



# INFO-GEOTHERMAL

**Podpiranje učinkovite kaskadne uporabe geotermalne energije z dostopom do uradnih in javnih informacij /**

**Supporting efficient cascade use of geothermal energy by unlocking official and public information**

**Delovni sklop T1- Zagotavljanje informacij o globoki geotermalni energiji**

**Aktivnost A.T. 1.1 Najsodobnejša analiza stanja**

**Dosežek: D.T. 1.1 Analiza tipičnih vprašanj in odgovorov občin in potencialnih vlagateljev**

**Februar 2023  
Verzija 1.0**

Projekt INFO-GEOTHERMAL sofinancirajo Islandija, Lihtenštajn in Norveška s sredstvi Finančnega mehanizma EGP v višini 1.073.529,41 €. Namen projekta je podpiranje učinkovite kaskadne uporabe geotermalne energije z dostopom do uradnih in javnih informacij.





**Vodilni partner / Lead partner: GeoZS**

**Avtorji / Authors:** Mateja Macut, Nina Rman, Andrej Lapanje, Gregor Rome, Aleš Jeraj

**Pri pripravi gradiva so sodelovali / Materials were prepared with the help of:**  
Lara Šuman, Miha Mohor, Maj Mišjak

Ta dokument je nastal s finančno podporo Finančnega mehanizma EGP. Za vsebino tega dokumenta so odgovorni izključno avtorji, navedi zgoraj, in zanj v nobenem primeru ne velja, da odraža stališča Nosilca programa Blaženje podnebnih sprememb in prilagajanje nanje.







## Kazalo

1	Povzetek .....	1
2	Abstract .....	1
3	Uvod .....	2
4	Vprašanja .....	2
4.1	Kako ocenimo geotermalni potencial? .....	2
4.2	Kaj je geotermalna energija in za kaj se uporablja? .....	3
4.3	Kaj je definicija geotermalne energije/termalne vode v zakonodaji? .....	3
4.4	Kaj so naloge posameznih ministrstev in agencij pri raziskavah in rabi geotermalne energije iz termalne vode in za elektriko? .....	3
4.5	Kakšna je načrtna promocija rabe geotermičnega potenciala? .....	3
4.6	Kaj je vrtina, vodnjak in kaj vodonosnik? .....	4
4.7	Kje v Sloveniji je največji geotermalni potencial? .....	4
4.8	Kdo določi lokacijo vrtnice, na koga se lahko obrnemo glede preliminarne ocene danosti in zmožnosti rabe geotermalne energije? .....	6
4.9	Kje so dostopni (spletni) podatki o geotermalnem potencialu Slovenije? .....	6
4.10	Iz kakšnih geotermalnih sistemov črpamo termalno vodo v Sloveniji in kakšno je njihovo napajanje? .....	6
4.11	Kako določimo razpoložljivo količino termalne vode v SV Sloveniji? .....	7
4.12	Kje se v JV Sloveniji nahajajo geotermalni vodonosniki? .....	7
4.13	Ali bo izkoriščanje termalne vode v Sloveniji povzročilo padec gladine podzemne vode? .....	8
4.14	Kako je mogoče dokazati, da se ohlajena voda po reinjkciji vrne v vodonosnik? .....	8
4.15	Kako je zagotovljeno, da se stanje vodonosnika ne spremeni? .....	9
4.16	Kako je zagotovljena celovitost globokih vrtnic za zaščito podzemne/pitne vode in ozračja ter na kakšen način jo lahko spremljamo? .....	9
4.17	Ali geotermalno vrtnanje vpliva na podzemno vodo v bližini površja? .....	9
4.18	Kako temperaturne zaradi reinjkcije razlike vplivajo na kamnine vodonosnika? .....	10
4.19	Kaj je geotermalna elektrarna in kaj geotermalna toplotna črpalka? Kaj sestavlja geotermalni sistem? .....	10
4.20	Kakšen je izkoristek pretvorbe geotermalne energije? .....	10
4.21	Zakaj v Sloveniji še nimamo geotermalnih elektrarn? .....	11
4.22	Kakšno je razmerje med količino pridobljene toplote in močjo elektrarne? .....	11
4.23	Koliko vrtnic bi potrebovali za pridobivanje na primer 30 MW toplotne energije iz globine 2 km? ..	11
4.24	Kako dolgo se izvaja monitoring? Ali se bo izvajalo do zaključka demontaže? Kateri parametri se spremljajo? .....	11
4.25	Koliko hrupa povzroča geotermalna elektrarna in kakšne so možnosti zmanjšanja le-tega? .....	12
4.26	Katere vrste tlaka poznamo v termalnem vodonosniku? .....	12
4.27	Od česa je odvisen tlak reinjektirane vode? .....	12
4.28	Kakšni ukrepi so priporočljivi, ko načrtujemo reinjkcijsko vrtino? .....	13
4.29	Do kakšnih izgub vrtalne tekočine lahko pride med vrtnanjem? .....	13
4.30	Kakšne nevarnosti predstavlja hidrotermalna geotermalna tehnologija? .....	13
4.31	Kako velika mora biti površina zemljišča, na katerem bomo gradili geotermalno elektrarno? .....	14





4.32	Od česa so odvisni inducirani potresi pri globokih geotermalnih projektih in kako jih spremljamo?.....	14
4.34	Kakšne so omejitve pri umeščanju vrtin v prostor, na kaj moramo biti pozorni in kateri omejitveni dejavniki so pomembni? .....	15
4.35	Kako zagotovimo ustreznost OPN/OPPN v primeru, da le-ta ni skladen z načrtovanim posegom, in kakšne so potrebne dopolnitve? .....	17
4.36	Katera dovoljenja potrebujemo pred pričetkom vrtanja / po izvedbi vrtine in začetnih testiranjih? .....	17
4.37	Kakšno dokumentacijo potrebujemo za gradnjo povezovalnih cevovodov, gradnjo morebitnih proizvodnih objektov, ipd.?.....	17
4.38	V katerih primerih rabe termalne vode potrebujemo koncesijo? .....	17
4.39	Kakšen je postopek pridobitve koncesije?.....	17
4.40	Po kateri zakonodaji se izvajajo vrtalna dela in posegi v geotermalne vodonosnike?.....	18
4.41	Kakšno dovoljenje potrebujemo, če je vodnjak globlji od 300 m? .....	18
4.43	Kakšen je postopek legalizacije objekta in kdaj potrebujemo za izgradnjo vodnjaka gradbeno dovoljenje? .....	20
4.46	V čem se razlikujejo izhodiščni, aktivni (obratovalni) in pasivni monitoring (opazovalni) in kaj zajemajo ter kje se uporabljajo? .....	21
4.47	Kdo izvaja aktivni monitoring in kaj morajo zagotoviti? .....	21
4.48	Kako deluje državni monitoring podzemnih voda in kdo ga izvaja v Sloveniji? .....	22
4.49	Katere okoljske meritve je potrebno zagotoviti in katere parametre moramo pri tem meriti? Kako pogosto se meritve izvajajo? .....	22
4.50	Kateri organ je glavni za spremljanje in poročanje podatkov o vodah in kakšne ukrepe zahteva od posameznih držav? Kaj moramo nujno poročati pristojnemu organu?.....	22
4.51	Ali se lahko program ukrepov pripravi za vsako vodno telo in kaj mora vsebovati? Kako poteka zasnova spremljanja stanja in kaj je potrebno za vzpostavitev dobrega stanja podzemne vode? .....	23
4.52	Na podlagi česa se v Sloveniji izvaja upravljanje podzemnih voda? .....	23
4.53	Kakšne so možnosti financiranja geotermalnega projekta v Sloveniji? .....	24
4.54	Kateri so ključni elementi, ki jih je treba upoštevati pri razvoju geotermalnih projektov, ki jih financira skupnost?.....	24
4.55	Ali je za geotermalne projekte na voljo sheme zavarovanja tveganja?.....	24
5	Uporabljena literatura .....	1





## 1 Povzetek

Raba geotermalne energije v zadnjem desetletju skokovito narašča po celem svetu. Ponekod, kjer je njena raba že pogostejša in utečena (npr. na Islandiji), imajo tudi že natančno določen postopek, ki definira vsak korak od začetka (še pred začetkom gradbenih del) do konca projekta ter spremljanje vpliva delovanja (npr. monitoring). Razvoj rabe geotermalne energije je močno odvisen predvsem od tehnologije, ki je na razpolago. Da bi to omogočili, potrebujemo vlagatelje, ki bodo v geotermalni energiji videli potencial, v katerega si bodo želeli investirati. Ker pa gre za kompleksni postopek, ki terja znanje z več področij (geologija, ekonomija, pravo, ipd.), se bo potencialni vlagatelj znotraj tega procesa soočil z marsikatero neznanko. Zato smo v okviru projekta INFO-GEOTHERMAL pripravili nabor najpogostejših vprašanj z različnih področij, ki se tičejo celotnega procesa: od osnovnih podatkov o geotermalni energiji in potencialu, njeni rabi v Sloveniji in svetu, do zakonodajnega okvira in dokumentacije, potrebne za rabo geotermalne energije, kako izvajamo monitoring, kateri zakoni pokrivajo rabo geotermalne energije ter kakšne so možnosti financiranja geotermalnih projektov.

## 2 Abstract

The use of geothermal energy has been growing exponentially worldwide over the last decade. In some places, where its use is already more common and established (e.g., Iceland), there is also a well-defined procedure that determines each step from the start (also before the construction) to the end of the project, as well as the evaluation of its impact (e.g., monitoring). The development of geothermal energy use is strongly dependent on the technology available. To make this possible, we need investors who see the potential in geothermal energy and are willing to invest in it. However, as this is a complex process requiring knowledge in several fields (geology, economics, law, etc.), a potential investor will face many unknowns in this process. Hence, project INFO-GEOTHERMAL has prepared a set of frequently asked questions in various fields that are relevant to the whole process: from basic information on geothermal energy and potential, its use in Slovenia and worldwide, to the legislative framework and documentation required for geothermal energy use, how monitoring is carried out, which laws cover geothermal energy use, and what are the financing options for geothermal projects.

### 3 Uvod

Potencial za rabo geotermalne energije je v mnogih delih sveta zelo visok. Prva raba geotermalne pare v namene pridobivanja električne energije seže v zgodnje 20. stoletje, ko so leta 1904 zgradili prvo geotermalno elektrarno v Larderellu, Italija. Čeprav so od takrat zgradili mnogo novih geotermalnih elektrarn, njihov delež prispevanja električne energije ostaja nizek v primerjavi z drugimi viri energije. Ocenjujejo, da ima skoraj 40 držav po svetu dovolj geotermalnega potenciala, da bi z njegovo rabo zadovoljili energetske potrebe celotne države. Z napredkom tehnologije bo v prihodnosti še več držav zmožnih uporabljati svoj geotermalni potencial. V skoraj 90 državah so potrdili obstoj geotermalnih virov in v več kot 70 državah imajo že izkušnje z njihovo rabo, tudi v Sloveniji. Trenutno sta vodilni državi ZDA in Filipini, kjer znaša inštalirana kapaciteta 3000 MW, oziroma 1900 MW. Za njima sta Islandija in El Salvador, ki proizvajata okoli 25 % energije iz geotermalnih virov (Gehring in Loksha, 2012).

V Sloveniji je najvišji geotermalni potencial na območju Panonskega bazena na severovzhodu države in je posledica stanjšane Zemljine skorje in večjega toplotnega toka ( $>110 \text{ mW/m}^2$ ). Ta je mnogo večji v primerjavi s povprečnim ( $30 \text{ mW/m}^2$ ), kar pomeni visok potencial za izkoriščanje geotermalne energije (Rajver in Ravnik, 2002). Tam je največja količina termalne vode uskladiščena v nekaj sto metrov debelem zaporedju dobro prepustnega kremenovega peska in peščenjaka Murske formacije, ki se razteza tudi v sosednje države.

Čeprav v zadnjem desetletju države vse bolj stremijo k čistejši in trajnostni energiji, zaradi česar zanimanje za geotermalno energijo skokovito narašča na globalni ravni, pa je uresničitev rabe geotermalne energije pogosto ovirana zaradi težav s pridobivanjem dovoljenj, kot tudi rabe drugih neobnovljivih virov, ki imajo manjše investicijske stroške.

