

# Harmonizirane usmeritve za zakonsko ureditev in tehnološke postopke plitve geotermalne energije

## Projekt D2.3.1 – Definicija usmeritev zakonskih in tehnoloških postopkov

16/01/2017-15/09/2018: Harmonizirane usmeritve za administrativne in tehnološke postopke  
Delovni dokument za upravne organe pri usklajevanju in poenostavitvah administrativnih in  
tehničnih postopkov, pripravljen v obliki praktičnih navodil z razlagami, ponazoritvenimi primeri  
in priporočili za rabo plitve geotermalne energije.

## SODELOVANJE PARTNERJEV

PP		Stik (ime, e-poštni naslov)	
1	TUM	Kai Zosseder Fabian Böttcher Marcellus Schulze (LfU)	<a href="mailto:Kai.Zosseder@tum.de">Kai.Zosseder@tum.de</a> <a href="mailto:Fabian.Boettcher@tum.de">Fabian.Boettcher@tum.de</a>
2	ARPA VdA	Pietro Capodaglio	<a href="mailto:P.Capodaglio@arpa.vda.it">P.Capodaglio@arpa.vda.it</a>
3	GBA	Magdalena Bottig Doris Rupprecht	<a href="mailto:Magdalena.Bottig@geologie.ac.at">Magdalena.Bottig@geologie.ac.at</a> <a href="mailto:Doris.Rupprecht@geologie.ac.at">Doris.Rupprecht@geologie.ac.at</a>
4	GeoZS	Joerg Prestor Simona Pestotnik	<a href="mailto:Joerg.Prestor@GEO-ZS.SI">Joerg.Prestor@GEO-ZS.SI</a> <a href="mailto:Simona.Pestotnik@geo-zs.si">Simona.Pestotnik@geo-zs.si</a>
5	BRGM	Charles Maragna Jean-Claude Martin Pierre Durst	<a href="mailto:C.Maragna@brgm.fr">C.Maragna@brgm.fr</a> <a href="mailto:JC.Martin@brgm.fr">JC.Martin@brgm.fr</a> <a href="mailto:P.Durst@brgm.fr">P.Durst@brgm.fr</a>
6	POLITO	Alessandro Casasso	<a href="mailto:Alessandro.Casasso@polito.it">Alessandro.Casasso@polito.it</a>
7	EURAC	Pietro Zambelli Roberto Vaccaro	<a href="mailto:Pietro.Zambelli@eurac.edu">Pietro.Zambelli@eurac.edu</a> <a href="mailto:Roberto.Vaccaro@eurac.edu">Roberto.Vaccaro@eurac.edu</a>
8	Triple S-GmbH		
9	INDURA	James Gilbert	<a href="mailto:j.gilbert@indura.fr">j.gilbert@indura.fr</a>
10	CA		
11	Uni Basel	Peter Huggenberger	<a href="mailto:peter.huggenberger@unibas.ch">peter.huggenberger@unibas.ch</a>
12	RL	Francesco Spinolo Marta Padoan Alessandro Baietto	<a href="mailto:francesco_spinolo@regione.lombardia.it">francesco_spinolo@regione.lombardia.it</a> <a href="mailto:marta.padoan@hotmail.it">marta.padoan@hotmail.it</a> <a href="mailto:baietto@gdpconsultants.eu">baietto@gdpconsultants.eu</a>

## Kazalo vsebine

Uvod .....	4
Cilji in razvoj zakonske ureditve .....	5
<i>Načela</i> .....	5
<b>Trajnostno izkoriščanje virov</b> .....	6
<b>Enake možnosti</b> .....	7
<b>Pravna varnost</b> .....	8
<i>Napredovanje projekta izgradnje geotermalnih naprav – omejitve projekta</i> .....	8
I. Izvedba naprave PGE .....	10
A. Merila .....	10
1. Vrsta in velikost sistema .....	10
2. Učinkovitost naprave .....	10
3. Najmanjši odmiki geotermalnih naprav .....	17
B. Priporočila za izvedbo naprav PGE .....	18
II. Postavitev geotermalnih naprav v zaščiteneh območjih ali območjih nevarnosti naravnih nesreč	22
A. NAČELA .....	22
B. PRIPOROČILA .....	23
III. Postavitev geotermalnih naprav v posebnih geoloških pogojih .....	23
A. NAČELA .....	23
B. PRIPOROČILA .....	25
IV. Javne storitve za učinkovito rabo geotermalne energije .....	25
A. NAČELA .....	25
B. PRIPOROČILA .....	26
V. Postopki izdaje dovoljenj in obračunavanja za naprave PGE .....	27
A. NAČELA .....	27
B. PRIPOROČILA .....	29

## Uvod

Predstavljene usmeritve naj bi služile kot delovni dokument za pomoč organom upravljanja pri usklajevanju predpisov in postopkov za rabo plitve geotermalne energije (PGE) v državah na območju alpskega prostora. Usklajevanje je potrebno, da bi lahko poenostavili administrativne in tehnične postopke in tako odpravili administrativne ovire za izkoriščanje virov plitve geotermalne energije. Ta dokument je pripravljen v obliki praktičnih navodil z razlagami, ponazoritvenimi primeri in priporočili za rabo PGE.

**Harmonizacija** ne pomeni ukrepa, s katerim bi določili enake vrednosti kriterijev za vgradnjo naprav in rabo PGE v vseh državah ali regijah in spodbudili dodatne administrativne spremembe različnih praks, temveč predvsem:

- + **da bi uporabnikom olajšali** učenje in izvajanje postopkov,
- + **da bi omogočili prilagajanje vrednosti kriterijev za izpolnjevanje podobnih ciljev v različnih razmerah, in**
- + **da bi podprli skupen občutek lastništva ureditve in ukrepov glede rabe PGE.**

V uvodnem poglavju B tega dokumenta predstavljamo cilje predpisov o učinkoviti rabi PGE in načela njihovega stalnega razvoja. Poglavja od 1 do 5 obravnavajo pet glavnih področij razvoja predpisov.

Prvo poglavje se začne s postopkom načrtovanja PGE, ki obsega izbiro vrste, velikosti in učinkovitosti rabe, ki bi optimalno ustrezala naravnim geološkim pogojem in potrebam po energiji na lokaciji, zahteve prostorskega načrtovanja ali pridržke in odmike od sosednjih objektov. To poglavje opisuje poseg v naravno in kulturno krajino.

V drugem in tretjem poglavju opisujemo posebna območja in posebne geološke pogoje, ki so bili v različnih državah enaki. Ta območja in geološki pogoji lahko predpostavljajo posebne omejitve, obveznosti ali zahteve za načrtovanje učinkovite rabe PGE. V tem pogledu lahko imajo tudi pomembno vlogo pri ocenjevanju potenciala PGE v lokalnih energetskih načrtih ali konceptih.

V četrtem poglavju priporočamo program predstavitve celovitih uradnih informacij na informacijskem portalu pristojnih služb. Informacije morajo biti odraz javnih storitev, medsebojnega delovanja med nosilci projektov in javnimi službami, da bodo lahko pobudniki projektov rabe PGE učinkovito reševali različne omejitve, med drugim zakonske (vključno okoljske), tehnične, gospodarske omejitve in omejitve pri načrtovanju.

V zadnjem petem poglavju predstavljamo osnovna načela, načine poenostavitve postopkov in priporočila dobre prakse za vodenje administrativnih postopkov. Prav tako predlagamo seznam tehničnih podatkov za postavitve izgradnje geotermalnih naprav, tako da bi ti podatki prispevali k vzdrževanju ravnovesja med nadzorom posegov in poenostavljanjem administrativnih postopkov.

Vsako poglavje vsebuje seznam priporočil. V priporočilih izpostavljamo tiste zadeve, katerih reševanje bi moralo imeti prednost pri razvoju predpisov. Dajemo tudi nekatera priporočila dobrih praks, ki smo jih prepoznali v predpisih posameznih držav. Namen vseh priporočil je boljše razumevanje ciljev in izzivov zakonske ureditve ter pomoč pri izogibanju pretiranega ali pomanjkljivega urejanja področja plitve geotermalne energije s predpisi.

## Cilji in razvoj zakonske ureditve

### *Načela*

#### Primernost

Plitva geotermalna energija (PGE) je eden od obnovljivih virov energije in kot taka zelo **primerna** in pomembna za razvoj samozadostne oskrbe z energijo za ogrevanje in hlajenje.

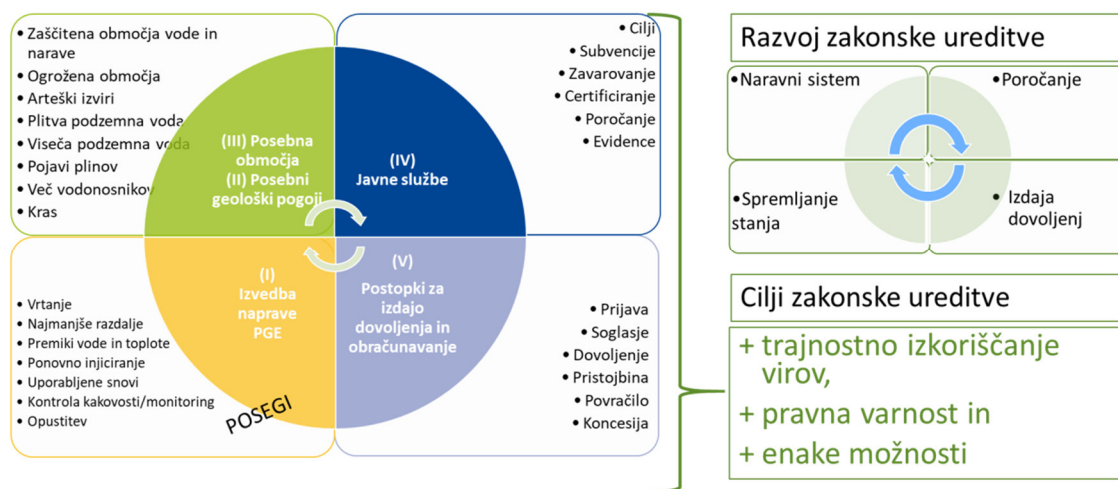
Geotermalne naprave postanejo del okolja. Postajajo pomembna razpršena infrastruktura in s tem postopno tvorijo del pametnih omrežij v spektru različnih obnovljivih virov energije pri doseganju energetske neodvisnosti. Geotermalne naprave postajajo nujno prisotne v podzemnih trirazsežnostnih modelih prostorskega načrtovanja.

Geotermalna energija je zelo primerna tudi iz eksergijskega vidika. Da dosežemo želeno temperaturo ogrevalnega medija v distribucijskem sistemu, moramo toploto okolja dvigniti le na raven distribucijskega sistema. Če je na primer v zaprtem sistemu "slanica/voda" delovna temperatura medija za prenos toplote (S - slanica) za toplotno črpalko 5 °C, delovna temperatura ogrevalnega fluida (V - voda) v distribucijskem sistemu pa 35 °C (S5V35), znaša povečanje temperature natanko 30 °C<sup>1</sup>. Čim manjši je potreben dvig temperature, tem učinkovitejši je sistem (višji koeficient učinkovitosti toplotne črpalke (COP) in sezonski faktor učinkovitosti (SPF)). Za okoljsko in gospodarsko učinkovit sistem torej višja temperatura vira ali/in nižja potrebna temperatura na strani porabnika pomeni prednost. Geotermalni sistemi so torej bistveno bolj učinkoviti v primerjavi z ogrevalnimi sistemi, kjer je za doseg temperaturene razlike potrebno zgorevanje energenta.

Zakonska ureditev učinkovite rabe plitve geotermalne energije (PGE) bo spodbudila trajnostno rabo tega obnovljivega vira energije. Predpisi o učinkoviti rabi PGE morajo preprečevati čezmerno obremenitev okolja, vključno s sosednjimi napravami. Predpisi morajo v čim večji meri spodbujati učinkovitost naprav. Zakonska ureditev mora tudi predvideti merila in ukrepe, ki bodo v prihodnjih desetletjih delovali v različnih razmerah. Spodbujati mora prepoznavanje območij z največjim potencialom PGE na način, ki bo zagotavljal najbolj učinkovito časovno in prostorsko porazdelitev različnih obnovljivih virov energije v skupnosti. Celoten razvoj mora biti neprekinjen in mora obsegati spremljanje stanja, poročanje in opravljanje postopkov za izdajo dovoljenj za prostorsko načrtovanje geotermalnih naprav (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**). Razvoj predpisov mora biti

<sup>1</sup> Podobno velja tudi za ogrevalne sisteme voda/voda. Prav zaradi tega so sistemi voda/voda tudi bolj učinkoviti: podzemna voda kot medij za prenos toplote ima višjo delovno temperaturo, na primer 10 °C, tj. (V10V35) = temperaturna razlika 25 °C.

odprt za povratne informacije o učinkoviti rabi PGE in se mora učinkovito odzivati na pritiske zaradi obremenitev naravnega okolja.



Slika 1. Cilji in razvoj predpisov o učinkoviti rabi PGE.

Evropska Direktiva 2009/28/ES o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov določa: “Za hitri razvoj energije iz obnovljivih virov in zaradi njenih splošnih visoko trajnostnih prednosti morajo države članice pri uporabi upravnih pravil, načrtovalnih struktur in zakonodaje, ki se uporabljajo med licenciranjem obratov v povezavi z zmanjšanjem onesnaževanja in nadzorom nad industrijskimi obrati, za boj proti zračnemu onesnaževanju ali za preprečevanje zmanjševanja odvajanja nevarnih snovi v okolje, upoštevati prispevek obnovljivih virov energije k doseganju okoljskih ciljev in ciljev na področju podnebnih sprememb, še zlasti v primerjavi z obrati, ki ne proizvajajo obnovljive energije”.

Pri tem je potrebno tudi opomniti, da ta Direktiva določa tudi sledeče: “Treba bi bilo zagotoviti skladnost med cilji te direktive in drugo okoljsko zakonodajo Skupnosti. Predvsem bi morale države članice med procesi ocenjevanja, načrtovanja ali licenciranja obratov za energijo iz obnovljivih virov upoštevati vso okoljsko zakonodajo Skupnosti in prispevek obnovljivih virov energije za uresničevanje okoljskih ciljev in ciljev na področju podnebnih sprememb, še zlasti v primerjavi z obrati, ki ne proizvajajo obnovljive energije.”

### Trajnostno izkoriščanje virov

Dejanski razvoj predpisov o učinkoviti rabi geotermalne energije poteka v smeri nepotrošne rabe podzemne vode in v smeri razvoja energetsko uravnoteženih sistemov z ugodnim letnim razmerjem med ogrevanjem in hlajenjem.

Nepotrošna raba podzemne vode pomeni, da se celotna količina podzemne vode, odvzete za namene izkoriščanja geotermične energije, ponovno injicira v isti vodonosnik. Na ta način se količina podzemne vode v vodonosniku ne spremeni; spremeni se le temperatura ponovno injicirane vode (voda je bila med uporabo ohlajena ali ogreta). Spremenjena temperatura vpliva na vodonosnik okrog vrtine za ponovno injiciranje črpane podzemne vode in nizvodno. Z okoljskega vidika je prednostna naloga čim bolj zmanjšati razliko med spremenjenimi in nespremenjenimi pogoji. Ker se sprememba temperature po ponovnem injiciranju relativno hitro izravna, pomeni na splošno manjšo

motnjo kot odvzem vode iz vodonosnika. To pa ne velja za vse primere. Pri ponovnem injiciranju se lahko pojavijo razpoke, v kraških vodonosnikih pa so lahko ponekod omejitve, bodisi iz tehničnih razlogov bodisi zaradi prevelikega širjenja toplotnega oblaka. Zaradi teh in podobnih razlogov ponovno injiciranje podzemne vode ni vedno optimalna rešitev z najmanjšim vplivom. To je tudi razlog, zakaj vsi predpisi ne zahtevajo izključno ponovnega injiciranja podzemne vode. Ponovno injiciranje se lahko zahteva z določenimi izjemami oziroma kadar je to izvedljivo, lahko pa je celo prepovedano.

### Razpoložljivost

Energetsko uravnotežen sistem (Slika 2) pomeni, da v tleh ne povzročimo bistvene spremembe temperature. Temperaturna razlika  $\Delta T$  v tleh bi bila nič ali zanemarljiva (manj kot  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) tudi po 50 letih obratovanja. **Geotermalna energija je dejansko na voljo povsod na našem planetu.** Geotermalna energija pomeni vsoto toplotnega toka iz zemeljske notranjosti in toplote, uskladiščene v tleh zaradi sončnega sevanja. To v praksi pomeni, da bi ostala temperaturna sprememba v tleh nespremenjena, če bi izkoriščali le ta toplotni tok. Red velikosti take gostote toplotnega toka je  $1\text{ kW/Ha}$  ali  $9\text{ MWh/leto/Ha}$  energije. . Kadar odvzem toplote presega naravno gostoto toplotnega toka, sprožimo stranske učinke.

### Izkoristljivost

Za odvzem večje moči in energije moramo namestiti večji toplotni izmenjevalnik. Če iz ene točke odzamemo preveč toplotne energije, povzročimo prekomerno izkoriščanje. To pomeni, da bi povzročili prekomerno ohlajanje ali pregrevanje tal, ker se nastala temperaturna razlika ne bi mogla izravnati v enakem času, kot je bila temperatura odvzeta oziroma dodana s ponovnim injiciranjem. **Izkoriščenost** PGE je povezana s stopnjo izravnave temperature okolja, v katerem je nastala motnja.

