parl	B-4	6506780	4866575	480,00	381	B	Kiseljak	M	Flaširanje/ DD Sarajevski kiseljak - Kiseljak	3,2	12	0	21,6	-3	A	HCO3-SO4 -Ca-Mg	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	krečnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Kiseljak	B-5	6506475	4866875	475,00	379	B	Kiseljak	M	Bez korištenja	7,1	12	2.9	7,5	4	A	HCO3-SO4-Na-Ca-M	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	dolomitski krecnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Duhri?	Kiseljak Duhri	6510300	4864850	560,00	382	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	5,2	12	0.1				HCO3-Ca-Na	CO2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Gračac-Klok	Kiseljak Gračac	6498180	4878180	490,00	357	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	0,143	12	0.1			N	HCO3-Ca-Mg	CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Bilalovac	Zijin kiseljak	6500540	4875621	545,00	337	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	0,12	11,6	<0.1			A	HCO3-Cl-Ca-Mg	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Brestovsko	IB-3	6502880	4872920	500,00	370	B	Kiseljak	M	Bez korištenja	1,58	11,5		5,1		A	HCO3-Cl-SO4-Na-Ca	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l	Koševska serija: glin	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Hrastovi	Kiseljak u Barama	6501488	4874671	523,00	344	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	0,26	11,5	<0.1			A	HCO3-Cl-Na-Ca	CO2	Nepoznate	pijesak, glina	Flaširanje
Brestovsko	IB-1	6502875	4872900	500,00	371	B	Kiseljak	M	Bez korištenja	1	11,2			2,15	A	HCO3-Cl-SO4-Na-Ca	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l	Koševska serija: glin	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Buhotina-Vri	Buhotinski kiseljak I	6514075	4860500	560,00	413	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	2	11	<0.1			A	HCO3-Ca-Mg	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2	krečnjak	Flaširanje
Buhotina-Vri	Buhotinski kiseljak II	6514125	4860500	563,00	414	I	Kiseljak	M	Bez korištenja		11	0.1			A		CO2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje
Bilalovac	Kiseljak u potoku Mlava	6499994	4875942	554,00	339	I	Kiseljak	M	Bez korištenja		11	0.1			A		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje
