

Št. prispevka: PTX – XX

Razpoložljivi podatki za oceno geotermalnega potenciala Slovenije

Nina Rman^{1,*}, Andrej Lapanje¹, Joerg Prestor¹, Mitja Janža¹ in Simona Adrinek¹¹ Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Nina Rman

Geološki zavod Slovenije

nina.rman@geo-zs.si

POVZETEK:

Čeprav je pomen rabe geotermalne energije v strateških dokumentih, kot je na primer NEPN, že identificiran, je prepoznavnost geotermalne energije kot ene vrste OVE, geotermalnega potenciala v Sloveniji in različnih tehnologij rabe geotermalne energije še vedno zelo nizka. K temu pripomore tudi, da informacije niso zbrane na enem mestu, ampak je potrebno poznati in združevati podatke več institucij, portalov in projektov. Na spletni strani Geološkega zavoda Slovenije so na voljo: pregledovalnik eGeologija z bazo vrtin (eVrtine), geotermičnimi in hidrogeološkimi kartami, Rudarska knjiga, revija Geologija in rezultati projektov. Za rabo plitve geotermije so uporabni pregledovalniki Borzena, Trajnostne energije, Atlasa okolja in Atlasa voda, GeoPLASMA-CE za Ljubljano in podobno. Na portalu Energetika so objavljene najnovejše Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do 300 m (ver 6), na MKGP Portalu znanja pa Smernice za rabo PGE za hladilnice projekta GeoCOOL FOOD. Direkcije RS za vode ima Navodila za pridobitev dovoljenj za rabo toplote. Za rabo termalne vode je najboljšo izhodišče spletna stran projekta INFO-GEOTHERMAL, ki vsebuje prostorske, zakonodajne in finančne smernice za razvoj projektov. Tu je dostopen tudi pregledovalnik 3D geotermalnega modela SV Slovenije, ki omogoča pregled obstoječih vrtin in seizmičnih linij za predizvedljivostno analizo. Geotermični parametri so na voljo le v znanstvenih člankih in objavah.

KLJUČNE BESEDE:

termalna voda, plitva geotermija, odprti in zaprti sistemi, geosonde, potencial

1 UVOD

Geotermalna energija je energija, ki je v obliki toplote shranjena pod trdnim zemeljskim površjem. Je stalno prisoten in izrazito lokalni energetski vir, katerega pomembna značilnost je, da so sistemi rabe dolgoročno najbolj učinkoviti, okoljsko sprejemljivi in finančno ugodni, kadar so optimalno prilagojeni lokalnim danostim.

Ob tem najprej opredelimo dva ključna pojma njene tehnologije rabe. »Plitva geotermalna energija« izkorišča Zemljino toploto plitvo pod površjem, v Sloveniji do globine približno 300 m [1]. Raba lahko poteka s pridobivanjem energije za ogrevanje objektov ali s podzemnim skladiščenjem toplote za hlajenje, oziroma na oba načina. Zajem lahko poteka s horizontalnimi kolektorji ali pa odprtimi (voda-voda) in zaprtimi (zemlja-voda - geosonde) geotermalnimi toplotnimi črpalkami. Ker plitva geotermalna energija ni vezana na povišan toplotni tok Zemlje, jo lahko pridobivamo skoraj povsod, medtem ko je raba globoke oz. termalne vode prostorsko bolj specifična. »Globoka geotermalna energija« najpogosteje označuje rabo termalne vode.