Tukaj je treba ponovno poudariti, da PGE omogoča hkrati ogrevanje in hlajenje, poleg tega pa še skladiščenje toplote ali hladu za sezonsko uporabo. Tako je mogoče ustvariti energetsko uravnotežen sistem tudi z ugodnim razmerjem med letnimi potrebami po ogrevanju oziroma hlajenju. Kljub temu je očitno, da osnovna prioriteta ni proizvajati viške toplote za ponovno vzpostavitev toplote v tleh, temveč zmanjšanje potreb po energiji. Zaradi tega se raba obnovljivih virov energije priporoča predvsem za ogrevanje. Za potrebe hlajenja je osnovna prioriteta poiskati uporabnika presežne toplote, čeprav bi lahko bilo hlajenje z izkoriščanjem PGE lahko okoljsko bolj sprejemljiv sistem v primerjavi s konvencionalnim hladilnim sistemom. S tega vidika imajo geotermalni ogrevalni sistemi prednost zaradi možnosti skladiščenja in distribucije toplote.

### Enake možnosti

Z vidika trajnostnega izkoriščanja virov lahko energetsko uravnotežen sistem načrtujemo kot neodvisen sistem, pa tudi za kompleksne sisteme v obsegu naravnega sistema (vodonosnik, geološka formacija), v eni skupnosti ali med dvema ali več skupnostmi. To je zlasti pomembno za vodonosne sisteme v gosto naseljenih območjih in povsod, kjer se podzemna voda razliva izven upravnih meja. V takih primerih si bodo skupnosti prizadevale pripraviti skupne načrte upravljanja (npr. za četrti) z namenom optimiranja izmenjave toplote in čim večjega zmanjšanja vplivov na naravno okolje.

Merila za uravnoteženo rabo energije lahko določimo s sprejemljivo spremembo temperature tal in podzemne vode v določenem času, na določeni oddaljenosti ali na določenih mestih ustrežanja. Takšno upravljanje lahko upošteva vse presežke in primanjkljaje toplote iz vseh virov in spodbuja optimizacijo porazdelitve toplotne izmenjave v prostoru in času. Načrtovanje bi potem bilo lažje in v skladu z razvojem obstoječih ali bodočih omrežij za daljinsko ogrevanje in pripadajoče infrastrukture. To pomeni osnovo za optimizacijo premikov mase in toplote in pravično razpolaganje z viri (Slika 2).

### **Pravna varnost**

Potrebe po ureditvi se precej razlikujejo v oddaljenih območjih z majhno gostoto naprav v primerjavi z naselji in mesti, kjer je gostota prebivalstva velika. Zato bi bilo treba spodbujati oceno potenciala PGE v lokalnih energetskih načrtih. V teh načrtih morajo biti navedeni cilji rabe PGE v naslednjih načrtovalnih obdobjih, da bo iz njih razvidna potrebna raven načrtovanja toplotne izmenjave.

Ocena potenciala PGE za potrebe lokalnih energetskih načrtov mora zagotoviti podatke o posebnih območjih, kjer je treba upoštevati posebne obveznosti ali omejitve. Zelo pomembno je, da so na voljo tudi podatki o znanih možnih tveganjih pri izkoriščanju PGE zaradi specifičnih naravnih pogojev v skupnosti. Na drugi strani je zelo pomembno predstaviti, kakšni so najugodnejši specifični naravni pogoji za izkoriščanje PGE v skupnosti, in kje taki pogoji obstajajo. Ve to bo bistveno izboljšalo določitev ciljnih in mejnih vrednosti in s tem tudi pravno varnost, tj. varnost naložb deležnikov.

### **Dostopnost**

Z razpršeno rabo, ki omogoča izogibanje velikih gostoti tokov, prenosnih vodov in premikov energije med posameznimi lokacijami, je PGE primeren obnovljiv vir energije za uresničitev bodoče samozadostne oskrbe in energetske neodvisnosti. To je tudi razlog, zakaj se PGE spodbuja kot energijo, ki je neprekinjeno in brez na voljo 24 ur na dan.

Načela*		Razvoj	Ukrepanje – povratne informacije
+ Trajnostno izkoriščanje virov	+ Energetsko uravnotežen sistem	+ Zadovoljiti trenutne potrebe brez zmanjšanja možnosti zadovoljevanja potreb v prihodnosti	+ Določitev minimalnih oddaljenosti
+ Pravna varnost	+ Varnost naložb deležnikov	+ Zagotoviti varnost: ustvariti pogoje, v katerih bo mogoče napovedati pravne posledice	+ Določitev tveganj, posebnih pogojev in zahtev
+ Enake možnosti	+ Pošteno izkoriščanje virov	+ Izogibanje monopolom, odprava prakse "prvi pride, prvi melje".	+ Optimiziranje masnih in toplotnih premikov

\*García-Gil in sod., 2015

**Slika 2. Načela zakonske ureditve.**

## *Napredovanje projekta izgradnje geotermalnih naprav – omejitve projekta*

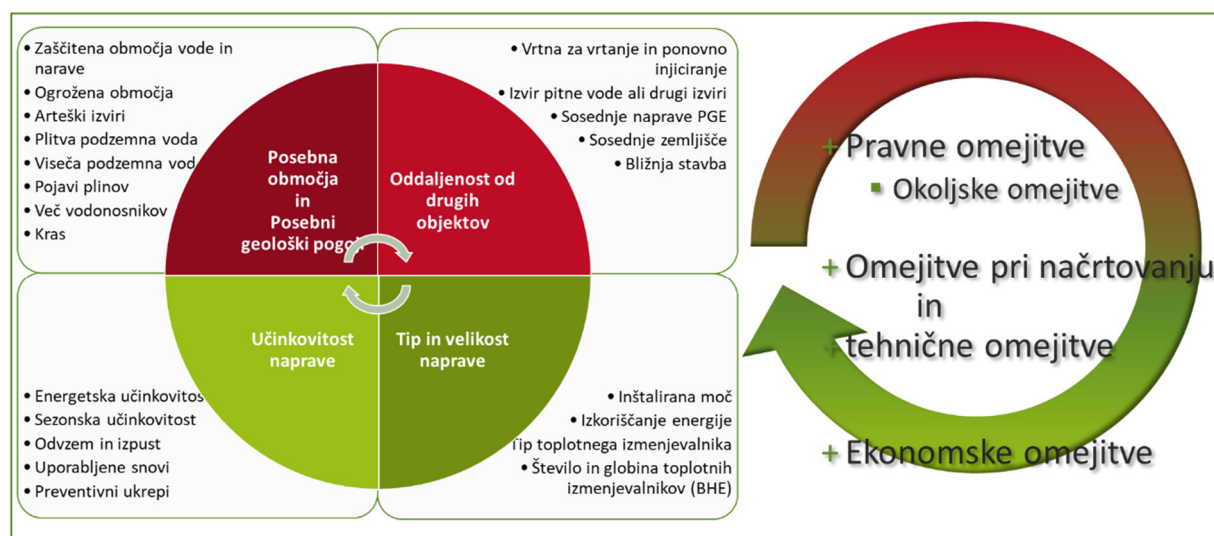


Vlagatelji, projektanti in načrtovalci iz vseh držav pripravljajo učinkovito rabo PGE na enak način ali na podlagi enakih izhodišč. Začenjajo iz skupnega izhodišča, ko projektant, vlagatelj oz. načrtovalec že pozna potrebe po energiji za načrtovano geotermalno napravo (letno in mesečno porabo [kWh]), konične obremenitve [kW], temperaturo ogrevalnega in hladilnega sistema [°C]). V prvi fazi se izdelava predhodna analiza ogrevalnega sistema z uporabo dostopnih obnovljivih virov energije, vključno s PGE. PGE se lahko velikokrat izbere za izdelavo podrobne analize stroškov in koristi, in sicer ob upoštevanju bistvenih koristi, ki izhajajo iz številnih prednosti, vključno z visoko stopnjo udobja, ki jo prinaša ta vir energije.

Začetek in razvoj projekta imata nekatere skupne točke v vsakem administrativnem okolju. To je razvidno iz zakonskih ureditev v vseh državah. Vse države določajo nekatera posebna območja in imajo določene omejitve pri posegih, na primer glede oddaljenosti od sosednje parcele. Vse države uporabljajo nekatere predpise za najmanj dva različna tipa naprav in določen sistem spodbud ali subvencij glede na učinkovitost sistema in optimalno rabo naravnih virov na lokaciji. Načrtovalci, vključeni v projekt izgradnje geotermalne naprave bi morali upoštevati naslednja osnovna vprašanja:

1. Ali obstaja posebno območje, kjer bi lahko bila izgradnja podzemnih geotermalnih naprav prepovedana ali pogojena z dodatnimi postopki ali zaščitnimi ukrepi?
2. Ali obstajajo posebni geološki in hidrogeološki pogoji, ki bi jih bilo treba skrbno preučiti z vidika učinkovitosti geotermalne naprave?
3. Ali obstajajo omejitve glede umestitve geotermalne naprave v prostor?
4. Kateri tip oziroma velikost sistema bi bil najprimernejši?
5. Kakšna je stroškovna učinkovitost naprave (in kakšne so finančne spodbude in subvencije)?

Prednostni vrstni red zgornjih vprašanj ni natančno opredeljen. Izhodišče za načrtovanje je lahko katerokoli od zgornjih vprašanj. Lahko bi na primer začeli z vprašanjem: "Kateri sistem je zame najprimernejši?", ki bi mu sledila naslednja vprašanja: "Ali lahko iz tega vira pokrijem svoje potrebe?", "Ali obstajajo zakonske omejitve za izgradnjo zelenega sistema?" in zaključili z vprašanjem: "Ali imam na voljo dovolj prostora za izgradnjo zelenega sistema". Za pridobitev ustreznih odgovorov bi lahko bila potrebna preučitev teh štirih vprašanj v več fazah (Slika 3).



Slika 3. Uvajanje učinkovite rabe PGE – Matrika meril za zakonsko ureditev in razvoj projekta plitve geotermalne energije.

## I. Izvedba naprave PGE

### A. Merila

#### 1. Vrsta in velikost sistema

Pri načrtovanju in uvajanju učinkovite rabe PGE moramo upoštevati, da lahko pri tem nastanejo različni okoljski vplivi. Obseg vpliva je odvisen predvsem od vrste in velikosti naprav.

Poznamo dva osnovna tipa izkoriščanja PGE: sistem z odprto in sistem z zaprto zanko (). Glavna razlika med obema je v vrsti sredstva za prenos toplote, to je prenosnika toplote.

Pri sistemu z odprto zanko je prenosnik toplote podzemna voda, ki izmenjuje toploto med tlemi in stavbo. Prenosnik toplote je v tem primeru v neposrednem stiku s tlemi, zato se tak sistem imenuje odprt sistem.

Pri sistemih z zaprto zanko kroži prenosnik toplote v zaprtem sistemu podzemnih cevi. Izmenjava toplote poteka posredno skozi stene cevi brez neposrednega stika prenosnika toplote tlemi<sup>2</sup>. Sistem zato imenujemo zaprt sistem. Za delovanje zaprtega sistema ne potrebujemo podzemne vode. Kljub temu prisotnost podzemne vode poveča hitrost toplotne izmenjave in učinkovitost geotermalne naprave, zlasti če se podzemna voda giblje s hitrostjo, večjo od 0,5 m/dan.

Količina toplotne izmenjave v odprtem sistemu se povečuje s številom in globino vrtin za odvzem podzemne vode in z večjo količino pretoka vode<sup>3</sup>. Zmogljivost sistema z zaprto zanko se poveča z globino, dolžino ali številom zank cevi za izmenjavo toplote in posledično z večjim številom vrtin, košev, pilotov, širjenjem območja izkopa ali dodatnim številom termoaktivnih gradbenih elementov itd. (Tabela 3, II., III.). Velikost sistema je prav tako povezana z vplivi na okolje. Okoljski vpliv se določa s spremembo temperature okolja pred posegom in po posegu in glede na prostorski obseg spremembe. Vpliv na okolje določa, koliko geotermalne energije bi lahko izkoristili ali koliko geotermalnih naprav bi lahko predvideli v prostorskem načrtu na enoto površine. To je eno od ključnih vprašanj, ki določajo potencial PGE v skupnosti.

Možnih je več izvedb sistemov z zaprto in odprto zanko<sup>4</sup> (Tabela 3, I.3.). Vsekakor pa obstajajo številne rešitve, kako optimalno izkoristiti prednosti geoloških, hidrogeoloških in geotermalnih lastnosti tal na lokaciji. Prav zaradi tega lahko spodbujamo PGE kot vir energije, ki je povsod dostopen.

<sup>2</sup> Pomembni podatki: premer cevi v zankah, material cevi, vrsta sredstva proti zmrzovanju in koncentracija v zankah, vrsta zanke [enojna v obliki črke U; dvojna v obliki črke U; koaksialna ali druga], število zank, skupna dolžina zank, največja globina, povprečen razmik med vrtinami, material zasutja.

<sup>3</sup> Vrtine za odvzem in ponovno injiciranje.

<sup>4</sup> Izvedba sistema [navpična / vodoravna / nagnjena / odmaknjena / drugo]

## 2. Učinkovitost naprave

Obratovanje plitvih geotermalnih naprav bo pod površjem in v podzemni vodi na določeni razdalji neizogibno povzročilo določene lokalne spremembe temperature ali gladine podzemne vode (četudi so te spremembe v večini primerov zanemarljive). Anomalija se razvije v območju nekaj metrov okrog toplotnega izmenjevalnika, lahko pa se pozna več deset ali več sto metrov daleč.

Ob upoštevanju danih geotermalnih in hidrogeoloških lastnosti tal bo območje vpliva odvisno od uporabljenega tipa sistema (zaprt ali odprt sistem) in od moči ogrevanja in hlajenja, porabe energije in učinkovitosti samega geotermalnega sistema. Če torej poznamo lokacijo<sup>5</sup>, potrebe po ogrevanju v stavbi (ali inštalirano moč geotermalnega sistema GSHP) in učinkovitost sistema, potem vemo, koliko energije bomo odvzeli iz tal. Podobno tudi v primeru hlajenja vemo, koliko energije bomo injicirali v tla.

### a) Premeščanje toplote

1.	Nazivna moč toplotne črpalke: $P_{\text{nazivna}} (\Phi_{\text{hp}})$ [W]
2.	Toplotna energija iz sistema zemlja-voda (GSHP): $Q_{\text{GSHP}}$ [Wh/y]
3.	Sezonska učinkovitost ogrevanja prostorov: $\eta_s$ [%]
4.	Sezonski faktor učinkovitosti (SPF, SPF_H2)

### Razlaga kriterijev

1. Nazivna moč  $P_{\text{nazivna}}$  (ali  $\Phi_{\text{hp}}$ ) [W] pomeni obstoječo zmogljivost toplotne črpalke<sup>6</sup> (= obstoječa zmogljivost toplotne črpalke (črpalke)) (Tabela 3, IV.2.).
2. Toplotna energija, pridobljena iz geotermalnega sistema zemlja-voda (GSHP) je enaka toplotni energiji ( $Q_{\text{GSHP}}$ ), ki jo na letni ravni dovedemo ogrevalnemu in hladilnemu sistemu<sup>6</sup>.

$Q_{\text{GSHP}}$  je energija, pridobljena iz sistema GSHP, in sicer neposredno brez uporabe toplotne črpalke ( $Q_{\text{GS}}$ ), posredno z uporabo toplotne črpalke ( $Q_{\text{hp}}$ ) in tudi v kombinaciji brez in z uporabo toplotne črpalke.

Zemeljski vir («zemlja») pomeni tla skupaj s podzemno vodo.

Plitva geotermalna energija, pridobljena iz tal ( $Q_{\text{SGE}}$ ) je energija, pridobljena iz sistema GSHP z odbitkom energije, potrebne za obratovanje sistema ( $Q_{\text{SGE}} = Q_{\text{GSHP}} - E_{\text{inp}}$ ). Energija, pridobljena iz vira PGE lahko sestoji iz odvzete toplote (za potrebe ogrevanja), injicirane toplote (iz hladilnega sistema) ali obeh komponent, odvzete in ponovno injicirane toplote (za namen ogrevanja in hlajenja). To pomeni, da energijo dobimo iz tal z odvzemom ali jo ponovno injiciramo v tla, ali oboje, na kratko torej s toplotno izmenjavo z zemljo.

<sup>5</sup> Znana lokacija geotermalne naprave pomeni, da poznamo ali lahko ocenimo tudi naravne (klimatske, geološke, hidrogeološke in geotermalne) pogoje.

<sup>6</sup> Dodatek VII Direktive o obnovljivi energiji 2009/28/ES (str. 62/30, Pogl. 3.3):

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D0114&from=EN>,

Letna vrednost bilance toplotne izmenjave je enaka vsoti relativnih ali absolutnih vrednosti odvzete energije iz tal (+) in ponovno injicirane (-) energije v tla.