Fojničko ras	BM-1	6504355	4870163	490,00	367	B	Kiseljak	M	iseljak je dobio konces	0,85	10				A	HCO3-SO4-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Kiseljak-Parl	B-3	6506840	4866395	480,00	380	B	Kiseljak	M	Bez korištenja					-110	N		CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	dolomitski krecnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Klokoti	Banja Klokoti	6499050	4876950	540,00	352	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	0,105					N	SO4-HCO3-Mg-Ca	CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Bilalovac	Bušotina Roma benz	6501125	4875060	543,00	342	B	Kiseljak	M	Bez korištenja	0,6				-5	A	HCO3-Mg-Ca	CO2	Fe ≥ 10,0 mg/l i CO2	pjeskoviti šljunak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Brestovsko	C-2	6502000	4873800	500,00	369	B	Kiseljak	M	Bez korištenja	2,6					A	HCO3-Cl-SO4-Ca-Na	CO2	Nepoznate	Koševska serija: glin	Flaširanje
Kiseljak-Parl	Česma Kiseljak	6506740	4866530	476,00	375	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	3,76					A	HCO3-SO4-Ca-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	krečnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Klokoti	IEB-1	6499350	4877000	525,00	364	B	Kiseljak	M	Bez korištenja			0.166			N		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
Klokoti	IEB-2	6499150	4877100	522,00	366	B	Kiseljak	M	Bez korištenja			0.166			N		CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda
Klokoti	Kiseljak	6498975	4877300	538,00	350	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	0,042					N	Cl-HCO3-Ca-Mg-Na	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Klokoti	Klokotnica	6498980	4877250	540,00	349	I	Kiseljak	M	Bez korištenja	0,13					N	HCO3-Cl-Ca-Mg	CO2	CO2 ≥ 500,0 mg/l	pjeskoviti šljunak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja
Klokoti	Plinara Klokoti	6499080	4877010	535,00	354		Kiseljak	M	Bez korištenja	0,22						Cl-SO4-Na	CO2	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Ekstrakcija plinova iz voda
Hrastovi	Spomen česma	6502163	4874364	535	345	I	Kiseljak	M	Bez korištenja			<0.1			A		CO2	Nepoznate	Koševska serija: glin	Flaširanje
Zabrđe	Izvor Sv. Ivo Zabrđe	6508575	4855550	610	330	I			Rekreacija/ Marinko Mrnjavac (voda se koristi za bazen)	0,4	26	3.75			A	HCO3-SO4-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Banja, termoenergetika
Zabrđe	Izvor Papina voda Zabrđe	6508475	4855550	610	327	I	Kreševo	T	: (voda se koristi za baz	0,4	19,5	15			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba
