

**PLAN RAZVOJA GEOTERMALNOG POTENCIJALA REPUBLIKE  
HRVATSKE DO 2030. GODINE**

Zagreb, ožujak 2023. godine

# SADRŽAJ

1	UVOD.....	3
1.1	STRATEŠKI I ZAKONODAVNI OKVIR ISTRAŽIVANJA I EKSPLOATACIJE GEOTERMALNIH VODA ZA ENERGETSKE SVRHE.....	3
1.2	GEOTERMALNI POTENCIJAL REPUBLIKE HRVATSKE .....	8
1.3	TREKUTNO STANJE ISTRAŽIVANJA I EKSPLOATACIJE GEOTERMALNE VODE U ENERGETSKE SVRHE 12	
1.4	GEOLOŠKE ZNAČAJKE HRVATSKOG DIJELA PANONSKOG BAZENA.....	14
1.4.1	Geološke značajke Murske depresije .....	17
1.4.2	Geološke značajke Dravske depresije.....	17
1.4.3	Geološke značajke Savske depresije.....	18
1.4.4	Geološke značajke Slavonsko-srijemske depresije.....	18
2	MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA PRILIKOM PROVOĐENJA PLANA RAZVOJA GEOTERMALNOG POTENCIJALA REPUBLIKE HRVATSKE DO 2030.....	21
3	ISTRAŽIVANJE GEOTERMALNE VODE U ENERGETSKE SVRHE.....	23
3.1	GEOFIZIČKA SNIMANJA.....	24
3.2	IZRADA ISTRAŽNIH BUŠOTINA .....	25
3.3	MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA U FAZI ISTRAŽIVANJA GEOTERMALNIH VODA U ENERGETSKE SVRHE ...	27
4	EKSPLOATACIJA GEOTERMALNE VODE U ENERGETSKE SVRHE.....	33
4.1	AKTIVNOSTI U FAZI EKSPLOATCIJE KOD UPOTREBE GEOTERMALNE VODE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE I/ILI TOPLINSKE ENERGIJE.....	34
4.1.1	Upotreba geotermalne vode za proizvodnju električne energije.....	34
4.1.2	Upotreba geotermalne vode za proizvodnju toplinske energije.....	35
4.2	AKTIVNOSTI U FAZI EKSPLOATCIJE KOD UPOTREBE GEOTERMALNE VODE ZA POLJOPRIVREDNE SVRHE	35
4.3	MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA U FAZI EKSPLOATACIJE GEOTERMALNIH VODA ZA ENERGETSKE SVRHE	36
5	MJERE UBLAŽAVANJA ZNAČAJNIH NEGATIVNIH UTJECAJA PLANA NA CILJEVE OČUVANJA I CJELOVITOST PODRUČJA EKOLOŠKE MREŽE .....	41
6	ZAKLJUČAK.....	43

## 1 UVOD

### 1.1 STRATEŠKI I ZAKONODAVNI OKVIR ISTRAŽIVANJA I EKSPLOATACIJE GEOTERMALNIH VODA ZA ENERGETSKE SVRHE

**Plan razvoja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske do 2030. godine (u daljnjem tekstu: Plan) izrađuje se sukladno članku 5. stavka 5. Zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika (Narodne novine, 52/18, 52/19 i 30/21). Ovaj Plan je usklađen sa Strategijom energetske razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu (Narodne novine, 25/20) (u daljnjem tekstu: Strategija).**

Razlozi donošenja Plana su potreba da se osigura dalji razvoj i korištene geotermalne energije kao domaćeg obnovljivog potencijala koji se treba šire koristiti u energetske transformacijama za proizvodnju električne energije odnosno za grijanje i hlađenje.

Planom se određuje širi prostor na kojem će se istraživati, razvijati i eksploatirati geotermalni potencijal, metode pridobivanja geotermalne vode u energetske svrhe, tehniku i tehnologiju pridobivanja, način upotrebe od strane krajnjeg korisnika te usmjeravanje energetske razvoja Republike Hrvatske u smjeru zelene energije.

Planom se razmatra prostor panonskog bazena Republike Hrvatske, te obuhvaća sljedeće županije: Karlovačka županija, Grad Zagreb, Zagrebačka županija, Međimurska županija, Krapinsko - zagorska županija, Varaždinska županija, Koprivničko – križevačka županija, Sisačko – moslavačka županija, Bjelovarsko – bilogorska županija, Virovitičko – podravska županija, Brodsko – posavska županija, Osječko – baranjska županija, Požeško – slavonska županija i Vukovarsko – srijemska županija.

Geotermalne vode jedan su od obnovljivih izvora energije čiji je doprinos ugrađen u ostvarenja ciljeva *Strategije* i tranzicije na niskougljično gospodarstvo. Geotermalna energija sadrži sve ključne elemente oblikovanja nacionalne zelene politike sadržane u pet dimenzija energetske unije, a to su: dekarbonizacija, energetska učinkovitost, energetska sigurnost, unutarnje energetske tržište te istraživanje, inovacije i konkurentnost.

Korištenjem energije iz obnovljivih izvora energije ostvaruju se interesi Republike Hrvatske u području energetike u smislu ostvarenja nacionalnog cilja od najmanje 36,6% obnovljivih izvora energije u konačnoj potrošnji energije do 2030. godine u Republici Hrvatskoj.

Sukladno *Strategiji energetske razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu* te *Strategiji prostornog razvoja Republike Hrvatske* (Narodne novine, 106/17) potrebno je poticati proizvodnju električne energije kod višenamjenskog korištenja geotermalne energije te razvoj gospodarskih zona uz korištenje otpadne topline iz geotermalne elektrane. Osim za proizvodnju električne energije, potrebno je poticati iskorištavanje geotermalne energije za turističko-rekreacijske sadržaje, ali i za grijanje prostora, pripremu potrošne tople vode, za poljoprivrednu proizvodnju, industrijsku preradu poljoprivrednih proizvoda, uzgoj riba i dr. Ekonomski je opravdano

iskorištavanje postojećih geotermalnih bušotina i ekonomski povoljna razrada bušotina radi upotrebe geotermalne energije te iskorištavanje srednjotemperaturnih ležišta za razvoj.

Plan gospodarenja geotermalnim vodama za energetske svrhe u skladu je i s ciljevima *Integriranog nacionalnog energetskog i klimatskog plana za razdoblje od 2021. do 2030. godine*. U Integriranom energetskom i klimatskom planu posebna pozornost posvećena je ciljevima do 2030. godine, a koji uključuju smanjenje emisija stakleničkih plinova, upotrebu energije iz obnovljivih izvora te energetske učinkovitost i međusobnu elektroenergetsku povezanost. Prema Direktivi o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora 2018/2001 od 11. prosinca 2018., sve države članice se obvezuju povećati udio OIE za grijanje i hlađenje za 1,3 postotna boda godišnje, odnosno 1,1 postotna boda godišnje ako se ne koristi otpadna toplina, kao godišnji prosjek za razdoblje od 2021. do 2025. godine i razdoblje od 2026. do 2030. godine, u odnosu na ovaj udio u 2020. godini.

Geotermalna energija predstavlja obnovljiv izvor energije baznog tipa što znači da je proizvodnja energije moguća 24/7 kroz cijelu godinu što pridonosi visokoj učinkovitosti geotermalnih energetskih postrojenja.

Korištenjem geotermalne energije smanjuje se potrošnja konvencionalnih energenata (pr. fosilnih goriva) što rezultira pozitivnim utjecajem na okoliš. Na taj način geotermalne vode za energetske svrhe pridonose ciljevima Integriranog nacionalnog energetskog i klimatskog plana kroz mjeru povećanja učinkovitosti sustava toplinarstva.

Nastavno na te smjernice, Strategijom i Integriranim nacionalnim energetskim i klimatskim planom, potiče se istraživanje i eksploatacija geotermalnih voda, a u skladu s geotermalnim potencijalom svakog pojedinog područja.

Aktivnosti koje se izvode za potrebe istraživanja i eksploatacije geotermalnih voda u energetske svrhe provode se temeljem *Zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika* (Narodne novine, 52/18, 52/19 i 30/21) (u daljnjem tekstu : Zakon).

Zakonom se potiču ulaganja u geotermalne izvore koji trenutno predstavljaju jedan od najneiskoristivijih energetskih potencijala u Republici Hrvatskoj. Uspostavljena je jedinstvena baza geoloških i geofizičkih podataka kao i podataka o bušotinama s ugljikovodičnim, geološkim i po prvi puta geotermalnim potencijalima. Na taj način su na jednom mjestu objedinjeni energetske resursi Hrvatske, što povećava učinkovitost administracije u upoznavanju potencijalnih investitora s mogućnostima ulaganja.

Promjena gospodarskog okruženja u razdoblju energetske tranzicije i sve veći interes investitora kojima je, u svrhu ulaganja u istraživanje i eksploataciju geotermalnih voda, bilo potrebno omogućiti viši stupanj pravne sigurnosti i fleksibilnosti u realizaciji projekata, ukazali su na potrebu reguliranja postupaka istraživanja i eksploatacije geotermalnih voda na način koji je definiran i prihvaćen u svjetskoj praksi. Također, novim izmjenama i dopunama Zakona olakšane su administrativne barijere koje se prije svega odnose na postupke prostornog planiranja (planiranje područja s geotermalnim potencijalom u postupcima izrade prostornih planova) kao i na mogućnost utvrđivanja geotermalnog potencijala prije provođenja nadmetanja.

Sukladno odredbama *Zakona o energetske učinkovitosti* (Narodne novine, 127/14, 116/18, 25/20, 32/21, 41/21), Plan razvoja geotermalnog potencijala RH implementira i načela propisana zakonom, a kako bi se geotermalna energija koristila za postizanje zadanih ciljeva. Zakonom o energetske učinkovitosti u hrvatsko zakonodavstvo prenesene su odrednice Direktive 2012/27/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 25. listopada 2012. o energetske učinkovitosti. Zakon između ostaloga, ima za cilj uspostavu mehanizama kojima će se ostvariti energetske uštede u neposrednoj potrošnji energije na način na koji je to propisano Direktivom 2012/27/EU. Sama Direktiva 2012/27/EU je donesena kako bi se otklonili nedostaci na tržištu energije i kako bi se uspostavili jasni mehanizmi za ostvarenje energetske i okolišne ciljeva poput smanjivanja ovisnosti o uvozu energije, poboljšanja kvalitete zraka i javnog zdravlja i smanjivanje emisije stakleničkih plinova. Načelo energetske učinkovitosti zahtijeva da se sve gospodarske aktivnosti i budući projekti promatraju kroz doprinos mjerama za poboljšanje energetske učinkovitosti, te ima za cilj potporu okvira za olakšavanje održivih ulaganja u sektorima energetike, prometa, graditeljstva, industrije i ostalo, a u smislu učinkovitije uporabe energije u svim fazama energetske lanca, od proizvodnje do krajnje potrošnje

Plan razvoja geotermalnog potencijala RH također je usklađen sa *Zakonom o obnovljivim izvorima energije i učinkovitoj kogeneraciji* (Narodne novine, 100/15, 123/16, 131/17, 111/18) kroz koji se postojeći visoki udio obnovljivih izvora u grijanju i hlađenju, sukladno Direktivi (EU) 2018/2001, treba u narednom desetljeću povećavati, na način da svaka država članica nastoji povisiti udio obnovljive energije u tom sektoru okvirno za 1,1 % za Republiku Hrvatsku kao godišnji prosjek izračunat za razdoblje od 2021. do 2025. i od 2026. do 2030., polazeći od udjela obnovljive energije u sektoru grijanja i hlađenja u 2020. godini.

Temeljni dokument donesen na razini Europske unije kojim je definiran način učinkovitog korištenja prirodnih resursa jer *Europski zeleni plan (COM/2019/640)*. Kao preduvjet za ostvarenje navedenog plana postavljeno je ponovno razmatranje politike za opskrbu čistom energijom u gospodarstvu, industriji, proizvodnji i potrošnji, velikoj infrastrukturi, prometu, poljoprivredi i prehrambenom sektoru, građevinarstvu, poreznom sektoru i sektoru socijalne skrbi. Osnovni cilj je postizanje klimatske neutralnosti Europske unije do 2050. godine. Obnovljivi izvori energije, među kojima je i geotermalna energija, imat će središnju ulogu u tranziciji na čistu energiju i na takav će se način moći postići cilj smanjenja emisije stakleničkih plinova 2030. godine za više od 50 % u odnosu na 1990. godinu. Podrškom snažnijem uvođenju obnovljivih izvora energije u sve sektore društva i gospodarstva potaknula bi se dekarbonizacija energetske sektora. Pritom je važno iskoristiti smanjenje cijena energije dobivene iz obnovljivih izvora te razviti politike podrške kako bi taj oblik energije bio pristupačan za privatne korisnike.

U Direktivi 2018/2001 Europskog parlamenta i Europskog vijeća od 11. prosinca 2018. o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora definira se pojam geotermalne energije i osnovni uvjeti njezina korištenja. Prema navedenoj direktivi geotermalna energija je važan lokalni obnovljivi izvor energije koji ima znatno manje emisije od fosilnih goriva, a određene elektrane temeljene na geotermalnoj energiji stvaraju gotovo nultu emisiju štetnih plinova. Ipak, napominje se da, ovisno o geološkim obilježjima područja, neki oblici proizvodnje geotermalne energije nisu prihvatljivi, jer može doći do ispuštanja stakleničkih plinova i ostalih tvari iz podzemnih tekućina i drugih geoloških formacija koje imaju štetan utjecaj na prirodu i okoliš. Europska komisija ne podupire korištenje takvih oblika geotermalne energije, nego potiče korištenje isključivo onih oblika koji imaju nizak utjecaj na okoliš i stvaraju niže emisije stakleničkih plinova u odnosu na neobnovljive izvore energije. U toj su direktivi također utvrđeni načini i mogućnosti izgradnje toplinskih crpki koje bi koristile geotermalnu energiju, kao i uvjeti za certificiranje osoba koje implementiraju sustave za uporabu geotermalne energije na izgrađene objekte. Plan razvoja geotermalnog potencijala RH implementira zadane odrednice te se potiče korištenje geotermalne vode u energetske svrhe bez štetnih emisija stakleničkih plinova kroz geološku prospekciju i tehnološka rješenja. Također, prilikom ispuštanja tehnoloških voda u recipijente potrebno je sagledati utjecaj na okoliš i prihvatljivost prirasta količina i karakteristika tih voda na prirodne karakteristike, procese i staništa.