Eden izmed ciljev projekta INFO-GEOTHERMAL je priprava poročila o »tipičnih« vprašanjih v zvezi z geotermalno energijo, dovoljenji, ureditvi sistema, financiranju in podobno. Projektni partnerji so zato poiskali tipična vprašanja in pripravili odgovore. V kolikor primernih odgovorov še nismo našli bomo na takšna vprašanja poskusili odgovoriti v okviru ostalih aktivnosti projekta in poročilo nadgradili ob koncu projekta. Pokrili smo najpomembnejša področja, ki zanimajo vlagatelje v rabo geotermalne energije v Sloveniji:

- Geotermalni viri in potencial za rabo termalne vode in pridobivanje elektrike,
- Raba termalne vode v Sloveniji,
- Zakonodaja in dovoljenja,
- Monitoring in tveganja rabe,
- Financiranje projektov.

## 4 Vprašanja

### 4.1 Kako ocenimo geotermalni potencial?

Geotermalni potencial ocenjujemo z različnimi metodami, ki temeljijo na geoloških, hidrogeoloških in geotermičnih značilnosti območja, zanesljivosti podatkov ter trenutni stopnji izkoriščenosti vira. Ko vemo, koliko toplotne ali električne energije potrebujemo, izračunamo, kolikšno količino in temperaturo termalne vode iščemo. Za pridobivanje termalne vode potrebujemo vsaj:

- primeren vir toplote (povišan geotermični gradient in čim hitrejše naraščanje temperature z globino),



- dovolj obsežen vodonosnik (definicija tega se spreminja, odvisno, ali potrebujemo količine vode npr. 5, 50 ali 100 l/s),
- primerno globoke vrtine, da je vrtanje ekonomično (klasične geotermalne vrtine v Sloveniji imajo globino od 200 do 2000 m, v svetu pa se že tipsko vrtajo vrtine v globinah 3-4 km)
- primerno kemijsko sestavo termalne vode (in ugotovitev, ali bo povzročala korozijo ali obarjanje, koliko in katere pline vsebuje ipd.).
- izbrati ustrezno tehnologijo, da izkoristi vse lokalne značilnosti in omejitve geotermalnega območja

## 4.2 Kaj je geotermalna energija in za kaj se uporablja?

Geotermalna energija je toplotna energija, vsebovana v kamninah in fluidih v Zemljini skorji pod določenimi geološkimi in termodinamskimi pogoji. Ob pravilnem izkoriščanju lahko igra pomembno vlogo v energetski bilanci države.

## 4.3 Kaj je definicija geotermalne energije/termalne vode v zakonodaji?

Glede na definicijo v Zakonu o rudarstvu (ZRud-1) je geotermični energetski vir toplotna energija, ki se nahaja v geoloških plasteh pod površjem tal in se obnavlja s toplotnim tokom iz Zemljine notranjosti.

Termalna voda je definirana v Zakonu o vodah (ZV-1), kjer je zapisano, da je to podzemna voda iz vrtine, izvira ali zajetja, ki se ogreje v geotermalnih procesih v zemeljski skorji in njena temperatura na izviru ali umetnemu iztoku znaša najmanj 20 °C. Če ima termalna voda značilnosti mineralne vode, ji pravimo termomineralna voda

## 4.4 Kaj so naloge posameznih ministrstev in agencij pri raziskavah in rabi geotermalne energije iz termalne vode in za elektriko?

Odgovor bodo med izvajanjem projekta INFO-GEOTHERMAL pripravila ministrstva.

## 4.5 Kakšna je načrtna promocija rabe geotermičnega potenciala?

Sprva se postavi uradno spletno stran za informacije o rabi geotermalne energije, iz katere bi bile narejene povezave na ostale dokumente, kjer so že objavljeni, npr. navodila za monitoring koncesionarjev na ARSO itd. Sledi sistematično zbiranje in interpretacija podatkov o raziskavah in rabi podpovršja s pripravo javnih modelov podpovršja in rabe prostora na izbranih območjih za zmanjšanje geoloških tveganj in učinkovitejše upravljanje z virom (načrtovanjem nadaljnje rabe). Nato prediemo do analize smotrnosti vlaganja v razvoj plitvih in globokih geotermalnih virov. Pripravi se metodologija in strokovna podlaga potenciala rabe geotermalne energije v lokalnem merilu na prioritetenih območjih za lokalne geotermalne koncepte občin s konkretnimi številkami in akcijami. Območja se določi glede na njihovo perspektivnost z vidika naravnih danosti in interesa lokalne skupnosti. Podajo se vsaj: opisni in prostorski (GIS) podatki za geološke lastnosti, omejitve rabe prostora in vrste tveganj, obstoječa raba virov in pričakovan vpliv na okolje ob rabi različnih tehnologij GTE, tako da se oblikuje seznam najbolj primernih tehnologij rabe ter natančne usmeritve za razvoj posameznega vira. Vse razpoložljive ovrednotene in obdelane podatke moramo nato prosto posredovati javnosti za konkretne namene in uporabo v primernem merilu in s pomočjo sodobnih orodij. Sledi ustanovitev kot na primer geotermalnega združenja, ki bi združevalo





gospodarstvo, izvajalce idr., da bi lahko skupaj prepoznavali razloge za zastoj razvoja in jih sproti odpravljali ter podajali ustrezne rešitve in predloge pristojnim ministrstvom. Za konec se naredi priprava informativnih gradiv, učnih modelov in učnih poti.

#### 4.6 Kaj je vrtina, vodnjak in kaj vodonosnik?

Vrtina je antropogen objekt, odprtina poljubnega premera in dolžine, ki je bila izvedena v geološko formacijo ali antropogeni material z vrtanjem. Vrtine imajo različne namene, so npr. geomehanske, strukturne, hidrogeološke, inženirsko-geološke, za raziskave mineralnih surovin, zato se njihova izdelava in tehnična prema razlikuje.

Vodnjak je pogosto drugo ime za vrtino, iz katere se pridobiva podzemna voda. Takšen objekt je običajno večjih dimenzij oziroma premera vrtine in coni vodonosne(-ih) plasti opremljen s prepustnimi cevmi (filtrske cevi), skozi katere v kanal vrtine doteka podzemna voda, ali pa v tem delu ni cevljena in ima le odprt kanal vrtine.

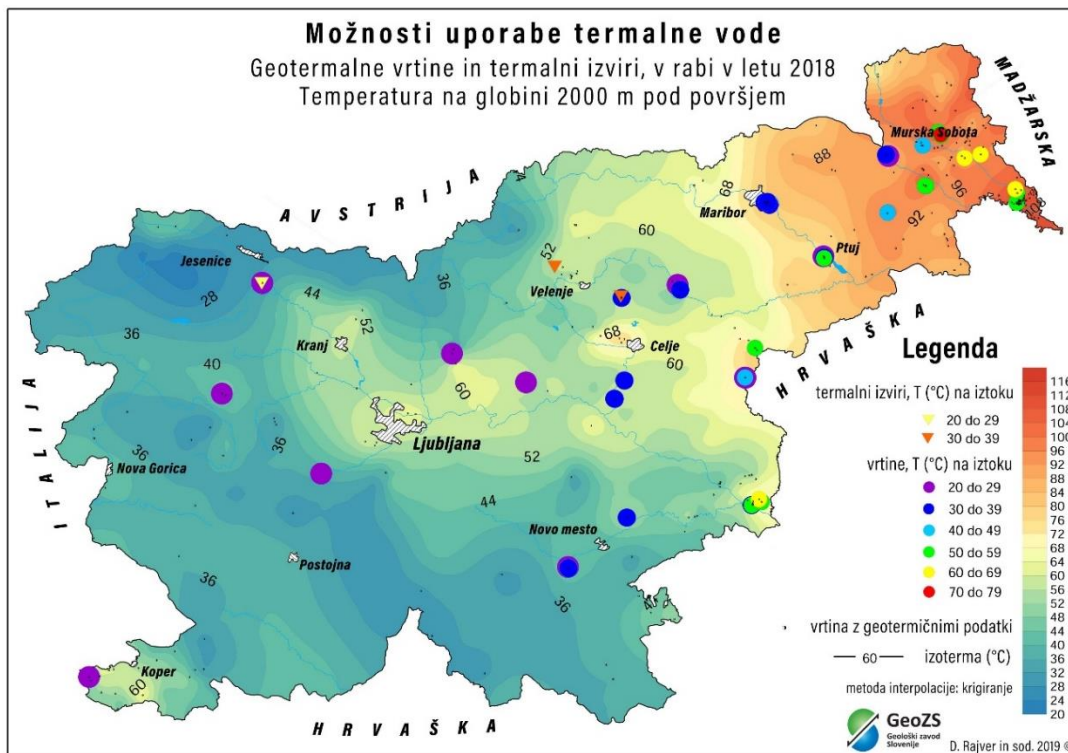
Vodonosnik je porozno in dovolj prepustno, pod površjem jasno omejeno geološko telo, ki ima pomemben tok podzemne vode, da je zmožno zagotavljati potrebne količine podzemne vode za različne namene. Kadar je voda v njem ogreta, ga imenujemo geotermalni vodonosnik ali rezervoar.

#### 4.7 Kje v Sloveniji je največji geotermalni potencial?

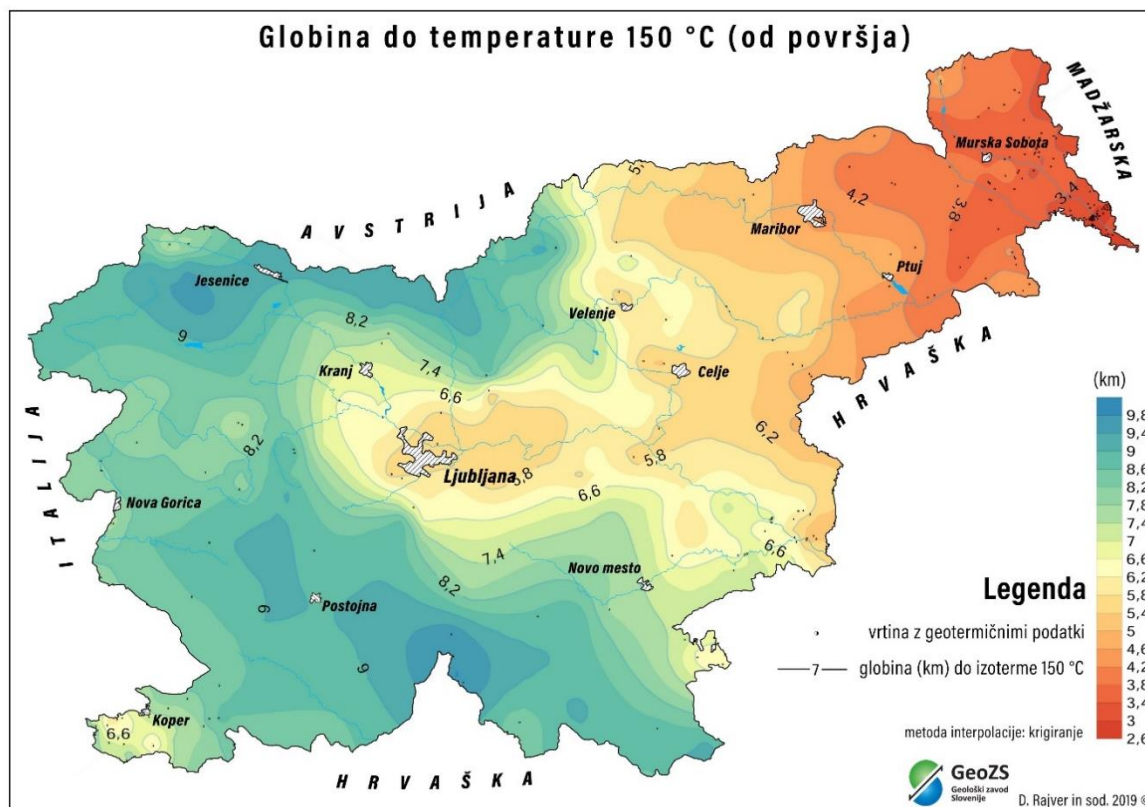
Potencial za rabo termalne vode je zaradi geoloških danosti največji v SV Sloveniji, kjer je v globini 4 km pričakovana temperatura kamnin med 150 in 200 °C (*Slika 1, Slika 2*). Za te vire je bila izračunana dosegljiva baza virov (957 EJ), ki temelji na oceni razpoložljive toplote. Značilnost rabe geotermalne energije je višji izkoristek v primeru direktne rabe geotermalne toplote glede na pridobivanje električne energije. Najboljša je kaskadna raba termalne vode, saj omogoča višji izkoristek pri manjši porabi količine vode. V Sloveniji imamo zelo veliko dobrih izkušenj s kaskadno rabo termalne vode na več lokacijah.