Relativna vrednost toplotne bilance je enaka razliki med odvzeto in ponovno injicirano energijo. Zelo pomembno je izračunati največji vplivni polmer geotermalnega sistema GSHP. V splošnem so geotermalni sistemi GSHP, ki se uporabljajo za ogrevanje in hlajenje, manjši od sistemov, ki se uporabljajo izključno za ogrevanje ali izključno za hlajenje, in sicer pri enaki količini dovedene energije. Taki kombinirani sistemi imajo tako tudi bistveno manjši radij vpliva.

Absolutna vrednost toplotne bilance je vsota odvzete in ponovno injicirane energije. Ta vrednost je pomembna za izračun neto proizvedene toplotne energije iz tal. Vrednost je potrebna tudi za izračun dveh zelo pomembnih parametrov: sezonskega faktorja učinkovitosti (SPF) in deleža obnovljive energije, pridobljene z geotermalnim sistemom GSHP ( $E_{RES}$ ).

Letno povprečje in najvišje vrednosti hitrosti toplotne izmenjave s tlemi so pomembne za načrtovanje sistema. Povprečna letna vrednost je pomembna za načrtovanje geotermalne naprave za dolgoročno obratovanje v celotni življenjski dobi. Največja urna vrednost je pomembna za načrtovanje naprave in izračun ustreznih koničnih obremenitev.

Tako je na primer največja količina odvzete toplote iz vode na letni ravni [kWh]  $Q_{SGE\ max}$  (Tabela 3 enaka III.13.) največjemu pričakovanemu letnemu odvzemu toplote pri najhladnejši ali najdaljši ogrevalni sezoni.

3. Sezonska energijska učinkovitost pri ogrevanju prostorov učinkovitost sistema  $\eta$  (eta) se izračuna po metodologiji, ki jo je leta 2009 določila Delovna skupini za statistiko obnovljivih virov energije<sup>6</sup>. Dogovorjeno je, da se najnižja zahtevana vrednost  $\eta = 0,455$  (45,5 %) uporablja do leta 2020. To pomeni, da bi morala biti najnižja vrednost sezonskega faktorja učinkovitosti (SPF) sistema GSHP 2,5 ( $SPFH2 \geq 2,5$ ), da bi bil upoštevan njegov prispevek k deležu obnovljivih virov energije ( $RES$ )<sup>6</sup>. Delež obnovljive energije, pridobljen s sistemom GSHP  $E_{RES}$  [Wh/y] je potem enak neto količini energije iz talnega vira toplote. Na ravni Evropske komisije je bilo upoštevano, da preteklo in sedanje stanje tehnike toplotnih črpalk omogoča pridobivanje 2,5-krat več energije iz toplotne črpalke, kot je potrebno za samo delovanje sistema. To vrednost potem lahko uporabimo pri izdelavi zanesljive ocene prispevka sistemov GSHP k deležu obnovljivih virov energije in za spodbujanje večje učinkovitosti. To naj bi bilo predvidoma do leta 2020. Po letu 2020 lahko pričakujemo revizijo.
4. Sezonski faktor učinkovitosti (SPF)<sup>7</sup> je razmerje med skupno energijo, pridobljeno iz sistema GSHP in vloženo energijo na letni ravni, porabljene za obratovanje sistema, vključno s skupnim letnim vložkom pomožne energije<sup>8</sup> ( $SPF = Q_{GSHP} / E_{inp}$ ). Energija, uporabljena za obratovanje sistema GSHP predstavlja vloženo energijo ( $E_{inp}$ )<sup>9</sup>.

[Opomba: Smiselno je tudi drugačno obratovanje sistema (monovalentno, bivalentno itd.) z namenom, da bi ga optimizirali in povečali njegovo učinkovitost (tj. pokrili le osnovne

<sup>7</sup> glej tudi Dokument 3.3.1 Katalog, Poglavje Načela geotermalnih naprav PGE

<sup>8</sup> SIST EN 15450:2007 Ogrevalni sistemi v stavbah – Načrtovanje toplotno črpalnih ogrevalnih sistemov

<sup>9</sup> Dodatek VII Direktive o obnovljivi energiji 2009/28/ES, str. 62/31, Pogl. 3.4

obremenitve in proizvajali konične obremenitve ali npr. toplo sanitarno vodo z drugimi viri/sistemi). V takih primerih  $E_{inp}$  obsega tudi vložek energije iz drugih virov/sistemov. Če koničnih obremenitev ne pokrivamo s sistemom PGE, morda ne povzročimo tako velikega temperaturnega vpliva. Temperaturna sprememba v vodonosniku je morda manjša, še posebej v primeru odprtega sistema. Velikost toplotne črpalke in toplotnega izmenjevalnika je v tem primeru tudi manjša in posledično bistveno cenejša, kar pa je predmet optimizacije in analize stroškov in koristi.

SPF H2 je SPF, izračunan ob upoštevanju celotnega vložka energije na letni ravni ( $E_{inp}$ ) kot vsota energije, potrebne za samo delovanje toplotne črpalke ( $E_{HW\_hp}$ ) in energije za delovanje ventilatorja in/ali črpalke za kroženje hladilnega sredstva ( $E_{S\_fan/pump}$ )<sup>6</sup> (Tabela 3, IV.3.).  $E_{inp} = E_{HW\_hp} + E_{S\_fan/pump}$ .

SPF se občutno poveča s povečanjem deleža neposredno odvzete energije iz tal brez delovanja toplotne črpalke (imenovano tudi "pasivno" ali "neposredno" ogrevanje ali hlajenje, znano tudi kot "prosto" hlajenje).

Samo energija, odvzeta iz tal (brez energije, uporabljene za delovanje GSHP) se upošteva kot prispevek k deležu obnovljivih virov energije. Izračunamo jo po formuli  $E_{RES} = Q_{GSHP} - E_{HW\_hp} - E_{S\_fan/pump}$ <sup>6</sup> =  $Q_{GSHP} (1 - 1/SPFH2)$ .

### *Sistem zaprte zanke*

Temperaturna anomalija se razvije okrog toplotnega izmenjevalnika (BHE). Meja temperaturne anomalije je določena z razliko v temperaturi med spremenjeno in nespremenjeno temperaturo okolice, v konkretnem primeru s temperaturo tal.

Obseg toplotnega vpliva je odvisen od letne bilance izmenjave energije s tlemi, tj. pretečene mase tekočine za prenos toplote in razlike v temperaturi med odvzetim in ponovno injicirano tekočino za prenos toplote.

### *Sistem odprte zanke*

V sistemu z odprto zanko se kot tekočina za prenos toplote uporablja podzemna voda. Anomalija temperature, tj. toplotni vpliv, se širi od vrtine za ponovno injiciranje nizvodno v smeri toka podzemne vode, v geometrijski obliki oblaka (Tabela 3, III.4.). Zaradi tega ga imenujemo toplotni oblak. Toplotni oblak je določen z razliko v temperaturi med spremenjeno in nespremenjeno temperaturo okolice, v konkretnem primeru s temperaturo podzemne vode.

Obseg toplotnega oblaka je odvisen od količine vode, ki jo ponovno injiciramo v vodonosnik in od temperaturne spremembe ponovno injicirane vode.

#### b) Premeščanje vodne mase

1.	Vrtanje oz. izkop pod gladino podzemne vode / Globina od površja / od ravni vode: D [m]
2.	Pretok črpane podzemne vode: $Q_{ab}$ [ $m^3/y$ , .., $m^3/h$ ]
3.	Pretok vračane vode: $Q_{inj}$ [ $m^3/y$ , .., $m^3/h$ ]; [%]

## Razlaga kriterijev

1. Globina vrtine (izvira), izkop toplotnega izmenjevalnika pod površjem ali gladino podzemne vode pove, ali izgradnja geotermalne naprave posega v podzemno vodo in kateri vodonosnik je zajet. (Velika globina gladine podzemne vode pod površjem lahko zaradi večje moči črpanja ogrozi učinkovitost sistema GSHP.)
2. Pretok črpane podzemne vode  $Q_{ab}$  je prostornina vode na časovno enoto, odvzeta iz vodonosnika (Tabela 3, III.3.). Največja možna stopnja odvzema je na splošno odvisna od naravnih lastnosti vodonosnika (transmisivnosti, specifične izdatnosti in koeficienta elastičnega uskladiščenja, hidravličnega gradienta gladine podzemne vode, omočene debeline vodonosnika). Dovoljena količina odvzema je običajno določena s prostornino odvzete vode na leto ( $m^3/l$ ) in s konično, tj. največjo trenutno količino odvzema ( $m^3/s$ ,  $m^3/h$ ).
3. Količina ponovnega injiciranja: Vračanje odvzete vode v vodonosnik po toplotni izmenjavi. Izrazimo jo lahko kot  $Q_{inj}$  - prostornino vode na časovno enoto, injicirano v vodonosnik, ali kot razliko med odvzeto in ponovno injicirano količino vode ( $Q_{abs} - Q_{inj}$ ), ali kot razmerje med ponovno injicirano in odvzeto količino vode ( $Q_{inj} / Q_{abs}$  [%]).  
Ponovno injiciranje običajno ureja zakonodaja o varstvu voda zaradi ohranjanja vodne bilance v vodonosniku in razpoložljivosti zalog podzemne vode. Podobno se povsod, kjer je ohranjanje količine in razpoložljivosti podzemne vode prednostni cilj, zahteva, da se količina vode, odvzete izključno za namene toplotne izmenjave, ponovno injicira v vodonosnik, če ni s predpisi drugače določeno. Odvzeta količina vode, ki se ponovno ne injicira v vodonosnik, se lahko običajno izpusti v kanalizacijo ali površinske vode (Tabela 3, III.5.).

## c) Temperaturna sprememba

	Temperaturna sprememba
	SREDSTVA ZA PRENOS TOPLOTE (PRENOSNIKA TOPLOTE)
1	Razlika med vstopno in izstopno temperaturo prenosnika toplote $\Delta T$ [°C]
2	Absolutna najnižja temperatura vračane tekočine za prenos toplote $T_{min}$ [°C]
	Absolutna najvišja temperatura vračane tekočine za prenos toplote $T_{max}$ [°C]
	TEMPERATURA OKOLJA
3	najnižja / najvišja temperatura podzemne vode pred uporabo $T_{min}$ [°C] in $T_{max}$ [°C]
4	Razlika $\Delta T_{amb}$ [°C] med spremenjeno in nespremenjeno temperaturo okolja

## Razlaga kriterijev

*Temperatura prenosnika toplote*

1. Temperaturno spremembo  $\Delta T$  [°C] tekočine za prenos toplote lahko izrazimo kot razliko med temperaturo vira in vračano temperaturo (EN 15450:2007, str. 13), kot razliko v vstopni in izstopni temperaturi (EN 15450:2007, str. 25), ali kot temperaturno spremembo v podzemni vodi, ki jo vračamo v ponikalno vrtino (VDI 4640/2, str.7).

Ta temperaturna sprememba odraža toplotno izmenjavo s talnim virom, če upoštevamo tudi masni premik tekočine za prenos toplote, tj. količino odvzete podzemne vode v odprti zanki ali količino tekočine za prenos toplote, ki kroži v sistemu z zaprto zanko. S tehnološkega in okoljskega vidika je zaželeno in učinkovito, če temperaturna sprememba ni ne previsoka ne

prenizka. Če je prenizka, je potreben večji masni premik, tj. večji črpalni pretok tekočine za prenos toplote. Prevelika temperaturna sprememba pomeni tveganje, da bo dosežena najvišja ali najnižja dopustna temperatura, kar lahko ogrozi ohranitev ekosistema oziroma povzroči zamrzovanje. Temu ustrezno se uporablja temperaturna razlika med 3 in 6 °C.

2. Absolutna najnižja temperatura ponovno injicirane tekočine za prenos toplote ob vračanju v GSHP  $T_{\min}$  [°C] je pomembna v načinu ogrevanja. Izrazimo jo lahko tudi kot relativno najnižjo temperaturo v primerjavi z nespremenjeno temperaturo okolja.

Opomba: Relativna vrednost je lahko ugodnejša, ker so temperature okolja v regionalnem ali širšem merilu lahko zelo različne. Čeprav se temperature okolja tudi v alpskih državah zelo razlikujejo, pa se v predpisih kljub temu uporabljajo absolutne vrednosti najnižjih in najvišjih temperatur.

#### *Sistem zaprte zanke*

V splošnem se kot najnižja temperatura tekočine za prenos toplote pri koničnih obremenitvah v sistemih z zaprto zanko uporablja temperatura -3 °C. Za osnovne obremenitve se uporablja temperatura 0 °C, tako je torej povprečna najnižja temperatura tekočine za prenos toplote okrog -1,5 °C. Kot višji tehnični in okoljski standard se uporablja višji prag najnižje temperature. To pomeni, da je najnižja temperatura bližje temperaturi okolja pred posegom, s tem pa je večja tudi učinkovitost (SPF) sistema GSHP, na primer  $T_{\min} = 0$  °C. Za najvišje okoljske standarde, kakršni veljajo na primer za zaščito virov pitne vode, se lahko uporablja  $T_{\min} \geq 4$  °C, tako da lahko kot tekočino za prenos toplote v zaprtih sistemih uporabljamo tudi čisto vodo brez dodanega sredstva proti zmrzovanju in zaviralca korozije.

#### *Sistem odprte zanke*

Absolutna najnižja temperatura ponovno injicirane podzemne vode je le redkokdaj določena. S tehničnega vidika mora biti ta temperatura dovolj nad zmrziščem, morda nekaj stopinj nad 0 °C.

3. Absolutna najvišja temperatura ( $T_{\max}$  [°C]) ponovno injiciranega fluida za prenos toplote je pomembna v načinu hlajenja. Izrazimo jo lahko tudi kot relativno najvišjo temperaturo v primerjavi s temperaturo tal pred posegom (VDI 4640/2, str. 15). Glej opombo pod točko 2. Najvišja temperatura je lahko tudi večjega pomena pri sistemih za podzemno shranjevanje toplotne energije (UTES)<sup>10</sup>

Območje uporabljenih dopustnih absolutnih najvišjih vrednosti temperature ( $T_{\max}$  [°C]) je podobno v zaprtih in odprtih sistemih. Začne se pri temperaturi 20 °C in je lahko vse do ekstremne vrednosti 40 °C (Slika 4). Temperaturna meja 20 °C je blizu temperature okolja (vmesna vrednost med nizkimi in visokimi zunanji temperaturami), zato ni pričakovati, da bi lahko bistveno vplivala na procese ali odzive v okolju. Podobno lahko temperaturo 40 °C opredelimo kot ekstremno zunanjo temperaturo ali pa tudi kot temperaturo, ki lahko izzove bistvene spremembe nekaterih procesov, odvisno od značilnosti razmer na mestu geotermalne naprave. Zato lahko pričakujemo, da bi bila absolutna (ali relativna) najvišja temperatura lahko optimalno določena le glede na lokalne razmere in njihovo poznavanje.

#### *Temperatura okolja* Sistem odprte zanke

<sup>10</sup> glej Dokument 3.3.1, Katalog

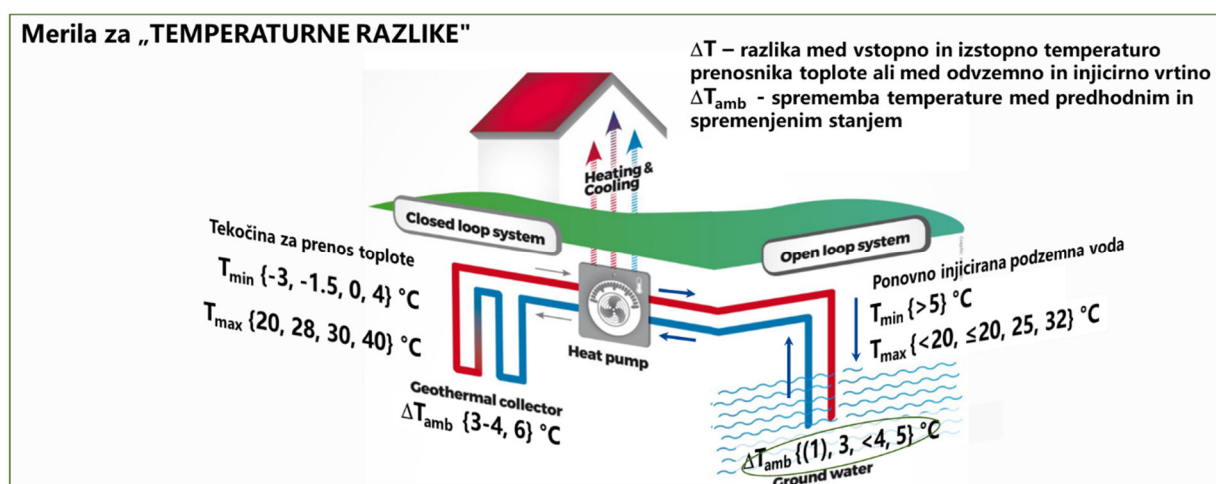
4. Razliko v temperaturi  $\Delta T_{amb}$  [°C] okolja pred posegom in po njem izračunamo ali izmerimo v tleh ali podzemni vodi v določeni točki skladnosti, tj. v določenem času in oddaljenosti od točke injiciranja.