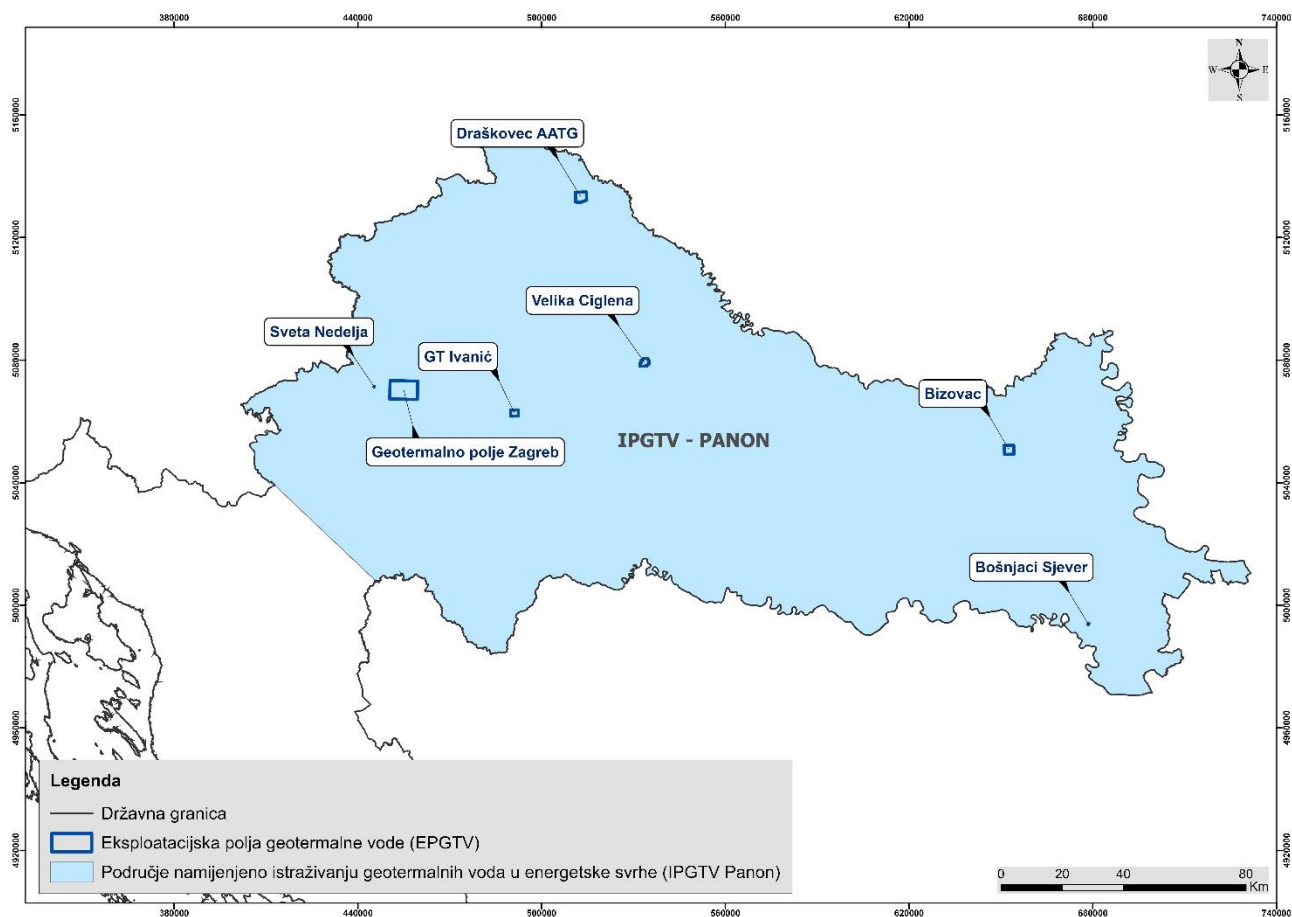
Direktiva 2018/2002 od 11. prosinca 2018., a kojom je izmijenjena Direktiva 2012/27/EU o energetske učinkovitosti uspostavlja se zajednički pravni okvir za promicanje energetske učinkovitosti unutar Europske unije, kako bi se osiguralo postizanje glavnih ciljeva energetske učinkovitosti Europske unije od 20 % smanjenja potrošnje energije u odnosu na projiciranu potrošnju u 2020. godini i najmanje 32,5 % smanjenja potrošnje energije u 2030. godini, a također se i određuje smjer za daljnja poboljšanja u području energetske učinkovitosti nakon 2030. godine. Napredak postignut u ostvarivanju ciljeva Europske unije za 2030., redovno će se ocjenjivati sukladno Uredbi (EU) 2018/1999 Europskog parlamenta i Vijeća. Važno je naglasiti obveze koje iz ove direktive prolaze na jedinice područne i lokalne uprave i samouprave, u cilju rješavanja učinkovitijeg grijanja i hlađenja na svojem području. U tom smislu je Agenciji dana ovlast da prije objave nadmetanja za geotermalne vode za energetske svrhe, a u ime Republike Hrvatske, može obavljati istražne radove u svrhu utvrđivanja geotermalnog potencijala. Na taj način, Agencija je svojim stručnim znanjima i dostupnim podacima aktivno uključena u poticanje razvoja geotermalnog potencijala kroz provedbu geotermalnih projekata, posebice onih koji mogu doprinijeti poboljšanju kvalitete življenja lokalnim zajednicama. Očekivanja su da se u takvoj sinergiji uz pomoć EU fondova do 2026. istraže geotermalni potencijali, a za vrijeme trajanja Programskog razdoblja 2021.-2027. neki od najperspektivnijih projekata i završe.

Bitno je imati u vidu da planiranje obnove javnih zgrada na razini lokalne odnosno područne samouprave treba sadržavati i komponentu povećanja OIE u grijanju i hlađenju te da se nove zgrade moraju graditi po nZEB (*Nearly zero-emission building*) standardu. Također, obzirom da je jedna od obveza Republike Hrvatske i dekarbonizacija nacionalnog fonda zgrada, istoj bi u najvećoj mjeri doprinijela upravo pretvorba postojećih centralnih toplinskih sustava (CTS) u učinkovite centralizirane daljinske sustave grijanja (i hlađenja), kao i proširenje postojećih toplovodnih mreža i

izgradnja novih učinkovitih CTS-ova. Na područjima gdje je geotermalna energija dostupna ona bi trebala biti prioritetni izbor za budući razvoj toplinskih sustava za potrebe ustanova, gospodarstva i kućanstva.

Osim navedenih direktiva, Europska unija u okviru svojih inicijativa za istraživanje i razvoj financira projekte istraživanja geotermalnih tehnologija te financira projekte koji se bave istraživanjem modela izravnog korištenja topline dobivene iz geotermalnih izvora, kao i neizravnog korištenja geotermalne energije pri čemu se toplota dobivena iz geotermalnog izvora koristi za dobivanje električne energije. Ciljevi navedenih projekata su istraživanje utjecaja korištenja geotermalne energije na okoliš i društvo te stvaranje preduvjeta za širenje i financijsku efikasnost sustava korištenja geotermalne energije. U sklopu navedenih programa potiče se i smanjenje troškova u istraživanju i bušenju tla prilikom ekstrakcije geotermalne energije budući kako je trošak izgradnje infrastrukture za geotermalnu energiju vrlo visok.

Područje namijenjeno istraživanju geotermalnih voda s postojećim eksploatacijskim poljima geotermalne vode prikazano je na Slici 1.

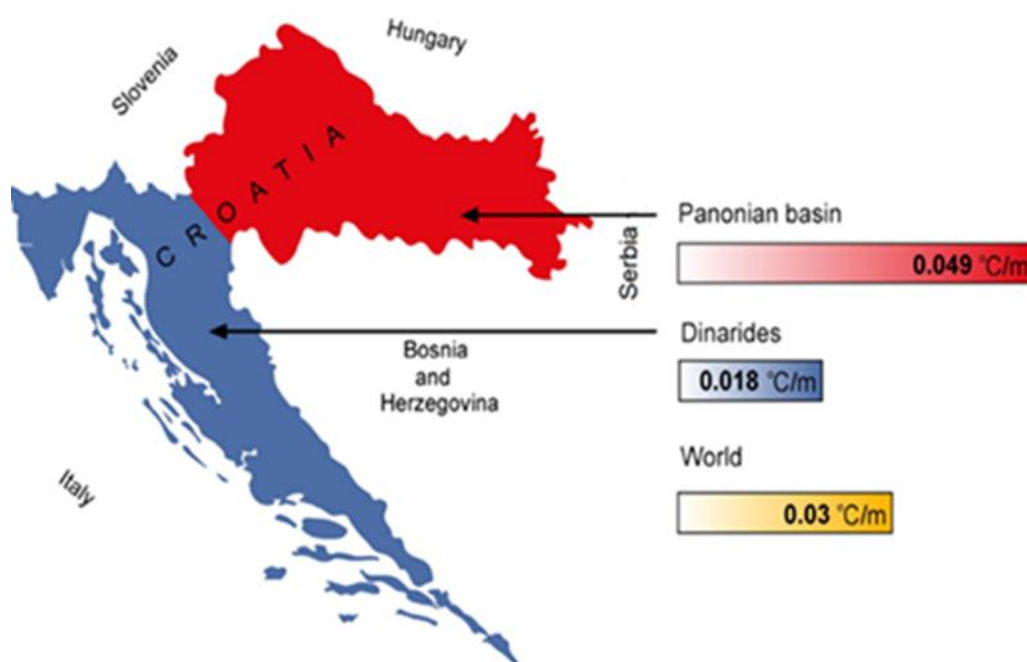


Slika 1. Područje namijenjeno istraživanju geotermalnih voda u energetske svrhe s postojećim eksploatacijskim poljima geotermalne vode

## 1.2 GEOTERMALNI POTENCIJAL REPUBLIKE HRVATSKE

Hrvatski dio Panonskog bazena možemo promatrati kao geotermalnu regiju budući da prosječna vrijednost geotermalnog gradijenta iznosi  $0,049\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$  te je isti čak za 60% viši od prosječnog europskog geotermalnog gradijenta (Slika 2).

Geotermalni potencijal Republike Hrvatske identificiran je u mnogobrojnim bušotinama izrađenim u drugoj polovici dvadesetog stoljeća za potrebe istraživanja i eksploatacije nafte i plina. Podaci prikupljeni iz izrađenih bušotina koriste se kao osnova za projektiranje i planiranje geotermalnih projekata na području Republike Hrvatske. Petrofizičke karakteristike ležišnih stijena (poroznost, propusnost, zasićenje vodom) procijenjene su iz laboratorijskih analiza jezgara i interpretacija karotažnih mjerenja, dok su fizičke karakteristike ležišta procijenjene iz analiza rezultata testiranja ležišta. Iz navedenih testiranja prikupljeni su podaci o geotermalnom fluidu u ležištu - salinitetu i sastavu (kemijska analiza vode), početnom ležišnom tlaku i ležišnoj temperaturi te proizvodnim karakteristikama ležišta (kapacitetu i proizvodnim uvjetima).



Slika 2. Geotermalni gradijent Republike Hrvatske

Najveći geotermalni potencijal utvrđen je u karbonatima (dolomiti, vapnenci i njihovi varijeteti mezozojske starosti (u podlozi neogena)) te u vapnenačko-dolomitnim brečama/brečokonglomeratima neogenske starosti i mezozojske starosti (u podlozi neogena). Karbonatna ležišta odlikuju se, osim visokim geotermalnim gradijentom i visokom propusnošću te je iz njih moguće ostvariti velike dotoke geotermalne vode. Uz temperaturu, za procjenu geotermalnog potencijala bilo je potrebno procijeniti i dotok geotermalne vode, koji nam govori koja se količina vode može pridobiti u sekundi i pretvoriti u toplinsku ili električnu energiju. Karbonatna ležišta pojavljuju se u Panonskom dijelu kao velika vodna tijela, tj. ležišta masivnog tipa. Manji geotermalni



potencijal utvrđen je u pješčenjacima i litotamnijskim vapnencima neogenske starosti budući da za ta ležišta nije karakteristična visoka propusnost pa je i dotok geotermalne vode nešto manji - što ih u većini slučajevima čini pogodnim za korištenje za potrebe toplinarstva i poljoprivredne svrhe.

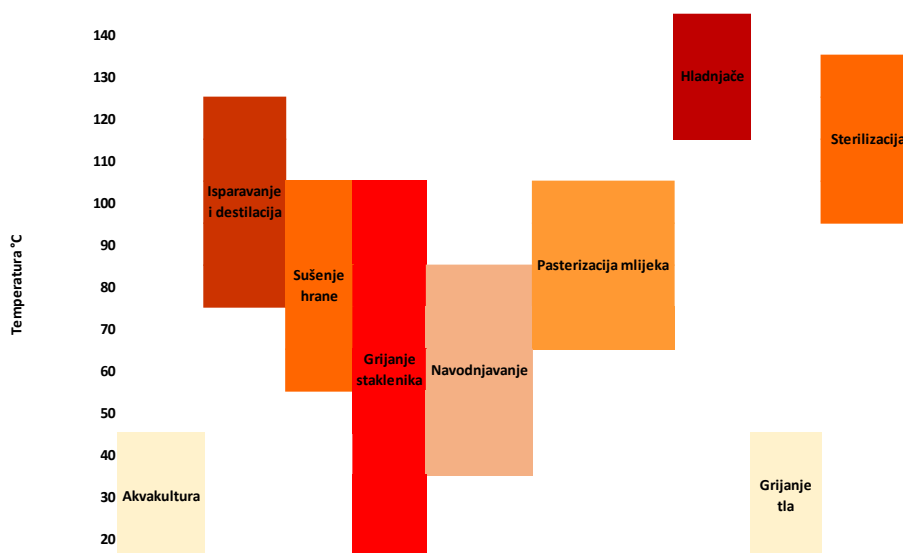
Potencijal visoko-temperaturnih geotermalnih ležišta ( $T > 100$  °C) promatra se kroz procjenu instalirane snage za proizvodnju električne energije, a nisko-temperaturna geotermalna ležišta ( $T < 100$  °C) promatraju se kroz potencijal izravnog korištenja topline s instaliranim kapacitetima. Geotermalne elektrane mogu raditi s faktorom kapaciteta i do 95% i to kontinuirano 24 sata, a da pritom ne ovise o vremenskim uvjetima. Također, mogu nadomjestiti proizvodnju energije u nedostatku ostalih obnovljivih izvora energije pa se iz tog razloga za geotermalnu energiju veže pojam bazne obnovljive energije. Ekološki je čista, koristi toplinu iz podzemlja i smanjuje emisiju stakleničkih plinova ( $\text{CO}_2$ ) u okoliš.

Uz proizvodnju električne energije, geotermalna energija ima veliki potencijal i u toplinarstvu – od grijanja stambenih zgrada, poslovnih prostora i bazena do poljoprivrede u kojoj geotermalna voda služi za grijanje plastenika, sušenje voća i povrća, ribogojilišta itd. Geotermalni sustavi imaju značajne prednosti u odnosu na ostale obnovljive sustave energije i jedan su od rijetkih izvora koji pruža hlađenje i grijanje iz iste instalacije.

Geotermalna energija u poljoprivredno-prehrambenom sektoru može se koristiti za grijanje staklenika i sterilizaciju tla, stvarajući rastuće okruženje pogodno za proizvodnju hrane na mjestima gdje prirodni uvjeti to ne bi dopuštali. Dodatno, zaštita od bolesti i ekstremnih vremenskih uvjeta povećavaju produktivnost i dostupnost poljoprivrednih proizvoda izvan sezone. Geotermalna energija može poslužiti i za sušenje, što pomaže sačuvati širok raspon hrane.

Primjena geotermalne vode u poljoprivredi ima širok raspon te zahvaća cijeli lanac poljoprivredno-prehrambene industrije - od uzgoja, do obrade i skladištenja.

Kod upotrebe geotermalne vode za poljoprivredne svrhe potrebno je napomenuti kako se geotermalna voda može koristiti na dva načina: direktnom upotrebom vode koja dolazi iz bušotine ili preko dubokih toplinskih izmjenjivača koji se instaliraju u bušotinu. Pri upotrebi dubinskih izmjenjivača topline voda cirkulira kroz proizvodnu kolonu bušotine te se utiskuje kroz prstenasti prostor. Na taj način potrebna je samo jedna bušotina za dobivanje topline. Kada se geotermalna voda koristi direktno iz bušotine, ovisno o njenom sastavu, potrebno ju je ponovno utisnuti u ležište, za što je potrebna dodatna bušotina. Na ovaj način mogu se dobiti veće količine energije.



Slika 3. Upotreba geotermalne vode u poljoprivredi (Lindalov dijagram <sup>1</sup>)

### Akvakultura (20°C-40°C)

Geotermalna voda može se koristiti za zagrijavanje slatke vode u izmjenjivačima topline ili pomiješana sa slatkom vodom kako bi se dobila prikladna temperatura za uzgoj ribe. Ovaj način primjene geotermalne vode prisutan je u 21 zemlji širom svijeta i uglavnom se koristi za ribnjake.

### Zagrijavanje tla (20°C-40°C)

Konstantna temperatura tla povećava prinose i može produžiti vegetacijsku sezonu. Zagrijavanje tla koristi se, na primjer, za uzgoj mrkve i kupusa.

### Grijanje staklenika (25°C-100°C)

Ovo je jedna od najčešće primjene geotermalne energije te se koristi u 31 državi širom svijeta. Koristi se uglavnom za grijanje staklenika u kojima se uzgaja povrće i voće te cvijeće, sobne biljke i sadnice drveća.

### Navodnjavanje (40°C-75°C)

U ovom rasponu temperature, geotermalna voda se može koristiti za zagrijavanje usjeva na otvorenim poljima i u staklenicima.

### Sušenje hrane / usjeva (oko 60 ° C do 100 ° C)

Niske do srednje temperature geotermalne vode mogu smanjiti potrošnju energije u procesu sušenja, na način da se količina vlage smanjuje na ispod 20%. Kod sušenja povrća, voća i ribe potrebne su temperature od 70°C - 95°C.

<sup>1</sup> Lindal, B., 1973. Industrial and other applications of geothermal energy. In: Armstead, H.C.H., ed., Geothermal Energy, UNESCO, Paris.