Največje količine termalne vode v severovzhodni Sloveniji so uskladiščene v nekaj sto metrov debelem zaporedju dobro prepustnega kremenovega peska in peščenjaka Murske formacije, ki je zgornje miocenske starosti. Temperatura podzemne vode z globino po navadi narašča, prav tako njen zadrževalni čas, kar se kaže tudi v običajno naraščajoči vsebnosti skupnih raztopljenih snovi z globino. Termalna voda v Murski formaciji lahko v globljih delih regionalnega in čezmejnega vodonosnika doseže do približno 80 °C in vsebuje do približno 1200 mg/l skupnih raztopljenih snovi. Kjer so v isti vrtini zajeti tudi globlji sloji iz Lendavske formacije, ki je obenem tudi mnogo manj izdatna v primerjavi z Mursko formacijo, je voda lahko obogatena z nafto, zemeljskim plinom ali ogljikovim dioksidom, ter ima običajno nekoliko več skupnih raztopljenih snovi. Podzemna voda iz Murske formacije se napaja na zahodu in severozahodu, v bližini Ptuja in na Goričkem, nato pa tone v globino in se pretaka proti Madžarski ter tvori čezmejni geotermalni vodonosnik Mursko-Zalskega bazena, ki si ga delimo pretežno z Madžarsko (Rman in sod., 2016).

Drugje v Sloveniji je potencial bistveno slabše poznan, kajti regionalni geotermalni vodonosniki niso razviti.



Slika 1: Možnosti uporabe termalne vode – Geotermalne vrtine in termalni izviri, v rabi v letu 2018 in Temperatura na globini 2000 m pod površjem



Slika 2: Globina do temperature 150 °C (od površja)



#### 4.8 Kdo določi lokacijo vrtine, na koga se lahko obrnemo glede preliminarne ocene danosti in zmožnosti rabe geotermalne energije?

V preteklosti so bili izvedeni številni evropski in nacionalni projekti z javnimi informacijami o geotermalnem potencialu in obstoju geotermalnih vrtin. Vseeno je še veliko informacij nedostopnih javnosti in na voljo le pri investitorjih ali izvajalcih geotermalnih vrtin. Nekateri portali, kjer so na voljo javne informacije, so opisani pri naslednjem vprašanju.

Za razvoj projekta in izbiro najboljše lokacije oziroma raziskave potenciala na izbrani lokaciji se je potrebno obrniti na strokovnjake geologe in rudarje. Pri raziskavah za izvedbo vrtine je običajno potrebno pripraviti rudarski projekt, v katerem se interpretira pričakovano geološko in hidrogeološko zgradbo, tehnične značilnosti nove vrtine in postopke za njeno testiranje. Največji organizaciji v Sloveniji, ki se ukvarjata z raziskavami geotermalnega potenciala sta Geološki zavod Slovenije in Petrol Geo, slednji ima tudi arhiv informacij o naftnih in plinskih vrtinah v SV Sloveniji. Seveda obstajajo tudi številne druge projektantske firme.

#### 4.9 Kje so dostopni (spletni) podatki o geotermalnem potencialu Slovenije?

Poleg projekta INFO-GEOTHERMAL, ki bo ustvaril novo bazo geotermalnih podatkov v Sloveniji, je GeoZS, skupaj z Naravoslovnotehniško fakulteto v okviru projekta **GEORISK** (<https://www.georisk-project.eu/>), financiranega s strani EU programa Horizon 2020, že izdelal karto državnega geotermalnega potenciala in določili ustrezne lokacije za naslednje geotermalne projekte.

Med letoma 2016 in 2019 je potekal projekt **GEOPLASMA-CE** (<https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/GeoPLASMA-CE.html>), ki je želel promovirati učinkovito in trajnostno rabo plitve geotermije v Centralni Evropi, in narediti spletno orodje, ki bo povezovalni člen med strokovnjaki s področja geoznanosti in drugih področij. Med drugim so sodelovali z GeoZS in MOL, kjer so pomagali pri posodobitvi Akcijskega načrta lokalnega energetskega koncepta MOL (<https://www.ljubljana.si/sl/moja-ljubljana/varstvo-okolja/energetska-ucinkovitost/projekt-geoplasma-ce/>).

Leta 2020 se je zaključil projekt **DARLINGE** (<https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/darlinge>), znotraj katerega so pokrili centralno in jugovzhodno porečja reke Donave, vključujoč južno Madžarsko, severovzhodno Slovenijo, severno Hrvaško, severne dele Bosne in Hercegovine, severno Srbijo ter zahodno Romunijo, kar skupaj znaša 95.000 km<sup>2</sup>. Glavni cilji projekta so bili povečati rabo geotermalne energije in pomagati pri prodoru energetsko učinkovitih kaskadnih sistemov ter jih uskladiti z obstoječimi potrebami na trgu, vzpostaviti nabor (spletnih) orodij z dostopnimi podatki o geologiji, termalnih vodonosnikih in potrebah po toploti na obravnavanem območju (<https://www.darlinge.eu/mapviewer/>), ter izboljšati sodelovanje med vlagatelji in strokovnjaki z vzpostavitvijo geotermalne mreže.

#### 4.10 Iz kakšnih geotermalnih sistemov črpamo termalno vodo v Sloveniji in kakšno je njihovo napajanje?

V Sloveniji izkoriščamo termalne vode iz nizkotemperaturnih geotermalnih sistemov, ki jim pravimo tudi hidrotermalni sistemi ali geotermalni vodonosniki. Na severovzhodu Slovenije prevladujejo medzrnski regionalni peščeni vodonosniki z visoko izdatnostjo, ki se nahajajo znotraj Panonskega sedimentacijskega bazena. Na jugovzhodu, Obali in drugih delih Slovenije so zajeti razpoklinski vodonosniki v podlagi sedimentacijskih bazenov, ki prekrivajo te vodonosnike. Napajanje tako prvih kot drugih vodonosnikov je zelo omejeno, zato lahko pretiran



odvzem vode povzroči zniževanje gladine podzemne vode, pozneje pa lahko pride tudi do vdorov plinov ali voda z drugačno kemijsko sestavo in temperaturo. Za območja presečišč prelomnih con, pretežno v karbonatnih kamninah, pogosto nastanejo sistemi toplih izvirov, v katerih je termalna voda glede na običajno podzemno vodo nekoliko bolj mineralizirana. Napajanje tovrstnih izvirov je po navadi dobro, zato spremembe stanja v vodonosniku ne opazimo z znižanjem gladine, temveč s spremembo temperature vode (Rman in sod., 2019).

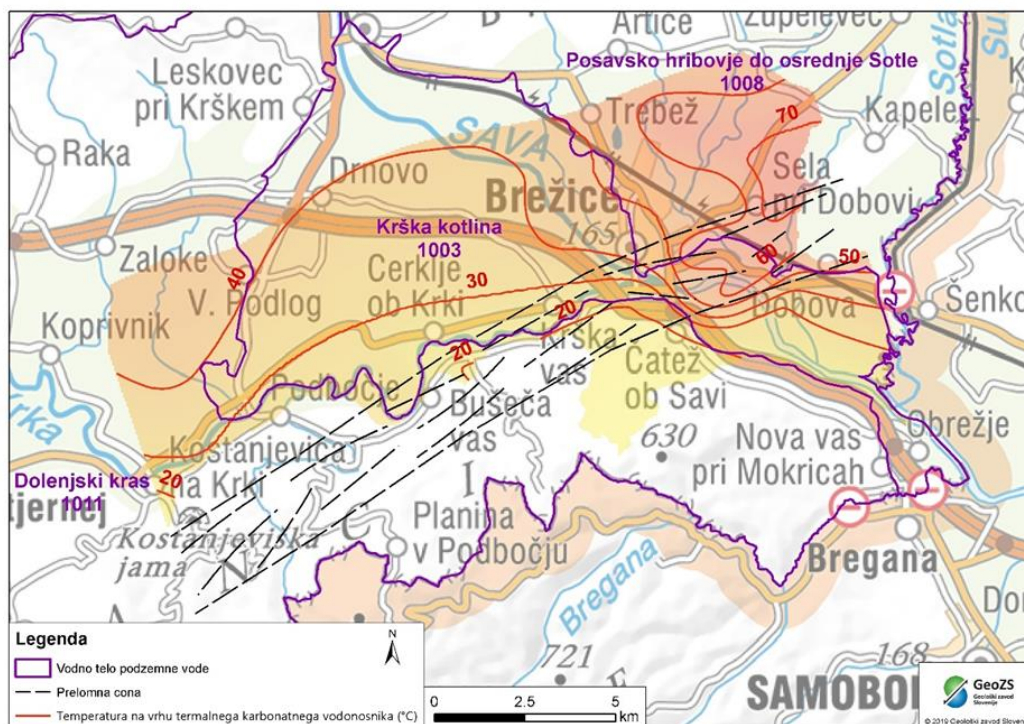
#### 4.11 Kako določimo razpoložljivo količino termalne vode v SV Sloveniji?

Razpoložljiva količina termalne vode je pogosto omejitveni dejavnik rabe, tudi v primeru SV Slovenije. V veljavnem načrtu upravljanja z vodami (NUV II) je stanje termalnih podzemnih voda v Pomurju ocenjeno kot dobro, vendar z veliko negotovostjo, ker se je načrt za obdobje 2015-2021 pripravljaval pred letom 2015, ko, razen v redkih primerih, še ni bil vzpostavljen monitoring niti količin niti gladin, oziroma so bili časovni nizi podatkov prekratki za zanesljivo napoved. Zato je bilo v 8. členu NUV (prepovedi, pogoji in omejitve rabe podzemne vode in pogoji za posege v podzemne vode) in 3. alineji razglašeno, da se vodne pravice za rabo vode za izkoriščanje termalne in termomineralne vode v Mursko-Zalskem in Krško-Brežiškem bazenu lahko podelijo na podlagi ugotovitve, da trend gladine podzemne vode v vodonosnikih določenih vodnih teles ni več padajoč. To pomeni, da so tu mogoča povečanja oziroma novi odvzemi termalne vode iz regionalnega vodonosnika v Murski formaciji le v primeru vračanje termalne vode nazaj v vodonosnik. To se potem vodi kot geotermični energetski vir po Zakonu o rudarstvu.

#### 4.12 Kje se v JV Sloveniji nahajajo geotermalni vodonosniki?

Geotermalni vodonosnik v JV Sloveniji se nahaja v zgornjetriasnih dolomitih in miocenskih litotamnijskih apnencih. Dolomiti so razviti na celotnem območju Krškega in Brežiškega polja in pridejo na površje na vzhodnem in severnem delu Gorjancev, na vzhodnem delu Krškega hribovja ter na zahodnem delu Orlice. Drugod so pokriti s terciarnimi klastičnimi sedimenti (peski, melji, itd.). Vodonosnik ima razpoklinsko in kraško poroznost ter je v prostoru verjetno omejen z raztezanjem bolj prepustne prelomne cone (Slika 3). Globina do primarnega vodonosnika na območju Term Čatež je od 200 do 350 m, na območju Mosteca okoli 450 m, v Dobovi pa od 330 do 500 m. Proti severu tone do globine preko 2500 m, predvsem južno od Globokega. Po trenutnem geološkem modelu ta vodonosnik ni čezmejnega značaja.





Slika 3: Prelomne cone in temperature na vrhu termalnega karbonatnega vodonosnika.

#### 4.13 Ali bo izkoriščanje termalne vode v Sloveniji povzročilo padec gladine podzemne vode?

Rezultati na sprejemnikih in izbranih opazovalnih vrtinah v Sloveniji kažejo, da se bo črpanje nadaljevalo in naj bi se po približno 20 letih delovanja skoraj povsem stabiliziralo. Vendar bo v naslednjem desetletju znižanje gladine podzemne vode največje: približno 18 m v osrednjem delu porečja v Sloveniji, in okoli 10 m na meji med Slovenijo in Madžarsko, v naslednjih desetletjih pa se bo nadaljevalo za dodatnih 5 m.