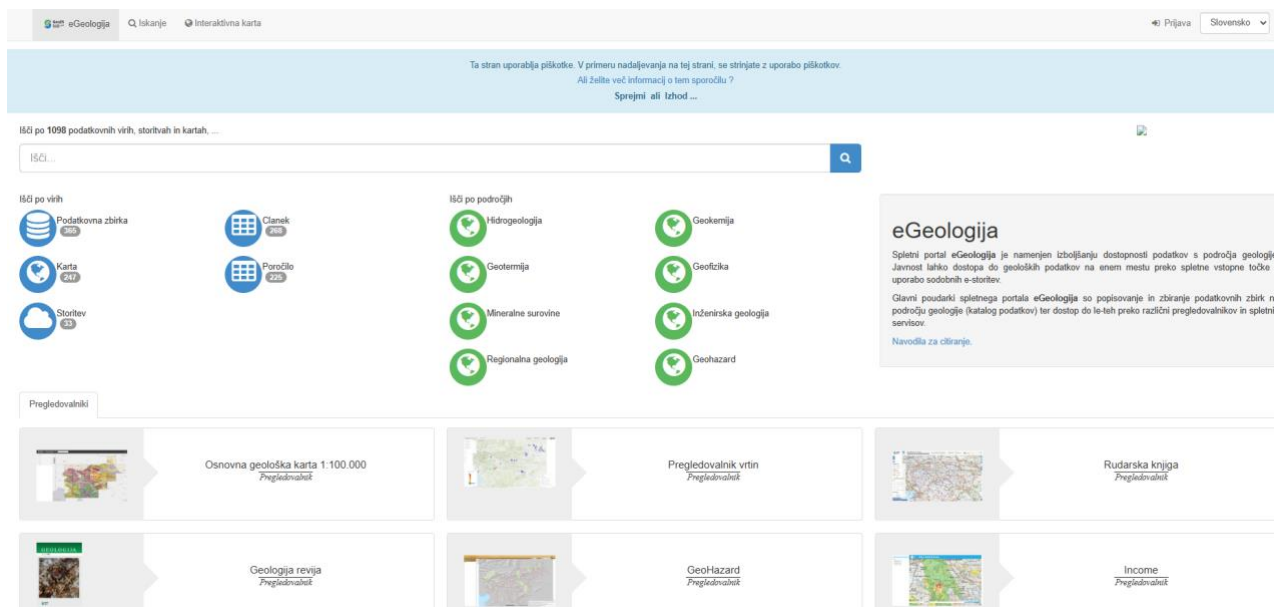
Upravno je to podzemna voda, ki je ogreta zaradi vpliva Zemljine toplote in na iztoku na površje dosega temperaturo vsaj 20 °C. Pridobiva se iz izvirov in, večinoma, z vrtinami do globine približno 2 km. Novejše tehnologije rabe obsegajo tudi globoke zaprte sisteme, na primer globoko geosondo za daljinsko ogrevanje v Benediktu in opuščeno vrtino za ogljikovodike v Čentibi za proizvodnjo elektrike [2].

Prepoznavnost geotermalne energije v Sloveniji kot OVE z realnim potencialom za razvoj je še vedno šibka, k čemur pripomore tudi zahteven dostop do informacij. Ker ni na voljo enotne vstopne točke oziroma spletišča z informacijami, je potrebno poznati in združevati podatke več institucij, ki so objavljene na različnih spletnih portalih. Macut in sod. [3] so s pregledom ključnih nacionalnih spletnih strani o geotermalni energiji v osmih državah po Evropi kvantificirali FAIR pristop. Za Slovenijo so predstavili sedem spletnih mest in ugotovili, da v kolikor se ne uporabljajo prave ključne besede, so ustrezne informacije zelo težko najdljive. Kljub razvoju AI orodij, ugotavljamo, da to še vedno drži. Čeprav je na voljo že kar nekaj pregledovalnikov, smernic in kart potenciala za rabo geotermalne energije v Sloveniji, tako za različne tipe kot namene rabe, je pri odločanju o energetskem prestrukturiranju sistemov ogrevanja in hlajenja, z redkimi izjemami, prepogosto prezrta, tako v javni kot zasebni sferi investitorjev.

Zato je cilj našega prispevka predstaviti najpomembnejše spletne strani, ki vsebujejo informacije za podporo razvoja potenciala geotermalne energije v Sloveniji in tako pohitriti razvoj projektov njene trajnostne rabe. Več zanesljivih informacij v vseh fazah razvoja; od ocene potenciala, pred-izvedljivostne analize in dimenzioniranja, do opazovanja učinkovitosti dejanske rabe in varne opustitve sistema rabe; dolgoročno podpira boljše naložbene odločitve.