### **Pasterizacija mlijeka (oko 70°C do 100°C)**

Geotermalna voda može se koristiti za pasterizaciju mlijeka, dok se geotermalna para može koristiti za sušenje mlijeka i ultra-toplinsku obradu.

### **Isparavanje i destilacija (oko 80°C do 120°C)**

Ovo se obično koristi za odvajanje smjese i/ili za povećanje koncentracije neke komponente proizvoda. Primjeri uključuju isparavanje mlijeka, preradu šećera i likera.

### **Sterilizacija (> 105°C)**

Kako se za sterilizaciju hrane u industriji mesa i ribe koristi temperatura od 121°C, visokotemperaturne geotermalne vode mogu se koristiti za te svrhe. Na nešto nižim temperaturama (>105°C) geotermalna voda se može koristiti za sterilizaciju opreme za preradu hrane.

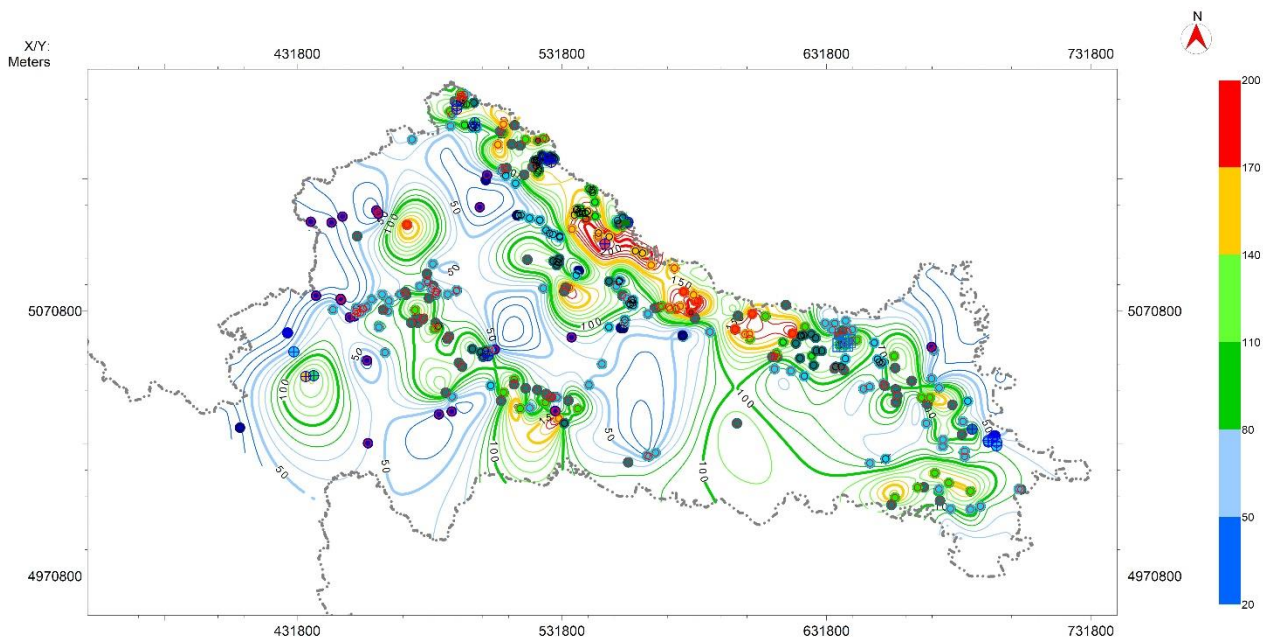
### **Rashlađivanje (> 120 ° C)**

Geotermalna energija može se koristiti i za hlađenje i to apsorpcijskom tehnologijom, koristeći ciklus amonijak / voda za primjene ispod 0 ° C.

Važno je napomenuti kako se geotermalna voda može koristiti kaskadno, tj. kod visokih se temperatura, tzv. viškovi energije mogu upotrijebiti u procesima za koje je potrebna niža temperatura.

Geotermalna energija kao stalni i sigurni izvor obnovljive električne i toplinske energije može pružiti konkretan doprinos u postizanju niskougličnih ciljeva. Rekonstrukcijom i proširenjem mreže toplinskih sustava velikih gradova omogućit će se priključenje novih kupaca, integracija toplinskih pumpi velikih snaga i geotermalnih izvora uz smanjenje tehničkih gubitaka, stvaranje preduvjeta za niskotemperaturni pogon toplinskih sustava te širu primjenu daljinskih sustava za potrebe grijanja i hlađenja. Također, geotermalne elektrane se u okviru Strategije smatraju izrazito konkurentnim.

Analizom podataka iz postojeće baze bušotinskih, geoloških i geofizičkih podataka, izrađena je karta maksimalnih temperatura izmjerenih u bušotinama (Slika 4.). Temeljem utvrđenih temperatura i analiziranih bušotinskih podataka, na području hrvatskog dijela Panonskog bazena izdvojeno je više od 70 lokaliteta s geotermalnim potencijalima na kojima je moguće korištenje geotermalne energije u različite svrhe (proizvodnja električne energije, grijanje/hlađenje, poljoprivreda...). Preliminarne procjene ukazuju na potencijal geotermalne energije na području Republike Hrvatske od 1GW.



Slika 4 Karta maksimalnih temperatura izmjerenih na bušotinama

### 1.3 TRENUTNO STANJE ISTRAŽIVANJA I EKSPLOATACIJE GEOTERMALNE VODE U ENERGETSKE SVRHE

U Republici Hrvatskoj trenutno je 7 aktivnih prostora na kojima se obavlja eksploatacija geotermalne vode u energetske svrhe (Tablica 1.) čija je namjena proizvodnja električne i toplinske energije. Također, trenutno je dodijeljeno 16 dozvola za istraživanje na 16 istražnih prostora (**Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**, Slika 5.).

Tablica 1. Trenutno aktivni prostori na kojima se obavlja gospodarska djelatnost eksploatacije geotermalne vode u energetske svrhe u Republici Hrvatskoj

REDNI BR.	NAZIV EKSPLOATACIJSKOG POLJA (EPGTV)	POVRŠINA km <sup>2</sup>
1	Bošnjaci Sjever	0,05
2	Draškovec AATG	11,18
3	Geotermalno polje Zagreb	54,00
4	GT Bizovac	9,00
5	GT Ivanić	5,00
6	Velika Ciglena	5,94
7	Sveta Nedjelja	0,01

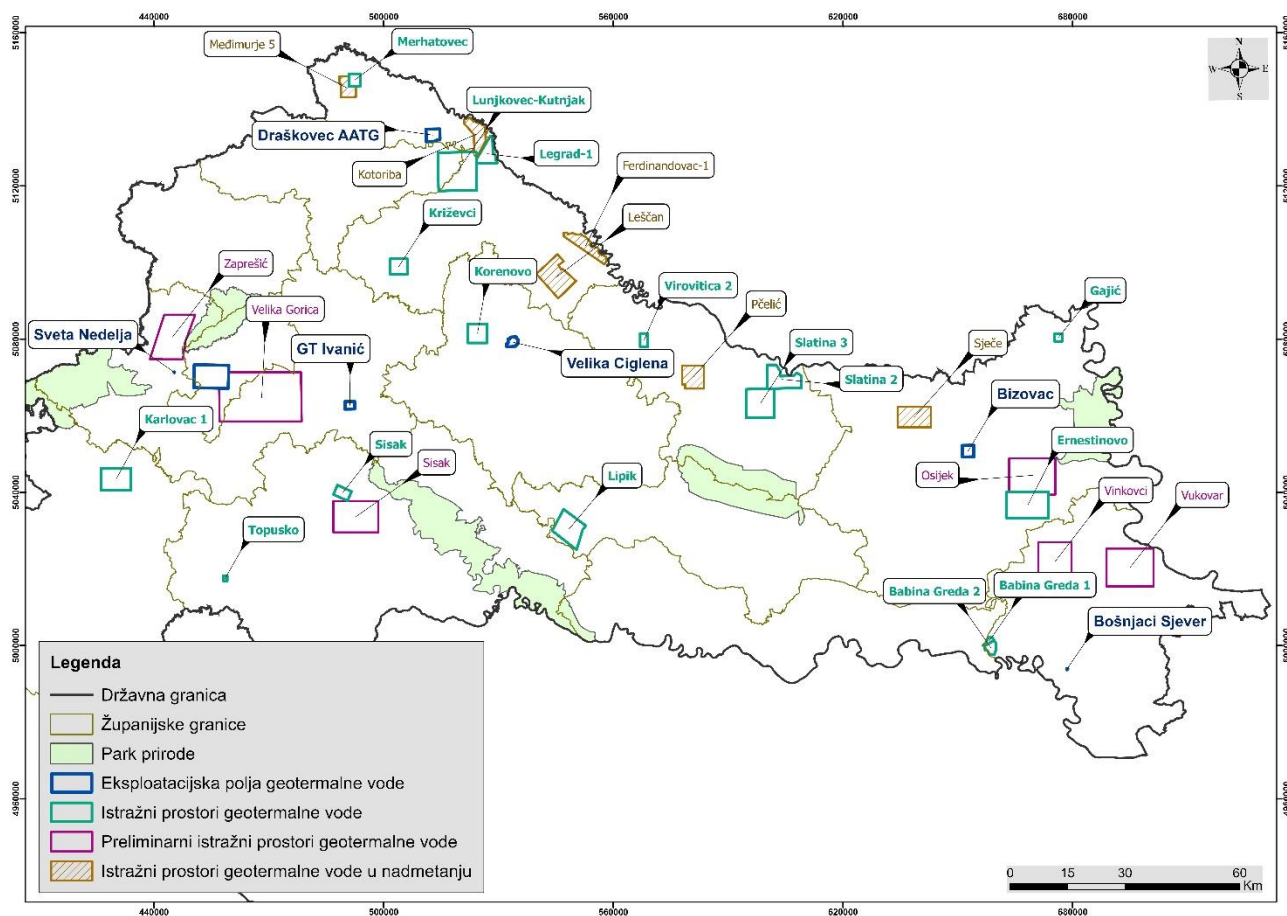
Tablica 2. Trenutni prostori na kojima se obavljaju istražne aktivnosti s ciljem eksploatacije geotermalne vode u energetske svrhe u Republici Hrvatskoj

REDNI BR.	NAZIV PROSTORA (IPGTV)	POVRŠINA km <sup>2</sup>
1	Babina Greda 1	2,64
2	Babina Greda 2	7,70
3	Ernestinovo	76,66
4	Karlovac 1	44,98
5	Korenovo	25,00
6	Križevci	18,45
7	Legrad-1	20,89
8	Lunjkovec-Kutnjak	99,97
9	Merhatovec	9,59
10	Slatina 2	38,77
11	Slatina 3	55,26
12	Virovitica 2	7,00
13	Sisak	10,78
14	Topusko	1,42
15	Lipik	47,53
16	Gajić	4,00

Osim navedenih istražnih aktivnosti, Agencija u ime Republike Hrvatske trenutno provodi istražne radove potrebne za utvrđivanje geotermalnog potencijala, a temeljem izrađenog projekta Razvoja geotermalnog potencijala za potrebe toplinarstva koji je uvršten u *Nacionalni plan oporavka i otpornosti* (NPOO). Kroz mjeru C1.2. R1-I2 *Poticanje energetske učinkovitosti, toplinarstva i obnovljivih izvora energije za dekarbonizaciju energetskog sektora*, Agenciji za ugljikovodike namijenjena su sredstva u iznosu od gotovo 30 milijuna eura za potvrđivanje geotermalnog

potencijala. Od početnih devet (9) lokacija s utvrđenim geotermalnim potencijalom, odabrano je šest (6) preliminarnih istražnih prostora sukladno određenim kriterijima na kojima su obavljena geofizička snimanja te će Agencija u sklopu preliminarnih istražnih radova izraditi po jednu istražnu bušotinu na dva preliminarna istražna prostora. Ovakav obujam istražnih radova smanjuje geološki rizik za daljnji razvoj geotermalnih projekata ali i smanjuje visoko početno kapitalno ulaganje.

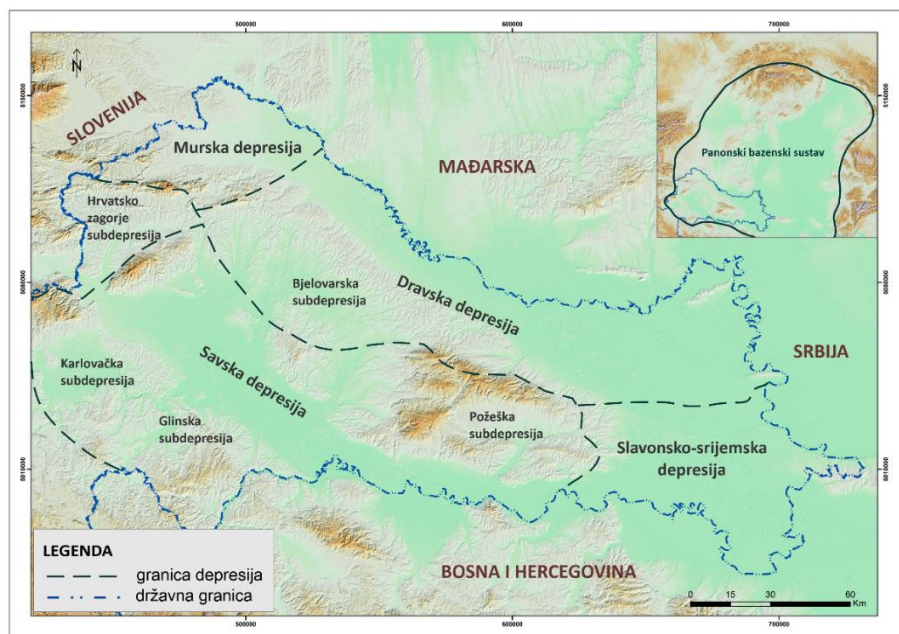
Agencija izradom bušotina završava svoj posao i sukladno zakonu prostori će se dati na javno nadmetanje, isključivo za potrebe toplinarstva. Na područjima gdje neće biti istražnih bušotina postojat će precizniji podaci, dostupne izrađene studije, koji će biti osnova za daljnji razvoj budućih geotermalnih projekata.



Slika 5. Trenutno aktivni prostori na kojima se obavlja gospodarska djelatnost eksploatacije i istraživanja geotermalne vode u energetske svrhe u Republici Hrvatskoj

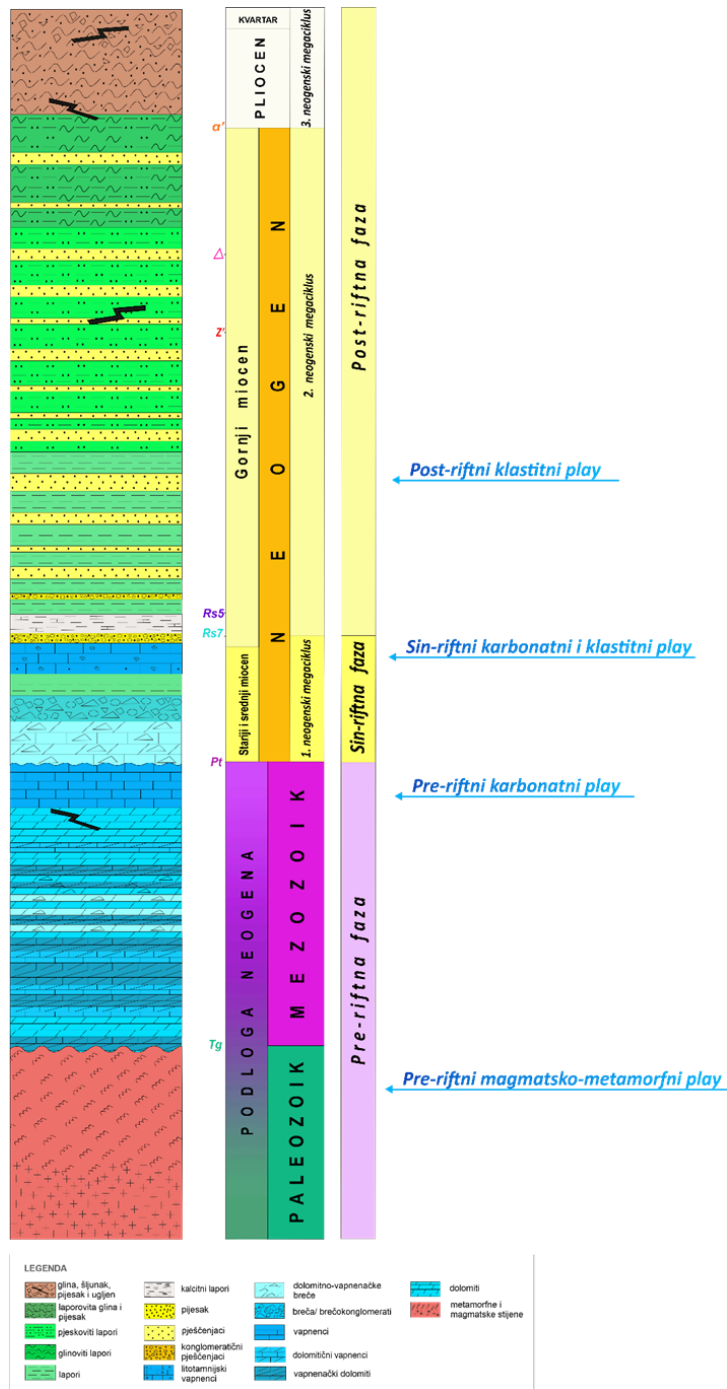
#### 1.4 GEOLOŠKE ZNAČAJKE HRVATSKOG DIJELA PANONSKOG BAZENA

Hrvatski dio Panonskog bazena nalazi se na jugozapadu velike tektonske jedinice Panonskog bazenskog sustava (PBS) te se rasprostire površinom od oko 26.000 km<sup>2</sup> unutar kojega su smještene 4 glavne depresije: Murska, Dravska, Savska i Slavonsko-srijemska s pripadajućim subdepresijama (Slika 6).