#### 4.14 Kako je mogoče dokazati, da se ohlajena voda po reinjkciji vrne v vodonosnik?

Ker se ne uporablja nobeno zaprto skladiščenje vode, se enaka količina vode, ki se pridobi, samodejno vrne v tla, običajno v isto plast kamnine, od koder smo črpali. Cilji upravljalca elektrarne so učinkovito in trajnostno delovanje geotermalne elektrarne. Zato je treba vodo vrniti pod zemljo s čim manjšim pritiskom (vrtina za ponovno vbrizgavanje). Za upravljalca elektrarne sta odločilna hidravlična prepustnost podzemlja in kakovost povezave med obema vrtinama. Pred izgradnjo geotermalnih vrtin se izvedejo izračuni (numerični modelni izračuni), ki zagotavljajo informacije o optimalni razdalji med obema vrtinama v vodonosniku. Za varno obratovanje naprav se med poskusnim in neprekinjenim obratovanjem (spremljanje) merijo tlak, temperatura in drugi parametri ter se primerjajo z odobrenimi pogoji obratovanja. Če pride do odstopanj, se ustrezno spremeni hitrost dobave. Za povečanje učinkovitosti se lahko na primer izvrti še ena vrtina ali tako imenovana stranska vrtina (bočna preusmeritev iz obstoječe vrtine). Popolno in pravočasno vračanje je tudi v interesu upravljalca elektrarne, saj se s podaljševanjem časa zadrževanja termalne vode v krogu termalne vode zaradi običajno visoke mineralizacije povečuje verjetnost pojava nezaželene mineralne oborine, kar bi povzročilo draga vzdrževalna dela.

#### 4.15 Kako je zagotovljeno, da se stanje vodonosnika ne spremeni?

Črpanje termalne vode lahko spremeni prepustnost na območju črpanja vodonosnika (globoki vodonosnik). Tudi prepustnost na območju vračanja vode se lahko poveča ali zmanjša, odvisno od pogojev. Z rednimi meritvami s spremljanjem stopnje proizvodnje (stopnje vračanja vode), tlaka, temperature in kemijskih lastnosti termalne vode se zagotavlja, da v uporabljenem globokem vodonosniku ne pride do neželenih sprememb.

#### 4.16 Kako je zagotovljena celovitost globokih vrtin za zaščito podzemne/pitne vode in ozračja ter na kakšen način jo lahko spremljamo?

Globoke vrtine se gradijo v več fazah z vse manjšimi premeri (koncentrično), tako da je v zgornjem delu več cevi (ti. cevnih tur) z različnimi premeri postavljenih in zacementiranih ena v drugo, kar zagotavlja večjo zaščito vodonosnikov v bližini površja. Med cevmi so obročasti prostori, ki so zapolnjeni s cementom ali tekočinami. Preko obročnih prostorov, napolnjenih s tekočino, je mogoče že v zgodnji fazi opaziti puščanje.

Material obloge globoke vrtine (posebna jekla ali plastika) je prilagojen korozivnim lastnostim globoke podzemne vode (napoved obnašanja). Danes se globoke vrtine gradijo tako, da je zunanja obloga vrtine s povratno cementacijo tesno povezana z okoliško kamnino in da vzdolž vrtine ni navpičnih poti. Ta ti. celovitost globoke vrtine se spremlja. V "Tehničnem predpisu za celovitost vrtine" (BVEG) in drugih standardih (NORSKO D 010, 2013) je opisan obsežen katalog ukrepov za ta namen. Ti med drugim vključujejo zagotavljanje kakovosti cementacije, spremljanje tlaka v obročnih prostorih vrtine, da se dokaže njihova tesnost, in oceno stopnje korozije zapornih elementov. Po potrebi se lahko meritve debeline sten cevi opravijo tudi in situ v vrtini, pri čemer spremljamo tudi stopnjo korozije. S primerjavo z rezultati meritev ob zagonu je mogoče določiti stopnjo korozije ter jo primerjati z napovedmi in izjavami o celovitosti. Nadaljnje pomembne informacije o celovitosti vrtine zagotavlja stalno beleženje tlaka, temperature in hidrogeokemije. Če se odkrijejo puščanja, je potrebno območje puščanja sanirati.

#### 4.17 Ali geotermalno vrtanje vpliva na podzemno vodo v bližini površja?

Pri globokem vrtanju je treba vedno zagotoviti, da med izkoriščanjem termalne vode ne bo prihajalo do škodljivih sprememb v pripovršinskih podzemnih vodah, iz katere se črpata pitna in tehnološka voda, ki nista namenjeni termalni rabi. Vpliv na višje ležeče vodonosnike, ki niso hidravlično povezani s termalnim vodonosnikom, preprečujemo z dodatno zacementiranimi prostori med cevmi, ki sestavljajo globoke vrtine, s čimer poskrbimo za dobro tesnitev cevi.

Črpanje in reinjekcija vroče ali tople globoke termalne vode povzročata temperaturne spremembe podzemne vode v bližini površja zaradi prevajanja toplote pod tlemi v bližini vrtin. Vpliv na mikrofavno podzemne vode (in njene biocenoze) je mogoče pričakovati le v bližini. V primerjavi z drugimi vkopanimi cevovodi (npr. vodovodi, kanalizacijski cevovodi, vkopani visokonapetostni kabli) je vplivno območje bistveno manjše.

Vpliv geotermalnega sistema je določen že ob načrtovanju projekta in pridobivanju vseh dovoljenj, pri čemer sodelujejo strokovnjaki s tega področja. Globoke geotermalne vrtine so na primer prepovedane na območjih varstva pitne vode I in II, na območju III pa se lahko odobrijo le pod posebnimi geološkimi pogoji. Enako velja za

varstvena območja zdravilnih virov. Na ta način je dodatno zaščiteno pridobivanje pitne in zdravilne vode ter termalne vode.

#### 4.18 Kako temperaturne zaradi reinjekcije razlike vplivajo na kamnine vodonosnika?

Pod tlemi lahko ohlajanje povzroči krčenje kamnine v bližini vrtine za vračanje vode. Zaradi nizkih koeficientov toplotnega raztezanja kamnine je učinek krčenja pri hidrotermalni geotermalni energiji zelo majhen. Temperaturne spremembe v pod površju lahko načeloma povzročijo spremembe napetosti in prispevajo k sprožitvi šibkih potresov. S sodobnimi numeričnimi modelskimi izračuni je mogoče vnaprej ugotoviti učinke temperaturnih sprememb. Reinjektiranje ohlajene vode v vodonosnik lahko spremeni prepustnost v bližini vrtine za vbrizgavanje. Tudi to je mogoče vnaprej določiti z numeričnimi metodami.

#### 4.19 Kaj je geotermalna elektrarna in kaj geotermalna toplotna črpalka? Kaj sestavlja geotermalni sistem?

Geotermalna elektrarna je obrat, ki uporablja paro ali termalno vodo za pogon turbinskih generatorjev za proizvodnjo električne energije. Tri različne vrste uporabljajo različne temperaturne razrede geotermalnih virov: suha para, parni in binarni sistem. Geotermalna energija je energija, shranjena v obliki toplote v kamninah ali fluidih (vodi in pari), ujetimi v porah in razpokah pod površjem. Geotermalni fluid je običajno voda v tekoči ali parni fazi, ki vsebuje pline in raztopljene snovi, odvisno od njene temperature in tlaka. Geotermalna toplotna črpalka je naprava, ki izkorišča prednosti relativno konstantne temperature v Zemljini notranjosti, in jo uporabljajo kot vir in ponor toplote za ogrevanje kot hlajenje. Pri hlajenju se toplota črpa iz okolice in se razprši v podzemlje, pri ogrevanju pa se toplota črpa iz podzemlja in se razprši v okolico.

Geotermalni sistem sestavljajo vir toplote, mehanizmi prenosa toplote, fluid ter geotermalni rezervoar, ki skupaj zagotavljajo pogoje za akumulacijo geotermalnega vira. Sistem obsega celotno hidrogeološko povezano območje z napajanjem, rezervoarji in cono iztoka. Rezervoar/vodonosnik je volumen ogretyh in dobro prepustnih kamnin, ki jih lahko izkoriščamo z odvzemom toplote ali fluida.

#### 4.20 Kakšen je izkoristek pretvorbe geotermalne energije?

Vodonosnikov z dovolj visoko temperaturo in dovolj velikim pretokom zaenkrat ni identificiranih, so le pričakovani oz. predvidevani. Danes je mogoče s klasično turbino proizvajati elektriko pri  $T > 150^{\circ}\text{C}$ , pri dovolj visokem tlaku. Izkoristek pretvorbe geotermalne energije v elektriko je le 10-12%. Toda potrebno je vedeti, da dobro zastavljene geotermalne elektrarne na območjih visoko entalpijskih geotermalnih sistemov običajno delujejo pri višjih faktorjih kapacitete (tipično 75-90%, ponavadi tudi višje) kot katerekoli drugi tip elektrarn na obnovljiv vir energije. Ugodne so predvsem za pokritje osnovnih obremenitev, ker je njihov faktor razpoložljivosti 92-99% s faktorji obremenitve 84-96%. V temperaturnem rangu med  $100$  in  $150^{\circ}\text{C}$  pa je izkoristek sicer podobno nizek, kjer lahko elektriko proizvajamo z binarnimi sistemi. Tu je tehnologija Kalina nekoliko boljša od ORC (Organski Rankinov Cikel), saj je učinkovitost Kalina cikla od 20 (pri  $100^{\circ}\text{C}$ ) do 35% ( $190^{\circ}\text{C}$ ), medtem ko znaša učinkovitost ORC pri istih temperaturah od 6 do 13%.

#### 4.21 Zakaj v Sloveniji še nimamo geotermalnih elektrarn?

Problem je, da za določena perspektivna območja, kot so Lendava, Ljubljanska kotlina, Posavske gube, Haloze, Primorska itd..., niso izvedene raziskave (do 5 km globoke raziskovalne oziroma strukturno-hidrogeološke-geotermalne vrtine) in ne vemo ali imamo geotermalne sisteme primerne za proizvodnjo elektrike ali ne. Za te vrtine bi po našem mnenju morala sredstva zagotoviti Republika Slovenija. Na osnovi njihovih izsledkov pa je potem mogoče šele pričakovati privatno iniciativo (ko bo tveganje manjše, oz. verjetnost pozitivnega rezultata večja).

#### 4.22 Kakšno je razmerje med količino pridobljene toplote in močjo elektrarne?

Če se toplota uporablja neposredno, je za uporabo na voljo 100 % pridobljene toplote, zmanjšane za toploto, ki se izgubi med kroženjem vode. Črpalka mora delovati na električno energijo. Potrebna moč je odvisna od lokalnih razmer in hitrosti kroženja. Če se geotermalna energija uporablja za proizvodnjo električne energije, se lahko do 14 % pridobljene energije pretvori v električno energijo, od česar moramo odšteti še moč črpalke.

#### 4.23 Koliko vrtin bi potrebovali za pridobivanje na primer 30 MW toplotne energije iz globine 2 km?

Načeloma vsaj dve – ena proizvodna vrtina in ena reinjekcijska vrtina (za vračanje vode). Primer izračuna: Pri temperaturi 90 °C na globini 2.000 m in temperaturi 40 °C, pri kateri se termalna voda vrača v zemljo, bi bilo treba pridobiti približno 150 l/s termalne vode, da bi pridobili 30 MW toplotne energije.

#### 4.24 Kako dolgo se izvaja monitoring? Ali se bo izvajalo do zaključka demontaže? Kateri parametri se spremljajo?

Celovita analiza termalne vode zagotavlja dragocene podatke pred in med obratovanjem geotermalnih elektrarn. Trajnostno upravljanje geotermalnega vodonosnika je ključnega pomena za dolgoročno obratovanje. To zahteva tako določitev začetnega stanja neposredno po razvoju vodonosnika, kot tudi stalno in za posamezno lokacijo specifično spremljanje med obratovanjem vsaj do razgradnje.

V fazi obratovanja sestava vode ter nekateri fizikalni parametri, kot sta pretok in temperatura, niso stalni in jih je treba stalno spremljati.

Poleg tega bodo morda potrebni ukrepi za spremljanje tesnjenja obročnega prostora, puščanja, korozije, obarjanja (luske) in radioaktivnosti.

Koncept spremljanja mora zato vključevati fizikalne, kemijske in izotopske preiskave tekočin, plinov in trdnih snovi. Poleg analize vzorcev vode in trdnih snovi sistemi monitoringa radioaktivnih snovi vključujejo tudi redno merjenje hitrosti lokalne doze (ODL) v nadzemnem sistemu elektrarne. Ta celostni pristop spremljanja služi po eni strani zagotavljanju zaščite zaposlenih in varnosti elektrarne, po drugi strani pa se lahko (po potrebi) sprejmejo ukrepi za odlaganje radioaktivnih odpadkov v skladu s predpisi.