Na primer, obseg toplotnega vpliva lahko izračunamo že v fazi načrtovanja, tako da ocenimo dolžino in širino  $dT(3\text{ °C})$  ali  $dT(1\text{ °C})$  toplotnega oblaka ( $D \times \dot{S}_{dT(3\text{ °C})}$ ,  $(D \times \dot{S}_{dT(1\text{ °C})})$  [m] po 30 do 50 letih obratovanja<sup>11</sup>. Druge mejne vrednosti lahko določimo v odvisnosti od specifičnih mejnih pogojev ali zakonske ureditve, ki velja na lokaciji.

Odprto vprašanje na področju pravnih meril je «točka skladnosti», kjer nadzorujemo temperaturo podzemne vode. To je pomembno zaradi pravilne ocene temperaturne spremembe podzemne vode ali tal. Določena so različna merila (npr. razlika v temperaturi 6 °K pri toplotni črpalci ali 4 °K 400 m nizvodno od točke injiciranja), ki pa imajo neposreden vpliv na učinkovitost sistema. Ta merila so dogovorna in ne rešujejo problema seštevanja vplivov sosednjih izvirov. Pomagajo nam le pri določitvi vrednosti, s katero lahko nadzorujemo posege in napovemo najneugodnejši scenarij, ki bi se lahko uresničil, če bi vse sosednje naprave uporabile vrednost najvišjih dovoljenih vrednosti. V primeru več geotermalnih naprav, katerih vplivi se prekrivajo, je treba določiti dodatna merila: vpliv sosednjih naprav na druge prejemnike (izvire, zajetja, sosednje naprave, ipd.) in na podzemno vodno telo kot celoto.

#### Sistem zaprte zanke

Razlika  $\Delta T$  [°C] med temperaturo tal pred posegom in po izvedenem posegu pri sistemih z zaprto zanko lahko izračunamo v tleh na določeni oddaljenosti in v določeni globini od toplotnega izmenjevalnika. V praksi jo izračunamo kot spremembo temperature na površju tal. Razliko v temperaturi tal le redkokdaj merimo, ker pade, tudi po daljšem obratovanju, pod  $\Delta T = 1\text{ °C}$  le na razmeroma kratki razdalji od toplotnega izmenjevalnika.



Slika 4. Merila glede temperaturne razlike.

<sup>11</sup> Datum prvega obratovanja [dejanski oz. predvideni] je pomemben za oceno okoljskega vpliva.

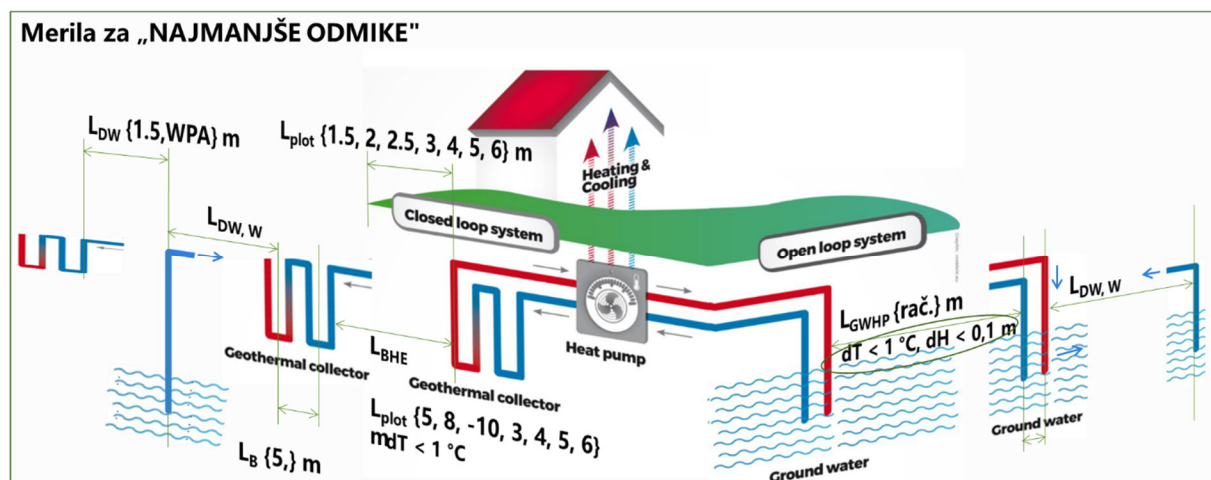


### 3. Najmanjši odmiki geotermalnih naprav

	Najmanjši odmiki
1	med geosondami iste naprave BHE ( $L_B$ )
2	med vodnjaki iste naprave GWHP ( $L_B$ )
3	med vodnjakoma za odvzem in ponovno injiciranje v isti napravi GWHP ( $L_I$ )
4	med sosednjimi napravami PGE ( $L_{SHC}$ , $L_{BHE}$ , $L_{GWHP}$ )
5	do sosednje parcele, tj. meje s sosednjim zemljiščem
6	do bližnje stavbe ( $L_{building}$ )
7	do vodnjaka pitne vode ( $L_{DW}$ )
8	do vodnjaka za druge vrste uporabe ( $L_W$ )
9	do posebnega območja ( $L_{SA}$ )

#### Razlaga kriterijev

1. Najmanjši razmik med geosondami je  $L_B$  najmanjša priporočena razdalja med vrtinami, v primeru, kadar je sistem PGE sesavljen iz dveh ali več vrtin. Vrtine so lahko razporejene v vrsti, vzdolž pravokotnega niza ali v drugačni razporeditvi.
2. Najmanjši razmik med vodnjaki istem sistemu GWHP  $L_{GW}$  pomeni najmanjšo sprejemljivo ali priporočeno razdaljo do naslednjega vodnjaka, kadar je sistem PGE sestavljen iz dveh ali več vodnjakov.
3. Najmanjši odmik med črpalno in injicirno (ponikalno) vrtino pri uporabljenem sistemu GWHP  $L_I$  je oddaljenost, pri kateri se izognemo toplotnemu kratkemu stiku med obema vrtinama, ali oddaljenost, pri kateri je tak kratek stik še sprejemljiv, da preprečimo preveliko povečanje ali padec temperature črpane vode.
4. Najmanjši odmik med sosednjimi sistemi PGE ( $L_{SHC}$ ,  $L_{BHE}$ ,  $L_{GWHP}$  -  $L_{SGE}$ ) pomeni najmanjšo sprejemljivo ali priporočeno razdaljo, ki je potrebna med ločenima sistemoma PGE, da nova geotermalna naprava ne vpliva negativno na obstoječi sistem.
5. Najmanjši odmik do sosednjega zemljišča (parcelne meje)  $L_{plot}$  je najmanjša sprejemljiva ali priporočena razdalja med sistemom PGE in mejo s sosednjim zemljiščem.
6. Najmanjši odmik do bližnje stavbe  $L_{building}$  je najmanjša sprejemljiva ali priporočena razdalja med sistemom PGE in najbližjo sosednjo stavbo.
7. Najmanjši odmik naprave PGE do zajetja pitne vode  $L_{DW}$  je najmanjša sprejemljiva ali priporočena razdalja, ki preprečuje negativne vplive nove geotermalne naprave na zajetje pitne vode.
8. Najmanjši odmik naprave PGE do zajetja podzemne vode za druge vrste uporabe  $L_W$  je najmanjša sprejemljiva ali priporočena razdalja, ki preprečuje negativne vplive nove geotermalne naprave na določeno vrsto uporabe vodnjaka ali zajetja podzemne vode za druge namene.
9. Najmanjša oddaljenost do posebnega območja ali območja s posebnimi geološkimi pogoji ( $L_{SA}$ ) je najmanjša razdalja, določena kot varnostna tamponska cona do nevarnega območja ali lokacije. Tako je lahko določeno, na primer, da smemo pri globini arteškega vodonosnika 100 m, iz varnostnih razlogov, vrtati le 90 m globoko. Minimalni odmik je v tem primeru znaša 10 m.



Slika 5. Pregled vrednosti kriterijev v zakonskih ureditvah alpskih držav za najmanjše odmičke. Te vrednosti kriterijev so prikazane v oklepajih (okrajšava rač. pomeni, da vrednosti niso vnaprej določene, temveč naj bi se izračunale). Razlaga kriterijev je podana v besedilu.

## B. Priporočila za izvedbo naprav PGE

### a) Učinkovitost

1. Znani morajo biti ključni parametri za načrtovanje naprave, s katerimi lahko izračunamo energetske bilance toplotne izmenjave s tlemi, vpliv geotermalne naprave na okolje in njeno učinkovitost. Uporabnik te parametre potrebuje za obvladovanje načrtovane učinkovitosti, spremljanje prihrankov, ki jih prinaša naložba, in da bi lahko še dodatno izboljševal učinkovitost naprave po treh letih obratovanja. Zato je na sami geotermalni napravi potrebno zagotoviti merilno opremo, na primer za merjenje letnega vložka energije za delovanje sistema, vstopne in izstopne temperature tekočine za prenos toplote in njenega pretoka.
2. Uporabimo lahko dve stopnji monitoringa, oz. kontrole kakovosti:
  - a. osnovni ali splošni monitoring, ki mora biti zagotovljen v vseh sistemih, ne glede na njihovo velikost
  - b. druga stopnja monitoringa, ki je namenjena beleženju znižanj in dvigov gladine podzemne vode in širjenja toplotnega oblaka. Ta mora biti zagotovljena, kadar gre za večje geotermalne naprave.

Določeno mora biti točka ali več točk, kjer se izvajajo izračuni, ocene ali meritve. Te točke imenujemo točke skladnosti, in so reprezentativne za ugotavljanje skladnosti med napovedjo, oz. zahtevami in dejanskim stanjem.

Pri tem ni nujno potrebno, da so točke skladnosti opazovalne vrtine, lahko so le računske točke. Vsekakor je treba za vodonosnike z večjo gostoto naprav PGE razviti sistem monitoringa, ki vključuje obstoječe vrtine, za katere se obveže ali jih glede na svoje zaveze prevzamejo večji uporabniki.

3. Urejeno mora biti ponovno injiciranje črpane podzemne vode v izvorni vodonosnik. Izjeme so možne le, kadar ponovnega injiciranja ni mogoče izvesti in v primerih, v katerih je toplotni oblak omejujoči dejavnik. Te izjemne primere je treba določiti za posebej razmejena območja ali geološke plasti na podlagi celovitega načrta upravljanja za specifični vodonosnik.
4. Omejitev absolutne najnižje ali najvišje temperature tekočine za prenos toplote mora biti določena za točno določen ekosistem ali geokemične pogoje, sicer so odločilnega pomena merila za "razliko med predhodno in spremenjeno temperaturo okolja" ali "razlika med vstopno in izstopno temperaturo". Določene morajo biti točke skladnosti.  
Z okoljskega vidika je bolj občutljivo povišanje temperature tal ali podzemne vode kot znižanje temperature.
5. Razliko med vstopno in izstopno temperaturo je treba prilagoditi optimalni tehnični učinkovitosti naprave (v glavnem 3 do 6 °C), hkrati pa optimirati tudi masne premike. Pri takem optimiranju so odločilnega pomena merila za določitev »razlike med predhodno in spremenjeno temperaturo okolja«.
6. Dopustno »razliko med predhodno in spremenjeno temperaturo okolja« moramo določiti, na primer, kot  $\pm 3$  °C po mešanju; omejeno na oddaljenost 100 m od injicirne vrtne ali  $< 4$  °C v oddaljenosti 200 m od vrtine za ponovno injiciranje (npr. primeri praks v Švici ali Franciji<sup>12</sup>). V tem primeru je točka skladnosti 100 m oziroma 200 m nizvodno od vrtine za ponovno injiciranje.  
Primer drugačne prakse je znan iz Avstrije, kjer je treba upoštevati podeljeno pravico, ki je bila dodeljena obstoječim uporabnikom in njihovo aktivno vlogo v postopku izdaje dovoljenj v primeru sprememb v količini in kakovosti podzemne vode:  $dT > 1$  °C in  $dH$  (absolutna sprememba gladine podzemne vode)  $> 0,1$  m<sup>12</sup>. V tem primeru je točka skladnosti na specifični lokaciji obstoječega uporabnika.

Razmejitev območja razlike med predhodno in spremenjeno temperaturo podzemne vode na podlagi določene mejne temperature (na primer  $dT < 1$  °C) se lahko uporablja tudi za oceno potenciala odprtih sistemov v vodonosniku. To postane pomembno v gosto poseljenih območjih, kjer se nahaja vodonosnik. Temu prilagojeno načrtovanje uporabe energije za ogrevanje in hlajenje (energetska bilanca) je lahko zelo pomembno prednost. Prepoznavanje območij, kjer se v skupnosti ali med posameznimi skupnostmi pojavljajo primanjkljaji in presežki toplote, je lahko podlaga za pripravo predpisov glede ciljnih in mejnih vrednosti in za določitev točk skladnosti.

Za razvoj celotnega potenciala določenega vodonosnika za namene izkoriščanja PGE je primernejši celovit pristop. Določitev najvišje dopustne temperaturne spremembe v smislu metode "kriterija razpoložljivosti", ki rezervira del virov plitve geotermalne energije za morebitno izgradnjo geotermalnih naprav tretjih oseb, lahko prepreči njihovo monopolizacijo<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Dokument 2.1.1. - Dodatek 3: Zakonski predpisi, ki urejajo rabo plitve geotermalne energije v posameznih državah.

<sup>13</sup> García-Gil, A. in sod., 2015. Sprostitveni dejavnik za razvoj rabe geotermalne energije – Merila za bolj pošteno in trajnostno rabo virov plitve geotermalne energije. *Geothermics* 56 (2015) 128–137.

7. Razliko med vstopno in izstopno temperaturo lahko v fazi načrtovanja prilagajamo in optimiziramo, tako da omejimo območje širjenja toplotnega oblaka v dopustnih mejah (glej naslednje poglavje – Priporočila za najmanjše odmike)
8. Najvišje in najnižje temperature vračanja so sekundarni parametri, ki jih lahko priredimo v fazi načrtovanja procesa, tako da sprejemljive meje širjenja toplotnega oblaka ne bodo presežene (glej naslednje poglavje – Priporočila za najmanjše odmike). V zakonskih predpisih morajo biti te temperature vnaprej količinsko opredeljene zaradi upoštevanja znanih lokalnih pogojev, povezanih z varovanjem ekosistema in geokemičnimi vplivi. Če te vrednosti za določeno okolje niso znane, lahko postavimo ali priporočimo preventivne vnaprej določene vrednosti.

#### *b) Najmanjši odmiki*

1. Treba je določiti najmanjše odmike med sosednjimi napravami GSHP za preprečevanje neželenih medsebojnih vplivov. Ta parameter je treba upoštevati tudi, da bi se izognili neželenim toplotnim interakcijam med sosednjimi napravami PGE.

Vpliv med sosednjimi toplotnimi izmenjevalniki pa lahko vodi tudi do pozitivnih učinkov, če obstaja nasprotna ali dopolnjujoča uporaba ogrevanja oz. hlajenja.

2. Dopusten vpliv lahko vnaprej določimo s posebno mejno vrednostjo glede na naravne ali izhodiščne razmere, npr. s spremembo gladine podzemne vode ali temperaturno spremembo na določeni oddaljenosti od drugih vrst uporabe<sup>13</sup>.

#### Odprti sistemi

3. Število odzemnih vrtin in razdalja med njimi je optimizirana glede na izdatnost vodonosnika. Vrednost kriterija je znižanje gladine podzemne vode na določeni oddaljenosti.

Število in razdalja med vrtinami za ponovno injiciranje se optimizirata glede na toplotni oblak, ki nastane zaradi ponovnega injiciranja. Vrednost kriterija je sprememba temperature podzemne vode na določeni oddaljenosti okrog vrtin za ponovno injiciranje. Število vrtin za ponovno injiciranje in razdaljo med njimi lahko načrtujemo tako, da dosežemo optimalno obliko in velikost toplotnega oblaka ob upoštevanju točk skladnosti v skladu s predpisi.

Najpomembnejša pri tem je oddaljenost med črpalno in ponikalno vrtino, da bi se izognili toplotnemu kratkemu stiku med njima.

4. Priporočamo, da se dopustna velikost toplotnega oblaka določi v predpisu (npr. praksa v Švici, Franciji, ...). Poleg tega je treba upoštevati tudi dopusten vpliv na druge naprave, sosednje zemljišče oz. uporabnike (npr. praksa v Avstriji)<sup>15</sup>. Če sta ta dva pogoja izpolnjena, je to lahko eden od kriterijev za poenostavljeni postopek.

#### Zaprti sistemi

5. Zaradi tehničnih razlogov pri vrtanju je priporočljivo upoštevati najmanjši odmik 5 m (npr. SIA 384/6) med toplotnimi izmenjevalniki. Upoštevati je treba tudi, da so lahko vrtine precej globoke. Zaradi tehničnih razlogov lahko pride pri vrtanju do odklona vrtine od navpičnice in že odstopanje za 1 % od predvidene smeri lahko povzroči drugačne geotermične lastnosti naprave poleg tega pa tudi fizičen stik med dvema globljima vrtinama. Da bi se v praksi izognili toplotnim interferencam med posameznimi toplotnimi izmenjevalniki, je varneje, če je razmik med vrtinama več kot 5 m, npr. 7 do 8 m. Kljub temu je treba izbrati optimalno razdaljo glede na način obratovanja (ali gre samo za ogrevanje, samo za hlajenje, ali kombinacijo obeh načinov), in v odvisnosti od optimizacije stroškov in koristi.