Slika 6. Depresije hrvatskog dijela Panonskog bazena

Depresije unutar hrvatskog Panonskog bazena izgrađene su od dvaju kompleksa stijena. Podlogu neogena čini magmatsko–metamorfni kompleks paleozojske starosti (tzv. Temeljno gorje) te sedimenti mezozojske i paleogenske starosti, dok sedimentnu ispunu bazena karakteriziraju naslage neogena i kvartara. Karbonatno-klastični kompleks mezozojske starosti u podlozi neogena (tzv. Podloga tercijara) karakterizira heterogeni litološki sastav: vapnenci, dolomiti, breče, konglomerati te njihovi varijeteti. Podloga tercijara u podini je omeđena elektrokarotajnim (EK) markerom *Tg*, a u krovini EK-markerom *Pt* (Slika 7Slika 7).



Slika 7. Generalni litostratigrafski stup

Sedimentnu ispunu bazena čine klastiti i lapori s različitim varijetetima neogenske i kvartarne starosti. Također, u podinskom dijelu sedimentne ispunne bazena mogu se pojaviti i litotamnijski vapnenci srednjeg miocena (pretežito baden) čija je krovina definirana EK-markerom Rs7. Sedimenti bazenske ispunne razlučeni su litostratigrafske jedinice odnosno formacije čija se nomenklatura razlikuje za svaku pojedinu depresiju.

Na slici 6 prikazan je generalni slijed naslaga unutar depresija s prikazanim vrstama play-eva značajnim za područja istraživanja geotermalnih potencijala. Potrebno je naglasiti kako je podjela



na četiri geotermalna play-a načinjena prema različitoj vrsti stijena i različitim fazama razvoja Panonskog bazena. Podjela geotermalnog potencijala na ovakav način, potvrđena je činjenicom kako se geotermalne vode u energetske svrhe već pridobivaju iz sva četiri geotermalna play-a na postojećim eksploatacijskim poljima geotermalne vode.

#### 1.4.1 Geološke značajke Murske depresije

Sedimenti bazenske ispune neogensko-kvartarne starosti unutar Murske depresije razlučeni su u tri litostratigrafske jedinice odnosno formacije.

Mursko-sobotska formacija definirana je tektonsko-erozijskom diskordancijom  $Pt/Tg$  u podini i EK-markerom  $Rs5$  u krovini. Odlikuje se heterogenim litološkim sastavom, a kronostratigrafski obuhvaća stariji, srednji miocen te najstariji dio mlađeg miocena (dio donjeg panona). Formacija se litološki sastoji od: konglomerata, breča, laporovitih pješčenjaka, kalcitčnih pješčenjaka, litotamnijskih vapnenaca, kalcitčnih lapora, glinovitih lapora te njihovih varijeteta.

Lendavska formacija omeđena je EK-markerima  $Rs5$  i  $b$  te predstavlja približni ekvivalent naslagama panonske i najdonjeg dijela gornjopontske starosti. Formaciju karakteriziraju pjeskoviti i glinoviti lapori te pješčenjaci.

Formacija Mura obuhvaća naslage najmlađeg dijela miocena (gornjeg pont), pliocena i kvartara. Naslage karakterizira heterogeni sastav te tako dominiraju pješčenjaci i pijesci, pjeskoviti i glinoviti lapori, šljunci te gline s mjestimičnim pojavama proslojaka ugljena. Podinu formacije određuje EK-marker  $b$ , dok krovinu formacije definira površina terena.

#### 1.4.2 Geološke značajke Dravske depresije

Sedimenti bazenske ispune neogensko-kvartarne starosti unutar Dravske depresije razlučeni su u pet formacija.

Moslavačka gora formacija definirana je tektonsko – erozijskom diskordancijom  $Pt/Tg$  u podini i EK-markerom  $Rs5$  u krovini. Odlikuje se heterogenim litološkim sastavom, a kronostratigrafski obuhvaća stariji i srednji miocen te najstariji dio mlađeg miocena (donji panon). Formacija se litološki sastoji od: konglomerata, breča, laporovitih pješčenjaka, kalcitčnih pješčenjaka, litotamnijskih vapnenaca, kalcitčnih lapora, glinovitih lapora te njihovih varijeteta.

Ivanić-Grad formacija omeđena je EK-markerima  $Rs5$  i  $Z'$  te predstavlja približni ekvivalent naslagama gornjopanonske starosti. Formaciju karakteriziraju pjeskoviti, glinoviti i siltozni lapori te pješčenjaci. Pojava kalcitčnih lapora često se javlja u podinskom dijelu formacije.

Kloštar Ivanić formacija definirana je EK-markerima  $Z'$  i  $\Delta$ , a litološki se odlikuje pjeskovitim i glinovitim laporima te pješčenjacima donjopontske starosti.

Bilogora formacija obuhvaća slijed naslaga gornjopontske starosti koji je omeđen EK-markerima  $\Delta$  i  $\alpha'$ . Formaciju litološki definira pojava pijesaka do slabovezanih pješčenjaka, laporovitih glina, glinovitih ili pjeskovitih lapora s mogućim proslojcima ugljena.

Lonja formacija obuhvaća naslage pliocena i kvartara. Naslage karakterizira heterogeni sastav te tako dominiraju pijesci, šljunci te pjeskovite i laporovite gline s mjestimičnim pojavama proslojaka ugljena. Podinu formacije određuje EK-marker  $\alpha'$ , dok krovinu formacije definira površina terena.

#### 1.4.3 Geološke značajke Savske depresije

Sedimenti bazenske ispune neogensko-kvartarne starosti unutar Savske depresije razlučeni su u šest formacija.

Prečec formacija omeđena je tektonsko – erozijskom diskordancijom  $Pt/Tg$  u podini i EK-markerom  $Rs7$  u krovini. Odlikuje se heterogenim litološkim sastavom, a kronostratigrafski gledano obuhvaća stariji i srednji miocen. Najzastupljene stijene su: konglomerati, breče, laporoviti pješčenjaci, pjeskoviti lapori, kalcitični pješčenjaci, vapnenci te litotamnijski vapnenci.

Prkos formacija obuhvaća naslage donjopanonske starosti, a iste se odnose na tzv. „bijele lapore“. Njihov litološki sastav se postupno mijenja od vapnenih lapora do pješčenjaka arkoznog i subarkoznog tipa. Formacija je omeđena EK-markerima  $Rs7$  i  $Rs5$ .

Formacija Ivanić-Grad omeđena je EK-markerima  $Rs5$  i  $Z'$  te predstavlja približni ekvivalent naslaga gornjopanonske starosti. Formaciju karakteriziraju izmjene pjeskovitih i glinovitih laporas pješčenjacima i silitima.

Kloštar-Ivanić formacija ograničena je EK-markerima  $Z'$  i  $R\phi$ , a litološki se odlikuje laporima s brojnim varijetetima i pijescima/pješčenjacima donjopontske starosti.

Široko Polje formacija obuhvaća slijed naslaga najgornjeg dijela donjeg pontaa i gornjeg pontaa. Sedimenti formacije Široko Polje konkordantno naližežu na starije naslage, a sastoje se od pješčenjaka i pijesaka te pjeskovitih i glinovitih lapora sa slojevima ugljena. Podinu formacije određuje EK-marker  $R\phi$ , dok krovinu definira EK-marker  $\alpha'$ .

Formacija Lonja obuhvaća naslage pliocena i kvartara. Naslage karakterizira heterogeni sastav te tako dominiraju pijesci, šljunci, pjeskovite i laporovite gline s mjestimičnim pojavama proslojaka ugljena. Podinu formacije određuje EK-marker  $\alpha'$ , a krovinu formacije određuje površina terena.

#### 1.4.4 Geološke značajke Slavonsko-srijemske depresije

Sedimenti bazenske ispune neogensko-kvartarne starosti unutar Slavonsko-srijemske depresije razlučeni su u pet litostratigrafskih jedinica odnosno formacija.

Vukovarska formacija omeđena je tektonsko – erozijskom diskordancijom  $Pt/Tg$  u podini i EK-markerom  $H$  u krovini. Odlikuje se heterogenim litološkim sastavom, a kronostratigrafski obuhvaća stariji i veći dio srednjeg miocena. Najzastupljene stijene su: konglomerati, breče, laporoviti pješčenjaci, pjeskoviti pješčenjaci, kalcitični pješčenjaci, vapnenci te litotamnijski vapnenci.

Valpovačka formacija obuhvaća slijed naslaga sarmatske i panonske starosti između EK-markera  $H$  u podini i EK-markera  $G$  u krovini. Litološki je homogenog sastava, uglavnom sačinjena od kalcitičnih lapora uz manje zastupljene biokalkarenitne kvarcne pješčenjake i siltozne lapore.

Vinkovačka formacija definirana je EK-markerom *G* (ili *H*) u podini i EK-markerom *B* u krovini. Formaciju izgrađuje debeli slijed naslaga lapora i pješčenjaka gornjeg panona i dijela donjeg pontaa. Vera formaciju karakterizira izmjena pješčanih i laporovitih slojeva donjo i gornjopontske starosti. Formacija je omeđena EK-markerima *B* i *A*.

Vuka formacija obuhvaća slijed naslaga pliocenske i kvartarne starosti. Formaciju karakterizira heterogeni sastav naslaga te su tako zastupljeni pijesci, šljunci, pjeskovite i laporovite gline s mjestimičnim proslajcima ugljena. Podinu formacije određuje EK-marker *A*, dok je krovina formacije definirana površinom terena.

Tablica 3. Potencijalna eksploatacijska polja geotermalne vode u energetske svrhe formirana na eksploatacijskim poljima ugljikovodika nakon prestanka eksploatacije ugljikovodika

REDNI BR.	Potencijalna eksploatacijska polja geotermalne vode u energetske svrhe formirana na eksploatacijskim poljima ugljikovodika nakon prestanka eksploatacije ugljikovodika	POVRŠINA km <sup>2</sup>	Dubina (m)	Temperatura na dubini (°C)
1	Bačkovica	3.10	2.100	90
2	Beničanci	38.26	2.956	127
3	Bilogora	65.48	2.800	115,5
4	Bizovac	11.96	2.439	110
5	Bokšić - Klokočevci	91.67	3.712	151
6	Bunjani	13.62	1.481	80,3
7	Cabuna	4.50	2.350	107
8	Crnac	38.15	3.206	139
9	Cvetkovec	4.23	2.909	100
10	Čepelovac - Hampovica	20.20	2.813	120
11	Dugo Selo	2.69	1.759	71
12	Đeletovci	33.06	1.452	71
13	Ferdinandovac	18.67	3.011	162
14	Gakovo	8.71	2.696	115
15	Galovac Pavljani	4.82	1.938	92
16	Gola	40.95	3.553	163
17	Ilača	4.47	1.896	93
18	Ivanić	19.15	3.054	140
19	Jagnjedovac	8.45	1.709	73
20	Jamarica	42.23	2.201	89

<b>REDNI BR.</b>	<b>Potencijalna eksploatacijska polja geotermalne vode u energetske svrhe formirana na eksploatacijskim poljima ugljikovodika nakon prestanka eksploatacije ugljikovodika</b>	<b>POVRŠINA km<sup>2</sup></b>	<b>Dubina mjerenja (m)</b>	<b>Temperatura na mjerenoj dubini (°C)</b>
21	Janja Lipa	4.90	1.535	74
22	Ježevo	3.21	4.116	120
23	Kalinovac	92.77	4.600	227
24	Kloštar	30.51	1.725	73,2
25	Kozarica	22.52	2.164	84
26	Kučanci - Kapelna	61.64	2.854	130
27	Kutnjak - Đelekovec	41.53	3.917	159
28	Legrad	17.89	4.603	193
29	Lepavina	1.44	1.713	79
30	Letičani	14.23	2.930	121
31	Lipovljani	14.07	4.276	204
32	Lupoglav	21.42	3.181	120
33	Mihovljan	12.66	2.967	122
34	Molve	72.56	5.005	194
35	Mosti	42.02	2.607	97
36	Mramor Brdo	1,12	2.600	108
37	Obod	34,09	3.203	146
38	Okoli	17,08	3.420	137
39	Pepelana	8,97	1.747	65
40	Peteranec	24,00	4.444	183
41	Privlaka	19,48	1.200	64
42	Stari Gradac	45,41	4.642	210
43	Stružec	10,00	1.578	77
44	Šandrovac	40,35	2.209	124
45	Števkovica	35,57	3.885	180
46	Šumečani	13,95	2.219	87
47	Vežišće	20,28	2.404	100
48	Voloder	6,52	3.367	139
49	Vrbak	9,00	3.960	166
50	Vučkovec	15,92	2.470	116

REDNI BR.	Potencijalna eksploatacijska polja geotermalne vode u energetske svrhe formirana na eksploatacijskim poljima ugljikovodika nakon prestanka eksploatacije ugljikovodika	POVRŠINA km <sup>2</sup>	Dubina (m)	Temperatura na dubini (°C)
51	Vukanovec	11,32	2.178	114
52	Zebanec	19,92	3.276	144
53	Žutica	55,89	3.749	153

U Tablici 3. su navedena potencijalna eksploatacijska polja geotermalne vode u energetske svrhe koja mogu biti formirana na eksploatacijskim poljima ugljikovodika nakon prestanka eksploatacije ugljikovodika. Na navedenim eksploatacijskim poljima se pridobiva nafta i/ili prirodni plin, stoga njihova trenutna prenamjena za primjenu u geotermalne svrhe nije moguća. Nakon prestanka pridobivanja ugljikovodika, za svaki od navedenih prostora će biti potrebno napraviti detaljnu analizu potencijala i primjene navedenih eksploatacijskih polja za geotermalne svrhe, a navedena procjena će ovisiti o geološkim, ležišno-inženjerskim, tehničko-tehnološkim i sigurnosnim aspektima primjene.

## 2 MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA PRILIKOM PROVOĐENJA PLANA RAZVOJA GEOTERMALNOG POTENCIJALA REPUBLIKE HRVATSKE DO 2030.

Planiranje i izvođenje radova istraživanja i eksploatacije geotermalnih voda u energetske svrhe mora biti u skladu s mjerama zaštite okoliša na područjima koja će biti obuhvaćena provedbom Plana razvoja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske, a koje su proizašle iz Strateške procjene utjecaja na okoliš Plana razvoja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske do 2030. (u daljnjem tekstu: Strateška procjena).

Ograničenja i mjere zaštite okolišnih ciljeva prepoznati su u Strateškoj studiji o utjecaju na okoliš Plana razvoja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske do 2030. (u daljnjem tekstu: Studija), kao čimbenici na koje aktivnosti tijekom provedbe Plana mogu imati utjecaj.