#### 4.25 Koliko hrupa povzroča geotermalna elektrarna in kakšne so možnosti zmanjšanja le-tega?

Glavni viri emisij hrupa v fazi razvoja in gradnje geotermalne elektrarne so gradbeni stroji med gradnjo vrtine in vrtalna naprava med vrtnanjem. Zlasti vrtalna naprava v fazi vrtnanja deluje neprekinjeno 24 ur in lahko povzroča hrup v različnih frekvenčnih območjih. Hrup ponoči in osvetlitev z reflektorji sta še posebej moteča, zato je treba hrup ublažiti ali zmanjšati, reflektorje pa usmeriti tako, da jih okolica dojema kot manj moteče. Začasne protihrupne ograje so preizkušeno sredstvo. V peti generaciji vrtalnih ploščadi se dizelski agregati za pogon in proizvodnjo električne energije vse bolj nadomeščajo z agregati na električni pogon z nizko stopnjo hrupa. V bližini naselij se je vrtnanje z električnimi pogoni izkazalo za smiselno. K zmanjšanju hrupa močno prispeva tudi ograja za dizelske generatorje.

Hrup zaradi prometa tovornjakov, ki dostavljajo opremo in delovne materiale ter odvažajo prazne tovore, ter avtomobilski promet zaradi izmenskega obratovanja, so dodatni viri hrupa. Zato se obseg prometa običajno beleži in ustrezno organizira.

Pogosto izražena skrb v zvezi z neprekinjenim delovanjem elektrarne je obremenitev s hrupom iz hladilnih naprav. V fazi načrtovanja se pojasni, ali je hlajenje sploh potrebno, in če je, za katero vrsto obrata. Pri čistih ogrevalnih napravah nadaljnje hlajenje običajno ni potrebno. Obrati za proizvodnjo električne energije potrebujejo hladilne sisteme (zračno hlajenje, hladilniki, ipd.). Če je mogoče, se vodno hlajenje zagotovi s sistemom za sprejem vode. Emisije hrupa naprav morajo biti skladne z zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi. Pod ustreznimi pogoji se lahko namesto zračnih hladilnikov uporabljajo ti. mokri hladilniki, ki povzročajo še manj hrupa.

#### 4.26 Katere vrste tlaka poznamo v termalnem vodonosniku?

Tlak lomljenja (raven tlaka, ki povzroči lomljenje kamnine) je treba določiti s preizkusom še pred začetkom testnega postopka. Tlak v vodonosniku mora biti med poskusnim obratovanjem in poznejšim neprekinjenim obratovanjem nižji od tlaka lomljenja, zlasti v kamninah, ki ležijo nad njim in pod njim. Neprekinjeno obratovanje pomeni stalni odvzem in vračanje termalne vode v vodonosnik.

Tlak v vrtini ob vbrizgavanju vode je treba neprekinjeno meriti in beležiti. Tlačne razmere v vodonosniku se med procesom približujejo ravnovesju. To zagotavlja, da se tlak za lomljenje za določen vodonosnik ne preseže. Na ta način se prepreči lomljenje kamnine. Da bi preprečili nastanek večjih prelomov (opazna seizmičnost), se uporablja tudi seizmično spremljanje in se po potrebi zmanjšuje tlak v vodonosniku ali pa se obrat ustavi.

#### 4.27 Od česa je odvisen tlak reinjektirane vode?

Tlak reinjektirane vode je odvisen od lastnosti vodonosnika, reinjektirane vode v določenem času (stopnja vračanja vode) in vrtine. Bistvena lastnost vodonosnika pri tem je njegova prepustnost. Prepustnost vodonosnika temelji predvsem na razmerju por/zrak in medsebojni povezanosti por (efektivni prepustnosti). Poleg tega je tlak odvisen od premera vrtine, dolžine vrtine v rezervoarju, temperature vbrizgane vode in prepustnosti okoliških kamnin. Tlak reinjektirane vode se v vodonosniku od vrtine za vbrizgavanje širi bolj ali manj krožno in strmo pada v stran. Povezan je s stopnjo proizvodnje, ki ustreza tudi količini reinjektirane vode v določenem času. Najvišji tlak reinjekcije se določi s hidravličnim preizkusom pred začetkom obratovanja geotermalnega sistema, z namenom preprečitve seizmične dejavnosti.

#### 4.28 Kakšni ukrepi so priporočljivi, ko načrtujemo reinjekcijsko vrtino?

Obstaja več ukrepov za zmanjšanje tveganja, ki jih je treba upoštevati v fazi geološkega vrednotenja pri postavitvi nove vrtine za reinjekcijo. Natančno hidrogeološko modeliranje je zelo priporočljivo za ustrezno lokacijo novih reinjekcijskih vrtin, da se zmanjša verjetnost zgodnjega ohlajanja proizvodnih vrtin. Kalibracija modela z interferenčnimi in sledilnimi testi na obstoječih vrtinah bi lahko izboljšala njegovo zanesljivost. Priporočljiva je podrobna interpretacija lastnosti geoloških plasti in značilnosti za določitev ciljnega vodonosnika, ki bo pravočasno napovedala morebitne težave pri vrtanju.

#### 4.29 Do kakšnih izgub vrtalne tekočine lahko pride med vrtanjem?

Med vrtanjem lahko pride do kratkotrajnih izgub vrtalne tekočine, kot tudi dotoka podzemne vode. Trajnimi izgubam in dotokom vrtalne tekočine se je treba izogniti. Prilivi in izgube vrtalne tekočine se zaznavajo in izravnavajo z elektronsko nadzorovanimi nivoji v rezervoarjih vrtalne garniture. Izgube vrtalne tekočine v vodonosnikih z zelo majhno prepustnostjo so običajno zelo majhne in znašajo nekaj litrov na minuto. Pri majhnih izgubah vrtalne tekočine vrtalno blato zatesni steno vrtine kot membrano (nastane ti. filtrski kolač), zaradi česar lahko v okoliško kamnino prodirajo le drobnozrnati delci in tekočina. Grobi delci se zadržijo in zatesnijo steno vrtine, kar dodatno zmanjša izgube vrtalne tekočine, ki se približa ničli.

V zelo razpokani ali kraški kamnini lahko pride do večjih izgub vrtalne tekočine. V tem primeru moramo vrtino čim prej zatesniti s kemično nevtralnimi zamaškami in/ali grobimi okoljsko nevtralnimi delci (npr. lupine orehov, školjk, delci kamnin, tekstilna vlakna in celuloza). S temi materiali zmanjšamo odprte prehode do te mere, da lahko ponovno nastane »filtrski kolač« vrtalne tekočine. Na ta način se lahko ustavi izguba vrtalne tekočine. Če se na območju rezervoarja pojavljajo velike izgube vrtalne tekočine, so znak dobrega izkoristka termalnega vodonosnika.

#### 4.30 Kakšne nevarnosti predstavlja hidrotermalna geotermalna tehnologija?

Nevarnosti v fazi razvoja in gradnje:

- Varovanje zdravja: za gradnjo (in obratovanje) geotermalnih elektrarn veljajo ustrezni pravni in tehnični predpisi, npr. zaščita pred hrupom, varnost pri delu, zaščita pred puščanjem ali lahkožlapanimi delovnimi snovmi (npr. dizel). Razviti, preizkusiti in izvesti je treba ustrezne koncepte, ukrepe pa morajo odobriti pristojni organi, ki jih tudi nadzorujejo.

- Nevarnosti pri razvoju v bližini kritične infrastrukture: kritična infrastruktura je opredeljena kot: avtoceste, železniške proge, daljnovodi, plinovodi. Posegi so primerljivi z gradnjo tovarniške stavbe. Zato tudi za gradnjo geotermalne elektrarne velja, da je treba sprejeti ustrezne ukrepe (npr. varnostne razdalje ali gradbenotehnične ukrepe) za zaščito kritične infrastrukture in preprečevanje vplivov. Potreba po ukrepih izhaja iz ustreznih predpisov in jo je treba obvezno upoštevati pri načrtovanju. Konkretno izvajanje preverjajo pristojni organi.

- Varstvo podzemne vode: da bi zagotovili, da snovi, ki so nevarne za vodo, kot so npr. delovne tekočine ali goriva, ne morejo priti v pitno vodo, je ravnanje z njimi dovoljeno le na ustreznih površinah. V ta namen se delna območja vrtalnih območij zapečatijo, padavinska voda, ki pade nanje, pa se zbira (podobno kot na bencinski črpalki), čisti in odvaja na urejen način.



- Varstvo živali in rastlin: tu veljajo običajni varnostni ukrepi, kot pri gradnji drugih večjih objektov, in so odvisni od lokacije. Izvede se ocena varstva vrst in izpeljejo se ustrezni ukrepi. Ukrepi, ki jih je treba sprejeti za preprečevanje in zmanjševanje vpliva na rastlinstvo in živalstvo, se opišejo v načrtu varstva krajine, tako da se npr. ne vznemirjajo gnezdeče ptice (časovna razporeditev sečnje dreves), živali se ne morejo poškodovati na mestu vrtnanja (ogradev mesta vrtnanja) ali pa je mogoče ogrožene živalske vrste predhodno preseliti.

#### Nevarnost med neprekinjenim delovanjem obrata:

- glavno nevarnost predstavlja uhajanje delovnih tekočin, npr. organskih tekočin v krogotoku ORC v elektrarni (ORC – Organic Rankine Cycle, najpogostejši postopek za delovanje nizkotemperaturnih parnih turbin za proizvodnjo električne energije). Sodobne elektrarne se nadzorujejo s sistemom elektronskih senzorjev, kritična stanja pa se sporočajo prek alarmnih sistemov. Če pride do uhajanja, se sprožijo protiukrepi. Tehnologija je primerljiva z velikimi hladilnimi enotami v skladiščih, zato veljajo tudi primerljivi predpisi. Za zaščito pred hrupom in drugimi obremenitvami veljajo ustrezne smernice, predpisi in zakoni.

### **4.31 Kako velika mora biti površina zemljišča, na katerem bomo gradili geotermalno elektrarno?**

Velikost potrebnega zemljišča je odvisna od tega, ali je elektrarna namenjena proizvodnji električne energije ali pridobivanju toplote. Obrat za proizvodnjo električne energije se od obrata za proizvodnjo samo toplote razlikuje po tem, da ima hladilne naprave in elektrarno. Majhna do srednje velika geotermalna elektrarna za proizvodnjo električne energije zavzame površino manjše šolske telovadnice. Geotermalne naprave za ogrevanje potrebujejo le približno polovico te površine. Če se območja nekdanjih obratov za proizvodnjo energije preuredijo, lahko to privede do neto pridobitve površine za vas, saj geotermalne naprave zavzemajo le delček starih površin, zato se lahko del teh površin ponovno uporabi.