2 KLJUČNE SPLETNE STRANI ZA RAZVOJ RABE GEOTERMALNE ENERGIJEE

2.1. Spletni portal eGeologija



Slika 1: izgled portala eGeologija

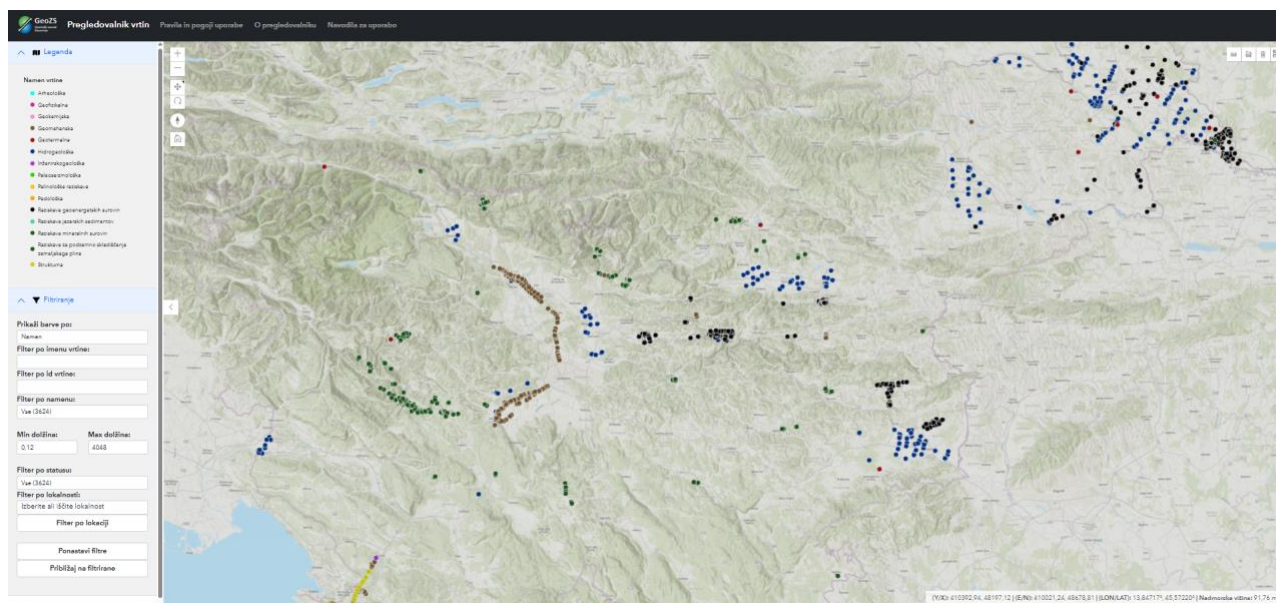
Osnovna spletna stran Geološkega zavoda Slovenije [4] vsebuje številne podstrani, ki so vezane na geotermalno energijo. Na podstrani Področje delovanja Energetski prehod in uporaba brezogljernih virov so pomembne povezave, preko katerih je dostopnih tudi večina tukaj opisanih vsebin. Na podstrani Projekti je moč dostopati do spletnih strani posameznih raziskovalnih in evropskih projektov. Njena ključna omejitev je, da je potrebno poznati naslov projekta.

Na podstrani Odprta znanost so dostopne publikacije (brošure, karte, monografije in periodika), a ključna je povezava na spletni portal eGeologija. Na njem so dostopni različni pregledovalniki, spletni servisi, katalogi podatkov in poročila iz tematik: hidrogeologija, geokemija, geotermija, geofizika, mineralne surovine, inženirska geologija, regionalna geologija in geohazard. Pod ikono geotermija (Slika 1) so na voljo številne geotermične karte z napovedjo gostote površinskega toplotnega toka in temperature na izbranih globinah in podobno.

Dostopni so tudi članki revije Geologija, izmed katerih so najbolj pomembni tisti, ki opisujejo (i) geotermalni potencial Slovenije [5], geotermične lastnosti kamnin in sedimentov v Sloveniji [6] in potencial za proizvodnjo električne energije [7].