Mjere zaštite okoliša se odnose na moguće utjecaje na sastavnice i čimbenike u okolišu, a obuhvaćaju mjere sprječavanja i smanjenja utjecaja provedbe Plana na sastavnice okoliša i čimbenike u okolišu, koje se propisuju za umanjivanje potencijalnih negativnih utjecaja na okoliš pri realizaciji aktivnosti iz mjera Plana. Propisane mjere, za sve sastavnice i čimbenike u okolišu, dijele se u dvije grupe: mjere u fazi istraživanja i mjere u fazi eksploatacije te su u Planu tako i prikazane.

Kroz procijenjene utjecaje nije utvrđena potreba za uspostavom praćenja stanja okoliša na području obuhvata Plana kao rezultat postupka strateške procjene utjecaja na okoliš

Sukladno Zakonu o zaštiti prirode (80/13, 15/18, 14/19, 127/19) i Uredbi o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže (NN 80/19). Glavna

ocjena prihvatljivosti Plana za ekološku mrežu provedena je u okviru postupka Strateške procjene te implementirana u Studiji, zaključno sa propisanim Mjerama ublažavanja negativnih utjecaja planiranih aktivnosti na ciljeve očuvanja i cjelovitosti ekološke mreže.

### 3 ISTRAŽIVANJE GEOTERMALNE VODE U ENERGETSKE SVRHE

Zakonom je određeno da se dozvola za istraživanje geotermalnih voda izdaje na rok potreban za provođenje istražnih radova, a na najviše pet godina. Na zahtjev investitora, dozvola se može zbog opravdanih razloga produljiti najviše dva puta tijekom trajanja istražnog razdoblja i to na način da svako produljenje može trajati maksimalno šest mjeseci. U slučaju kada je, provedenim istražnim naftno-rudarskim radovima, dokazana komercijalna količina i kakvoća rezervi investitor podložno ishodu dozvole za pridobivanje nastavlja s aktivnostima eksploatacije geotermalne vode.

Istraživanje geotermalne vode započinje dodjelom dozvole za istraživanje od strane Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja odnosno Ministarstva nadležnog za energetiku (u daljnjem tekstu: Ministarstvo). Postupak provedbe nadmetanja za odabir najpovoljnijeg ponuditelja za izdavanje dozvole za istraživanje geotermalnih voda započinje donošenjem odluke Ministarstva o provođenju nadmetanja za odabir i to na dva načina:

- **na inicijativu Ministarstva**

Ako Ministarstvo ocijeni da postoji potreba za utvrđivanjem pojedinačnih rezervi geotermalnih voda na nekom prostoru i utvrđivanjem njihove gospodarske iskoristivosti.

- **prijedlogom investitora**

Ako investitor podnosi prijedlog za raspisivanje nadmetanja, u prijedlogu obvezno mora naznačiti, odnosno priložiti:

1. zemljovidni položaj, granice i površinu predloženog istražnog prostora koje mora biti ograničeno koordinatama vršnih točaka izraženih u službenom referentnom koordinatnom sustavu Republike Hrvatske (HTRS96/TM) i naziv predloženog istražnog prostora;
2. program ukupnih istražnih radova po vrsti i opsegu s troškovnikom te detaljni plan naftno-rudarskih radova koji će biti izvedeni u svakoj pojedinoj godini istraživanja;
3. ukupni iznos potrebnih novčanih sredstava za izvođenje planiranih istražnih radova i način njihovog osiguranja;
4. izvod iz sudskog registra iz kojeg je vidljivo da je podnositelj prijedloga registriran za istraživanje i eksploataciju geotermalnih voda;
5. geološku ili drugu dokumentaciju o mogućnosti postojanja geotermalnih voda u predloženom istražnom prostoru, ukoliko takva postoji
6. dokaz da ne postoje zapreke u dokumentima prostornog uređenja za obavljanje istraživanja.

Istraživanje i eksploatacija geotermalne vode zahtjeva multidisciplinarni pristup budući da se uz poznavanje ležišnih karakteristika mora omogućiti pretvorba topline geotermalne vode u toplinsku energiju na površini tj. u energiju pogodnu za potrošače.

Razrada ležišta geotermalne vode ključna je za optimizaciju eksploatacije i životnog vijeka cjelokupnog projekta. Cilj upravljanja ležištem je upravljanje operacijama temeljenim na činjenicama, informacijama i znanju, kako bi se na siguran i održiv način iz ležišta postigao što veći ekonomski prinos.

Temeljem Zakona, istraživanje geotermalne vode obuhvaća sve istražne radove koji su predloženi u ponudi za nadmetanje, a kojima je svrha utvrditi postojanje, položaj i oblik ležišta geotermalne vode, količinu i kakvoću rezervi te uvjete eksploatacije, uključujući, ali ne isključivo:

- Geofizička snimanja - gravimetrijska, magnetometrijska, seizmička, magnetotelurska i druga geofizička snimanja, interpretaciju tako prikupljenih podataka i njihovu studijsku obradu;
- Izradu istražnih bušotina - izradu, produbljivanje, skretanje, opremanje, ispitivanje, privremeno napuštanje ili likvidaciju istražnih geotermalnih bušotina,

Istraživanje geotermalnih voda dozvoljeno je isključivo unutar prostora određenog dozvolom za istraživanje geotermalnih voda, pri čemu je istražni prostor geotermalne vode, spojnica koordinata vršnih točaka omeđen i dubinski ograničen, dio prostora na kopnu.

### 3.1 GEOFIZIČKA SNIMANJA

Planirani istražni radovi geofizičkog snimanja bit će usmjereni na prikupljanje dodatnih podataka o geotermalnom potencijalu reobradom postojećih ili snimanjem 2D i 3D seizmike. Paralelno s aktivnostima seizmičkih mjerenja obavljaju se i druga geofizička, geološka i geokemijska mjerenja koja bi dovela do što sveobuhvatnijeg saznanja o mogućim ležištima geotermalne vode.

Seizmičke metode spadaju u najčešće i trenutno najsofisticiranije geofizičke metode u geološko-inženjerskoj praksi. Zajednička osnova akvizicije tj., snimanja 2D i 3D seizmičkih mjerenja odnosi se na iniciranje vala na izvoru u točki paljenja, opažanje kretanja i odbijanje/ refleksija seizmičkog vala od reflektora - geoloških elemenata u podzemlju te njegova registracija na prijarniku - geofonu. Elementi u podzemlju od kojih se valovi mogu odbijati/reflektirati su: slojne granice (konkordantne granice između stijena različitoga litološkog sastava), rasjedi, diskordancije, kaverne ili granice između fluida u podzemlju, npr. između plina i vode.

Snimljeni podaci prikazani su u vremenskom mjerilu odnosno u dvostrukom vremenu (u milisekundama), a kako bi se napravila konverzija u dubinsko mjerilo, potrebno je dobivene podatke obraditi prigušenjem smetnji/šuma u odnosu na signal vala primjenom statičkih i dinamičkih korekcija, a potom vremenskom i dubinskom migracijom.

2D seizmička mjerenja snimaju se po pojedinim trasama uzdužnih i poprečnih profila duž kojega su smještene točke paljenja i geofoni koji registriraju nailaske seizmičkog vala. 3D seizmička mjerenja predstavljaju sofisticiraniju vrstu mjerenja koja se odnosi na kreiranje i snimanje 3D mreže linija poprečnih i uzdužnih profila, a izvor vala induciran je iz svake točke paljenja ili vibriranja, kada se



kao izvor energije vala koristi se vibrator. Metodom se dobiva višestruko prekrivanje te jasnija 3D slika visoke rezolucije odnosno volumen geološkog podzemlja.

Također, jedna od dodatnih geofizičkih metoda koja se koristi u fazi istraživanja je magnetotelurika. Princip snimanja ove pasivne metode, koja koristi elektromagnetsko polje Sunca kao prirodni izvor energije, odnosi se na iniciranje telurske (električne) struje na Zemlji. Koristeći na ovaj način formirano električno i magnetno polje Zemlje, ova neinvazivna metoda analizira prostornu distribuciju električne vodljivosti/otpornosti stijenskog kompleksa ne zadirući u prirodni okoliš.

Snimanje prirodnih struja električnog i magnetnog polja Zemlje provodi se pomoću stanica na točkama mjerenja. Jedna stanica sadrži od 3 do 7 prijemnika za očitavanje prirodnih struja, te stanicu za prikupljanje mjerenja na površini. Ovisno u trajanju mjerenja (do 24 h) magnetotelurska mjerenja mogu imati zahvat do 10 km dubine.

Neke od mnogobrojnih prednosti ove metode su: ne iniciranje umjetne energije, laka prenosivost opreme, instaliranje opreme i izvođenje mjerenja na nepristupačnim terenima te neinvazivnost metode odnosno prihvatljivost iste za okoliš.

Nakon obavljenih dodatnih seizmičkih snimanja, reobrade i interpretacije postojećih, i/ili obrade i interpretacije novih podataka te interpretacije drugih vrsta geofizičkih mjerenja i geoloških podataka, očekuje se izrada bušotina.

### 3.2 IZRADA ISTRAŽNIH BUŠOTINA

Na području Republike Hrvatske postoji određeni broj već izrađenih istražnih bušotina koje se nalaze izvan postojećih eksploatacijskih polja. Te postojeće bušotine izrađene su sa svrhom definiranja geološke građe podzemlja te potencijalnog otkrića ugljikovodika. Mnoge od njih nisu u potpunosti ispunile svoj zadatak, odnosno njima nisu otkrivena ležišta ugljikovodika ali njihovom izradom je utvrđena geološka građa, geofizička svojstva podzemlja te istovremeno i određeni značajni geotermalni potencijali. U tim postojećim bušotinama moguće je izvoditi dodatna mjerenja, a u svrhu utvrđivanja potencijala dubokih vodonosnika. Mjerenja u postojećim bušotinama ne dovode do dodatnog zadiranja u prostor od onog zatečenog na svakoj pojedinoj bušotini te su sami naftno-rudarski radovi kratkotrajni, tj. radovi traju do 30 dana.

Ako geološko-geofizičke studije ukažu na postojanje dubokih vodonosnika pristupa se lociranju i izradi novih istražnih bušotina.

Sukladno Zakonu, radovi izrade bušotine na lokaciji izvode se na temelju provjerenog projekta izrade istražne bušotine.

Većina geotermalnih bušotina ima dvije do pet kolona zaštitnih cijevi, s pravilom da dublje bušotine imaju više nizova kolona zaštitnih cijevi.

Radovi izrade bušotina previđaju se u trajanju do 60 dana po jednom kanalu bušotine, ovisno o dubinama ciljanih ležišta geotermalne vode i opsegu tehnoloških ispitivanja tijekom izrade bušotina.

Ako se tijekom izrade i/ili ispitivanja utvrdi da je bušotina negativna ne pristupa se opremanju podzemnom i nadzemnom opremom već se bušotina likvidira i trajno napušta, sukladno zakonskoj regulativi. Po završetku svih radova trajnog napuštanja, obavlja se agroekološka analiza tla i izrađuje studija stanja s prijedlogom za rekultivaciju tla.

### 3.3 MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA U FAZI ISTRAŽIVANJA GEOTERMALNIH VODA U ENERGETSKE SVRHE

Propisane mjere zaštite okoliša se odnose na moguće utjecaje na sastavnice i čimbenike u okolišu, a obuhvaćaju mjere sprječavanja i smanjenja utjecaja provedbe Plana na sastavnice okoliša i čimbenike u okolišu, koje se propisuju za umanjivanje potencijalnih negativnih utjecaja na okoliš u fazi istraživanja geotermalnih voda u energetske svrhe.

#### **Zrak**

Tijekom građevinskih radova i tijekom bušenja zabranjeno je spaljivanje bilo kakvih vrsta otpada.

Izvori emisije moraju biti izgrađeni, opremljeni, rabljeni i održavani tako da ne ispuštaju u zrak onečišćujuće tvari iznad graničnih vrijednosti emisija ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$  i  $\text{PM}_{2,5}$ ), odnosno da ne ispuštaju/unose u zrak onečišćujuće tvari u količinama koje mogu ugroziti zdravlje ljudi, kvalitetu življenja i okoliš.

Kontinuirano voditi dokumentaciju o emisijama u zrak i pratiti količinu emitiranih spojeva u zrak na svim stacionarnim izvorima emisija, na bušotinama i bakljama za spaljivanje.

#### **Klimatske promjene**

Predviđenu infrastrukturu planirati u skladu sa zabilježenim i predviđenim klimatskim promjenama te primijeniti odgovarajuće mjere prilagodbe ukoliko je potrebno.

#### **Geološke značajke i georaznolikost**

Odrediti zaštitnu zonu na 250 m udaljenosti od vrijednih elemenata georaznolikosti. Navedena mjera odnosi se i na sastavnicu *Krajobrazne karakteristike*.

Ukoliko se pri fazi istraživanja naiđe na speleološki objekt, osoba koja izvodi radove dužna je prekinuti radove na lokaciji otkrića i o otkriću bez odgađanja obavijestiti Ministarstvo pisanim putem.

#### **Tlo i poljoprivredno zemljište**

Izbjegavati korištenje teške mehanizacije na vlažnom tlu, a posebice ne na tlu prekomjerne vlažnosti. Prilikom planiranja trase za radove 2D i 3D seizmike uvažavati bonitetnu vrijednost tla (maksimalno izbjegavati gaženje površina P1 i P2 prostorne kategorije korištenja), mehanički sastav i prihvatni kapacitet tla za vodu.

Koristiti mehanizaciju koja najmanje degradira tlo u vrijeme kada je tlo prosušeno do veće dubine.

Izbjegavati gaženje tla pod poljoprivrednim kulturama.

Prilikom izvođenja zemljanih radova humusni sloj adekvatno odložiti na za to predviđeno mjesto te ga sukladno mogućnostima i u skladu s propisima, po završetku radova vratiti natrag kao površinski sloj kod sanacije terena.

Aktivnosti planirati na način da se u što većoj mjeri koristi postojeća infrastruktura. Navedena mjera odnosi se i na sastavnicu *Krajobrazne karakteristike*.

Ukoliko se zahvat planira na području umjerenog i visokog rizika od erozije, koristiti agrotehničke mjere ublažavanja, sukladno važećim zakonskim aktima. Navedena mjera odnosi se i na sastavnicu *Geološke značajke i georaznolikost*.

Prilikom lociranja bušaćeg postrojenja i pripadajuće infrastrukture (pristupnih prometnica) izbjegavati P1 i P2 poljoprivredna zemljišta, te prednost u prenamjeni dati kategorijama korištenja: P3- ostalo obradivo zemljište i PŠ- ostalo poljoprivredno zemljište. Na površini bušaćeg postrojenja utvrditi prirodno stanje u kontekstu tipa tla, fizikalnih i kemijskih značajki tla prije početka istražnih radova, temeljem pedološke karte u mjerilu 1:5 000. Prirodno stanje tla prikazati na temelju reprezentativnog broja uzoraka tla, te sve navedeno objediniti u Elaboratu o početnom stanju tla na izabranoj lokaciji bušaćeg postrojenja.

U slučaju negativnog nalaza istražne bušotine, izraditi elaborat o stanju tla nakon završetka postupka sanacije koji ima svrhu provjeriti kvalitetu radova temeljem važećih zakonskih akata, na temelju reprezentativnog broja uzoraka tla.

## **Vode**

Tijekom istražnih radova tehnološke vode sakupljati na vodonepropusnoj podlozi i propisno zbrinjavati.

Oborinske otpadne vode s manipulativnih površina bušotinskog radnog prostora prije ispuštanja pročititi na separatoru ulja i masti.

Sve opasne i štetne tvari te opasne otpadne tvari, koje se privremeno skladište na lokaciji, skladištiti na izoliranim vodonepropusnim površinama (po mogućnosti natkrivenim) sa zasebnim sustavom odvodnje i pročišćavanja. Ova mjera odnosi se i na sastavnicu *Stanovništvo i zdravlje ljudi*.

Za prihvatanje geotermalnih voda tijekom proizvodnog testiranja bušotine izvesti vodonepropusne bazene.

Bušotine moraju biti obložene zaštitnim cijevima i cementirane, odnosno vodonepropusne, osim u području geotermalnog ležišta kad je ugrađen proizvodni lajner koji ima proreze ili perforacije kroz koje geotermalna voda iz ležišta teče u bušotinu.

Radni strojevi (agregati, kompresori i drugi) za testiranje bušotina moraju biti smješteni na vodonepropusnoj podlozi.

Pri određivanju lokacija bušotina i smještaja geotermalnih elektrana, uzeti u obzir nužnu udaljenost od 250 m od vodnih tijela.