### **4.32 Od česa so odvisni inducirani potresi pri globokih geotermalnih projektih in kako jih spremljamo?**

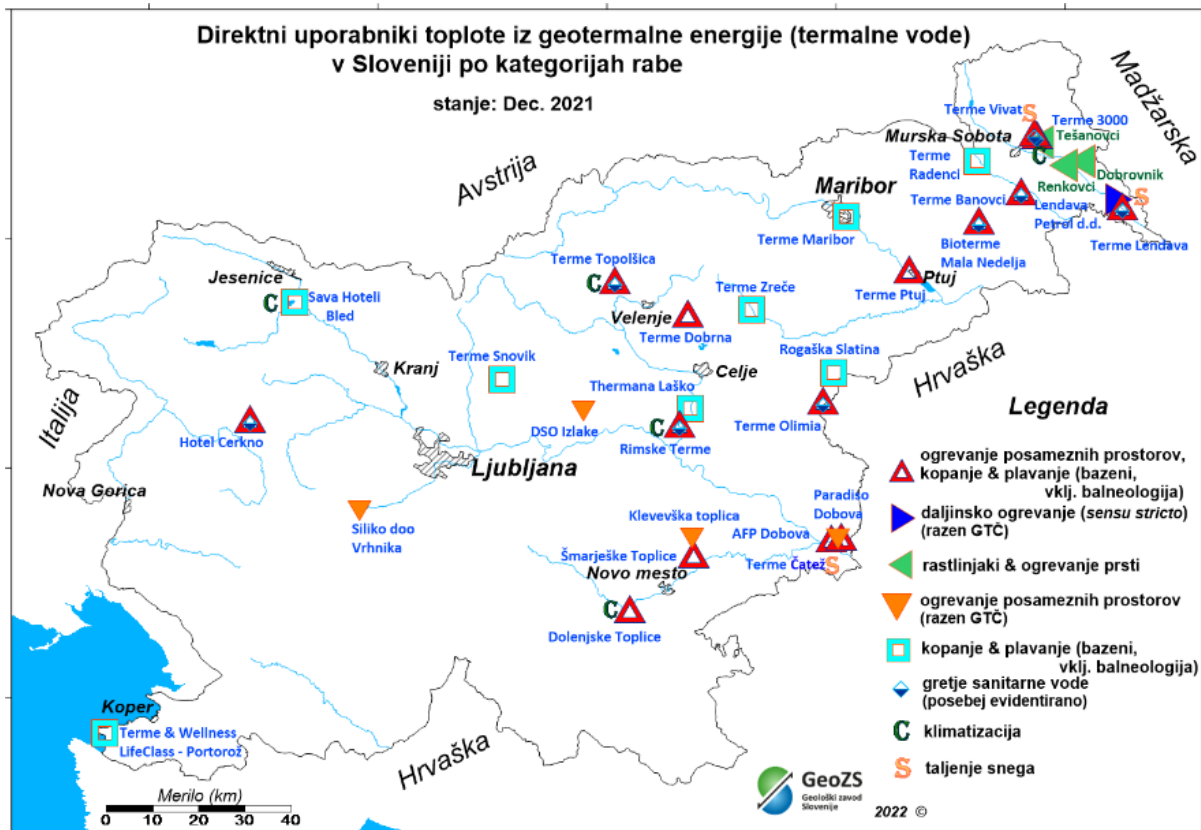
Pojav in jakost induciranih potresov sta odvisna od: lastnosti podpovršja, velikosti prelomov (prelomnih površin) in tlaka, s katerim se voda reinjecira v podzemlje.

Prvi dve točki je mogoče raziskati vnaprej. Večje prelome je mogoče prepoznati v sedimentnih zaporedjih v podpovršju z uporabo 2D/3D seizmičnih podatkov; o napetostnem polju je mogoče sklepati iz publikacij (npr. World-Stress-Map, Heidenbach et al., 2018). Geomehansko numerično modeliranje zato omogoča vnaprejšnjo oceno morebitnih tveganj. Na podlagi rezultatov je mogoče tveganje zmanjšati (previdnostni ukrepi), npr. s spremembo poti vrtnanja.

Šibke potrese, ki so daleč pod pragom opaznosti in škode, je mogoče zabeležiti s sistemom za spremljanje potresov. Vzpostavi se pred izvrtano prvo vrtino, da se zabeležijo spremembe v primerjavi z naravno seizmičnostjo. S sistemom za spremljanje je mogoče identificirati zelo majhne, neopazne mikropotrese, in jih lokalizirati z njihovo magnitudo ter oceniti največje hitrosti vibracij na zemeljski površini. To upravljavcu zagotavlja informacije, na podlagi katerih lahko načrtuje delovanje elektrarne, da se izogne prevelikim hitrostim treslajev tal. Za namestitve nadzornih postaj in meritve obstajajo standardi, ki temeljijo na izkušnjah projektov po vsem svetu (DIN 4149, DIN 4150). Obstajajo tudi posebne naprave za merjenje dejanske hitrosti vibracij tal.

#### 4.33 Kdo pripravlja in kje so na voljo podatki o bilanci rabe geotermalne energije v Sloveniji?

Geološki zavod Slovenije vsako leto izda bilten Mineralne surovine (dostopen na <https://www.geo-zs.si/index.php/publikacije2/periodi%C4%8Dne-publikacije/mineralne-surovine>), kjer v članku Raba geotermalne energije za ogrevanje in hlajenje - pregled rabe v Sloveniji v izbranem letu podaja pregled inštalirane kapacitete in dejanske rabe termalne vode in geotermalnih toplotnih črpalk na podlagi ankete pri uporabnikih za preteklo leto. Vsakih 5 let že vse od leta 1995 sodelujemo pri pripravi ocene stanja po državah v svetu, kar je objavljeno v publikaciji Svetovnega geotermalnega kongresa (WGC).



Slika 4: Uporaba termalne vode v Sloveniji v 2021 (vir: Rajver in sod. 2022, bilten Mineralne surovine)

#### 4.34 Kakšne so omejitve pri umeščanju vrtin v prostor, na kaj moramo biti pozorni in kateri omejitveni dejavniki so pomembni?

Pred pričetkom razvoja geotermalnega projekta je potrebno analizirati vsaj:

- Vodovarstvena območja (VVO)
- Natura 2000
- Naravne vrednote
- Zavarovana območja
- Koncesije za rabo vode
- Območja poplavne nevarnosti; srednji in veliki razred nevarnosti
- Javna infrastruktura; Električna, Plin, Kanalizacija, Toplotna energija, Vodovod
- Smer toka podzemne vode v Murski formaciji



- Občinski prostorski načrti; kmetijska zemljišča
- Plazovita območja
- Erozijska območja
- Plazovita območja

Vodovarstvena območja se delijo na 3 pasove (VVO I, VVO II in VVO III) okoli vodnega zajetja. VVO I je najbližji in skladno je tu gradnja prepovedana. VVO II ima prav tako stroge kriterije in večinoma je gradnja tudi na tem območju prepovedana. VVO III dovoljuje gradnjo, vendar pod določenimi kriteriji.

Vsa naravovarstvena območja imajo omejeno gradnjo, vendar je ta mogoča s pridobitvijo dodatnih dovoljenj in soglasij odgovornega ministrstva in javnih služb.

Kadar nas zanima nova lokacija vrtine je potrebno upoštevati lokacije vrtin z že podeljenimi koncesijami. Nova lokacija se išče v določenem radiju stran od obstoječih vrtin, da ne pride do neželenega medsebojnega vpliva med vrtinami.

Javna infrastruktura ima varstveni pas različnih radijev v katerem je gradnja prepovedana, zaradi vzdrževalnih ali drugih del.

Območja poplavne nevarnosti morajo biti upoštevana zaradi zahtev posebne gradnje z varstvenimi predpisi. Na območju velike poplavne nevarnosti gradnja ni dovoljena.

Pri lociranju vrtine je pomembno upoštevati tudi smer toka podzemne vode.

Občinski prostorski načrti (OPN) opozarjajo predvsem na kmetijska zemljišča, kjer veljajo določene prepovedi za gradnjo novih objektov, ki niso povezani s kmetijskim obratom.

Plazovita, erozijska in plazovita območja je potrebno upoštevati zaradi omejitev gradnje na nestabilnih oz. ogroženih območjih.

Plazovita območja so območja, kjer je zaradi pojava vode in geološke sestave tal ogrožena stabilnost zemljin. Na takšnem območju lastnik zemljišča ne sme posegati v zemljišče na način, da bi se zaradi tega sproščalo gibanje hribin ali bi se drugače ogrozila stabilnost zemljine. Prepovedano je:

- zadrževanje voda,
- poseganje, ki lahko povzroči dodatno zamakanje zemljišča in dvig podzemne vode,
- izvajanje zemeljskih del. Ki dodatno obremenjujejo zemljišče ali razbremenjujejo podnožje zemljišča, in
- krčenje in večja obnova gozdov, ter grmovne vegetacije.

Erozijska območja so območja, ki so stalno ali občasno pod vplivom površinske, globinske ali bočne erozijske vode. V odvisnosti od stopnje ogroženosti so na njih predvideni strogo varovanje, zahtevni zaščitni ukrepi ali običajni zaščitni ukrepi.

Plazovita območja so območja, kjer zaradi podnebnih in topografskih razlogov redno prihaja do pojava snežnih plazov ali pa obstaja velika verjetnost, da se pojavijo. Na plazovitem območju je prepovedano krčenje gozdov, izravnavanje terena ter preusmerjanje snežnih plazov in ustaljenih naravnih poti na porasla, labilna ali drugače ogrožena zemljišča.

#### **4.35 Kako zagotovimo ustreznost OPN/OPPN v primeru, da le-ta ni skladen z načrtovanim posegom, in kakšne so potrebne dopolnitve?**

Odgovor bodo med izvajanjem projekta INFO-GEOTHERMAL pripravila ministrstva.

#### **4.36 Katera dovoljenja potrebujemo pred pričetkom vrtanja / po izvedbi vrtine in začetnih testiranjih?**

Odgovor bodo med izvajanjem projekta INFO-GEOTHERMAL pripravila ministrstva.

#### **4.37 Kakšno dokumentacijo potrebujemo za gradnjo povezovalnih cevovodov, gradnjo morebitnih proizvodnih objektov, ipd.?**

Odgovor bodo med izvajanjem projekta INFO-GEOTHERMAL pripravila ministrstva.

#### **4.38 V katerih primerih rabe termalne vode potrebujemo koncesijo?**

Koncesionar se glede na način pridobivanja termalne vode in ravnanja z odpadno termalno vodo (ter morebitne omejitve njene rabe) sam odloči, po kateri zakonodaji bo pridobil koncesijo.

Zakon o vodah (ZV-1) v 136. členu določa, da je koncesijo potrebno pridobiti za posebno rabo vode za:

1. proizvodnjo pijač,
2. potrebe kopališč, ogrevanje in podobno, če se rabi mineralna, termalna ali termomineralna voda,
3. proizvodnjo električne energije v hidroelektrarni z instalirano močjo, enako ali večjo od 10 MW, in
4. odvzem naplavin, razen če gre za izvajanje javne službe po tem zakonu.

Koncesijo po ZV-1 lahko pridobi fizična ali pravna oseba, ki izpolnjuje predpisane pogoje. Podeljuje se za določen čas, vendar ne več kot za 50 let (v praksi se za proizvodnjo pijač ter za potrebe kopališč, ogrevanja in podobno se koncesija podeli za 30 let, za odvzem naplavin pa za 10 let). Koncesija se lahko na vlogo imetnika vodne pravice podaljša, če so izpolnjeni vsi pogoji, ki so ob izteku koncesije predpisani za njeno pridobitev. Koncesijo v imenu koncedenta podeljuje vlada. Navedeno pomeni, da je pred pridobitvijo koncesije potrebno izvesti večfazni postopek, in sicer je najprej potreben sprejem uredbe o koncesiji, kateri sledi odločba, namreč koncesija se podeli šele z upravno odločbo o določitvi/izbiri koncesionarja, ki jo izda vlada, MOP vodi le postopek podelitve koncesije. Podzemna voda v Sloveniji je naravno javno dobro v lasti države. Zato je za njeno upravljanje in izkoriščanje potrebno pridobiti koncesijo, pri čemer Vlada RS ni vezana na formalne roke ali druge prisile, da jih podeli.

Zakon o rudarstvu (ZRud) se uporablja v primeru vračanja rabe geotermičnega energetskega vira, kar pomeni, da je vzpostavljena 100% reinjekcija, torej ob pridobivalni vrtini nujno potrebujemo tudi reinjekcijsko vrtino.

#### **4.39 Kakšen je postopek pridobitve koncesije?**

Po 136. členu Zakona o vodah je potrebno pridobiti koncesijo za posebno rabo vode za proizvodnjo pijač, potrebe kopališč, ogrevanje in podobno, če se rabi mineralna, termalna ali termomineralna voda, za proizvodnjo električne energije v hidroelektrarni (večja moč od 10 MW) in za odvzem naplavin. Investitor ali projektant mora na MOP oz. DRSV vlogo in vso dokumentacijo za pridobitev koncesije za rabo podzemne vode. MOP vlogo preveri in ob njeni





popolnosti pridobi mnenja pristojnih institucij ter preveritve OPN ali OPPN ter skladnosti rabe vode z NUV. V primeru nepopolnosti vloge pozovejo investitorja ali projektanta za dopolnitev.

Po pridobitvi mnenj in opravljenih preveritvah, MOP pripravi predlog uredbe ter ga usklajuje z ARSO-m in DRSV-jem. Po uskladitvi sledi javna objava predloga uredbe ter njegovo medresorsko usklajevanje. Po uskladitvi MOP pripravi vladno gradivo, ki ga vlada obravnava na redni seji. Ob sprejetju se ta uredba nato objavi v Uradnem listu RS. Strokovna komisija MOP objavi javni razpis za izbiro koncesionarja, osnutek odločbe o izbiri koncesionarja in osnutek koncesijske pogodbe. Znova sledi medresorsko usklajevanje, nato pa vlada poda odločbo o izbiri koncesionarja. Sledi sklenitev koncesijske pogodbe s prilogami s strani koncesionarja in MOP-a.