»Geosonde, med katerimi je razdalja B večja od dolžine geotermalne sonde H, lahko privzamemo kot neodvisne. Toplotni vpliv je v tem primeru vedno zanemarljiv. Toplotni vpliv je vedno majhen, kadar je razdalja B med  $H/2$  in  $H$ .<sup>14</sup>« Na primer, pri geosondi globine 100 m mora biti odmik do sosednje geosonde 50 m ali več, da bi kar v največji možni meri zmanjšali toplotne interference.

6. Najmanjši odmik med sistemom z geotermalno toplotno črpalko in mejo s sosednjim zemljiščem mora upoštevati, da lahko med dvema bližnjima napravama pride do medsebojnih vplivov, sosednji napravi pa se lahko obnašata tudi pozitivno in brez škode kot enoten sistem.
7. Sistemi rabe plitve geotermalne energije (PGE) so lahko nameščeni kjerkoli na zemljišču, tudi pod stavbo. Kljub temu moramo paziti, da ne pride do poškodovanja temeljev stavbe zaradi spreminjanja gladine podzemne vode ali temperature<sup>15</sup>. Dela pri vrtanju lahko na drugi strani pomenijo nevarnost poškodb na stavbah (odkloni, vibracije). Enako velja tudi za druge naprave, kot so podzemni vodi.
8. Najmanjši odmik od virov pitne vode se običajno določa s posebnimi predpisi (vodovarstveno območje). Pri tem je priporočljivo misliti na to, da tudi nadaljnji (dolgoročni) razvoj vira pitne vode ne bo omejen (na primer zaradi povečanih potreb ali podnebnih sprememb).

#### Posebna območja

Za posebna območja ni predpisanih najmanjših odklikov. Pri teh območjih gre le za kriterij, ali se poseg nahaja v ali izven območja. Vendarle so lahko v posebnih razmerah možni tudi negativni vplivi na posebno območje zaradi premajhnega odklika naprave PGE od meje posebnega območja.

Najmanjši odmik od onesnaženega območja: Razdalja, na kateri temperaturni oblak ne more povečati ali pospešiti sproščanja onesnaževal. Vsekakor pa imajo lahko povišane temperature

<sup>14</sup> Pahud, D., Mégel T., Brenni, R., 2002. Langzeiteffekt von Mehrfach-Erdwärmesonden Programm Geothermie Im Auftrag des Bundesamtes für Energie.

<sup>15</sup> Dokument 2.1.1, Dodatek 4

v oblaku tudi pozitivne učinke, na primer zaradi pospešene mikrobiološke razgradnje onesnaženja.

## II. Postavitev geotermalnih naprav v zaščiteneh območjih ali območjih nevarnosti naravnih nesreč

### A. NAČELA

Posebna območja, kot so zaščitena območja ali območja nevarnosti naravnih nesreč, je treba preveriti že v prvotni fazi projekta. Za taka območja običajno veljajo posebne ureditve (odloki, uredbe ali drugi pravni instrumenti). V Tabeli 1 so združeni v štiri skupine predpisov. Primerno je preveriti, ali ti predpisi izključujejo vrtanje, izkop, ponovno injiciranje ali druge dejavnosti, ki so potrebne za rabo PGE.

Vire zakonskih ureditev za vseh 10 točk v Tabeli 1 ni tako enostavno združiti v skupine za vse države. Vire zakonskih ureditev najdemo v sektorskih dokumentih. Sektorji administrativnih organov so povezani z različnimi regulacijskimi kodeksi, na primer za rudarski sektor, vodni sektor, energetski sektor, naravovarstveni sektor, gradbeni sektor in podobno. Sektorski dokumenti so strategije, načrti upravljanja, akcijski načrti, direktive, uredbe itd.

Tabela 1. Splošni primer povezav med posebnimi območji in različnimi sektorji. V tem primeru je prepoznanih deset posebnih območij v 4 različnih sektorskih dokumentih. Najdemo lahko več povezav.

	Posebna območja	Viri zakonskih ureditev
1.	Območja za zaščito zajetij pitne vode	I. Predpisi, ki urejajo območja za zaščito <u>vodnih virov, namenjenih prehrani ljudi</u>
2.	Obrežna in obalna območja	II. Predpisi, ki urejajo gospodarjenje z vodo in sisteme upravljanja & <u>Cilji in določila načrtov za gospodarjenje z vodo</u>
3.	Naravna zaščitena območja za ekosisteme, ki so odvisni od vode	
4.	Onesnažena območja	
5.	Območja za zaščito drugih načinov rabe vode (mineralne, termalne, tehnološke vode, ...)	
6.	Območja interakcije z drugimi napravami in vodnimi pravicami	
7.	Območja trajnega ali začasnega vpliva na vodni režim ali stanje voda	III. <u>Načrti preprečevanja naravnih nesreč / območja nevarnosti naravnih nesreč</u>
8.	Območja nevarnosti poplav in erozije	
9.	Območja nevarnosti zemeljskih plazov	IV. Rudarske pravice, <u>načrti upravljanja mineralnih surovin</u>
10.	Območja, določena za podzemnih skladišč plina, olja ali kemikalij, ...	

Če zgradimo napravo za rabo plitve geotermalne energije (NSGE) z upoštevanjem najnovejših smernic za vrtanje in zaščito podzemnih voda, lahko ugotovimo, da ne moremo pričakovati škodljivih vplivov na okolje, niti na posebnih območjih.

Kljub temu je lahko na nekaterih območjih uporabljeno načelo previdnosti, ki je lahko razlog, da vse ali določene dejavnosti niso dovoljene na teh območjih ne glede na možne ukrepe za zmanjšanje tveganja.

V nekaterih primerih je zahtevana izdelava ocene tveganja in tudi izvedba postopka izdaje dovoljenj. Na drugi strani je na območjih izključitve in preventivnega varstva, kot so vodovarstvena območja, izjemoma možna izdaja dovoljenja pod določenimi pogoji (npr. za plitve vodoravne toplotne izmenjevalnike). V takih primerih je potrebna podrobna preučitev primera, izpeljati pa je treba tudi poseben podroben postopek izdaje dovoljenja. V takih primerih je priporočljivo vnaprej predvideti število in velikost naprav, ki bi lahko izjemoma bile sprejemljive, in natančno opredeliti izjemo znotraj zaščitenega območja.

Karte posebnih območij s pripadajočimi omejitvami so običajno na voljo pri pristojnih organih.

Izgradnja geotermalnih ogrevalnih in hladilnih sistemov je očitno povezana s prostorskimi načrti in gradbenimi površinami. Zunaj naseljenih območij je postavitve takih naprav lahko prepovedana, ker ni potreb po ogrevanju ali hlajenju stavb, ali ker tam ni zgrajena potrebna infrastruktura.<sup>16</sup>

## *B. PRIPOROČILA*

1. Karte posebnih območij je treba razvijati in morajo biti na voljo. Ustrezne opise posebnih območij, tveganj in ukrepov za zmanjšanje tveganj je treba prirediti lokalnim razmeram. Treba jih je posodablirati, da bodo odražale dejansko stanje znanja in pri tem upoštevati povratne informacije iz administrativnih postopkov.
2. Primeri predlaganih opisov, tveganj in ukrepov zmanjšanja tveganj so podani za deset najpogostejših posebnih območij (zaščiteni območja ali območja nevarnosti naravnih nesreč) v veljavnih predpisih alpskih držav, kot je razvidno iz Dodatka 1.
3. Ozaveščenost glede možnih nevarnosti, pravilna izbira tehnologije vrtanja in pravilna uporaba vrtalne opreme so bistvenega pomena za strokovno izvedbo gradnje.
4. Dobro prostorsko načrtovanje izključuje sisteme na območjih z visokim tveganjem in zagotavlja znanje in tehnične standarde za vsa druga območja.
5. Upoštevati je treba previdnostno načelo, pri tem pa se opirati predvsem na določitev vseh potencialnih negativnih vplivov posega in na znanstveno utemeljeno oceno tveganja.
6. Shema navzkrižnih povezav med sektorskimi dokumenti in določenimi posebnimi območji naj bi bila pripravljena za vsako državo ali regijo. Shema lahko poenostavi prepoznavanje pomembnih zakonskih ureditev, ki so bistvenega pomena za projekt učinkovite rabe PGE, zlasti za pooblaščen uradne osebe v različnih sektorjih, ki sodelujejo v postopkih izdaje dovoljenj.

## III. Postavitve geotermalnih naprav v posebnih geoloških pogojih

<sup>16</sup> e.g. Basel – Auckenthaler, 2014.

## A. NAČELA

Alpski prostor je značilen po zelo različnih geoloških okoljih, ki se na omejenih območjih posameznih naselij lahko tudi močno razlikujejo. Tako lahko na površini le nekaj kvadratnih kilometrov zasledimo več desetih geoloških plasti<sup>17</sup>. Zgradba plasti je lahko zelo zapletena, če je nanjo vplivala burna tektonska dejavnost v geološki zgodovini. Plasti so lahko nagubane, prevrnjene in močno razpokane. Z ustreznim načrtovanjem in izbiro tehnologij lahko zagotovimo izvedljivost sistemov PGE s prilagajanjem različnim geološkim danostim. Poleg tega lahko posebne geološke razmere nudijo tudi zanimive rešitve, zlasti pri projektih s kombinacijo ogrevanja in hlajenja ali sezonskega skladiščenja toplote.

Tabela 2. Pregled posebnih geoloških pogojev za namestitev geotermalnih naprav.

Posebni geološki pogoji	Razlaga (ključne besede)	Splošne in posebne obveznosti
1. Arteški izviri	Hidravlični tlak nad površjem	Omejitev globine vrtine, zatesnitev
2. Omejeni vodonosniki	Širši depresijski lijak in vpliv	Omejitev globine vrtine, zatesnitev
3. Zelo plitev vodni vir	Ponovno injiciranje je problematično	Ponovno injiciranje ni dovoljeno ali je omejeno; potreben je poseben načrt za ponovno injiciranje
4. Viseče plasti podzemne vode	Prehajanje vode iz zgornje v spodnjo plast podzemne vode	Zatesnitev
5. Dve ali več plasti vodonosnih plasti	Prehajanje med plasti, pogrezanje, mešanje podzemne vode	Omejitev globine vrtine, zatesnitev
6. Viri mineralne vode	Korozija, padavine	Omejitev globine vrtine
7. Viri termalne vode	Mešanje s hladno vodo	Omejitev globine vrtine
8. Sproščanje plinov	Nevarnosti pri vrtnanju, sproščanje plinov	Omejitev globine vrtine
9. Stisljiva tla	Poškodbe zaradi stiskanja tal	Samo energijski piloti
10. Zemeljski plaz	Poškodbe zaradi trenja	Varnostna tamponska cona
11. Evaporiti / soli	Nabrekanje, raztapljanje, dviganje in pogrezanje tal	Omejitev globine vrtine, zatesnitev
12. Umetne votline	Porušitev, izguba fluida kot posledica vrtnanja in ponovnega zasutja	Varnostna tamponska cona
13. Onesnažena prst	Aktiviranje onesnaževalcev	Zatesnitev
14. Kraško območje	Porušitev, izguba fluida kot posledica vrtnanja in ponovnega zasutja	Ustrezno zasutje
15. Vdor slane vode	Mešanje, korozija	Varnostno območje
16. Permafrost	Težave s stabilnostjo	
17. Območja, kjer značilnosti tal niso dovolj poznane	Težave z dokončanjem naprave	Dodatne raziskave

<sup>17</sup> Tak primer je Cerkno -



Seveda pa obstajajo tudi posebni geološki pogoji, ki lahko pomenijo določeno stopnjo tveganja za izgradnjo in obratovanje naprav PGE. Podatke o posebnih geoloških pogojih običajno vsebujejo različne geološke karte. Razpoložljivost podatkov se od skupnosti do skupnosti razlikuje, odvisno od trenutnega znanja, potreb in pomembnosti tveganj. V zakonskih ureditvah ali tehnični dokumentaciji alpskih držav najdemo vsaj 15 različnih posebnih geoloških razmer (Tabela 2. Pregled posebnih geoloških pogojev za namestitvev geotermalnih naprav.), za katere se omenjajo možna tveganja, in sicer na podlagi izkušenj z vrtnanjem ali izkopavanjem ali poročil o nesrečnih dogodkih. Zaradi naselij v gorskih območjih Alp in tam zgrajenih geotermalnih naprav smo dodali tudi permafrost (ref. Pietro Capodaglio – Aosta valley), čeprav še ni poročil o nesrečnih primerih postavitve teh naprav v permafrostu.

Srečanje z možnimi viri tveganja ne pomeni nujno tudi konec posega Lokacija geotermalne naprave na območju, kjer je bil prepoznani eden od geoloških pogojev je le znak povečane verjetnosti tveganja. Ker ne moremo v celoti napovedati geoloških in hidrogeoloških pogojev v tleh, je potrebna lokalna ocena tveganja, da bi lahko razjasnili potencial tveganja. Z zagotovitvijo skrbnega načrtovanja in vrtnanja lahko bistveno zmanjšamo tveganje za poškodbe geotermalne naprave in škodo v okolju. V povezavi s tem svetujemo angažiranje certificiranih podjetij, ki naj opravijo predhodne raziskave, podrobno načrtovanje, gradbena dela in izkušene izvajalce za vrtnanje in izkope z ustrežno vrtno opremo. Pravilna izbira načina vrtnanja in ustrezna uporaba vrtnalne opreme je ključnega pomena za strokovno ustrezno gradnjo in skladno z DIN 18301 odgovornost izvajalca. [1] Predvidimo lahko tudi analizo ali nadzor vrtnanja in gradnje.

### *B. PRIPOROČILA*

1. Karte posebnih geoloških pogojev je treba izdelati in morajo biti na voljo. Karte morajo biti osredotočene na poseljena območja. Za učinkovito rabo PGE je treba določiti posebne tehnične zahteve, ki morajo upoštevati lokalne pogoje.
2. Primer opisa posebnih geoloških pogojev, možnih tveganj in priporočil za zakonsko ureditev je podan v Dodatku 2.
3. Ozaveščenost glede možnih nevarnosti, pravilna izbira tehnologije vrtnanja in pravilna uporaba vrtnalne opreme so bistvenega pomena za strokovno izvedbo gradnje.
4. Pravilno načrtovanje izključuje sisteme na območjih z visokim tveganjem in zagotavlja znanje in tehnične standarde za vsa druga območja.
5. Objaviti je treba možnosti za izdajo dovoljenj v izjemnih primerih. In, kar je še pomembnejše, administrativni organi morajo jasno določiti postopke obdelave in razlaganja omejitev pri izvedbi projektov izgradnje geotermalnih naprav za učinkovito rabo PGE zaradi posebnih geoloških danosti, in morajo svoje ugotovitve transparentno objaviti.

## IV. Javne storitve za učinkovito rabo geotermalne energije

### *A. NAČELA*

Najvažnejša spodbuda je verodostojna, jasna in popolna uradna informacija o administrativnem postopku. Pojasnilo o tem, katere geotermalne naprave je sploh treba prijaviti, je verjetno prva in najnujnejša informacija. To je lahko tudi učinkovit uvod v nadaljnje administrativne postopke.

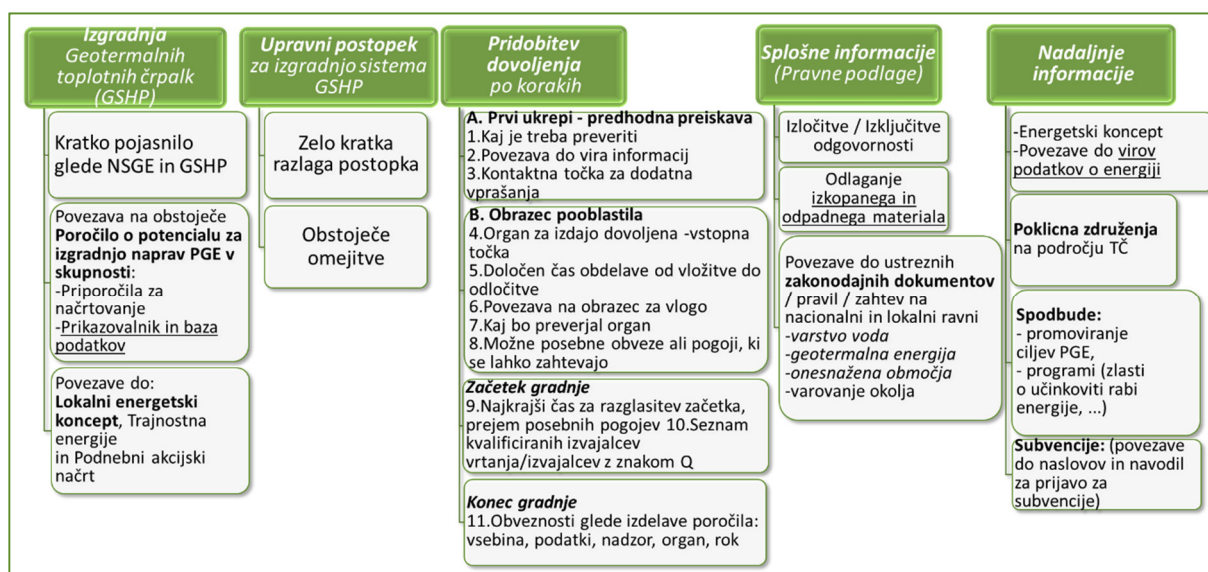
Za uspešno načrtovanje geotermalne naprave in izvedbo administrativnih postopkov je potrebno veliko informacij. Nosilec projekta se mora tega dobro zavedati in že na začetku vedeti, od katerih uradnih virov lahko pridobi ustrezne informacije in kje naj začne.