Aktivnosti istraživanja i eksploatacije geotermalne energije ne planirati na području velike vjerojatnosti pojavljivanja (povratno razdoblje približno 25 godina) poplava, osim iznimno uz poštivanje uvjeta gradnje izdanih od strane nadležnih tijela i uz poštivanje adekvatnih mjera ublažavanja negativnih utjecaja poplava na projektnoj razini.

Aktivnosti izrade bušotina, izgradnje postrojenja i eksploatacije geotermalne energije ne planirati u I. zoni sanitarne zaštite izvorišta, te izbjegavati planiranje na područjima podzemnih vodnih tijela lošeg kemijskog i količinskog stanja.

Na projektnoj razini donijeti Operativni plan za zaštitu voda u kojem će se definirati mjere koje je potrebno poduzeti u slučaju akcidentnih situacija, s ciljem sprječavanja širenja i uklanjanja nastalog onečišćenja.

### **Bioraznolikost**

Definirati zaštitnu zonu utjecaja od 250 m od vodotoka u kojoj nije dozvoljeno kretanje teške mehanizacije za potrebe snimanja 2D i 3D seizmike (osim po postojećim putevima) te istražno bušenje i korištenje vode iz prirodnih vodotoka i jezera, s ciljem zaštite strogo zaštićenih i/ili ugroženih biljnih i životinjskih vrsta te rijetkih i ugroženih stanišnih tipova vezanih za vodena i vlažna staništa.

Istražno bušenje udaljiti 500 m od stanišnog tipa H. Podzemlje. Zaštitna zona od 500 m ne odnosi se samo na ulaznu poziciju stanišnog tipa (otvor špilje ili jame), već i na njegovo podzemno rasprostiranje. Prije izvođenja radova utvrditi položaj i smjer špiljskih kanala. Za snimanje 2D i 3D seizmike, unutar zone od 500 m, ne koristiti eksplozive, odnosno smanjiti intenzitet vibracija na razinu koja neće utjecati na promjenu stanišnih uvjeta u špiljama i jamama

Izbjegavati rijetke i ugrožene stanišne tipove te staništa pogodna za ugrožene i/ili strogo zaštićene vrste tijekom snimanja 2D i 3D seizmike te istražnog bušenja, odnosno maksimalno koristiti postojeće infrastrukturne koridore i staništa manjih prirodnih vrijednosti (npr. ruderalna staništa, staništa obrasla invazivnim vrstama, antropogena staništa i sl.).

Po potrebi postaviti prikladne zaštitne elemente za sprječavanje ulaska faune (manja fauna npr. vodozemci) u sabirnu jamu za potrebe prikupljanja otpadnih voda, jamu za prihvata geotermalne vode tijekom proizvodnog testiranja bušotine, „sand-trap“ i u isplačnu jamu.

Sukladno dobroj praksi, koristiti tehnike i opremu za prigušivanje buke iz geotermalnih objekata (npr. privremeni štitnici od buke oko dijela bušaće opreme te oko standardne opreme i alata, mobilne i fiksne akustične barijere i sl.). Ova mjera odnosi se i na sastavnicu *Divljač i lovstvo* te *Stanovništvo i zdravlje ljudi*.

Kontrolirati razinu buke neposredno na njezinom izvoru te po potrebi propisati dodatne mjere ublažavanja buke na projektnoj razini. Ova mjera odnosi se i na sastavnicu *Divljač i lovstvo* te *Stanovništvo i zdravlje ljudi*.

## **Zaštićena područja prirode**

Za posebne rezervate, park šume, spomenike parkovne arhitekture i spomenike prirode ograničiti provedbu Plana na način da se unutar ovih područja ne provodi istražno bušenje i snimanje 2D i 3D seizmike. Unutar kategorija regionalni park i značajni krajobraz istražno bušenje i snimanje 2D i 3D seizmike maksimalno ograničiti izvan rijetkih i ugroženih stanišnih tipova. Ova mjera odnosi se i na sastavnicu *Geološke značajke i georaznolikost*.

Prilikom planiranja aktivnosti Plana, odnosno na razini zahvata, na području parka prirode istražne bušotine izuzeti iz područja na kojima se nalaze ugroženi i rijetki stanišni tipovi i staništa ugroženih i rijetkih te strogo zaštićenih vrsta te, ovisno o zonaciji parka prirode, izuzeti područja koja se nalaze u zonama stroge zaštite i zonama aktivne zaštite i sve, ili većinu aktivnosti, usmjeriti u zone korištenja. Ova mjera odnosi se i na sastavnicu *Geološke značajke i georaznolikost*.

## **Šume i šumarstvo**

U postupku konačnog određivanja površina u svrhu razvoja geotermalnog potencijala, valorizirati površine šuma i šumskog zemljišta u svrhu očuvanja stabilnosti i bioraznolikosti šumskog ekosustava na način da se ne usitnjavaju šumski ekosustavi, odnosno da se ne narušava cjelovitost šumskog kompleksa. U tom smislu, odabir i formiranje bušotinskog prostora nastojati planirati izvan šumskih područja (posebno izvan šuma visokog uzgojnog oblika), ili, u suprotnom, maksimalno koristiti postojeće infrastrukturne koridore, rubne dijelove šumskih područja ili neobraslo šumsko zemljište.

U najvećoj mjeri izbjegavati istražno bušenje i snimanje 2D i 3D seizmike na području zaštitnih šuma, u suprotnom, u zaštitnoj šumi provesti kategorizaciju padina s obzirom na stabilnost te za sve padine koje su karakterizirane kao uvjetno stabilne, uvjetno nestabilne i nestabilne izbjegavati istražno bušenje i snimanje 2D i 3D seizmike.

Istražno bušenje i snimanje 2D i 3D seizmike u najvećoj mjeri izbjegavati u šumama posebne namjene u kategoriji šumski sjemenski objekt te u suprotnom utvrditi razloge da se iz tehničkih ili ekonomskih uvjeta ne može planirati gradnja građevine izvan šumskog sjemenskog objekta te u najvećoj mjeri izbjegavati istražno bušenje i snimanje 2D i 3D seizmike na području ostalih kategorija šuma posebne namjene, u suprotnom, maksimalno koristiti postojeće infrastrukturne koridore, rubne dijelove šumskih područja ili neobraslo šumsko zemljište

Definirati zaštitnu zonu utjecaja od 250 m od vodotoka u čijoj neposrednoj blizini se nalaze poplavne šume, u kojoj se neće provoditi istražno bušenje i u kojima se ne smije kretati teška mehanizacija za potrebe snimanja 2D i 3D seizmike, osim po postojećim putevima.

Na projektnoj razini osigurati povoljan vodni režim površinskih i podzemnih voda u poplavnim područjima kroz usklađivanje istražnog bušenja i snimanja 2D i 3D seizmike s uvjetima očuvanja šumskih staništa, uz konzultacije s nadležnim šumarskim službama.

Za sanaciju bušotinskog radnog prostora na šumskim površinama koristiti autohtone vrste drveća i grmlja navedenih u programu ili osnovi gospodarenja za predmetni odsjek. Navedena mjera odnosi se i na sastavnicu *Zaštićena područja prirode*.

S nadležnom šumarskom službom utvrditi sječu stabala i uskladiti je s dinamikom građenja, te ih obavijestiti o početku radova na izgradnji zahvata.

Uspostaviti stalnu suradnju s nadležnim šumarskim službama zbog definiranja prilaznih puteva istražnim bušotinama i korištenja postojeće i planirane šumske infrastrukture, s ciljem racionalnog korištenja prostora te osiguravanja neometanog gospodarenja šumama.

Ukoliko se aktivnosti Plana provode na šumama i šumskom zemljištu nužno je uspostaviti stalnu suradnju s nadležnim šumarskim službama s ciljem zaštite šuma od požara te šumskih štetnika i bolesti.

Korištene šumske ceste vratiti u stanje blisko prvobitnom.

Tijekom uređenja postojećih ili izgradnje novih pristupnih putova, uređenja bušotinskog radnog prostora te odvodnje površinskih (oborinskih) voda na manipulativnim površinama osigurati tehnička rješenja za prevenciju erozije na šumama i šumskom zemljištu.

Šumsko zemljište i šume izvan obuhvata zahvata nije dozvoljeno koristiti za privremeno odlaganje građevinskog materijala kao ni za odlaganje viška materijala i otpada.

Na bušotinskom radnom prostoru provoditi suzbijanje biljnih invazivnih vrsta. Navedena mjera odnosi se i na sastavnice *Bioraznolikost* i *Zaštićena područja prirode*.

Prije započinjanja faze istraživanja ishoditi potvrdu nadležne službe o isključenju razminiranog područja šuma i šumskog zemljišta iz minski sumnjivog područja.

## **Divljač i lovstvo**

Uz konzultacije s lovoovlaštenicima lovišta na kojima će se odvijati aktivnosti Plana u fazi istraživanja dogovoriti vrijeme provođenja aktivnosti predviđenih Planom koje bi mogle narušavati mir u vrijeme parenja/gniježđenja divljači na područjima značajnim za reprodukciju pojedinih vrsta.

U postupku konačnog određivanja površina u svrhu razvoja geotermalnog potencijala, valorizirati lovnoproduktivne površine na način da se ne umanjuju boniteti staništa divljači, odnosno da se očuvaju cjelovita šumska područja i područja šuma i ritova uz rijeke, izvori koji služe za napajanje divljači te povoljan vodni režim u slučaju regulacija vodotoka.

Površine šuma i šumskog zemljišta u svrhu očuvanja stabilnosti i bioraznolikosti šumskog ekosustava očuvati na način da se ne usitnjavaju šumski ekosustavi, odnosno da se ne narušava cjelovitost šumskog kompleksa. U tom smislu, odabir i formiranje bušotinskog prostora nastojati planirati izvan šumskih područja (posebno izvan šuma visokog uzgojnog oblika), ili, u suprotnom, maksimalno koristiti postojeće infrastrukturne koridore, rubne dijelove šumskih područja, ili neobraslo šumsko zemljište.

## **Krajobrazne karakteristike**

U najvećoj mogućoj mjeri sačuvati postojeću vegetaciju, posebno autohtone vrste drveća i grmlja, osobito na lokalitetima koje obilježavaju postojeći problemi nedostatka vegetacijskog površinskog pokrova. Ova mjera odnosi se i na sastavnice *Bioraznolikost* te *Šume i šumarstvo*.

Prilikom definiranja pozicije prostornog obuhvata zahvata nužnih za ostvarenje ciljeva plana, te tehnologije i kuta formiranja istražnih bušotina, iste prilagoditi reljefnim karakteristikama područja kako bi se promjene morfologije terena svele na najmanju moguću mjeru.

Prilikom implementacije novih prostornih intervencija koje uključuju istražne radove maksimalno moguće koristiti postojeće prometne poveznice s lokalitetima kako bi se izbjeglo dodatno zadiranje u cjelovitost krajobraza.

Buduće istražne bušotinske radne prostore po mogućnosti smještati na postojeće lokalitete prethodno degradiranih i/ili niskih vrijednosti po pitanju estetske i prirodne kvalitete krajobraza.

Prilikom definiranja budućih istražnih i eksploatacijskih lokaliteta izbjegavati područja krajobraznih cjelina utemeljenih prirodnih, estetskih i kulturnih vrijednosti kao i pojedinačne elemente/čimbenike koji čine određeni krajobraz prepoznatljivim. Navedeno se prvenstveno odnosi na prostore vrijedne autohtone vegetacije, šumskog ruba te vrijednih lokaliteta poput močvarnih krajobraza.

## **Kulturno-povijesna baština**

Provesti prethodno arheološko rekognosciranje područja unutar kojih će se planirati prateći zahvati predmetnog Plana, a koji uključuju istražne te eksploatacijske bušotine, kao i buduća postrojenja, prometne koridore i cjevovode.

U sklopu hijerarhijski niže rangiranih/detaljnijih dokumenata zaštite okoliša za buduće definirane lokalitete prostornih intervencija provesti analizu prostornog, strukturalnog i vizualnog integriteta prostorno relevantnih kulturnih dobara.

Za sve oblike aktivnosti koje uključuju potencijalne radove u neposrednoj i posrednoj blizini ili na samim kulturnim dobrima konzultirati i ishoditi mišljenje nadležnog Konzervatorskog odjela.

Ukoliko se pri izvođenju građevinskih ili bilo kojih drugih radova koji se obavljaju na površini ili ispod površine tla naiđe na arheološko nalazište, obustaviti radove i o tome bez odgađanja obavijestiti središnje državno tijelo nadležno za poslove zaštite kulturne baštine odnosno nadležni Konzervatorski odjel.



## Stanovništvo i zdravlje ljudi

Izmaknuti zahvate na što veću udaljenost od granica građevinskih područja odnosno stambenih zona, s izuzetkom korištenja geotermalne energije za grijanje stambenih i gospodarskih objekata.

Zaštititi lokalno stanovništvo od štetnog djelovanja buke redovnim provođenjem mjerenja razine buke.

Informirati javnost o dobrobitima geotermalne energije i sigurnosti tijekom eksploatacije u usporedbi s konvencionalnim energentima.

## 4 EKSPLOATACIJA GEOTERMALNE VODE U ENERGETSKE SVRHE

Sukladno Zakonu, razdoblje eksploatacije slijedi nakon istražnog razdoblja. Eksploatacija se obavlja temeljem dozvole za pridobivanje geotermalnih voda i ugovora o eksploataciji geotermalnih voda. Sukladno Zakonu, eksploatacijsko razdoblje može trajati najviše 25 godina uz mogućnost produljenja.

Naftno-rudarski radovi u razdoblju eksploatacije sastoje se od razrade ležišta i eksploatacije rezervi geotermalnih voda. Glavne aktivnosti u eksploatacijskom razdoblju ovisit će o načinu korištenja utvrđenog geotermalnog potencijala i procjeni energije akumulirane u ležištima geotermalnih voda.

Nakon izrade istražne bušotine investitor provodi opsežna hidrodinamička mjerenja kako bi odredio karakteristike ležišnih fluida, definirao ležišne uvjete, utvrdio proizvodne mogućnosti ležišta i eventualne granice ležišta.

Ovisno o namjeni korištenja energije sadržane u geotermalnom fluidu (količini protoka geotermalne vode i temperaturi), glavne aktivnosti u eksploatacijskom razdoblju obuhvaćaju izradu geotermalnih bušotina (eksploatacijskih od kojih je jedna eksploatacijsko/utisna), izgradnju nadzemnih energetskih objekata i postrojenja te izradu potrebne površinske infrastrukture.

Energija sadržana u geotermalnom fluidu može se iskoristiti u svrhu proizvodnje električne energije i/ili toplinske energije (grijanje, hlađenje). Geotermalna energija u poljoprivredno-prehrambenom sektoru može se koristiti za grijanje staklenika, sterilizaciju tla ili za sušenje.

Tijekom eksploatacije geotermalnih voda ohlađena („otpadna“) voda ne ispušta se u okoliš već se utiskuje natrag u ležište, u utisne bušotine. Na taj način se osigurava toplinska obnovljivost geotermalne vode, održava ležišni tlak, a geotermalna voda se dovodi u mehaničku i toplinsku ravnotežu s okolinom.

Ispuštanje ohlađene geotermalne vode u okoliš predviđa se samo u slučajevima izravne uporabe geotermalne energije akumulirane u plitkim ležištima geotermalnih voda, koja se napajaju slatkom površinskom vodom putem prirodno raspucanih pukotinskih sustava. Kvaliteta takvih voda zadovoljava uvjete propisane Zakonom o vodama (Narodne Novine, 66/19, 84/21).

Energiju iz geotermalnih voda je moguće kaskadno koristiti u različitim oblicima te u različite svrhe (proizvodnja električne energije, toplinarstvo, grijanje i hlađenje prostora, sušare, akvakultura i dr.). Kaskadno iskorištavanje toplinske energije iz geotermalne vode omogućava širi spektar njene primjene, ali se pri razmatranju kaskadnog korištenja geotermalne energije moraju razmotriti tehnološki, geološki, prostorni i ekonomski uvjeti. Iako kaskadno korištenje može biti učinkovit način iskorištavanja geotermalne energije, važno je razmotriti potencijalne nedostatke i ograničenja primjene dostupne tehnologije. Kaskadna primjena geotermalne energije može smanjiti ukupnu učinkovitost geotermalnog sustava jer se uzastopnom primjenom geotermalne vode, za različite svrhe i namjene, njena termodinamička svojstva značajno mijenjaju. Kod visoko temperaturnih geotermalnih ležišta, značajnija razlika između temperature pridobivene i utisnute geotermalne vode može dovesti i do pothlađivanja ležišta te na taj način ograničiti mogućnost primjene geotermalne energije, primjerice za proizvodnju električne energije.