Po sklenitvi pogodbe sledi 3-letni program monitoringa z letnim poročanjem o količinskem in fizikalno-kemijskem stanju vode. Ob neskladnosti podatkov je potrebno izvesti ukrepe za odpravo in izboljšanje stanja. V primeru neizpolnjevanja pogojev, se koncesijska pogodba prekine ter se izda odločba o prenehanju koncesije. Prav tako se lahko koncesijska pogodba po sklenitvi sporazumno prekine. Ob prenehanju koncesije se izdelata načrt opustitve objekta v skladu s smernicami.

#### 4.40 Po kateri zakonodaji se izvajajo vrtalna dela in posegi v geotermalne vodonosnike?

Zakon o vodah (ZV-1) pokriva raziskovanje podzemnih voda, tj. ugotavljanje geološke zgradbe in hidrodinamičnih parametrov vodonosnika, izvajanje meritev in odzemanje vzorcev vode za analizo kemijskih, fizikalno-kemijskih in bioloških lastnosti voda, do globine 30 m. V primeru termalnih voda to pride v poštev le ob zajemu termalnih izvirov.

V primeru vodnjaka ali vrtine, globlje od 30 m, potrebujemo dovoljenje za raziskovanje podzemnih voda, ki jo vložimo pri DRSV na predpisanem obrazcu.

Izpolnjeni vlogi je treba priložiti naslednje dokumente:

- strokovne osnove ali program hidroloških raziskav za izdelavo vrtine;
- za vrtine/vodnjake (ne velja za opazovalne vrtine, namenjene monitoringu podzemnih voda), globine 50 m in več, projekt vrtine, ki je izdelan za zahtevne objekte skladno z Gradbenim zakonom;
- Za vrtine/vodnjake, globlje od 300 m, revidiran rudarski projekt vrtine, ki je izdelan skladno z Zakonom o rudarstvu;
- kopijo načrta parcele z vrisom predvidenih objektov (vrtin);
- izjavo lastnika nepremičnine (oz. vodovoda v primeru rabe vode iz vodovoda), na kateri je predviden odvzemni objekt (ni treba, če je vodno ali priobalno zemljišče v lasti RS);
- mnenje pristojnega izvajalca gospodarske javne službe, ki opravlja dejavnost vodooskrbe (v primeru, ko omenjena javna služba ni tudi prosilec za pridobitev dovoljenja), če gre za raziskavo na območju vodonosnika pitne vode;
- pisno pooblastilo (če prosilca zastopa pooblaščenec).

#### 4.41 Kakšno dovoljenje potrebujemo, če je vodnjak globlji od 300 m?

V primeru vodnjaka, globljega od 300 m, potrebujemo revidiran rudarski projekt glede na Zakon o rudarstvu (ZRud-1).



Koncesijo lahko pridobi fizična ali pravna oseba, ki izpolnjuje predpisane pogoje. Koncesija se podeljuje za določen čas, vendar ne več kot za 50 let (v praksi se za proizvodnjo pijač ter za potrebe kopališč, ogrevanja in podobno se koncesija podeli za 30 let, za odvzem naplavin pa za 10 let). Koncesija se lahko na vlogo imetnika vodne pravice (koncesije) podaljša, če so izpolnjeni vsi pogoji, ki so ob izteku koncesije predpisani za njeno pridobitev. Koncesijo v imenu koncedenta podeljuje vlada. Navedeno pomeni, da je pred pridobitvijo koncesije potrebno izvesti večfazni postopek, in sicer je najprej potreben sprejem uredbe o koncesiji, kateri sledi odločba, namreč koncesija se podeli šele z upravo odločbo o določitvi/izbiri koncesionarja, ki jo izda vlada, MOP vodi le postopek podelitve koncesije. Podzemna voda v Sloveniji je naravno javno dobro v lasti države. Zato je za njeno upravljanje in izkoriščanje potrebno pridobiti koncesijo, pri čemer Vlada RS ni vezana na formalne roke ali druge prisile, da jih podeli.

#### 4.42 Kakšen je postopek izgradnje geotermalne vrtine ali geotermičnega energetskega vira z reinjeksijo?

S strokovno podlago za postopek pridobitve dovoljenja za gradnjo vodnjaka, geotermičnega energetskega vira z reinjeksijo in geokolektorja oz. geosonde, ki posega v vodonosnik želimo investitorju poenostavljeno prikazati vse postopke z ustrežno dokumentacijo do gradnje objekta.

V nadaljevanju so opisani postopki, dovoljenja in ustrezna dokumentacija, ki jo je treba pripraviti, da lahko investitor zaprosi za pridobitev dovoljenja za izgradnjo objekta. Dovoljenje za izgradnjo objekta investitor lahko pridobi, če na mestu izgradnje ni omejitev rabe prostora ali če vodnjak bistveno ne vpliva na vodni režim in na naravno ravnovesje vodnih in obvodnih ekosistemov, ter če ne ogroža varnosti drugih pred škodljivim delovanjem voda.

Postopki so shematsko prikazani v prilogi 1. Poleg potrebnih postopkov navajamo pripadajoča ministrstva in organe v sestavi, kjer investitor pridobi vloge in na katere jih mora oddati oz. na katere se lahko investitor v primeru težav obrne.

V nadaljevanju opisujemo potrebne pravne podlage, ki jih investitor potrebuje na podlagi naslednjih zakonov (v nadaljevanju uporabljene kratice):

- ZV-1: Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdri-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15)
- GZ: Gradbeni zakon (Uradni list RS, št. 61/17 in 72/17 – popr.)
- ZRud-1: Zakon o rudarstvu (Uradni list RS, št. 14/14 – uradno prečiščeno besedilo in 61/17 – GZ)

Omejitve:

- ZON: Zakonu o ohranjanju narave (Uradni list RS, št. 96/04 – uradno prečiščeno besedilo, 61/06 – ZDru-1, 8/10 – ZSKZ-B, 46/14, 21/18 – ZNOrg in 31/18)
- NUV II: Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 61/11, 49/12 in 67/16)



#### 4.43 Kakšen je postopek legalizacije objekta in kdaj potrebujemo za izgradnjo vodnjaka gradbeno dovoljenje?

Glede na 150. člen ZV-1 potrebujemo za enostavne gradnje (v primeru vodnjaka je to globina, manjša od 10 m), ki lahko vplivajo na vodni režim in stanje voda, vodno soglasje. Sicer potrebujemo gradbeno dovoljenje. K vlogi za izdajo vodnega soglasja za poseg, za katerega ni treba pridobiti gradbenega dovoljenja, mora biti priloženo:

- dokumentacija, ki mora biti sestavljena iz besednega opisa in slikovnega dela. Opisana mora biti nameravana gradnja, priložena pregledna situacija in idejna skica oz. geodetski načrt z vrisanim območjem posega oz. predvidenim objektom;
- originalni izvod informacije o pogojih gradnje, ki lahko vpliva na vodni režim ali stanje voda;
- potrdilo o plačilu upravne takse;
- pooblastilo v primeru, da vlagatelj ni hkrati tudi stranka v postopku (investitor);
- druge priloge, če tako izhaja iz informacije o pogojih gradnje (analiza tveganja, hidrološko-hidravlična analiza, vodna pravica, pogodba o ustanovitvi služnosti...).

#### 4.44 Kakšna so nadomestila za izvajanje koncesije (koncesijska dajatev, dajatev za sanacijo po koncu izkoriščanja)?

Odgovor bodo med izvajanjem projekta INFO-GEOTHERMAL pripravila ministrstva za koncesije po obeh zakonih.

#### 4.45 Ali je potrebno pridobiti vodno soglasje in kako?

Vodno soglasje je potrebno pridobiti ob vsakem posegu v podzemne vode. Ministrstvo lahko izda vodno soglasje (DRSV), če vodnjak bistveno ne vpliva na vodni režim in na naravno ravnovesje vodnih in obvodnih ekosistemov, ter če ne ogroža varnosti drugih pred škodljivim delovanjem voda. Poseg, ki bi lahko trajno ali začasno vplival na vodni režim ali stanje voda, se lahko izvede samo na podlagi vodnega soglasja.

Gradbeni zakon predvideva za vse gradnje, za katere je treba pridobiti gradbeno dovoljenje, je potrebno dobiti mnenja pristojnih mnenjedajalcev. DRSV je pristojni mnenjedajalec za vse gradnje, ki lahko vplivajo na vodni režim in stanje voda. K vlogi za pridobitev mnenja pristojnega mnenjedajalca za gradnje, ki vplivajo na vodni režim in stanje vode, je treba priložiti informacije o vrsti in vplivu posega k Vlogi za izdajo vodnega soglasja/mnenja.

- Pridobitev projektnih in drugih pogojev
- Pridobitev mnenja pristojnega mnenjedajalca.

Za gradnje, ki lahko vplivajo na vodni režim in stanje voda (150. člen ZV-1), pa zanje, glede na Gradbeni zakon (<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO8244>), ni treba pridobiti gradbenega dovoljenja (npr. enostavni objekt, odstranitev objekta, ipd.), je treba pridobiti vodno soglasje.

Vlogi za izdajo vodnega soglasja za poseg, za katerega ni treba pridobiti gradbenega dovoljenja, mora biti priloženo:

- dokumentacija, ki mora biti sestavljena iz besednega opisa in slikovnega dela. Opisana mora biti nameravana gradnja, priložena pregledna situacija in idejna skica oz. geodetski načrt z vrisanim območjem posega oz. predvidenim objektom;
- originalni izvod informacije o pogojih gradnje, ki lahko vpliva na vodni režim ali stanje voda;
- potrdilo o plačilu upravne takse;

- pooblastilo v primeru, da vlagatelj ni hkrati tudi stranka v postopku (investitor);
- druge priloge, če tako izhaja iz informacije o pogojih gradnje (analiza tveganja, hidrološko-hidravlična analiza, vodna pravica, pogodba o ustanovitvi služnosti...).

#### 4.46 V čem se razlikujejo izhodiščni, aktivni (obratovalni) in pasivni monitoring (opazovalni) in kaj zajemajo ter kje se uporabljajo?

Izhodiščni monitoring zajema oceno začetnega stanja pred pričetkom rabe termalne vode in je namenjen povzemanju začetnih hidravličnih, toplotnih in hidrokemičnih pogojev v vodonosniku. Pri njem je potrebno raziskati karakteristike rezervoarja (temperatura, tlak, hidravlični gradient, termalne in hidravlične parametre kamnin), kemijsko sestavo vode in plinov in dinamiko toka podzemne vode.

Aktivni monitoring se izvaja s strani koncesionarja in je opisan v naslednjem vprašanju.

Meritve pasivnega monitoringa so del državne opazovalne mreže, ki jo v Sloveniji opravlja ARSO. Izvaja se v opazovalnih vrtinah, različno oddaljenih od proizvodnih vrtin koncesionarjev. Z njim se zbirajo informacije o regionalnih učinkih črpanja termalne vode (zmanjšanje regionalne gladine podzemne vode). Trenutno državni monitoring geotermalnih vodonosnikov še ne obstaja. V SV Sloveniji se izvaja le raziskovalni monitoring Geološkega zavoda Slovenije, ki od leta 2009 zvezno in urno meri gladino in temperaturo vode v vrtinah V-66 v Petanjcih in Do-1 v Dobrovniku.

#### 4.47 Kdo izvaja aktivni monitoring in kaj morajo zagotoviti?

Aktivni monitoring se izvaja s strani koncesionarjev, ki morajo zagotoviti ustrezno kakovost podatkov in jih hraniti v celotnem obdobju trajanja koncesije. Odvzete količine podzemne vode se merijo tako, da se lahko tako trenutna kot skupna količina podzemne vode kadarkoli preverita. Za morebitne spremembe razmer se izvajata monitoring vpliva rabe vode in nadzor nad hidravličnimi značilnostmi objekta za odvzem vode. Pri tem se spremlja stopnja količinskega obnavljanja, fizikalno-kemijske značilnosti podzemne vode in slanost.