Kreševo-Mus	Banja - Muselim	6504087	4857675	650,00	336	I	Kreševo	T	Bez korištenja	0,3	19	4			A	HCO3-Mg-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Kreševo	Banja (Pećina)	6503842	4857625	615,00	335	I	Kreševo	T	, vodosnabdijevanje/ M	0,3	15,4	15.2			A	HCO3-Ca-Mg	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Kreševo	Izvor na imanju Betić S.	6504000	4857750	630,00	332	I	Kreševo	T	Bez korištenja	0,3	14	0.1			A	HCO3-Mg-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Alagići	Komarac	6505550	4860350	550,00	334	B	Kreševo	M	na industrija Stanić (M	0,7	11	120			A	SO4-HCO3-Ca	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
Rakova Noga	Unišće	6503750	4861812	535,00	333	I	Kreševo	M	dno domaćinstvo -Zdra	2,4	10	2		1,3	A	SO4-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	laporoviti škriljac	Flaširanje
	Gornji Majdan	6501800	4854000	940,00	331	I	Kreševo	M	Bez korištenja	0,09	9	0.3				SO4-HCO3-Ca-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Flaširanje
Kostajnica-K	Izvor Crvene Bare	6501875	4855925	900,00	328	I	Kreševo	M	Bez korištenja	0,15	9	1.0			A	HCO3-SO4-Ca-Mg-F	Neispitan plin	Fe ≥ 10,0 mg/l	dolomit	Flaširanje
Kreševo	Izvor na njivi V. Medića	6503750	4857500	620,00	329	I	Kreševo	T	Bez korištenja			0.3			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Kruščica	B-2 Kruščica	6480060	4882596	720,00	307	B	Vitez	T	nabdijevanje/Vodovod,	Zenica	19	170			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Kruščica	Ilidža Kruščica	6480042	4882575	720,00	306	I	Vitez	T	Bez korištenja	0,44	19	6			N	HCO3-Mg-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Kruščica	BS-1	6480075	4882600	720,00	308	B	Vitez	T	Bez korištenja		18,6		1,1				O2-N2, N2-O2	Nepoznate	dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija
Kruščica	BS-2	6480080	4882625	720,00	309	B	Vitez	T	Bez korištenja		18,2		15				O2-N2, N2-O2	Nepoznate	dolomit	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija

Maksimalna temperatura (°C)	30,8
Broj izvora	73
Prosječna temperatura (°C)	15,82466

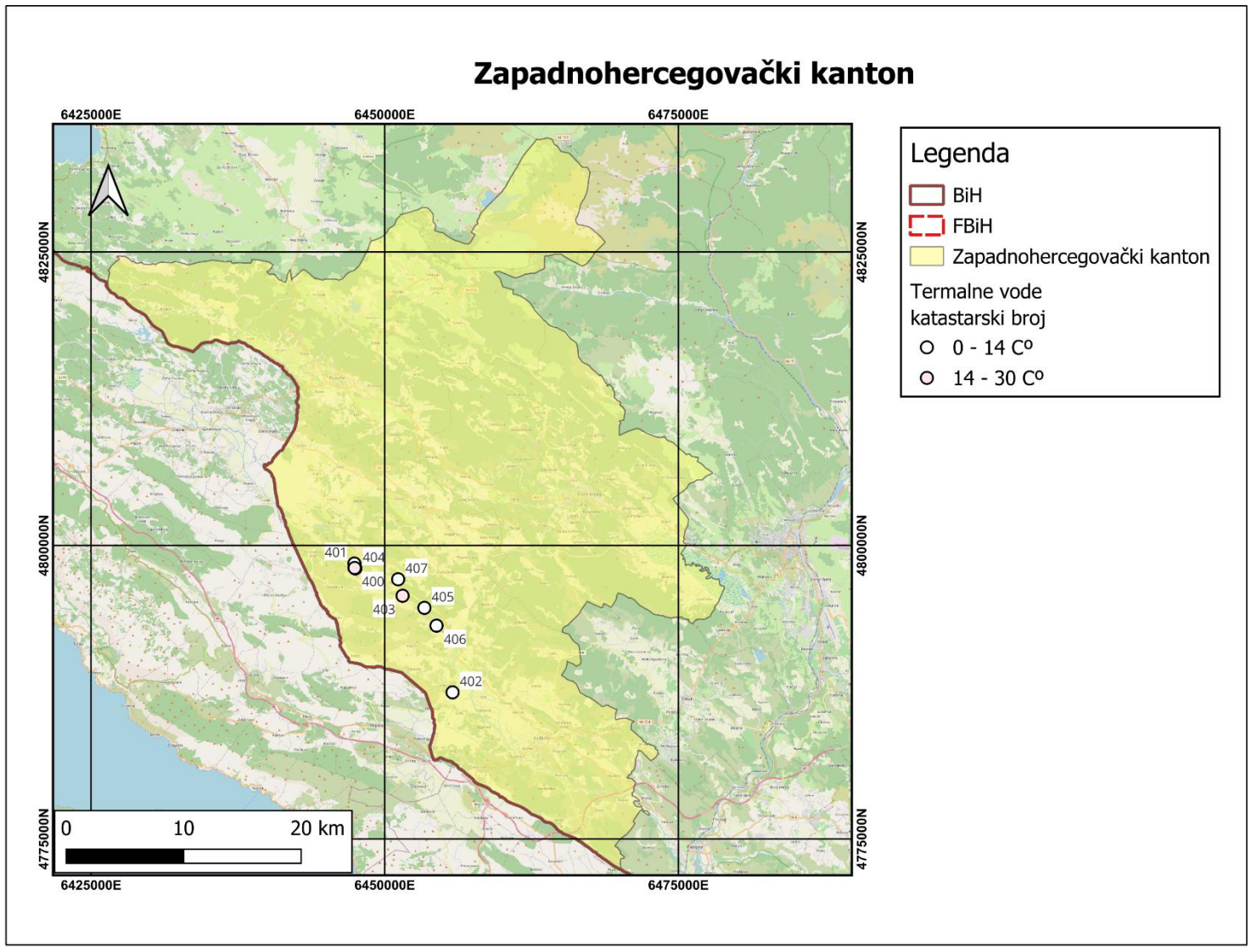
23 HERCEGOVAČKO-NERETVANSKI KANTON



Poj_obj	Lokalnost	Naziv	Naziv	Y	Z	Red. br.	Katast. br.	Opština	Vrsta vode[2]	Sadašnje korištenje/Korisnik	Mineraliz. Vode (g/l)	Temperatura vode (°C)	Izdašnost-samoizliv (l/s)	Izdašnost-crpljenje (l/s)	Sadašnja aktivnost	Makro komponente	Plinski sastav	Specifične komponente	Litologija akvifera	Potencijalno korištenje
B	Skočim-Višići	Bunar Višići-Skočim	Bunar Višići-Skočim	4768425	5,00	15	397	Čapljina	M	Bez korištenja	1	14			N	HCO3-Cl-Ca-Mg-Na	Neispitan plin	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Ne može se ocijeniti