#### 4.1 AKTIVNOSTI U FAZI EKSPLOATCIJE KOD UPOTREBE GEOTERMALNE VODE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE I/ILI TOPLINSKE ENERGIJE

##### 4.1.1 Upotreba geotermalne vode za proizvodnju električne energije

Najvažniji način iskorištavanja visokotemperaturnih geotermalnih izvora je proizvodnja električne energije. Ovisno o termodinamičkim svojstvima geotermalnih fluida, moguće je primijeniti nekoliko tehnoloških procesa za pretvorbu toplinske u električnu energiju. Odabir procesa ovisi o količini fluida, tlaku i temperaturi te omjeru vruće vode i pare. Poznati procesi su: direktni proces (proizvodnja pregrijane pare), flash proces i binarne elektrane.

Energetska postrojenja/elektrane koje koriste geotermalnu vodu za proizvodnju električne energije koriste toplinsku energiju sadržanu u vodi iz geotermalnih bušotina za rad turbina, pretvarajući toplinsku i kinetičku energiju u električnu.

Obzirom na temperature geotermalnih ležišta u hrvatskom dijelu Panonskog bazena ( $\leq 250$  °C), za proizvodnju električne energije koristit će se binarni tip geotermalnih elektrana.

Binarne elektrane koriste sekundarne radne fluide te za proizvodnju geotermalne energije koriste tzv. organski Rankineov ciklus. Toplinska energija sadržana u geotermalnoj vodi pridobivenoj iz geotermalnih bušotina prenosi se na sekundarni radni fluid pomoću izmjenjivača topline. Kao radni fluidi često se koriste organski spojevi s nižim vrelištima od vode (poput izopentana čija je točka vrelišta pri atmosferskom tlaku na oko 28° C). Toplinska energija sadržana u geotermalnoj vodi zagrijava radni fluid do vrenja mijenjajući je iz tekućeg stanja u organsku paru pod tlakom, koja se zatim širi u turbini te na taj način pokreće generator. Radni fluid se potom hladi, kondenzira natrag u tekućinu, pod tlakom nakon čega se vraća (reciklira) u izmjenjivač topline.

Proizvodno opremanje bušotine, bez obzira da li se radi o eruptivnom ili nekom drugom načinu proizvodnje, određuje se na temelju stabilnost proizvodnih intervala. Ako je stijena kompaktna i

može osigurati stabilne radne uvjete proizvodnje (vapnenci i dolomiti) bušotina se može projektirati kao nezacijevljena. U slučaju da je proizvodni sloj nestabilan (pijesci, nevezani pijesci i dr.) obavezno je zacijevljene.

Trajanje izrade nove bušotine te njeno opremanje za eksploataciju previđa se u trajanju do 60 dana po jednom kanalu bušotine, ovisno o dubinama ciljanih ležišta geotermalne vode i opsegu tehnoloških ispitivanja tijekom izrade bušotina.

#### 4.1.2 Upotreba geotermalne vode za proizvodnju toplinske energije

Geotermalna energija s fluidima niže temperature koristi se za grijanje stambenih objekata (izravnim načinom), plastenika s proizvodnjom voća i povrća, grijanje bazena te se primjenjuje u balneološke svrhe.

Grijanje objekata pomoću geotermalne energije primjenjuje sustav koji distribuira toplinu iz centralne toplane krajnjim korisnicima (stambenim zgradama, poslovnim zgradama, industrijskim prostorima ili rekreacijskim ustanovama) preko mrežnog sustava i podstanice. Ovakav način grijanja zamjenjuje konvencionalni način centralnog grijanja bojlerom. Jasno je kako ovakav tip grijanja omogućava veću energetska i ekonomsku efikasnost i prihvatljiviji je od konvencionalnih toplana iz ekološke perspektive.

Daljinsko grijanje uključuje distribuciju topline (geotermalne vode) od središnjeg mjesta mrežom cijevi do pojedinačnih objekata ili blokova zgrada. Sustav daljinskog grijanja, uključuje opskrbu više objekata iz više geotermalnih bušotina. Toplina se koristi za grijanje i hlađenje prostora, grijanje vode za domaćinstvo i industrijsku procesnu toplinu. Geotermalne bušotine primarni su izvori topline. Geotermalni sustav sastoji se od geotermalnih bušotina (eksploatacijskih i utisnih) te izmjenjivača topline koji toplinu iz geotermalnog fluida prenosi na radni fluid koji onda služi za grijanje objekata.

Trajanje izrade nove bušotine te njeno opremanje za eksploataciju previđa se u trajanju do 60 dana po jednom kanalu bušotine, ovisno o dubinama ciljanih ležišta geotermalne vode i opsegu tehnoloških ispitivanja tijekom izrade bušotina.

## 4.2 AKTIVNOSTI U FAZI EKSPLOATCIJE KOD UPOTREBE GEOTERMALNE VODE ZA POLJOPRIVREDNE SVRHE

Kod upotrebe geotermalne vode za poljoprivredne svrhe geotermalna voda se može koristiti na dva načina: direktnom upotrebom vode iz bušotine ili preko dubokih toplinskih izmjenjivača koji se instaliraju u kanalu bušotine („single well“ model).

Pri upotrebi dubinskih izmjenjivača topline voda cirkulira kroz proizvodnu kolonu bušotine te se utiskuje kroz prstenasti prostor. Ovakav način korištenja toplinske energije zahtjeva istražnu bušotinu adekvatno opremljenu za eksploataciju.

Ako poljoprivredni kompleks zahtjeva veću količinu toplinske energije, potrebno je omogućiti veći protok geotermalne vode iz eksploatacijske bušotine, u kojem slučaju će biti potrebna i utisna bušotina u koju će se ohlađena voda utiskivati natrag u ležište. Udaljenost utisne bušotine od eksploatacijske bušotine zavisi od ležišnih parametara tj. lokacija je određena na način da hladna voda koja se utiskuje u utisnu bušotinu ne interferira s intervalom u proizvodnji na eksploatacijskoj bušotini. Utisna bušotina oprema se utisnom opremom na samom ušću bušotine i spaja utisnim cjevovodom s energetske objektom.

Glavne aktivnosti u eksploatacijskom razdoblju će biti izrada geotermalnih bušotina, njihovo opremanje te izrada površinske infrastrukture potrebne za spajanje s energetske objektom. Izrada nove bušotine predviđa se u trajanju do 60 dana.

Kod upotrebe geotermalne vode za poljoprivredne svrhe s jednom bušotinom, u tijeku izrade kanala bušotine, bušotina se oprema s dubinskim izmjenjivačima topline u samoj bušotini što smanjuje opseg zahvata.

#### 4.3 MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA U FAZI EKSPLOATACIJE GEOTERMALNIH VODA ZA ENERGETSKE SVRHE

Propisane mjere zaštite okoliša se odnose na moguće utjecaje na sastavnice i čimbenike u okolišu, a obuhvaćaju mjere sprječavanja i smanjenja utjecaja provedbe Plana na sastavnice okoliša i čimbenike u okolišu, koje se propisuju za umanjivanje potencijalnih negativnih utjecaja na okoliš u fazi eksploatacije geotermalnih voda u energetske svrhe.

##### **Zrak**

Izvori emisije moraju biti izgrađeni, opremljeni, rabljeni i održavani na način da ne ispuštaju u zrak onečišćujuće tvari iznad graničnih vrijednosti emisija ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$  i  $\text{PM}_{2,5}$ ), odnosno da ne ispuštaju/unose u zrak onečišćujuće tvari u količinama koje mogu ugroziti zdravlje ljudi, kvalitetu življenja i okoliš.

##### **Klimatske promjene**

Na razini pojedinačnih zahvata (kroz PUO ili OPUO) provesti analizu ranjivosti prema Tehničkim smjernicama za pripremu infrastrukture za klimatske promjene u razdoblju 2021.–2027. kako bi se primijenila fizička i nefizička rješenja prilikom izgradnje kojima se znatno smanjuju najvažniji fizički klimatski rizici.

Predviđenu infrastrukturu planirati u skladu sa zabilježenim i predviđenim klimatskim promjenama te primijeniti odgovarajuće mjere prilagodbe, ukoliko je potrebno.

## **Geološke značajke i georaznolikost**

Na razini pojedinačnih zahvata (kroz PUO ili OPUO) utvrditi i definirati indikatorske parametre inducirane seizmičnosti (npr. magnitude induciranih potresa, intenziteti potresa, akceleracije i/ili brzine trešnje tla uzrokovane induciranim potresima) te njihove granične vrijednosti te smanjiti i/ili obustaviti proizvodnju u slučaju da odabrani indikatorski parametri prijeđu zadane pragove. Navedena mjera odnosi se i na sastavnicu *Stanovništvo i zdravlje ljudi*.

Izbjegavati EGS (engl. *enhanced or engineered geothermal system*) tehnologije utiskivanja velikih količina vode u vruće suhe stijene.

## **Tlo i poljoprivredno zemljište**

Osim u iznimnim situacijama, postavljanje infrastrukture planirati na način da se izbjegava zauzimanje i fragmentacija P1 i P2 kategorije korištenja poljoprivrednih zemljišta.

Nakon prestanka rada eksploatacijske bušotine, izraditi elaborat o stanju tla nakon završetka postupka sanacije koji ima svrhu provjeriti kvalitetu radova na temelju reprezentativnog broja uzoraka tla.

## **Vode**

Za prihvatanje geotermalnih voda tijekom remonta i zastoja u radu geotermalne elektrane izvesti vodonepropusne bazene.

Vodonepropusnost svih sustava odvodnje otpadnih voda utvrditi ispitivanjem prije tehničkog pregleda postrojenja te periodično provjeravati ispitivanjem vodonepropusnosti svakih 8 godina.

Kad god je to moguće iskoristiti geotermalnu vodu utisnuti natrag u geotermalno ležište. Navedena mjera odnosi se i na sastavnicu *Bioraznolikost* i sastavnicu *Zaštićena područja prirode*.

U slučaju ispuštanja geotermalnih voda u prirodni prijemnik, po potrebi kemijskom predobradom osigurati kakvoću vode ispod dopuštenih graničnih vrijednosti emisija otpadnih voda. Navedena mjera odnosi se i na sastavnicu *Bioraznolikost* i sastavnicu *Zaštićena područja prirode*.

U slučaju ispuštanja geotermalnih voda u prirodni prijemnik, redovito provoditi analize kemijskog stanja vodnog tijela. Navedena mjera odnosi se i na sastavnicu *Bioraznolikost* i sastavnicu *Zaštićena područja prirode*.

## **Bioraznolikost**

Definirati zaštitnu zonu utjecaja od 250 m od vodotoka u kojoj se neće provoditi eksploatacija geotermalne vode i korištenje vode iz prirodnih vodotoka i jezera, s ciljem zaštite strogo zaštićenih i/ili ugroženih biljnih i životinjskih vrsta te rijetkih i ugroženih stanišnih tipova vezanih za vodena i vlažna staništa.

Eksploataciju geotermalne vode udaljiti 500 m od stanišnog tipa H. Podzemlje. Zaštitna zona od 500 m ne odnosi se samo na ulaznu poziciju stanišnog tipa (otvor špilje ili jame), već i na njegovo podzemno rasprostiranje. Prije izvođenja radova utvrditi položaj i smjer špiljskih kanala.

Izbjegavati rijetke i ugrožene stanišne tipove te staništa pogodna za ugrožene i/ili strogo zaštićene vrste tijekom eksploatacije geotermalne vode, odnosno maksimalno koristiti postojeće infrastrukturne koridore i staništa manjih prirodnih vrijednosti (npr. ruderalna staništa, staništa obrasla invazivnim vrstama, antropogena staništa i sl.).

Po potrebi postaviti prikladne zaštitne elemente za sprječavanje ulaska faune (manja fauna npr. vodozemci) u sabirnu jamu za potrebe prikupljanja otpadnih voda, jamu za prihvata geotermalne vode tijekom proizvodnog testiranja bušotine, „sand-trap“ i u isplačnu jamu.

Na projektnoj razini, po potrebi, osigurati zaštitu od stradavanja ptica na zračnim kondenzatorima (npr. postaviti fizičku prepreku na vrh zračnih kondenzatora kako bi se spriječilo slijetanje ptica na njih). Planirane elektroenergetske sustave vezane uz provedbu Plana izvesti na način da se ptice i šišmiši zaštite od kolizije i elektrokcije u skladu s najnovijim znanstvenim i stručnim smjernicama, preporukama i posebnim uvjetima zaštite okoliša i prirode. Za osvjetljavanje tijekom rada geotermalne elektrane koristiti ekološki prihvatljive svjetiljke, sa snopom svjetlosti usmjerenim prema tlu i minimalnim rasipanjem u ostalim smjerovima.

Sukladno dobroj praksi, koristiti tehnike i opremu za prigušivanje buke iz geotermalnih objekata (npr. privremeni štitnici od buke oko dijela bušaće opreme te oko standardne opreme i alata, mobilne i fiksne akustične barijere, geotermalne elektrane s unutarnjim zidovima koji apsorbiraju buku i sl.). Ova mjera odnosi se i na sastavnicu *Divljač i lovstvo* te *Stanovništvo i zdravlje ljudi*.

Kontrolirati razinu buke neposredno na njezinom izvoru te po potrebi propisati dodatne mjere ublažavanja buke na projektnoj razini. Ova mjera odnosi se i na sastavnice *Divljač i lovstvo* te *Stanovništvo i zdravlje ljudi*.

### **Zaštićena područja prirode**

Za posebne rezervate, park šume, spomenike parkovne arhitekture i spomenike prirode ograničiti provedbu Plana na način da se unutar ovih područja ne provodi eksploatacija geotermalne vode. Unutar kategorija regionalni park i značajni krajobraz eksploataciju geotermalne vode maksimalno ograničiti izvan rijetkih i ugroženih stanišnih tipova. Ova mjera odnosi se i na sastavnicu *Geološke značajke i georaznolikost*.

Prilikom planiranja aktivnosti Plana, odnosno na razini zahvata, na području parka prirode eksploatacijske bušotine izuzeti iz područja na kojima se nalaze ugroženi i rijetki stanišni tipovi i staništa ugroženih i rijetkih te strogo zaštićenih vrsta te, ovisno o zonaciji parka prirode, izuzeti područja koja se nalaze u zonama stroge zaštite i zonama aktivne zaštite i sve, ili većinu aktivnosti, usmjeriti u zone korištenja. Ova mjera odnosi se i na sastavnicu *Geološke značajke i georaznolikost*.

### **Šume i šumarstvo**

U postupku konačnog određivanja površina u svrhu razvoja geotermalnog potencijala, valorizirati površine šuma i šumskog zemljišta u svrhu očuvanja stabilnosti i bioraznolikosti šumskog ekosustava na način da se ne usitnjavaju šumski ekosustavi, odnosno da se ne narušava cjelovitost šumskog kompleksa. U tom smislu, odabir i formiranje bušotinskog prostora nastojati planirati izvan šumskih područja (posebno izvan šuma visokog uzgojnog oblika), ili, u suprotnom, maksimalno koristiti postojeće infrastrukturne koridore, rubne dijelove šumskih područja, ili neobraslo šumsko zemljište.

U najvećoj mjeri izbjegavati eksploataciju geotermalne vode na području zaštitnih šuma, u suprotnom, u zaštitnoj šumi provesti kategorizaciju padina s obzirom na stabilnost te za sve padine koje su karakterizirane kao uvjetno stabilne, uvjetno nestabilne i nestabilne izbjegavati eksploataciju geotermalne vode.

Eksploataciju geotermalne vode u najvećoj mjeri izbjegavati u šumama posebne namjene u kategoriji šumski sjemenski objekt te u suprotnom utvrditi razloge da se iz tehničkih ili ekonomskih uvjeta ne može planirati gradnja građevine izvan šumskog sjemenskog objekta. Također, u najvećoj mjeri izbjegavati eksploataciju geotermalne vode na području ostalih kategorija šuma posebne namjene, usuprotnom, maksimalno koristiti postojeće infrastrukturne, rubne dijelove šumskih područja ili neobraslo šumsko zemljište.