Podobno kot pri načrtovanju lahko tudi v postopku predložitve dokumentacije za prijavo projekta ali pridobitev dovoljenj uporabimo različne izkušnje, znanje in dinamiko samih postopkov. Uradna pojasnila glede pomembnih faz administrativnega postopka bodo prispevala k učinkoviti komunikaciji med vlagateljem in uradno osebo.

## B. PRIPOROČILA

Celovitost uradnih informacij, pridobljenih s strani pristojnih organov lahko analiziramo in jo primerjamo s sistematskim preverjanjem razpoložljivosti in dostopnosti naslednjih informacij:

1. navodila za vodenje administrativnih postopkov po korakih;
2. pojasnila, v katerih primerih izgradnja geotermalne naprave ni dopustna;
3. pojasnila, kateri so ali bi lahko bili posebni pogoji za načrtovanje geotermalne naprave;
4. obvestilo o času obdelave od predložitve dokumentacije do sprejema odločitve;
5. priporočila glede gospodarske učinkovitosti geotermalnih naprav;
6. pojasnila glede spodbud in načina, kako zaprositi za subvencije;
7. predstavitev potenciala geotermalnih naprav za učinkovito rabo PGE vlagateljem (v obliki kart, geološki in geotermalni podatki,, podatkovne baze, predstavitev primerov dobre prakse, ...);
8. uradno priporočene lokacije in povezave do dodatnih informacij;
9. različni uradni viri, ki vsebujejo nasprotujoče si informacije.



**Slika 6. Primer dobre prakse za strukturo uradne informacije - priporočila javne službe za učinkovito rabo PGE za ureditev uradnega informacijskega portala.**

Slika 6 Prikazuje primer strukturiranosti uradne informacije o plitvi geotermalni energiji z vidika dobrih praks<sup>18</sup>.

Pojasnila vsebine v sliki (Slika 6):

- A.3. Kontaktna točka za dodatna vprašanja, uradni zapis in določen čas za posredovanje odgovora.
- B. 4. Kratko pojasnilo glede organa za izdajo dovoljenj in vstopne točke za predložitev
- B.5. Kratko obvestilo o določenem času od predložitve do sprejema odločitve
- B.6. Povezava do obrazca za vlogo (spletni obrazec ali povezava za prenos obrazca)
- B.7. Kratka pojasnila »Kaj bo preverjal organ/strokovno telo«

## V. Postopki izdaje dovoljenj in obračunavanja za naprave PGE

### A. NAČELA

Postopek izdaje dovoljenj v osnovi predvideva tri različne možne izide za posamezno lokacijo: Izgradnja geotermalne naprave (A) ni dovoljena, (B) se dovoli z izpolnitvijo posebnih obvez ali (C) se dovoli z izpolnitvijo standardnih pogojev.

Medtem ko v primeru (A) prevladuje previdnostno načelo, primer (B) uporablja pristop, ki temelji na analizi tveganja. Enotnost koncepta postopkov, ki smo jih pregledali v partnerskih državah v alpskem prostoru je v tem, da si v vseh državah prizadevajo za poenostavljene postopke namesto postopkov izdaje dovoljenj (Slika 8).

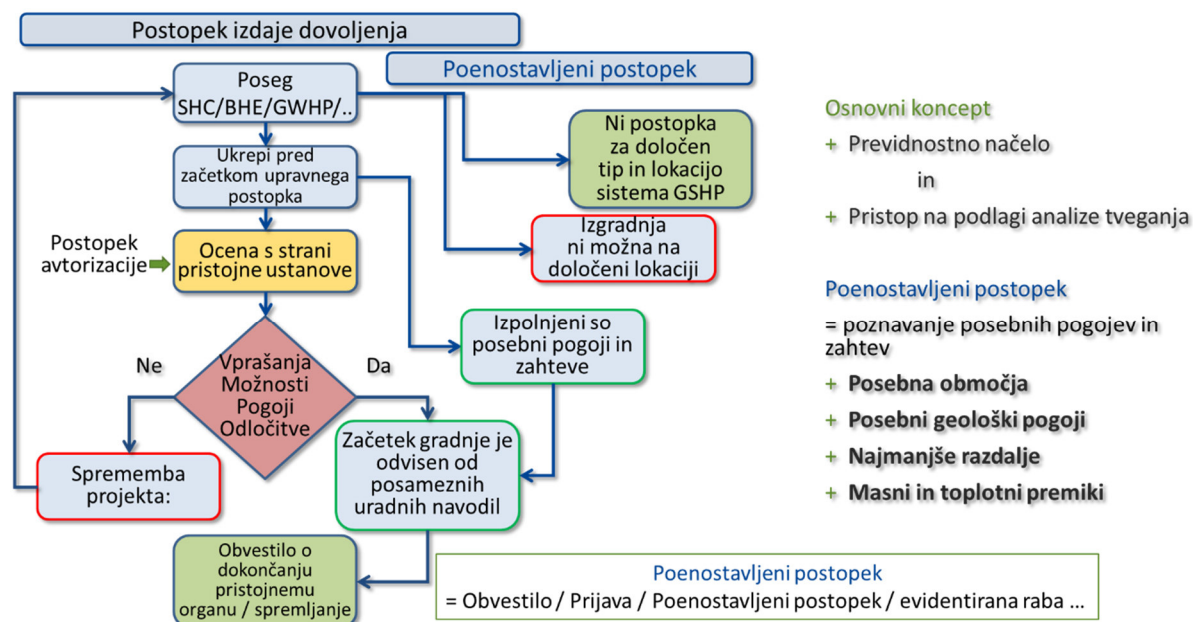
Za poenostavitev si prizadevajo upravni organi, da bi pomagali uporabnikom, kar pa pomeni več dela, ki ga morajo opraviti upravni organi, da bi prihranili čas uporabnikom. Poenostavitev pa ne pomeni opuščanja dejavnosti, ki so potrebne za ustrezno oceno dejanskega stanja in tveganj. Osnovni namen poenostavitve postopkov so okrepljena prizadevanja za izboljšanje pravne varnosti, tj. določitev ustreznih mejnih vrednosti in točk ustreznosti.

Kataster geotermalnih naprav je koristen iz sledečih razlogov:

1. Ker so naprave vgrajene v tla, ne smejo biti "nevidne" zaradi morebitnih poškodb, ki bi jih povzročili drugi posegi;
2. V primeru opustitve naprave morajo biti izpolnjene tehnične zahteve;
3. PGE je naravni vir in mora kot tak imeti določene dolgoročne okoljske in energetske cilje glede optimalne rabe in ohranjanja in glede 3D prostorskega načrtovanja;
4. Možnosti bodočega razvoja pametnih omrežij;
5. Optimizacija toplotnih in masnih premikov.

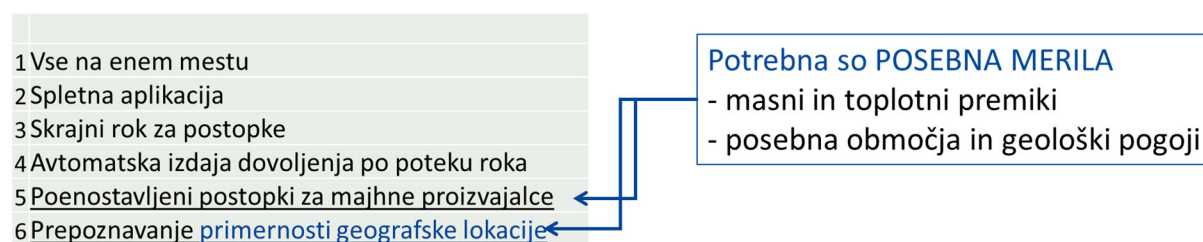
<sup>18</sup> Dokument D2.2.1 – Primerjava naprav PGE v alpskem prostoru, izbranih z vidika obnovljivosti in prenosljivosti.

## POSTOPEK IZDAJE DOVOLJENJ IN POENOSTAVLJENI POSTOPEK



Slika 7. Postopki izdaje dovoljenj in poenostavljeni postopki – osnovni koncept

Politika obnovljivih virov energije spodbuja šest administrativnih metod za poenostavitev postopkov (Slika 8). Namen metod je v prvi vrsti pomagati vlagateljem in jih spodbujati, nikakor pa ne zavirati pretok povratnih informacij, ki je potreben za razvoj zakonskih predpisov.



Slika 8. Šest metod za poenostavitev upravnih postopkov

Poenostavitev postopkov za majhne proizvajalce in prepoznavanje primernosti geografskih lokacij (5. in 6. administrativna metoda) sta povezani z merili toplotnega in masnega premika in z območji tveganj, kjer obstajajo posebni geološki pogoji.

Poenostavitev postopkov gre v smeri natančne določitve vseh predvidljivih posebnih pogojev, kar v največji možni meri omogoča vnaprejšnje prepoznavanje izida. To pomeni, da morajo biti merila in njihove vrednosti za posebne pogoje kar se da natančno določene. Biti morajo predvsem prilagojene lokalnim pogojem, hkrati pa se morajo sproti prilagajati razvoju znanja in tehnologij. Potem lahko sledi faza nadaljnje poenostavitve faze (B). Postavitev ploščnega toplotnega izmenjevalnika se lahko na primer odobri do največje dopustne globine vrtnanja, če so izpolnjene posebne zahteve. Če torej

izberemo globino vrtanja le v plasti skladno s primerom C (plasti, določene v profilu geološke formacije), se izda dovoljenje brez dodatnih posebnih omejitev.

Splošen namen je razlikovanje med aplikacijami manjšega pomena, za katere zadošča prijava (obvestilo) in tistimi, ki zahtevajo izvedbo celotnega postopka izdaje dovoljenja (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**). Merila in njihove vrednosti se precej razlikujejo. To so globina vrtanja, moč ogrevanja ali hlajenja, hitrost odvzema in ponovnega injiciranja podtalnice, sanje nivoja podtalnice, zaščita območja (posebnih območij) ali njegova občutljivost zaradi posebnih geoloških danosti. Postopek določa, v katerih primerih je treba preveriti odločitev med enostavno prijavo in postopkom izdaje dovoljenja. V upravnem postopku je lahko zaradi sprejema odločitve vključen tudi kvalificiran strokovnjak, ki bo zagotovil, da so v vlogi natančno določena odločilna merila in njihove vrednosti (glej diagrame poteka iz Francije in nemške zvezne dežele Bavarske). Kvalificiran strokovnjak bo na primer pomagal v postopku s ponovno preučitvijo verjetnih geoloških pogojev, lege telesa podzemne vode ali izpolnitve splošnih in posebnih obvez. Strokovnjak bo tudi preveril dejanski obstoj pričakovanih geoloških pogojev na kraju samem. To je potrebno zlasti v primerih, ko še niso na voljo specialne karte, na primer karte vodnih virov, karte kraških območij, karte verjetnosti pojavljanja plazov, karte onesnaženosti tal idr.

Če je za izgradnjo naprave za izkoriščanje PGE potrebna izvedba postopka za izdajo dovoljenja, mora strokovnjak preveriti obseg vpliva, predvsem glede temperaturne spremembe v tleh in podtalnici, prav tako tudi spremembo nivoja podtalnice v primeru sistema z geotermalno toplotno črpalko v zaprtem krogotoku. V dovoljenju so določene posebne obveze, ki jih je treba izpolniti. Strokovnjak lahko navede tudi dodatne posebne obveze in dogovore za območje, na katerem naj bi se izvajal projekt.

Komunikacija med organom in vlagateljem je lahko iterativna zaradi sprejema dokončne odločitve, kadar gre za zapletene naravne ali umetno ustvarjene pogoje. Tak primer so denimo zbiralniki, kadar gre za sistem več zbiralnikov, bodoči razvoj obvladovanja vplivov na okolje pa gre v smeri celovitega upravljanja z energijo s pametnimi omrežji.

## B. PRIPOROČILA

### a) Upravni postopki

1. Predložitev dokumentacije v postopku opravi agencija.
2. Ista agencija opravi tudi vso komunikacijo z drugimi subjekti.
3. Dokumenti, predloženi lokalnim agencijam se posredujejo tudi agenciji na višji ravni v drugi pregled.
4. Postopki predložitve dokumentacije so podobni pri vseh nacionalnih subjektih.
5. V predložitvi dokumentacije ni razlik
  - a. med različnimi napravami za izkoriščanje PGE in med
  - b. postopkom priglavitve in izdaje dovoljenja.
6. Informacij ni težko poiskati, agencije pa zagotavljajo tudi telefonsko svetovanje.
7. V postopku je imenovan zasebni pooblaščen strokovnjak.
8. Obrazec za vlogo s poročilom zasebnega pooblaščenega strokovnjaka je treba predložiti lokalnemu upravnemu organu, ki pregleda vlogo.
9. Odgovorne agencije (za vodo in/ali rudarstvo, naravo idr.) so vključene v posebnih primerih.

10. Agencijo na najvišji ravni po potrebi obvešča lokalni upravni organ.
11. Odločitve glede izdaje dovoljenja sprejemajo lokalni upravni organi.

*b) Tehnični podatki za napravo PGE*

1. Tehnični podatki morajo vključevati vse potrebne podatke za izvedbo postopka od vložitve vloge do izdaje uporabnega dovoljenja, da je vlagatelj obveščen o vseh pomembnih vprašanjih, povezanih z načrtovanjem naprave.
2. Zahtevani podatki morajo biti povezani z razlagami. Grafična ponazoritev je zaželeno in bo olajšala izvedbo postopka.
3. Zahtevani podatki morajo biti povezani tudi z merili in njihovimi vrednostmi v veljavnih lokalnih predpisih.
4. Zahtevane vrednosti morajo biti navedene z ustreznimi simboli in enotami.
5. Če dokumentacija vsebuje neobvezne podatke, morajo ti biti označeni kot taki.

**Tabela 3. Tehnični podatki za načrtovanje naprav za izkoriščanje plitve geotermalne energije in izvedbo upravnih postopkov.**

I. NAPRAVA PGE

	TEHNIČNI PODATKI	POVEZAVE
1.	Datum prvega obratovanja [dejanskega / predvidenega]	Pogl. I, str. 16, <sup>11</sup>
2.	Vrsta sistema [v odprtem/zaprtem krogotoku]	I.A.1
3.	Izvedba sistema [navpična / vodoravna / nagnjena / odmaknjena / drugo]	Pogl. I, str. <b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b>
4.	Karta lokacije sistema GSHP in toplotnih izmenjevalnikov	Ch. I, p. 11
5.	Izvajalec	

II. SISTEM V ZAPRTEM KROGOTOKU (GHCP)

1.	Fluid za prenos toplote [Voda/voda - sredstvo proti zmrzovanju / alkohol / glikol]	Ch. I, p. 10
2.	Premer cevi v zankah	Pogl. I, str. <b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b> , <sup>2</sup>
3.	Material cevi	Ch. I, p. <b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b> , <sup>2</sup>
4.	Količina fluida za prenos toplote in nazivni tlak	
5.	Vrsta in koncentracija sredstva proti zmrzovanju v zankah [tip in gostota v g/m <sup>3</sup> ]	Ch. I, p. <b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b> , <sup>2</sup>

6.	Inštalirana moč sistema v zaprtem krogotoku [kW]	
BHE – ploščni toplotni izmenjevalnik		
7.	Tip zanke [enojna v obliki črke U/dvojna v obliki črke U/koaksialna/drugo]	Ch. I, p.Napaka! Zaznamek ni definiran., <sup>2</sup>
8.	Število zank	Ch. I, p.Napaka! Zaznamek ni definiran., <sup>2</sup>
9.	Skupna dolžina vrtin v zanki [m]	Ch. I, p.Napaka! Zaznamek ni definiran., <sup>2</sup>
10.	Največja globina vrtin v zanki [m]	Ch. I, p.Napaka! Zaznamek ni definiran., <sup>2</sup>
11.	Povprečna razdalja med vrtinami [m]	Ch. I, p.Napaka! Zaznamek ni definiran., <sup>2</sup>
12.	Vrednost termičnega preskusa odzivnosti TRT (lambda in upornost) [W/m/K in (m <sup>2</sup> K)/W]	
13.	Podjetje izvajalca vrtin [naziv / certifikat]	
14.	Znamka vgrajenih toplotnih izmenjevalnikov	
15.	Material zasutja	Ch. I, p.Napaka! Zaznamek ni definiran., <sup>2</sup>
SHC, KOŠI, PILOTI ZA TEMELJENJE		
16.	Število vodoravnih zank, košev, pilotov	Ch. I, p.Napaka! Zaznamek ni definiran., <sup>2</sup>
17.	Dolžina zank, globina košev, globina pilotov	Ch. I, p.Napaka! Zaznamek ni definiran., <sup>2</sup>

### III. SISTEM V ODPRTEM KROGOTOKU (GWCP)

1.	Število vrtin (za odvzem / ponovno injiciranje)	Pogl. I, str. 10, <sup>3</sup>
2.	Največja globina vrtin D [m]	Pogl. I, str. 13, (1.)
3.	Stopnja odvzema podtalnice (pretok) $Q_{ab}$ [m <sup>3</sup> /l, m <sup>3</sup> /h]	Ch. I, p. 14, (2.)
4.	Obseg toplotnega vpliva – dolžina in širina $dT(3\text{ °C})$ in $dT(1\text{ °C})$ oblaka $(L \times W)_{dT(3\text{ °C})}$ , $(L \times W)_{dT(1\text{ °C})}$ [m]	Pogl. I, str. 19, (6.)