B	Gnjilišta	Bunar Gnjilišta	Bunar Gnjilišta	4770200	10,00	16	395	Čapljina	M	Bez korištenja	2,2	12			N	Cl-HCO3-Ca-Na	Neispitan plin	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Ne može se ocijeniti
I	Slana draga-Gabela	Slani izvor	Slani izvor	4771275	6,00	11	394	Čapljina	M	Bez korištenja	5,7	11	3			Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti
B	Višići	Bunar Višići	Bunar Višići	4769350	5,00	14	396	Čapljina	M	Bez korištenja	1,2				N	HCO3-Mg	Neispitan plin	Nepoznate	pjeskoviti šljunak	Ne može se ocijeniti
I	Perišića draga	Slano vrelo	Slano vrelo	4771700	5,00	18		Čapljina	M	Bez korištenja								Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti
I	G. Slatina-Jablanica	Smrdelj	Smrdelj	4840840	325,00	7	389	Jablanica	M	Bez korištenja	1,45	11	1.5		A	SO4-HCO3-Ca	H2S-CO2, CO2-H2S	Nepoznate	klastiti	Banja
I	Mrakovo	Izvor Mrakovo (Mekteb)	Izvor Mrakovo (Mekteb)	4839269	592,00	9	391	Jablanica	M	Bez korištenja	1,27	10,1	3		A	SO4-HCO3-Ca	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Mrakovo	Izvor Korito Mrakovo	Izvor Korito Mrakovo	4839333	646,00	8	390	Jablanica	M	Bez korištenja	1,42	9,6	8		A	SO4-Ca	N2	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Orahovica	Sulfatni izvor-Orahovica	Sulfatni izvor-Orahovica	4835031	342,00	17	393	Konjic	M	Bez korištenja	1,55	11	0.1		A	SO4-HCO3-Ca	N2	Nepoznate	klastiti sa evaporitima	Ne može se ocijeniti
I	Orahovica-Konjic	Slana voda-Orahovica	Slana voda-Orahovica	4835857	268,00	10	392	Konjic	M	Bez korištenja		10	2		A	Cl-HCO3-Ca-Na	Neispitan plin	Nepoznate	pješčari, kondlom.,	Ne može se ocijeniti
I	Jazina	Bočatni izvor	Bočatni izvor	4752325	0,50	12	399	Neum	M	Bez korištenja	15,8	12	18384			Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Neum	Bočatni izvor	Bočatni izvor	4753750	0,50	13	398	Neum	M	Bez korištenja	11	12	0.5			Cl-Na	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Ljubunci-D. Brajke	Izvor sa d. strane rijeke	Izvor sa d. strane rijeke	4854585	650,00	2	384	Prozor/Rama	M	Bez korištenja		10,6	<0.05		A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Ljubunci-D. Brajke	Gornji izvor-Srabljivica	Gornji izvor-Srabljivica	4855011	680,00	1	383	Prozor/Rama	M	Bez korištenja		10	10		A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Ljubunci-D. Brajke	Sulfatni izvor-njiva Mile	Sulfatni izvor-njiva Mile	4854468	674,00	6	388	Prozor/Rama	M	Bez korištenja	2,2	9,7	0.1		A	SO4-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Ljubunci-D. Brajke	Izvor ispod oraha	Izvor ispod oraha	4854565	665,00	4	386	Prozor/Rama	M	Bez korištenja		9,4	0.1		A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Ljubunci-D. Brajke	Rika (glavni izvor)	Rika (glavni izvor)	4854563	651,00	3	385	Prozor/Rama	M	Bez korištenja	1,3	9,1	15		A	SO4-HCO3-Ca	Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti
I	Ljubunci-D. Brajke	Sulfatni izvor (kaptaža)	Sulfatni izvor (kaptaža)	4854561	665,00	5	387	Prozor/Rama	M	Koristi se za vodosnabdijevanj		9,1	4		A		Neispitan plin	Nepoznate	krečnjak i dolomit	Ne može se ocijeniti

Maksimalna temperatura (°C)	14
Broj izvora	16
Prosječna temperatura (°C)	10,6625

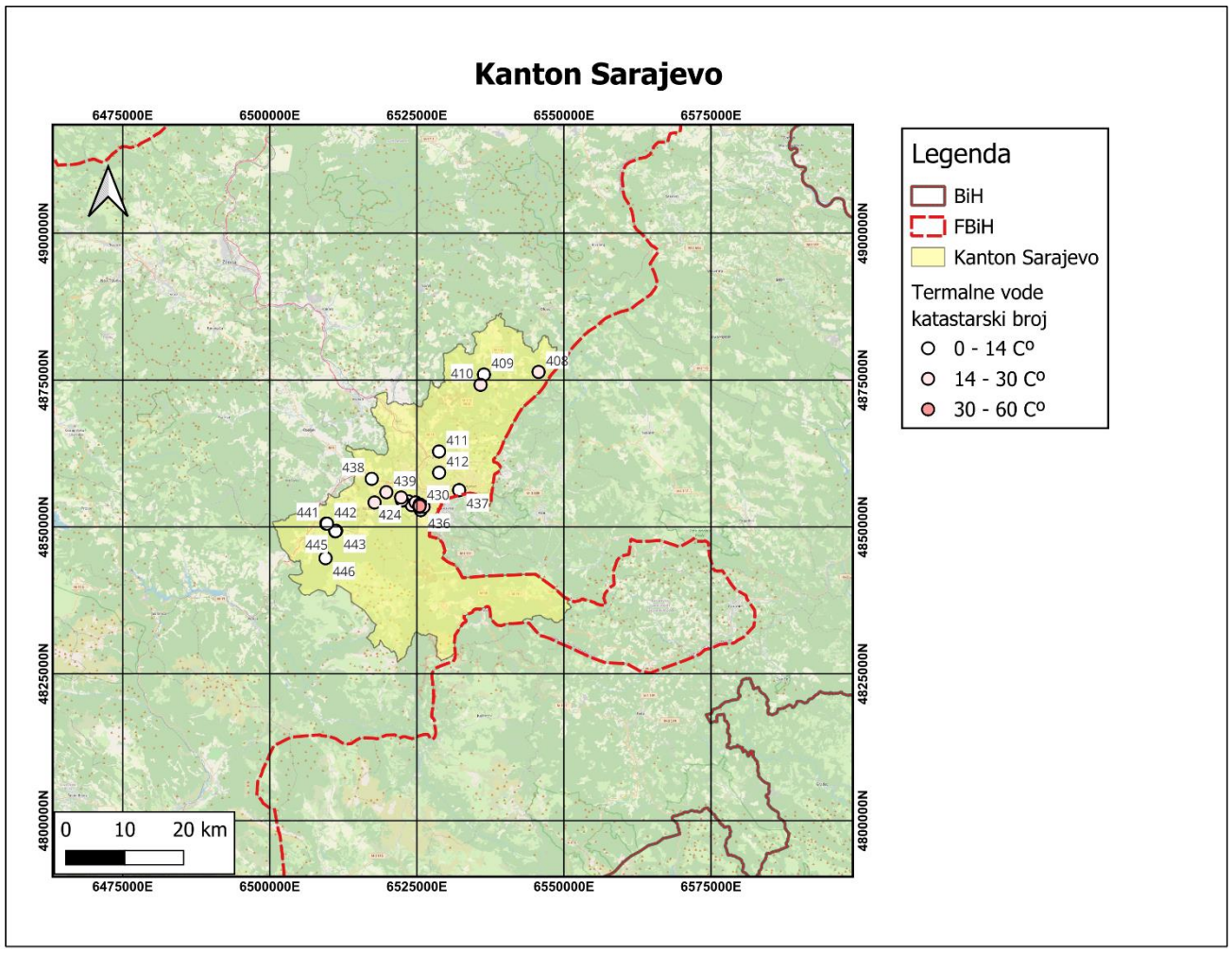
24 ZAPADNOHERCEGOVAČKI KANTON



Lokalnost	Naziv	X	Y	Z	Katast. br.	I, B, KB[1]	Opština	Vrsta vode[2]	Sadašnje korištenje/ Korisnik	Mineraliz. Vode (g/l)	Temperatura vode (°C)	Izdašnost-samoizliv (l/s)	Izdašnost-crpljenje (l/s)	Statički nivo (m)	Sadašnja aktivnost	Makrokomponente	Plinski sastav	Specifične komponente	Litologija akvifera	Potencijalno korištenje
Kordići	Bučalo 1	6447125	4798095	129,00	400	I	Ljubuški	PM	Oko 90% domacinst	1,5	14,9				A	SO4-HCO3-C	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti
Tihaljina	Modro Ok	6451200	4795725	115,00	403	I	Ljubuški	PM	Bez korištenja	1,1	14,5	20941			A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti
Klobuk	Nenač	6453059	4794694	120,00	405	I	Ljubuški	M	Bez korištenja	1,29	13,5				A	SO4-HCO3-C	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti
Veljaci-Vrtina	Goruša	6455456	4787498	90,00	402	I	Ljubuški	M	Vodosnabdijevanje	0,65	13,4	0.5				HCO3-SO4-C	Neispitan plin	Rn ≥ 133,2 Bq/l	krečnjak	Banja
Kordići	Bučalo 2	6447115	4798103	129,00		I	Ljubuški	PM	Bez korištenja		13,2				A		O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti
Kordići	Jeovo vrel	6447178	4798050	130,00	404	I	Ljubuški	PM	Navodnjavanje	1,3	13	25-43			A	SO4-HCO3-C	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti
Klobuk	Klokun	6454089	4793178	130,00	406	I	Ljubuški	M	Navodnjavanje	1,2	12,7	3600			A	SO4-HCO3-C	O2-N2, N2-O2	Ra ≥ 0,185 Bq/l	krečnjak	Ne može se ocijeniti
Kordić	Krupa	6447097	4798467	139,00	401	I	Ljubuški	PM	Navodnjavanje	1,3	8,6	0-5000			A	SO4-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti
Tihaljina	Nezdravic	6450823	4797129	160,00	407	I	Ljubuški	PM	Navodnjavanje	1,35	8,5	15-250			A	SO4-Ca	O2-N2, N2-O2	Nepoznate	krečnjak	Ne može se ocijeniti

Maksimalna temperatura (°C)	14,9