2.2. Pregledovalnik vrtin eVrtine

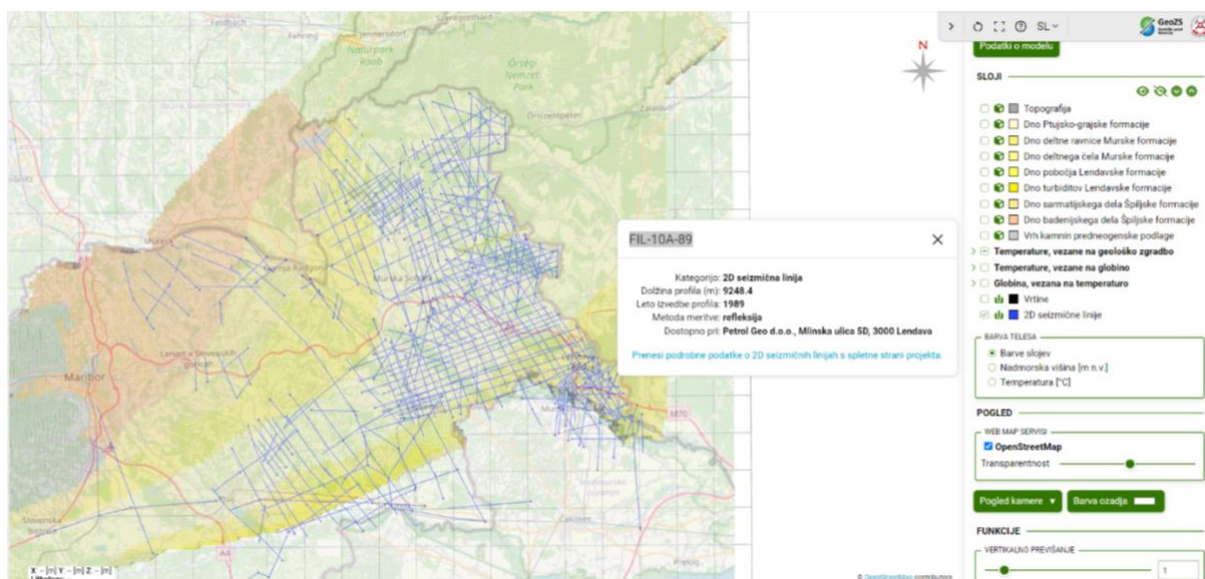
Preko eGeologije ali direktno [8] je na voljo Pregledovalnik vrtin (Slika 2). V bazi so zbrani in prikazani osnovni podatki o vrtinah: ime vrtine, njen trenutni status, lokacijo, koordinate z nadmorsko višino, globino, naklon in smer vrtine, datum izvedbe del, izvajalec raziskav in vrtanja, naročnik raziskav, investitor, namen raziskovalne vrtine, način vrtanja, referenca poročila, v katerem se popis nahaja, ter izvirni popis vrtine v obliki skenograma. Pregledovalnik omogoča različne funkcije filtriranja in navigacije po zemljevidu. Prikazane so tudi že številne globoke vrtine, primerne za rabo geotermalne energije. Ključna omejitev pregledovalnika je, da zaradi neurejenih pravnih podlag v državi še ne omogoča in ne vsebuje dejanskih podatkov o izmerjenih vrednostih (na primer temperaturi, pretoku vode) v vrtinah.



Slika 2: Izgled portala eVrtine

2.3. Pregledovalnik 3D geotermalnega modela SV Slovenije

Pregledovalnik 3D geotermalnega modela SV Slovenije [9] iz leta 2024 omogoča pregled (i) lokacij in metapodatkov o 265 obstoječih, nad 500 m globokih vrtinah v Sloveniji, (ii) potek 330 arhivskih refleksijskih seizmičnih profilov v SV Sloveniji in osnovne metapodatke o njih, (iii) interaktivni pregled regionalnih geoloških modelov in porazdelitev temperatur do globine 5 km iz projektov GeoMOL, TRANSENERGY, DARLINGe, arhiva GeoZS in ARSO matematičnega modela, (iv) izris navidezne vrtine in (v) izris poljubnega profila. S tem podatki zadostujejo za izvedbo prve, pred-izvedljivostne analize geotermalnega potenciala na poljubni lokaciji v SV Sloveniji.



Slika 3: Izgled pregledovalnika 3D geotermalnega modela SV Slovenije

2.4. Rudarska knjiga

Rudarsko knjigo [10] sestavljajo zbirka rudarskih podatkov, evidence in različne aplikacije za pripravo in oddajo vlog ter obrazcev, predvidenih z Zakonom o rudarstvu. TA pokriva rabo globoke geotermalne energije, termalne vode kot geotermičnega energetskega vira - v zaprtem sistemu pridobivalne in reinjekcijske vrtine – edini tak primer je sistem za daljinsko ogrevanje mesta Lendava. Po novem Zakonu o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (ZUNPEOVE) Rudarska knjiga vsebuje tudi podatke o raziskovalnih geotermalnih koncesijah za pridobivanje elektrike. Prikazan je en tak primer za območje MAGMA-1 pri Lendavi.

2.5. Spletna stran INFO-GEOTHERMAL

Spletna stran projekta INFO-GEOTHERMAL [11] je trenutno najboljšo izhodišče za pridobitev informacij o načinu in možnosti razvoja projektov rabe termalne vode za ogrevanje. Stran vsebuje najnovejše (l. 2024) prostorske, zakonodajne in finančne smernice za razvoj projektov ter številne uporabne povezave. Najpomembnejše smo izpostavili tudi tukaj in eno izmed njih je tudi že opisan pregledovalnik 3D geotermalnega modela SV Slovenije. Na voljo so številna poročila o potrebnih zakonodajnih postopkih in predlaganih izboljšavah, tako za rabo termalne vode za ogrevanje kot za elektriko. Za investitorje je pomemben pregled finančnih mehanizmov za geotermalne projekte. Za tehnično ustrezno izgradnjo geotermalnih vrtin in dimenzioniranje površinskega sistema rabe pa se lahko poslužujete Smernic za razvoj projektov geotermalnih vrtin, za zmanjšanje tveganja reinjekcijskih vrtin, za energetski razvoj projektov, za direktno rabo in za geotermalno elektrarno.