5.	Odvzeta voda bo: [ponovno injicirana / spuščena v kanalizacijo / spuščena v površinske vode]	Pogl. I, str. 6, 14, (3.)
6.	Vrsta fluida za prenos toplote v vmesnem krogotoku (hladilno sredstvo)	20
7.	Proizvajalec potopne črpalke / tip / največja zmogljivost (l/min)	19
8.	Globina potopne črpalke (višina vodnega stolpca)	19
9.	Največja moč, odvzeta iz podtalnice [kW]	Ch. I, p. 11, (2.)
10.	Najnižja / najvišja temperatura vode pred uporabo	Pogl. I, str. 15, (3.)
11.	Najnižja/najvišja temperatura ponovno injicirane vode	Ch. I, p. 15, (3.)
12.	Največja razlika v temperaturi vode (hlajenje / ogrevanje)	Ch. I, p. 15, (3.)
13.	Največja letna količina odvzete / injicirane toplote iz vode $Q_{SGE}$ [kWh]	Ch. I, p. 10

#### IV. TOPLOTNE ČRPALKE

1.	Število toplotnih črpalk	Ch. I, p. 11, (1.)
2.	Inštalirana moč [kW ogrevanje / kW hlajenje] $P_{nazivna} (\Phi_{hp})$ [W]	Ch. I, p. 11, (1.)
3.	COP (EN 14511) / SCOPnet (EN 14825:2012) / SPF_H2 (Izračunano na podlagi terenskih meritev)	Pogl. I, str. 12, (3., 4)
4.	Načrtovana temperatura sistema za ogrevanje [°C]	Ch. 0, p. 5, <sup>1</sup>
5.	Načrtovana temperatura sistema za hlajenje [°C]	Ch. 0, p. 5, <sup>1</sup>
6.	Hladilno sredstvo [tip / količina (kg)]	20
7.	Injiciranje toplote v tla / vodonosnik	21
8.	Poraba električne energije za hlajenje	Pogl. I, str. 11, (1.)
9.	Znak kakovosti [D/N]	

<sup>19</sup> Najpomembnejši podatek o globini potopne črpalke je višina med nivojem podtalnice med črpanjem in zemeljskim površjem. Ta podatek pomeni energijo, potrebno za kroženje fluida za prenos toplote, ki je v tem primeru podtalnica. Pri določeni višini lahko ta energija pomeni velik strošek in tako postane problematična postavka v analizi stroškov in koristi pri izbiri primerne vrste sistema. Natančno porabo energije lahko pridobimo iz lista s tehničnimi podatki proizvajalca ali jo preprosto izračunamo z upoštevanjem približne učinkovitosti.

<sup>20</sup> Hladilno sredstvo v toplotni črpalci je glede karakteristik toplotne izmenjave [na primer zmrzišče pod 0 °C, biti mora nekorozivno, imeti ustrezno viskoznost itd.] podobno fluidu za prenos toplote v sistemu v zaprtem tokokrogu. To je zelo pomembno zaradi upoštevanja okoljskih omejitev in izpolnjevanja zahtev standardov, predvsem glede potenciala globalnega segrevanja, biorazgradljivosti, potenciala tanjšanja ozonskega plašča in toksičnosti.

<sup>21</sup> Zlasti pri uporabi sistema na posebnih (predvsem vodovarstvenih) območjih so lahko postavljene posebne zahteve glede hladilnega sredstva in glede krmiljenja in samodejnega izklopa v primeru uhajanja v okolje.



## **Dodatek 1. POSEBNA OBMOČJA IN UKREPI ZA UMEŠČANJE GEOTERMALNIH TOPLOTNIH ČRPALK**

**Primeri predlaganih opisov, tveganj in ukrepov zmanjšanja tveganj so podani za deset najpogostejših posebnih območij (zaščitena območja ali območja nevarnosti naravnih nesreč) v veljavnih predpisih alpskih držav.**

### ***1. Območja za zaščito zajetij pitne vode***

Opis: Cilj omejitev na območjih za zaščito pitne vode je rezervacija prostora, namenjenega viru pitne vode in njegova nadaljnja ureditev. Namen te omejitve je v kar največji meri zmanjšati verjetnost vseh naključnih in drugih tveganj.

Tveganja: V primeru naraščanja števila naprav lahko pride do omejitev pri izkoriščanju vodnih virov, nesorazmerno zahtevno pa lahko postane tudi izvajanje stalnega nadzora, zavarovanje tveganj pri gradnji, vzdrževalna dela in dela, potrebna pri opustitvi naprave.

Vrtanje ali izkopi v vrhnjih plasteh nad vodonosnikom lahko zmanjšajo samočistilno sposobnost tal (NAC) in povzročijo povečano ranljivost podtalja in podtalnice.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja:

Število ali globina toplotnih izmenjevalnikov ali količina vrtin za zajem toplote mora biti omejena na sprejemljivo raven, da bi lahko zagotovili učinkovit nadzor.

Priporočljivo je razmejiti območja zunaj varovanih območij, kjer je dovoljena uporaba geosond in energetskih pilotov, območja, kjer je uporaba teh tehnologij sprejemljiva pod določenimi pogoji in območja, kjer so te tehnologije prepovedane (OFEFP 2004, str. 86).

Ustrezen sistem za izkoriščanje PGE moramo izbrati tako, da z njim ne bomo poškodovali zemeljskih plasti nad vodonosnikom ali povečali ranljivosti vodonosnika.

Uporabiti je treba trajno cevitev ali tesnitev vrtine ali zagotoviti cementiranje pod tlakom po navodilih pristojnega organa ali odgovornega geologa.

Zahteva se lahko uporaba vode za prenos toplote (brez dodatkov proti zmrzovanju) (OFEV 2009, str. 17).

### ***2. Obrežna / obalna območja***

Opis: Obrežna območja so lahko rezervirana za izvedbo ukrepov za urejanje voda ali za namene javnega dostopa in zagotavljanje javne varnosti.

Tveganja: Vsaka postavitev trajnih objektov ali naprav, ki bi lahko preprečevala ali omejila potrebne možnosti za posege na takih območjih, morda ni sprejemljiva.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Uporaba sistemov za izkoriščanje PGE, ki so lahko pretežno odvisni od povezave med podzemno in površinsko vodo, ni priporočljiva. V takih primerih so bolj primerne hidrotermalne toplotne črpalke.

### ***3. Naravna zaščitena območja***

Opis: Naravna zaščitena območja (Natura 2000 in druga območja z zavarovanimi ekosistemi) vključujejo ekosisteme v tleh (tla in podtalje) in ekosisteme, odvisne od podzemne vode, kopenske ekosisteme, odvisne od podzemne vode in vodne ekosisteme, povezane s podzemno vodo.

Tveganja: Temperaturna sprememba, hidravlični gradienti in stanje tokov podzemne vode lahko vplivajo na geokemične pogoje in stanje biocenoze.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Določimo lahko posebne mejne vrednosti za ekosisteme na ravni telesa podzemne vode, npr. temperaturo, parametri Eh in pH, spremembe pretoka podzemne vode.

#### **4. Onesnažena območja**

Opis: Na onesnaženih območjih so določeni posebni cilji, remediacijski načrti in cilji preprečevanja širjenja onesnaževal iz onesnaženega območja v širše okolje ter cilji za ponovno vzpostavitev delovanja območja. Onesnaženost je običajno posledica opuščenih industrijskih območij (obratov, v katerih so uporabljali okolju škodljive snovi, npr. opuščene bencinske črpalke ali tovarne) ali opuščenih odlagališč odpadkov (zakonitih in divjih odlagališč, ki se delijo na komunalna odlagališča, na katerih se odlagajo pretežno gospodinjstvi odpadki, in industrijska odlagališča), prav tako pa tudi s tem povezanega onesnaženja tal in podzemne vode, za katero se pričakuje, da bo povzročilo bistveni vpliv na zdravje ljudi ali okolje.

Tveganja: Vrtanja na onesnaženih območjih lahko povzročijo sprostitve nevarnih snovi, ki lahko onesnažijo okolje in vodo. Največji vpliv lahko povzroči sprostitve teh snovi v podzemno vodo, ki deluje kot prenosni medij. Tako onesnaženje se bo verjetno hitro širilo in prizadelo večja območja. Do prenosa onesnaževal lahko pride med vrtanjem ali zaradi pomanjkljive zapolnitve medprostora v geosondi (BHE). Poleg tega se lahko sproščajo tudi plini.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Sistem v zaprtem krogotoku: Izvedeni morajo biti ukrepi, ki preprečujejo sprostitve onesnaževal in njihovo prodiranje v podzemno vodo (npr. z uporabo trajne cevovodne in ustrezne zatesnitve). Sistem v odprtem krogotoku: Odvzeto vodo je treba ponovno injicirati v neonesnažena tla (OFEV 2009, str. 17/23, Pogl. 3.4/5.4). Vodo je treba odvzemati iz neonesnaženega vodonosnika, kjer ni možnosti, da bi povzročili izcejanje onesnaževal iz tal in podtalja.

Sistem v odprtem krogotoku lahko na onesnaženem območju sam po sebi deluje kot remediacijski sistem, če je odzemna vrtina nizvodno od območja, ponikalna pa vzvodno od nje. Sistem se v tem primeru obnaša kot hidravlična zapora, ki preprečuje širjenje onesnaževala.

#### **5. Območja za zaščito drugih načinov rabe vode (mineralne, termalne, tehnološke vode, ...)**

Opis: V različnih državah ali regijah je določena mejna vrednost temperature podzemne vode, nad katero se voda šteje kot termalna voda, ki ima posebno vrednost. Zaradi tega se lahko zahteva podelitev koncesije. Podobno velja tudi za mineralno vodo, kjer je podelitev koncesije povezana s posebno sestavo ali lastnostmi podzemne vode. Koncesija se lahko podeli za poseben del ali odsek vodonosnika ali za določene geološke plasti.

Tveganja: Potencial izkoriščanja termalne oziroma mineralne podzemne vode je lahko zmanjšan. Izzovemo lahko korozijo ali odlaganje mineralov v geotermalni napravi. Izkoriščanje termalne ali mineralne lahko pomeni poseganje v vodne pravice izkoriščanja podzemne vode v druge namene.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Globina vrtin je lahko omejena, da preprečimo vrtanje v geološke plasti, v katerih so zaloge termalne ali mineralne vode. Pri izdelavi vrtin moramo uporabljati nekorozivne materiale. Na splošno velja, da moramo izbiro in uporabo materialov prilagoditi agresivnosti podzemne vode v geološki formaciji (OFEV 2009). Potrebna je predložitev dokazov, da so z načrtovano rabo izključeni vplivi na kakovost ali količino virov termalne ali mineralne vode. Enako velja tudi za druge vodne vire, namenjene drugim vrstam uporabe.

#### **6. Območja interakcije z drugimi napravami in vodnimi pravicami**

Opis: Vodne pravice se podeljujejo za vrtine, pa tudi za druge objekte in naprave, kot so jezovi, akumulacijska jezera ali drenažni sistemi. Podeljena pravica opredeljuje stopnjo črpanja, količino odvzema, in gladino podzemne vode. Lahko se razmeji vplivno območje ali določi varnostna cona.

Tveganja: Režim rabe virov ali naprave ima lahko vpliv na drugo geotermalno napravo na vplivnem območju.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Vplivno območje ali režim sosednjih naprav, za katere so podeljene vodne pravice, morata biti poznana v času načrtovanja geotermalne naprave za izkoriščanje PGE.

#### **7. Območja trajnega ali začasnega vpliva na vodni režim ali stanje voda**

Opis: Trajni ali začasni vplivi na vodni režim lahko izzovejo spremembe procesa erozije ali nanosa v rekah ali jezerih kot posledica naravnih ali antropogenih dejavnikov (podnebne spremembe, renaturacija vodotokov, ukrepi obvladovanja poplav itd.).

Tveganja: Gladina podzemne vode in razmere toka vode se lahko razlikujejo od predhodno poznanih razmer oziroma se lahko v krajšem ali daljšem časovnem obdobju bistveno spremenijo.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Območja trajnega ali začasnega vpliva na vodni režim, stanje ali gibanja sprememb morajo biti znana v času načrtovanja geotermalne naprave za izkoriščanje PGE.

#### **8. Območja nevarnosti poplav in erozije**

Opis: Poplave lahko nastanejo zaradi razlivanja reke izven struge, dviga gladine podzemne vode ali zaradi skupnega delovanja obeh dejavnikov. Poplavna območja so običajno označena v različnih kartah poplavnih območij, ki so ponavadi na voljo pri agencijah za upravljanje voda, službah za obvladovanje poplavne ogroženosti ali ustanovah za prostorsko načrtovanje. V kartah so označena območja razvrščena glede na verjetnost pojava ali ponovnega pojava poplav (npr. območja, kjer se poplave lahko pojavijo enkrat letno, enkrat v 20 letih, enkrat v 100 letih).

Tveganja: Razlivanje poplavnih voda lahko sproži erozijo, ki še dodatno ogrozi rečne bregove, brežine, gradbene temelje in naprave v tleh.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Pri načrtovanju geotermalnih naprav za izkoriščanje PGE moramo zagotoviti:

- da poplavna voda ne bo mogla prodreti skozi jaške in vode napeljav do stavb;
- da poplavna voda ne bo mogla prodreti vzdolž vrtine ali vodnjaka v tla ali vodonosnik, kjer poteka izmenjava toplote;
- da visoka gladina podzemne vode ne bo preprečevala ponovnega injiciranja;
- da procesi erozije ne bodo ogrožali same naprave;
- da naša naprava in pripadajoči objekti ne bodo povzročali povečane nevarnosti za poplave in erozijo ali poslabšali pogojev odtekanja vode.

### **9. Območja nevarnosti zemeljskih plazov**

Opis: Ponavadi so na voljo karte, ki prikazujejo evidentirane zemeljske plazove in verjetnost pojavljanja zemeljskih plazov. Ta ocena izhaja iz modeliranja geomorfoloških, geoloških in hidrogeoloških parametrov. Karte imajo opozorilni pomen, kar pomeni, da je na označenih območjih za določeno lokacijo potrebna ocena tveganja.

Tveganja: V primeru poškodbe toplotnega izmenjevalnika lahko tekočina za prenos toplote uhaja v okolje (VDI 4640 Del 1 2000, str. 24, Pogl. 7.3.3). Premiki tal med plazenjem lahko resno ogrozijo toplotni izmenjevalnik v tleh in s tem povzročijo nesprejemljivo tveganje za nastanek nepopravljive škode in nazadnje opustitev toplotnega izmenjevalnika v tleh.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Za dano lokacijo je potrebna natančna ocena tveganja. Izgradnja geotermalne naprave PGE na lokaciji, kjer je dokazana verjetnost pojavljanja zemeljskih plazov in na plazovitih območjih ni dovoljena.

### **10. Območja, namenjena napravam za podzemno skladiščenje ali pridobivanje plina, nafte ali kemikalij**

Opis: Ta območja so določena kot rezervirana območja v zelo specifičnih geoloških plasteh in strukturah.

Tveganja: Vsaka izgradnja naprave na takem območju bi lahko dolgoročno omejila morebitne bodoče posege ali raziskave in s tem razvoj teh dejavnosti.

Ukrepi za zmanjšanje tveganja: Sprejemljiva globina vrtnanja ali izkopov za namene izgradnje geotermalnih naprav PGE mora biti predhodno določena. Določeni morajo biti dopustni tipi geotermalnih naprav PGE.

## **Dodatek 2. OBMOČJA POSEBNIH GEOLOŠKIH RAZMER IN UKREPOV ZA UMEŠČANJE GEOTERMALNIH TOPLOTNIH ČRPALK**

### **Primeri opisov posebnih geoloških razmer, možnih tveganj in priporočil za zakonsko ureditev**

#### ***1. Arteški izviri***

Opis: Arteška voda je podzemna voda, ki jo od prostega ozračja ločujejo relativno slabo prepustne plasti [1]. Njena piezometrična gladina je nad površino tal; voda se dvigne nad površje tal, če z vrtino prevrtamo slabše prepustne plasti v arteški vodonosnik.

Tveganja: Kadar vrtamo skozi arteški vodonosnik, se bo gladina podzemne vode dvignila nad ustje vrtine. Izguba tlaka in iztok vode iz arteškega vodnjaka se bosta nadaljevala, tudi če to ni opazno. Situacija ni obvladljiva, če uporabljamo neustrezne vrtalne metode ali opremo. Ponovno injiciranje je v takih primerih lahko problematično.