Broj izvora	9
Prosječna temperatura (°C)	12,48

25 KANTON SARAJEVO



Poj_obj	Lokalnost	Naziv	X	Y	Z	Kanton	Katast. br.	Opština	Vrsta vode	Sadašnje	raliz. Vode	ratura vo	ost-samoi	ost-crpljen	tički nivo	ašnja aktiv	Maktokon	Plinski sa	Specifične	Litologija	Potencijalno korištenje			
I	Jošanica-Vogošća	Sumporovita voda	6528463	4862851	550,00	SARAJEVS	411	Vogošća	M	Bez koriš	0,89	13	0.2			A	HCO3-SO4	CH4, N2-C	H2S ≥ 5,0 r	konglome	Banja			
I	Žuč	Biserka	6528475	4859250	730,00	SARAJEVS	412	Vogošća	M	Bez koriš	1,14	12	0.2				HCO3-SO4	Neispitan	Nepoznat	pješčari, l	Ne može se ocijeniti perspektivna namjena			
I	Podlipnik	Izvor Podlipnik	6545381	4876388	830,00	SARAJEVS	408	Ilijaš	T	Bez koriš	0,36	20,3	5			A	HCO3-Ca	O2-N2, N2	Ra ≥ 0,185	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba, rekreacija			
I	Srednje	Kiseljak u mjestu Srednje	6535525	4874200	700,00	SARAJEVS	410	Ilijaš	M	Bez korištenja		14,6	0.04			A		CO2	Nepoznat	rožnačko-	Flaširanje			
I	Moševići-Srednje	Kiseljak Moševići	6536100	4875950	719,00	SARAJEVS	409	Ilijaš	M	Bez koriš	2,7	12	<0.1			A	HCO3-Mg-	CO2	CO2 ≥ 500	rožnačko-	Flaširanje			
B	Ljetna Pozornica	IB-1	6525120	4853510	498,70	SARAJEVS	432	Ilidža	TM	Termoene	3,1	58	75		14	A	HCO3-SO4	H2S-CO2,	H2SiO3 ≥ 9	pjeskoviti	Banja, ekstrakcija plinova iz voda			
B	Zmijska Stijena	IB-2	6525190	4853835	496,50	SARAJEVS	427	Ilidža	TM	Termoene	3,2	58	76		18	A	HCO3-SO4	H2S-CO2,	H2SiO3 ≥ 9	dolomitsk	Banja, ekstrakcija plinova iz voda			
B	Ljetna pozornica	PP-1	6525090	4853540	500,50	SARAJEVS	431	Ilidža	TM	Bez koriš	2,7	58	50			A	HCO3-SO4	H2S-CO2,	H2SiO3 ≥ 9	dolomitsk	Banja, ekstrakcija plinova iz voda			
B	Ljetna Pozornica	B-3A	6525125	4853575	498,70	SARAJEVS	429	Ilidža	TM	Banja/ Ba	4,1	57	10			A	HCO3-SO4	H2S-CO2,	H2SiO3 ≥ 9	pjeskoviti	Termoenergetika			
B	Ljetna pozornica	B-4 (46 m)	6525123	4853502	498,70	SARAJEVS	433	Ilidža	TM	Bez koriš	3,1	57				N	HCO3-SO4	H2S-CO2,	H2SiO3 ≥ 9	dolomitsk	Banja, termoenergetika			
I	Ilidža	Sumporovito vrelo	6525170	4853560	495,00	SARAJEVS	430	Ilidža	TM	Bez koriš	3	56,7	17			N	HCO3-SO4	H2S-CO2,	H2SiO3 ≥ 9	pjeskoviti	Banja, ekstrakcija plinova iz voda			
I	Zmijska Stijena	Novi izvor Zmijska Stij.	6525185	4853830	496,50	SARAJEVS	428	Ilidža	TM	Bez koriš	3,48	30,8	<0.1		-0,5	A	HCO3-SO4	H2S-CO2,	CO2 ≥ 500	pjeskoviti	Ne može se ocijeniti perspektivna namjena			
B	Banja Ilidža	B-10A	6525180	4853415	498,00	SARAJEVS	434	Ilidža	TM	Bez koriš	1,4	26	10		7	A	HCO3-Ca	H2S-CO2,	CO2 ≥ 500	pjeskoviti	Banja, ekstrakcija plinova iz voda, termoenergetika,			