Definirati zaštitnu zonu utjecaja od 250 m od vodotoka u kojoj se neće provoditi eksploatacija geotermalne vode, s ciljem zaštite poplavnih šuma.

Na projektnoj razini osigurati povoljan vodni režim površinskih i podzemnih voda u poplavnim područjima kroz usklađivanje eksploatacije geotermalne vode s uvjetima očuvanja šumskih staništa, uz konzultacije s nadležnim šumarskim službama.

Za sanaciju bušotinskog radnog prostora na šumskim površinama koristiti autohtone vrste drveća i grmlja navedenih u programu ili osnovi gospodarenja za predmetni odsjek.

S nadležnom šumarskom službom utvrditi sječicu stabala i uskladiti je s dinamikom građenja, te ih obavijestiti o početku radova na izgradnji zahvata.

Uspostaviti stalnu suradnju s nadležnim šumarskim službama zbog definiranja prilaznih puteva eksploatacijskim bušotinama i korištenja postojeće i planirane šumske infrastrukture, s ciljem racionalnog korištenja prostora te osiguravanja neometanog gospodarenja šumama.

Ukoliko se aktivnosti Plana provode na šumama i šumskom zemljištu, uspostaviti stalnu suradnju s nadležnim šumarskim službama s ciljem zaštite šuma od požara te šumskih štetnika i bolesti.

Korištene šumske ceste vratiti u stanje blisko prvobitnom.

Tijekom izrade geotermalnih bušotina, nadzemnih energetske objekata i postrojenja te izrade ostale površinske infrastrukture osigurati tehnička rješenja za prevenciju erozije na šumama i šumskom zemljištu.

Šumsko zemljište i šume izvan obuhvata zahvata nije dozvoljeno koristiti za privremeno odlaganje građevinskog materijala kao ni za odlaganje viška materijala i otpada.

Provoditi suzbijanje biljnih invazivnih vrsta unutar obuhvata zahvata. Navedena mjera odnosi se i na sastavnice *Bioraznolikost* i *Zaštićena područja prirode*.

Prije započinjanja faze eksploatacije ishoditi potvrdu nadležne službe o isključenju razminiranog područja šuma i šumskog zemljišta iz minski sumnjivog područja.

### **Divljač i lovstvo**

Uz konzultacije s lovoovlaštenicima lovišta na kojima će se odvijati aktivnosti Plana u fazi eksploatacije dogovoriti vrijeme provođenja aktivnosti predviđenih Planom koje bi mogle narušavati mir u vrijeme parenja/gniježđenja divljači na područjima značajnim za reprodukciju pojedinih vrsta.

U postupku konačnog određivanja površina u svrhu razvoja geotermalnog potencijala, valorizirati lovnoproduktivne površine na način da se ne umanjuju boniteti staništa divljači, odnosno da se očuvaju cjelovita šumska područja i područja šuma i ritova uz rijeke, izvori koji služe za napajanje divljači te povoljan vodni režim u slučaju regulacija vodotoka.

### **Krajobrazne karakteristike**

Buduće geotermalne pogone i infrastrukturu vezanu za eksploatacijska polja vizualno uklopiti u kontekst krajobraza kroz implementaciju projekata krajobraznog uređenja i sanacije.

Buduće pogone geotermalnih elektrana po mogućnosti smještati na postojeće lokalitete prethodno degradiranih i/ili niskih vrijednosti po pitanju estetske i prirodne kvalitete krajobraza.

### **Kulturno-povijesna baština**

Eksploatacijske/bušotinske radne prostore, prateću infrastrukturu i prostore pogona geotermalnih elektrana kao i ostale objekte vezane za korištenje geotermalne vode planski smještati na najveću moguću udaljenost od evidentiranih kulturnih dobara.

### **Stanovništvo i zdravlje ljudi**

Zaštititi lokalno stanovništvo od štetnog djelovanja buke redovnim provođenjem mjerenja razine buke.

U postupku konačnog određivanja površina u svrhu razvoja geotermalnog potencijala, valorizirati geotermalne potencijale u smislu korisnika i namjene (drvena industrija, zdravstvo, turizam i sl.) te doprinosa prijelazu na čistu energiju. Osigurati uključenost svih dionika u postupak kroz istraživanje i prikupljanje podataka na predmetnom području te razvijanje zajedničke baze podataka (poljoprivreda, turizam, zdravstvo, drvena industrija i drugih) s naglaskom na različite ciljne skupine, energetske učinkovitost i inicijative za geotermalnu energiju.



## 5 MJERE UBLAŽAVANJA ZNAČAJNIH NEGATIVNIH UTJECAJA PLANA NA CILJEVE OČUVANJA I CJELOVITOST PODRUČJA EKOLOŠKE MREŽE

Glavnom ocjenom propisane su mjere ublažavanja te se njihovom implementacijom u Plan moguće isključiti značajno negativne utjecaje na ciljeve očuvanja i cjelovitost područja ekološke mreže.

- Za područja ekološke mreže manja od 5000 ha ograničiti provedbu Plana na način da se unutar ovih područja ne provodi istražno bušenje i eksploatacija geotermalne vode, a snimanje 2D i 3D seizmike na područjima ekološke mreže provoditi samo na postojećim putovima. Ova mjera ublažavanja se ne odnosi na POVS HR2001346 Međimurje<sup>2</sup>.
- Prilikom planiranja aktivnosti Plana, odnosno na razini zahvata, prikupiti podatke o rasprostranjenosti ciljnih vrsta i stanišnih tipova područja ekološke mreže na području i u blizini zahvata te u skladu s podacima istražno bušenje i eksploataciju geotermalne vode te snimanje 2D i 3D seizmike planirati izvan područja rasprostranjenosti ciljnih stanišnih tipova i staništa pogodnih za ciljne vrste.
- Istražno bušenje i eksploataciju geotermalne vode udaljiti 500 m od stanišnog tipa 8310 Špilje i jame zatvorene za javnost. Zaštitna zona od 500 m ne odnosi se samo na ulaznu poziciju stanišnog tipa (otvor špilje ili jame), već i na njegovo podzemno rasprostiranje. Prije izvođenja radova utvrditi položaj i smjer špiljskih kanala. Za snimanje 2D i 3D seizmike, unutar zone od 500 m, ne koristiti eksplozive, odnosno smanjiti intenzitet vibracija na razinu koja neće utjecati na promjenu stanišnih uvjeta u špiljama i jamama.
- Za područja ekološke mreže koja su izdvojena radi očuvanja ciljnih stanišnih tipova i vrsta vezanih uz vodene ekosustave, istražno bušenje, eksploatacija geotermalne vode i korištenje vode iz prirodnih vodotoka i jezera, nisu dozvoljeni u vodotoku i u neposrednoj blizini vodotoka (unutar 250 m od vodotoka), kao i na područjima rasprostranjenosti ciljnih stanišnih tipova i staništa ciljnih vrsta vezanih uz vodene ekosustave. Unutar 250 m od vodotoka nije dozvoljeno kretanje teške mehanizacije za potrebe snimanja 2D i 3D seizmike osim po postojećim putevima.
- Pridržavati se uobičajenih praksi korištenja geotermalne energije ponovnim utiskivanjem vode, odnosno gdje god je moguće vraćati pridobivene geotermalne vode utisnom bušotinom natrag u ležište, kako bi se izbjegle promjene vodnog režima.
- Snimanje 2D i 3D seizmike te radove uklanjanja vegetacije izvoditi izvan reproduktivnog razdoblja ciljnih vrsta ptica i šišmiša.
- Na projektnoj razini u POP područjima, po potrebi, osigurati zaštitu od stradavanja ptica na zračnim kondenzatorima (npr. postaviti fizičku prepreku na vrh zračnih kondenzatora kako bi se spriječilo slijetanje ptica na njih). Također, planirane elektroenergetske sustave vezane uz

---

<sup>2</sup> HR2001346 Međimurje je POVS područje manje od 5000 ha, ali nije u cijelosti izuzeto jer na tom području već postoje dva istražna polja s potencijalom za eksploataciju geotermalne energije, stoga za ovo područje vrijedi sljedeća mjera ublažavanja: Prilikom planiranja aktivnosti Plana odnosno na razini zahvata na području POVS HR2001346 Međimurje prikupiti podatke o rasprostranjenosti ciljnih vrsta i stanišnih tipova područja ekološke mreže na području i u blizini zahvata (prema Uredbi o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže (NN 80/19) te u skladu s podacima istražno bušenje i eksploataciju geotermalne vode te snimanje 2D i 3D seizmike planirati izvan područja rasprostranjenosti ciljnih stanišnih tipova i staništa pogodnih za ciljne vrste (Tablica 11.2).

provedbu Plana izvesti na način da se ptice i šišmiši zaštite od kolizije i elektrokcije u skladu s najnovijim znanstvenim i stručnim smjernicama, preporukama i posebnim uvjetima zaštite okoliša i prirode.

– Po potrebi postaviti prikladne zaštitne elemente za sprječavanje ulaska faune (manja fauna, npr. vodozemci) u sabirnu jamu za potrebe prikupljanja otpadnih voda, jamu za prihvrat geotermalne vode tijekom proizvodnog testiranja bušotine, „sand-trap“ i u isplačnu jamu.

– Za osvjetljavanje tijekom rada geotermalne elektrane koristiti ekološki prihvatljive svjetiljke, sa snopom svjetlosti usmjerenim prema tlu i minimalnim rasipanjem u ostalim smjerovima.

– Pravilnom organizacijom radnog prostora i pridržavanjem propisa i uvjeta gradnje spriječiti akcidentne situacije (poput slučajnog ispuštanja ili odlaganja viška opasnog građevinskog materijala i kemikalija u kopnene vode, havarije građevinskih strojeva i alata te istjecanja velike količine geotermalne vode uslijed oštećenja ventila) i također spriječiti propuste u organizaciji radnog prostora poput nepostojanja sustava odvodnje površinskih voda, nepostojanja primjerenog rješenja za sanitarne otpadne vode s radnog prostora, neispravnog rukovanja i skladištenja naftnih derivata, ulja i maziva te povećane količine građevinskog, komunalnog i opasnog otpada koje se mogu ispirati u podzemne vode.

– Sukladno dobroj praksi, koristiti tehnike i opremu za prigušivanje buke iz geotermalnih objekata (npr. privremeni štitnici od buke oko dijela bušaće opreme te oko standardne opreme i alata, mobilne i fiksne akustične barijere, geotermalne elektrane s unutarnjim zidovima koji apsorbiraju buku i sl.).

– Kontrolirati razinu buke neposredno na njezinom izvoru te poduzeti dodatne mjere ublažavanja buke na projektnoj razini ako se utvrdi da postoje prekoračenja i/ili negativni utjecaji na faunu.

– U slučaju kada se ne primjenjuje tehnologija s dvije bušotine (eksploatacijska i utisna) geotermalnu vodu koja se ispušta u recipijent obraditi na način da fizikalno-kemijskim svojstvima ne mijenja fizikalno - kemijska svojstva recipijenta (temperatura, kemijski sastav i dr.).

## 6 ZAKLJUČAK

Sukladno odredbama postojećeg Zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika i donesenoj Strategiji energetskega razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu prepoznata je izuzetna važnost i ključna uloga geotermalne energije kao jednog od vodećih svjetskih trendova u daljnjem jačanju domaćeg i konkurentnijeg gospodarstva, razvoju tehnologije te dekarbonizaciji energetskega sektora.

Prosječno visoka vrijednost geotermalnog gradijenta i izrađene procjene identificiranih geotermalnih potencijala u ležištima hrvatskog dijela Panonskog bazena predstavljaju osnovnu podlogu za definiranje naftno-rudarskih radova i aktivnosti koje će investitor moći provesti u razdoblju istraživanja i eksploatacije. Potrebno je naglasiti kako je zakonodavnim okvirom predviđena pragmatična provedba istraživanja i eksploatacije geotermalnih voda u energetske svrhe uklanjanjem određenih administrativnih barijera čime bi se posljedično direktno potaknulo aktivnije ulaganje investitora u geotermalni potencijal.

Primjena geotermalnih voda, iz kojih se može koristiti geotermalna energija u energetske svrhe, ima mnogo prednosti u odnosu na ostale obnovljive izvore energije te izvore energije u kojima se primjenjuju fosila goriva:

- Obnovljiva je i održiva – geotermalna energija potječe iz ležišta geotermalne energije. U kružnom ciklusu primjene, nakon iskorištavanja toplinske energije geotermalne vode na površini, ohlađena geotermalna voda ponovno utiskuje u ležište. Zbog visoke temperature zemljine kore, geotermalna voda se u ležištu ponovno zagrijava te na taj način čini obnovljivi izvor energije.
- Pouzdana – primjena geotermalne energije je iznimno pouzdana, te za razliku od ostalih obnovljivih izvora energije, posebice sunčeve energije te energije vjetra jer ne ovisi o vremenskim prilikama i klimatskim prilikama te uvjetima okoliša.
- Učinkovita – geotermalne elektrane imaju visok stupanj iskorištenja pretvaranja toplinske energije u električnu što ih čini iznimno učinkovitima u proizvodnji električne energije.
- Ekonomski isplativa – dugoročno gledano, unatoč visokim početnim troškovima ulaganja, ulaganje u geotermalnu energiju je ekonomski isplativija investicija od ulaganja u ostale obnovljive izvore energije zbog malih troškova održavanja te njene visoke raspoloživosti.
- Ekološki prihvatljiva – u odnosu na ostale izvore energije, geotermalne elektrane emitiraju manje količine CO<sub>2</sub> te u odnosu na ostala fosilna goriva ne emitiraju ostale štetne zagađivače atmosfere koji imaju veliki utjecaj na zagađenje zraka i klimatske promjene.
- Minimalno zauzimanje površine – u odnosu na ostale obnovljive izvore energije, posebice sunčane i vjetro elektrane, geotermalne elektrane ne zauzimaju velike površine te se lako mogu uklopiti i u urbane sredine.

- Širokog raspona primjene – kao što je prethodno navedeno, geotermalna energija omogućava širok raspon primjene u različitim područjima i za različite svrhe.
- Minimalnog štetnog utjecaja – geotermalne elektrane proizvode jako malo otpada u odnosu na ostale izvore energije te ne zahtijevaju posebne postupke zbrinjavanja sirovina nakon iskorištenja energije (kao primjerice nuklearna energija).
- Sigurna – primjena geotermalne energije je sigurna budući da potencijalne akcidentne situacije ne predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi i okoliš u vidu emitiranja štetnih zračenja ili izljeva štetnih kemikalija.

Sukladno navedenom, geotermalna energija predstavlja samoodrživu i jedinu baznu obnovljivu energiju s najvećim koeficijentom energetske učinkovitosti u odnosu na ostale obnovljive energente. Realizacijom geotermalnih projekata široke primjene (proizvodnja električne energije, toplinarstvo, staklenička proizvodnja) doprinijet će se jačanju neovisnosti i energetske samostalnosti jedinica lokalnih i regionalnih samouprava te će omogućiti održivi razvoj društva i prijelaz na niskougljično djelovanje.

Nedovoljno iskorišteni geotermalni potencijal predstavlja energetske prekretnicu u ostvarivanju brže transformacije u zeleno i održivo gospodarstvo, smanjenju emisija stakleničkih plinova i postizanju većeg udjela energije dobivene iz obnovljivih izvora energije sukladno ciljevima iz nacionalnog zakonodavstva i pravne stečevine Europske Unije.

U Planu je detaljnije prikazan i objašnjen geotermalni potencijal obzirom na geološku građu glavnih depresija te naftno-rudarski radovi i aktivnosti koje je potrebno realizirati u cilju pridobivanja geotermalnih voda za proizvodnju električne energije i/ili toplinske energije ili stakleničku proizvodnju (grijanje staklenika). Također, ukratko je opisan postupak nadmetanja, dodjele dozvola za istraživanje i eksploataciju geotermalnih voda u energetske svrhe te sklapanja ugovora za eksploataciju.

Planom se potiče daljnji razvoj upotrebe geotermalne vode u energetske svrhe te će svi podaci prikupljeni tijekom provedbe Plana, biti implementirani u nove ili postojeće baze podataka te javno dostupni svim zainteresiranim investitorima i široj akademskoj zajednici. Navedeni podaci bit će temelj za kvantitativnu procjenu utvrđene geotermalne energije, a u svrhu poticanja i razvoja geotermalnih istražnih aktivnosti i implementacije geotermalnih projekata na području Republike Hrvatske.