Posebne tehnične zahteve: Sistem cevi mora biti dobro zasidran v tleh in utrjen s cementom do določene globine, ki bo odvisna od vodnega tlaka na površju tal. Za ponovno injiciranje vode v arteško plast moramo vodo črpati v vrtino za ponovno injiciranje s tlakom, večjim od arteškega tlaka (NF X 10-970:2011-01, p. 28, Ch. 11.1).

#### ***2. Zaprti vodonosniki***

Opis: Ukleščena podzemna voda je podtalnica, ki jo od prostega ozračja ločujejo relativno nepropustni materiali [1]. (Rupprecht, D.) Kadar z vrtino prodremo v zaprti vodonosnik, se lahko gladina podtalnice dvigne blizu površja.

Tveganja: Dviganje gladine podzemne vode lahko vodi do težav med vrtanjem, zatesnjevanjem in zapolnjevanjem medprostora v geosondi. Ponikanje oziroma vračanje vode je v takih primerih lahko problematično.

Posebne tehnične zahteve: Pri načrtovanju vrtine moramo upoštevati negotovost glede globine krovnih plasti in piezometrične gladine podzemne vode

Globina vrtin je lahko omejena, da bi preprečili vrtanje v formacije, v katerih obstaja tveganje subarteškega tlaka podzemne vode.

#### ***3. Zelo plitva gladina podzemne vode***

Opis: Kjer je gladina podzemne vode blizu površja, je ponikanje vode lahko težavno, če se gladina vode v ponikalni vrtini dvigne na površje ali višje, tako da poplavi zemljišče ali klet.

Tveganja: Ponikanje samo po sebi je lahko težavno. S ponikanjem lahko ogrozimo pogoje temeljenja sosednjih objektov.

Posebne tehnične zahteve: Ponikanja ne moremo izvajati. Predvideti moramo vplive na sosednje objekte.

#### ***4. Viseče plasti podzemne vode***

Opis: Viseča podzemna voda nastane na slabše prepustnih ilovnatih plasteh nad glavno gladino podzemne vode v vodonosniku. Viseča podzemna voda je zelo občutljiva za onesnaženje, sedaj ali v prihodnosti. Plasti viseče podzemne vode imajo pomembno naravno zadrževalno sposobnost in preprečujejo infiltracijo onesnaževal globlje v vodonosnik. To je še zlasti pomembno na urbanih, industrijskih ali kmetijskih površinah. Stanje ujete podtalnice je redkokdaj dobro poznano, saj je spremljanje lahko težavno ali povezano z nesorazmernimi stroški. Če bi z izdelavo vrtine ali z izkopnimi deli povzročili iztekanje onesnažene viseče podzemne vode do nižje ležeče glavne gladine podzemne vode, bi bilo vpliv zelo težko nadzorovati. Po končanih gradbenih delih je prepoznavanje virov iztekanja zelo težavno, posledično tudi sanacija. Zato je bistveno lažje in bolj primerno zagotoviti tehnične ukrepe proti morebitnemu iztekanju med samo gradnjo.

Tveganje: Do onesnaženja nižje ležeče plasti podtalnice lahko pride zaradi iztekanja ob vrtinah ali zaradi neustrezne zatesnitve vrtine.

Posebne tehnične zahteve: Visečo plast podzemne vode moramo ob vrtini zatesniti s cementiranjem pod tlakom. Načrtovanje in izvedbo mora preveriti strokovnjak.

### **5. Dve ali več plasti vodonosnih plasti**

Opis: Z vrtanjem skozi dva ali več vodonosnikov, katerih tlaki se razlikujejo, lahko povzročimo iztekanje podzemne vode iz enega vodonosnika v drugega in s tem vplivamo na kemijske lastnosti podzemne vode ali na hidravlične razmere v vodonosnikih. S tem lahko povzročimo neželene spremembe gladine podzemne vode. Posledice takega ravnanja so lahko zmanjšanje zmogljivosti vodnih virov ali poslabšanje razmer za temeljenje objektov (BRGM & CEREMA 2015, str. 64, Pogl. 9.7.1).

Hidravlični stik med vodonosniki, ki ga povzročimo z vrtanjem skozi dve ali več plasti, ni zaželen z vidika ohranjanja podzemne vode, predvsem če ena od vodonosnih plasti vsebuje visoko mineralizirano ali onesnaženo podzemno vodo (VDI 4640 Del 1 2000, str. 24, Pogl. 7.3.2).

Tveganje: Če z vrtanjem prodiramo skozi več vodonosnikov z različnimi tlačnimi pogoji, lahko sprožimo iztekanje vode ob vrtinah med posameznimi vodonosniki. Ločevanje več plasti je lahko tehnično zahtevno zaradi uporabe posebne opreme in višjih stroškov vrtanja. Povzročimo lahko tudi spremembo lastnosti podzemne vode ali stabilnosti tal.

Mešanje vode z različno kemijsko sestavo lahko povzroči spremembo lastnosti podzemne vode. Možne reakcije: Povečana mineralizacija vodonosnika in posledično sedimentacije, ki lahko vodi do funkcionalnih deficitov ali celo odpovedi sistema toplotnih črpalk, ki kot sredstvo za prenos toplote uporabljajo podzemno vodo. Spodbujanje premikov onesnaževal, kot so pesticidi ali visoke koncentracije nitratov v neokrnjene vodonosnike ima pomemben vpliv na okolje in potencialne vire pitne vode (Rupprecht, D.).

Posebne tehnične zahteve: Morebitni hidravlični kratki stik med vodonosnimi sloji lahko preprečimo z uporabo trajne cevovte ali zatesnitve, ali s cementiranjem pod tlakom ob upoštevanju navodil pristojne službe ali odgovornega geologa (OFEV 2009).

Cementiranje pod tlakom moramo izvesti, da bi zagotovili ločevanje in tesnjenje med sloji. Načrtovanje mora preveriti strokovnjak.

## **6. Viri mineralne vode**

Opis: Podzemna voda z visoko vsebnostjo mineralov in slabo prezračena podzemna voda imata lahko nestabilno sestavo. Take vode lahko, na primer, odlagajo mangan, železo, karbonati in druge snovi, ali pa so zaradi tega lahko agresivne in v toplotnih izmenjevalnikih povzročajo korozijo. Zato moramo preveriti kemijske lastnosti vode. Do kemijskih procesov lahko pride, če z vrtnjem povzročimo povezavo sloja mineralne vode z drugimi vodonosnimi sloji. To lahko privede do sprememb v podzemni vodi in vodonosniku, tj. zamašitve vodonosnika ali pospešenega raztapljanja. Vrtnje in izkopavanje v bližini izvirov ali vodnjakov mineralne vode lahko vpliva na pretok mineralne podzemne vode.

Tveganje: Izzovemo lahko korozijo ali odlaganje mineralov v geotermalni napravi.

Posebne tehnične zahteve: Globino vrtin moramo omejiti, da se izognemo vrtnju v sloje mineralne vode ali v bližino izvirov mineralne vode.

Pri izdelavi vrtin moramo uporabljati nekorozivne materiale. Izbiro in uporabo materialov moramo prilagoditi agresivnosti podzemne vode v geološki formaciji (OFEV 2009).

## **7. Viri termalne vode**

Opis: Termalna voda je podzemna voda s temperaturo najmanj 4 °C nad lokalno letno povprečno temperaturo zraka. Poleg tega se fizikalne in geokemične lastnosti termalne vode razlikujejo od lastnosti vode v plitvih vodonosnikih. Izcejanje vode med plitvimi in termalnimi vodonosniki lahko povzroči mešanje in spremembo geokemičnih in geotermičnih razmer.

Tveganje: Povzročimo lahko korozijo ali odlaganje mineralov v geotermalni napravi ter okoljske okoljske vplive zaradi spremenjenih geokemičnih in geotermičnih razmer.

Posebne tehnične zahteve: Globino vrtin moramo omejiti, da bi se izognili vrtnju v geološke plasti, v katerih so zaloge termalne vode.

## **8. Pojavi plina**

Opis: Vrtnje v plasti, ki vsebujejo naravne pline, je lahko povezano z varnostnimi tveganji (predvsem v primeru eksplozivnih ali toplogrednih plinov) ali tveganji izgube plina, ki lahko pomeni naravni potencial črpanja s plinskim dvigom »gas-lift« (predvsem za namene odvzema naravne izvirske ali mineralne vode). Pojav plina lahko zasledimo v naravnem izvirov ali pri antropogenih posegih, zlasti z vrtnjami, ki prodrejo skozi sloje, bogate z organskimi snovmi ali ogljikovodiki. Pojavljanje plina lahko napovemo tudi posredno v geoloških plasteh, bogatih z organskimi snovmi ali plasteh, ki vsebujejo ogljikovodike, sulfide idr.

Tveganja: Pojav plina lahko povzroči telesne poškodbe in materialno škodo med vrtnjami (vdihavanje, eksplozija).

Posebne tehnične zahteve: Oceniti moramo možnost nahajališč zemeljskega plina. Če obstaja nevarnost pojavljanja plina, moramo predvideti uporabo sredstev za opozarjanje in posebne zahteve glede tehnologij vrtnja.

V primeru prepoznanih nahajališč plina moramo nemudoma obvestiti javne organe in službe za ukrepanje ob nesrečah (OEWAV 2007).

Globino vrtin moramo omejiti, da bi preprečili vrtanje v formacije, v katerih obstaja tveganje pojavljanja plina (OFEV 2009).

### **9. Stisljiva tla**

Opis: Če so tlačne obremenitve zgrajene naprave večje od tlačne trdnosti tal, lahko pride do posedanja in deformacij tal. Plasti z nizko tlačno trdnostjo so povečini mlajši, slabo konsolidirani sedimenti (mulji, gline – predvsem z vodo nasičeni morski sedimenti). Potrebne so posebne rešitve pri temeljenju, kot npr. temeljenje s piloti idr.).

Tveganja: Prihaja lahko do poškodb toplotnih izmenjevalnikov v tleh zaradi posedanja površja.

Posebne tehnične zahteve: Uporaba energetskih pilotov in drugih gradbenih elementov za topotne izmenjevalnike.

### **10. Zemeljski plaz**

Opis: Naravne spremembe in umetni posegi lahko povzročijo zelo raznovrstna morfološka preoblikovanja terena in procese, ki sprožijo ali pospešijo premike zemljin ali kamnin vzdolž pobočij.

Tveganja: Prihaja lahko do poškodb toplotnih izmenjevalnikov v tleh zaradi erozije in plazenja – strižnih obremenitev ali stiskanja.

Posebne tehnične zahteve: Vzpostavitev ustrezne varnostne cone, s katero se oddaljimo od območja nevarnosti plazenja.

### **11. Evaporiti/soli/gline**

Opis: Gline, evaporiti in soli so geološke plasti, dovzetne za raztapljanje ali nabrekanje. Njihova prisotnost pomeni nevarnost posedanja ali nabrekanja tal (če pridejo v stik z vodo). Neprimerni ali težko izvedljivi podzemni posegi lahko povzročijo stik plitvih vodonosnikov z globokimi vodonosniki, ki vsebujejo evaporite ali soli.

Tveganja: Prihaja lahko do poškodb toplotnih izmenjevalnikov v tleh zaradi posedanja, porušitve ali dviga površja (zaradi raztapljanja ali nabrekanja). Razen tega lahko posedanje ali dviganje tal pripelje tudi do obsežnih poškodb v okolici geotermalne naprave.

Posebne tehnične zahteve: Obvezna ocena tehničnega tveganja. Vrtanje moramo ustaviti nad slojem sadre, soli, itd.

### **12. Umetne votline**

Opis: Votline v tleh, nastale zaradi rudarjenja ali gradnje podzemnih objektov.

Tveganja: Prihaja lahko do poškodb toplotnih izmenjevalnikov v tleh zaradi posedanja ali porušitve tal. Zasutje votlin morda ni izvedljivo in lahko vpliva na stopnjo zajema toplote.



Posebne tehnične zahteve: Predhodna ocena nevarnosti morebitnih medsebojnih vplivov med geotermalno napravo za izkoriščanje PGE in obstoječimi ali načrtovanimi podzemnimi deli (UNI 11468:2012, str., Pogl. 4.3.2).

### **13. Onesnažena tla**

Opis: Onesnažena tla lahko najdemo na lokacijah, kjer se je odlagal onesnažen material, ali je do onesnaženja materiala prišlo zaradi preteklih dejavnosti. Tudi naravna geološka formacija je lahko bogata z organskimi snovmi, ima lahko veliko vsebnost težkih kovin ali vsebuje redukcijske zvrsti, kot so amoniak, nitriti, železo, mangan, sulfidi, ki se v okolju lahko aktivirajo, podobno kot velja tudi za umetno onesnažene lokacije.

Tveganja: Vrtanje ali izkopi na onesnaženih območjih lahko sprostito širjenje onesnaževal v okolje, pri čemer so prodori v podzemno vodo najhujši vpliv, saj lahko prenos snovi poteka hitro in obširno. Do aktiviranja onesnaževal lahko pride med vrtanjem ali zaradi nezadostnega zapolnjevanja medprostora v koaksialni geosondi (BHE) po končani izgradnji.

Posebne tehnične zahteve: Preveriti moramo, ali je bil umetni material odložen na lokaciji oziroma ali so na lokaciji potekale dejavnosti, pri katerih so se uporabljale nevarne snovi. Prav tako moramo preveriti, ali lahko na lokaciji ali v geoloških slojih s posebno mineraloško sestavo pričakujemo posebne oksidacijsko redukcijske razmere. Izvedeni morajo biti ukrepi, ki preprečujejo aktiviranje onesnaževal in njihovo prodiranje v podzemno vodo (npr. z uporabo trajne cevitve in zatesnitve). Učinkovitost zapolnitve oz. zatesnitve moramo dokazati z meritvami.

SGE-W: Odvzeto vodo je treba ponikati, oz. injicirati v neonesnažena tla (OFEV 2009, str. 17/23, Pogl. 3.4/5.4).

### **14. Kraško območje**

Opis: Tip topografije, ki se je oblikoval z raztapljanjem apnenca, sadre in drugih kamnin, za katerega so značilne vrtače, podzemne jame in kraških kanalov. Zakrasela območja lahko pomenijo močno heterogenost tal in prisotnost votlin. Visoka pogostost kraških votlin je povezana z vrsto tveganj: porušitev vrtine, posedanje tal, izguba vrtalnih tekočin (izplake), težave z zapolnjevanjem vrtine, motnost in usedline v podzemni vodi, nestabilna temperatura podzemne vode (prenizka pozimi in previsoka poleti), nepredvidljivo in nezanesljivo modeliranje. Poleg tega se produktivnost kraških vodonosnikov močno spreminja, od zelo nizke do zelo visoke, s potencialno velikimi lokalnimi odstopanji. Zaradi tega je načrtovanje vrtin ali izvirov v kraškem svetu zelo negotovo.

Tveganja: Izguba vrtalnih tekočin (izplake), zapolnitev vrtine ni možna zaradi prevelikih votlin. Smer prenosa morebitnega onesnaženja med vrtanjem ali obratovanjem je lahko neznana.

Posebne tehnične zahteve: Zapolnitev votline z ustreznim materialom, dokazila o prostornini izgubljene vrtalne tekočine in uporabljenega materiala za zapolnitev. V primeru prevelikih izgub vrtalne tekočine se lahko zgodi, da bomo vrtanje morali opustiti. Votline okrog vrtine moramo zasuti z ustreznim prepustnim materialom. Izogibamo se načrtovanju naprav z več geosondami ali poljem geosond.

### **15. Vdor slane vode**

Opis: Izpodrivanje sveže podzemne vode z napredovanjem slane vode zaradi njene višje gostote (običajno v obalnih območjih in rečnih ustjih) ali slanice v podzemnih zaslanjenih slojih v smeri proti izvirov in izgubljanje sladke vode.

Tveganja: Sprememba razpoložljivosti in količine sladke podzemne vode.

Posebne tehnične zahteve: Zadostna tamponska/varnostna cona do ležišča slane ali zaslanjene vode.

### **16. Permafrost**

Opis: Vsaka tla, podtalje ali drugi površinski sedimenti ali tudi kamninska podlaga v alpskih območjih na spremenljivi globini pod zemeljskim površjem, v katerem je temperatura stalno pod lediščem. Debelina permafrosta se lahko spreminja od nekaj desetih centimetrov naprej.

Tveganje: Temperaturna sprememba lahko vpliva na pogoje temeljenja, saj lahko povzroči diferencialno konsolidacijo tal in poškodbe geosonde.

Posebne tehnične zahteve: razmere zmrzovanja in njihova spremenljivost morajo biti preiskane na danem zemljišču.

### **17. Območja, kjer značilnosti tal niso dovolj poznane**

Opis: Za načrtovanje vrtin ali izkopov in gradnjo naprav so potrebne informacije. Brez poznavanja razmer pod površjem je tveganje za neuspeh projekta ali nastanek nesorazmerno visokih stroškov nesprejemljivo.

Tveganje: Pri vsakem od omenjenih pogojev obstaja tveganje, da bomo poseg morali opustiti.

Posebne tehnične zahteve: Opraviti je treba dodatne geološke ali hidrogeološke preiskave.