B	Dolac-Ilidza	Fs-10a	6523850	4853725	495,00	SARAJEVS	426	Ilidža	TM	Bez korištenja		26				N		Neispitan	Nepoznat	krečnjačk	Ne može se ocijeniti perspektivna namjena			
B	Blažuj-Slana Bara	B-1	6522180	4854525	497,53	SARAJEVS	420	Ilidža	TM	Flaširanje	2,4	24,1		11,5		A	HCO3-Ca-	CO2	CO2 ≥ 500	krečnjak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda, termoenergetika,			
B	Butmir	IB-7	6525830	4853440	501,00	SARAJEVS	435	Ilidža	T	Bez koriš	0,3	22	14		8	A	HCO3-Ca-	O2-N2, N2	Nepoznat	krečnjak	Flaširanje, vodoobskrba			
B	Pejton	IB-10 Ilidža	6524490	4854193	494,20	SARAJEVS	425	Ilidža	TM	Bez koriš	1,1	19	27		11,2	A	HCO3-Ca-	CO2	Nema	krečnjačk	Flaširanje, vodoobskrba			
I	Blažuj-Mratnjevača	Kiseljak II Tešanović	6522025	4855020	495,00	SARAJEVS	416	Ilidža	TM	Bez koriš	2,4	19	<0.01			N	HCO3-SO4	CO2	Nepoznat	pjeskoviti	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja			
I	Blažuj-Slana Bara	Glavni kiseljak	6522170	4854535	497,00	SARAJEVS	419	Ilidža	TM	Bez koriš	2,4	16,5				N	HCO3-Ca-	CO2	CO2 ≥ 500	krečnjak	Banja, ekstrakcija plinova iz voda, termoenergetika,			
B	Sokolović Kolonija	IB-4	6525355	4852880	500,00	SARAJEVS	436	Ilidža	T	Rekreacija	0,42	14	6		7,5	A	HCO3-Ca-	O2-N2, N2	Nepoznat	dolomitsk	Flaširanje, vodoobskrba			
B	Tukovi-Plandište	BT-1 Tukovi	6523250	4854370	492,00	SARAJEVS	424	Ilidža	M	Bez koriš	3,7	11,5	0.3			A	HCO3-Ca-	CO2	CO2 ≥ 500	krečnjak	Flaširanje			
B	Plandište	Aqua vitae	6522675	4854125	495,00	SARAJEVS	423	Ilidža	M	Bez koriš	2,1					N	HCO3-Ca-	CO2	Nema	pjeskoviti	Flaširanje			
B	Blažuj	F-1	6522120	4854550	502,00	SARAJEVS	418	Ilidža	TM	Bez koriš	2,35				-2,15	A	HCO3-Ca-	CO2	CO2 ≥ 500	pjeskoviti	Banja, rekreacija, termoenergetika			
B	Blažuj	F-2	6522050	4854700	502,00	SARAJEVS	417	Ilidža	TM	Bez koriš	1,1				-2,7	A	HCO3-Ca-	CO2	CO2 ≥ 500	pjeskoviti	Banja, rekreacija, termoenergetika			
I	Blažuj-Mratnjevača	Kiseljak I Tešanović	6522000	4855050	495,00	SARAJEVS	415	Ilidža	TM	Bez koriš	2,3		0			N	HCO3-SO4	CO2	Nepoznat	pjeskoviti	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja			
B	Blažuj-Slana Bara	P-1	6522170	4854510	497,00	SARAJEVS	422	Ilidža	TM	Bez koriš	2,4					N	HCO3-Ca-	CO2	CO2 ≥ 500	krečnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova važi iz voda, banja			
B	Blažuj-Slana Bara	P-2	6522190	4854515	497,00	SARAJEVS	421	Ilidža	TM	Bez koriš	2,4					N	HCO3-SO4	CO2	Nepoznat	krečnjak	Flaširanje, ekstrakcija plinova iz voda, banja			