Stopnja količinskega obnavljanja se ugotavlja s spreminjanjem gladine podzemne vode in pretoka odvzete vode. Te rezultate nato primerjamo s prejšnjimi leti. Ugotoviti je potrebno razpon gladine podzemne vode, odvisnost znižanja gladine in temperatur podzemne vode od črpanja in hidroloških razmer, kratkotrajne učinke popolnih prekinitev rabe podzemne vode in doseganje kritične vrednosti njene gladine. Pri tem potekajo meritve odvzete količine vode in gladine podzemne vode iz odjemalnih vrtin in skupne količine odpadne vode celotnega sistema. Meritve pretoka in gladine podzemne vode morajo biti stalne in zvezne z zapisovanjem podatkov vsaj enkrat na uro. Skupna količina odpadne vode se zapisuje vsaj enkrat dnevno, z določenim mestom v programu monitoringa.

Potrebno je ugotoviti kemijsko sestavo in spremembo količinskega stanja podzemne vode. Izvaja se z meritvijo temperature podzemne in odpadne vode, ter analizo izotopske in kemijske sestave podzemne vode. Osnovne fizikalno-kemijske lastnosti podzemne vode so specifična električna prevodnost, pH, oksidacijsko-redukcijski potencial, vsebnost kisika in njegova nasičenost ter temperatura vode. Temperatura podzemne in odpadne vode mora biti stalna in zvezna z zapisovanjem podatkov vsaj enkrat na uro. Z izotopsko analizo je potrebno ugotoviti vrednosti razmerja med  $^{16}\text{O}$  in  $^{18}\text{O}$ , razmerje med vodikom in devterijem ter količino tricija. Potrebno jo je opraviti enkrat na leto.

Nadzor nad hidravličnimi značilnostmi objekta je treba izvajati z vzdrževanjem opreme in objektov za rabo podzemne vode, z meritvami učinkovitosti in specifične izdatnosti vrtin in z meritvami statičnih in dinamičnih pogojev v vrtinah.

#### **4.48 Kako deluje državni monitoring podzemnih voda in kdo ga izvaja v Sloveniji?**

Državni monitoring izvaja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), v okviru Ministrstva za okolje, podnebje in energijo (MOPE). Na povezavi: <https://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/> so dostopna poročila in publikacije, kemijska stanja podzemnih voda, programi, metodologije, podatki o kakovosti voda ter obrazci za obratovalni monitoring koncesij.

Imetnik vodne pravice mora zagotoviti redno spremljanje odvzetih količin vode z merilno napravo in elektronsko poročati ministrstvu o odvzetih količinah vode na način in v obsegu, ki ju določi minister s predpisom. Do uveljavitve predpisa, ki jo podrobneje določi način in obseg poročanja o odvzetih količinah vode, imetnik vodne pravice o odvzetih količinah vode poroča na način in v obsegu, določenima z aktom, s katerim je bila vodna pravica podeljena. Vnaprej pripravljene excel datoteke za poročanje o spremljanju odvzetih količin vode so dostopne na povezavi: <https://www.gov.si/zbirke/storitve/porocilo-o-spremljanju-odvzetih-kolicin-vode/>. Obrazci se razlikujejo glede na to, za kateri objekt gre (vodnjak, zajetje ali izvir).

#### **4.49 Katere okoljske meritve je potrebno zagotoviti in katere parametre moramo pri tem meriti? Kako pogosto se meritve izvajajo?**

Zagotoviti je potrebno meritve, ki omogočajo nadzor nad odzivom naravnega sistema na obremenitve zaradi odvzema emisij in za nadzor učinkovitosti uporabe.

Pri tem je potrebno izmeriti zgodovino masnih izpustov iz proizvodnih vrtin ter njeno hitrost v vrtinah za vbrizgavanje, entalpijo (temperaturo) proizvedene tekočine, tlak na vrhu vrtine v proizvodnih vrtinah in v vrtinah za vbrizgavanje, tlak in temperaturo rezervoarja, vsebnost kemičnih snovi in izotopov v proizvedeni vodi in pari, temperaturo vbrizgane vode, stanje vrtine na podlagi kaliperskega zapisa, specifično izdatnost/injeciranost vrtine za odvzem/ponovno injiciranje in kemično vsebnost ter temperaturo ponovno vbrizgane tekočine.

Pogostost meritev je zadostna takrat, kadar zadostuje za razkritje znatnega nihanja vrednosti in statično oceno standarda, za razkritje pomembnega trenda, in za napoved morebitnemu ukrepanju za varno in zanesljivo delovanje, brez povečanja stroškov.

#### **4.50 Kateri organ je glavni za spremljanje in poročanje podatkov o vodah in kakšne ukrepe zahteva od posameznih držav? Kaj moramo nujno poročati pristojnemu organu?**

Glavni okvir za nacionalno spremljanje in poročanje predstavlja okvirna direktiva o vodah (WFD – Direktiva 2000/60/ES za obdobje med 2009-2015).

Na podlagi 4. člena okvirne direktive o vodah morajo države članice pri pripravi operativnih ukrepov, ki so določeni v načrtih upravljanja povodij izvajati posebne ukrepe za preprečevanje poslabšanja stanja vseh površinskih in podzemnih vod ter postopno zmanjšanje onesnaženja, emisij, izpustov in uhajanja prednostnih nevarnih snovi v površinska vodna telesa. Izvesti morajo tudi ukrepe, s katerimi bi preprečili vnos onesnaževal v podzemno vodo,



ki bi poslabšala stanje podzemnih vodnih teles in ukrepe za obrnitev pomembnih trendov naraščanja koncentracije onesnaževal, ki je posledica človeških dejavnosti, da bi postopoma zmanjšali onesnaževanje podzemne vode.

Najkasneje morajo do leta 2015 doseči dobro stanje površinskih in podzemnih vod, dober ekološki potencial in kemijsko stanje umetnih površinskih vod in močno spremenjenih vodnih teles ter skladnost vseh standardov in ciljev za vodna telesa v varovanih območjih.

Organu, pristojnemu za vode je obvezno poročiti stanje podzemne vode v telesu (razpoložljivi viri podzemne vode ne smejo biti preseženi z dolgoročnim povprečnim letnim črpanjem), zaradi česar gladina ni podvržena antropogenim vplivom, ki bi lahko povzročili nedoseganje okoljskih ciljev za s tem povezano površinsko vodo, zmanjšanje stanja teh vod ali znatno škodo za kopenske ekosisteme, odvisnih od podzemne vode. Spremembe smeri toka, ki so posledica spremembe gladin ne povzročajo vdora slane vode ali drugih snovi in ne kažejo opredeljenega trenda v smeri toka, povzročenega s strani človeka, ki bi lahko povzročil vdiranje.

Telo podzemne vode mora imeti kemično sestavo takšno, da ne kaže učinkov vdora soli ali trendov, ki kažejo nestabilne pogoje z negotovimi napovedmi in da ne povzroči nedoseganje okoljskih ciljev za povezane površinske vode. Ekološka in kemična kakovost vodnih teles se ne sme zmanjšati, niti ne sme priti do poškodb ekosistemov, odvisnih od podzemne vode.

#### **4.51 Ali se lahko program ukrepov pripravi za vsako vodno telo in kaj mora vsebovati? Kako poteka zasnova spremljanja stanja in kaj je potrebno za vzpostavitev dobrega stanja podzemne vode?**

Program ukrepov se lahko pripravi za vsako podzemno vodno telo, vključno s geotermalnimi telesi. Vključevati mora kvantitativni in kvalitativni monitoring in zagotavljati informacije za oceno stanja podzemne vode, za ugotavljanje trendov v koncentracijah onesnaževal, za podporo opredelitev podzemnega vodnega telesa in njegovo oceno tveganja, za oceno, ali so doseženi cilji vodovarstvenega območja, za podporo vzpostavitve in oceno ukrepov in za učinkovito usmerjanje gospodarskih virov.

Zasnova spremljanja poteka v več korakih: razvoj konceptualnih modelov podzemno vodnih teles, vzpostavitev usklajenih omrežij za spremljanje in določitev meril za izbiro parametrov.

Za vzpostavitev dobrega stanja podzemne vode so potrebni zgodnji ukrepi in dolgoročno načrtovanje časovnega zamika po njegovem nastajanju ali obnavljanju.

#### **4.52 Na podlagi česa se v Sloveniji izvaja upravljanje podzemnih voda?**

V Sloveniji se upravljanje podzemnih vod izvaja na podlagi Zakona o vodah (ZV-1: Uradni list RS, št. 67/2002) in z odlokom o načrtu upravljanja povodij Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 61/2011). Imamo različne ravni poročanja sistemov monitoringa.

»Nacionalni« monitoring podzemne vode predstavlja najvišjo raven. Uporablja se za opredelitev, oceno stanja in tveganja podzemne vode. Ta sistem upravljajo in ocenjujejo predvsem Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) pod okriljem MNVP. Monitoring vključuje kvantitativne sisteme, kot je predvsem opazovanje gladin podzemne vode v kraških, razpoklinskih in medzrnskih poroznih vodonosnikih in izpustih izvirov ter vključuje redne meritve kakovosti za končno oceno kemijskega stanja. Ta sistem ne vključuje »lastnega« globokega opazovanja vrtin za spremljanje stanja termalne podzemne vode. Ker koncesije obstoječih uporabnikov še niso podeljene, ta monitoring ne deluje.



Nacionalni sistem ima tudi razne podsisteme monitoringa. Ti vključujejo predvsem meritve opazovanja, izvajanih s strani imetnikov vodnih pravic in odgovornih za spremljanje vplivov na okolje ter javnega inštituta za varovanje zdravja Republike Slovenije. Monitoring količinskega in kakovostnega stanja podzemne vode izvajajo posamezne občinske uprave raznih lokalnih skupnosti in periodične raziskave, katere izvajajo državni organi, razni zdravstveni inštituti in ostale organizacije.

#### **4.53 Kakšne so možnosti financiranja geotermalnega projekta v Sloveniji?**

Geotermalni projekti v Sloveniji se lahko financirajo na različne načine, vključno z zasebnimi naložbami, subvencijami ter posojili bank in drugih finančnih institucij. Poleg tega slovenska vlada zagotavlja spodbude in subvencije za spodbujanje razvoja geotermalnih projektov. Med drugimi možnimi viri financiranja geotermalnih projektov sta tudi program Evropske unije Horizon 2020 in Evropska investicijska banka.

#### **4.54 Kateri so ključni elementi, ki jih je treba upoštevati pri razvoju geotermalnih projektov, ki jih financira skupnost?**

Lokalna skupnost je kot ena izmed vlagateljic v projekt vključena v njegov razvoj in ima pravico do dela finančnega dohodka ter drugih koristi od projekta v prihodnosti. Finančna pomoč, ki jo omogoča lokalna skupnost, lahko prispeva k hitrejšemu poteku del, kot tudi boljši sprejetosti med lokalnim prebivalstvom.

Finančna podpora, ki jo ponuja lokalna skupnost, igra pomembno vlogo predvsem v začetnem delu projekta. Na ta način dobi več projektov možnost začetka in pozneje uspešnega razvoja.

Eden izmed največjih izzivov projekta je visoko tvegana faza vrtnja, pri čemer ni zagotovljeno, da bodo izvrtani vodnjaki primerni za uporabo. Vendar je v primeru javnega denarja vloženo vsoto možno zavarovati, kar zagotovi njeno varnost, saj bo v primeru neuspeha še vedno pokrita.

Več informacij na povezavi: <https://www.crowdthermalproject.eu/implementation-framework-for-community-based-geothermal-development/>.

#### **4.55 Ali je za geotermalne projekte na voljo sheme zavarovanja tveganja?**

Odgovor bodo med izvajanjem projekta INFO-GEOTHERMAL pripravila ministrstva.



## 5 Uporabljena literatura

Gehring, M., Loksha, V., 2012: Geothermal handbook: Planning and Financing Power Generation – Technical Report 002/12. ESMAP – Energy Sector Management Assistance Program

Rajver, D. in Ravnik, D. Geotermična slika Slovenije - razširjena baza podatkov in izboljšane geotermične karte. Geologija, 2002, let. 45, št. 2, str. 519–524.

Rman, N., Lapanje, A., Koren, K., 2016: Geothermal sites in the transboundary Mura-Zala Basin in Slovenia and Hungary : Field trip guide. Ljubljana.

Rman, R., Lapanje, A., Rajver, D., Vengust, A., Meglič, P., Prestor, J., Mozetič, S., Piščanec, I., 2019: Geotermalna energija v vzhodni Sloveniji. GeoZS, Ljubljana.

[https://www.darlinge.eu/data/licensing\\_pdfs/Annex7.pdf](https://www.darlinge.eu/data/licensing_pdfs/Annex7.pdf)