B	Garovci	RB-1	6517500	4854175	540,00	SARAJEVS	440	Hadžići	TM	Bez koriš	2,9	19	7			A	SO4-Ca	O2-N2, N2	Nepoznat	dolomitsk	Flaširanje			
B	Mostarsko raskršć	CC WELL/ Coca-Cola	6519500	4855925	516,00	SARAJEVS	439	Hadžići	T	Flaširanje	0,42	18	14	32	10	A	HCO3-Mg-	O2-N2, N2	Nema	krečnjak i	Vodoopskrba			
B	Šamin Gaj	CCB&H Šamin Gaj	6517025	4858200	559,00	SARAJEVS	438	Hadžići	T	Vodosnab	0,47	13,4	2.5			A	HCO3-Ca-	O2-N2, N2	Nema	krečnjak i	Flaširanje			
I	Tarčin-Ramići	Izvor kod kuće H. Trnke	6510975	4849350	663,00	SARAJEVS	443	Hadžići	M	Bez koriš	1,6	12	4			A	SO4-Ca	O2-N2, N2	Nepoznat	klastiti sa	Flaširanje			
I	Tarčin-Ramići	Izvor u Ramićkom p.	6510825	4849250	668,00	SARAJEVS	445	Hadžići	M	Bez koriš	1,4	12	5			A	SO4-Ca	O2-N2, N2	Nepoznat	klastiti sa	Flaširanje			
I	Slvice	Ljubinovac	6509300	4850587	670,00	SARAJEVS	441	Hadžići	M	Bez koriš	2,1	12	6			A	SO4-HCO3	O2-N2, N2	Nema	klastiti sa	Flaširanje			
I	Tarčin-Ramići	Kaptirani izvor Ramići	6510872	4849300	665,00	SARAJEVS	444	Hadžići	M	Bez koriš	1,9	11,5	3			A	SO4-HCO3	O2-N2, N2	Nepoznat	klastiti sa	Flaširanje			
I	Slvice	Potkapuća	6509425	4850575	670,00	SARAJEVS	442	Hadžići	M	Bez koriš	2,4	11,5	1			A	SO4-Ca-N	O2-N2, N2	Nepoznat	klastiti sa	Flaširanje			
I	Mehina Luka-njive	Izvor sumporne vode	6509175	4844700	820,00	SARAJEVS	446	Hadžići	M	Bez koriš	2,6	11	0.1			A	SO4-Ca-N	O2-N2, N2	Nepoznat	klastiti sa	Flaširanje			
B	Hrasno	B-7	6531875	4856275	540,00	SARAJEVS	437	Grad Sara	M	Bez koriš	1	14	0.1			N	HCO3-Na	O2-N2, N2	Nepoznat	pješčar	Ne može se ocijeniti perspektivna namjena			

Maksimalna temperatura (°C)	14
Broj izvora	10
Prosječna temperatura (°C)	13,56923

Toplotne vodljivosti stijena

VRSTA STIJENE	TOPL. VODLJIVOST (Wm-1 K-1)	PROSJEK
Suhi pijesak	0,1 – 0,3	0,2
Mokri pijesak (masni)	1,1 – 2,2	1,7
Masna (mokra) glina	0,7 – 1,5	1,1
Ilovača, pjeskovita ilovača	0,8 – 2,3	1,6
Crvene gline	0,6 – 0,9	0,8
Globigerinski mulj, glacij.	0,8 – 1,3	1,1
Mulj i pijesak (jezerski)	0,7 – 1,2	1,0
Kvarcit	3,6 – 7,4	5,5
Dolomit	2,6 – 5,7	4,2
Krečnjak	2,0 – 2,8	2,4
Pješćar	1,5 – 6,4	3,5
Škriljac	1,2 – 2,8	2,0
Laporac	0,9 – 2,7	1,8
Konglomerat	1,0 – 4,7	2,9
Ugalj	0,1 – 0,3	0,2
Kamena so	4,5 – 5,8	5,2
Anhidrit	4,4 – 5,8	5,1
Silvinit	5,0 – 5,6	5,3
Granit	2,6 – 3,7	3,2
Sijenit	2,7 – 3,9	3,3
Granodiorit	2,6 – 3,4	3,0
Gabro	2,6 – 3,3	3,0
Norit	2,3 – 3,0	2,7
Lava	2,6 – 3,1	2,9
Kvarc, feldspat, porfir	3,2 – 3,6	3,4
Bazalt	1,6 – 5,4	3,5
Dolerit	2,6 – 4,3	3,5
Peridotit	4,2 – 5,8	5,0