V poročilu o oceni razpoložljivih podatkov in predlog raziskav se nahaja seznam projektov, ki so pred letom 2023 podajali geotermalni potencial različnih delov Slovenije (Cerkno, Obala, Ljubljana, SV Slovenija, Krško...) in raziskovali različne možne tehnologije rabe. Pregled njihovih rezultatov je lahko izhodišče za lokalne študije možnosti rabe tako plitve kot globoke geotermalne energije.

Poročila in prostorski podatki Prednostna območja za geotermalne objekte za občine Beltinci, Turnišče in Dobrovnik podajajo prepoznana prednostna območja, ki omogočajo gradnjo industrijskih trajnih rastlinjakov in gradnjo globokih geotermalnih vrtin za črpanje in vračanje termalne vode za namen njihovega ogrevanja. S tem so prostorske podlage za nove investicije prosto dostopne.

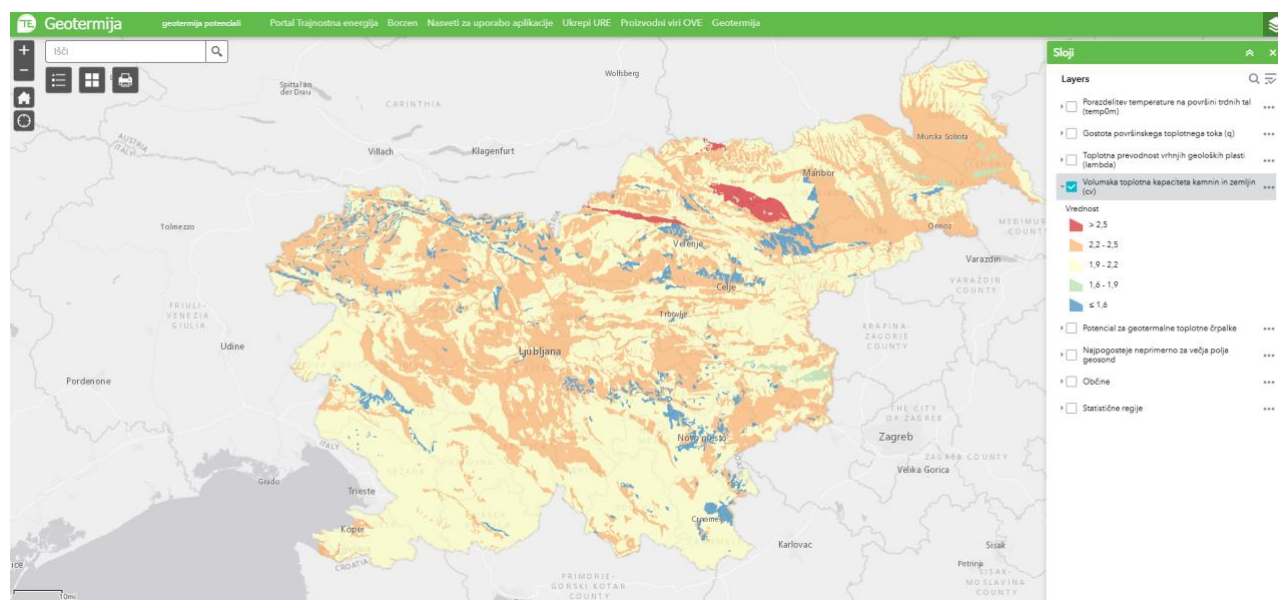
Povzetek stanja rabe termalne vode in možnosti nadaljnjega razvoja globoke geotermije v Sloveniji pa podaja Knjižica o energetske učinkoviti rabi geotermalnih virov in njihovem razvoju.

2.6. Informacijska geotermalna platforma donavske regije (DRGIP)

Informacijska platforma DRGIP – Danube Region Geothermal Information Platform [12] je bila izdelana v angleškem jeziku leta 2019 in je namenjena pospeševanju rabe geotermalne energije iz termalne vode v Panonskem bazenu. Podatki pokrivajo šest držav, med njimi tudi Slovenijo vzhodno od Slovenske Bistrice in Šentjerneja. Platforma omogoča (i) primerjavo geotermalnih zakonodaj med državami in primerjavo praks rabe termalne vode, (ii) vpogled v geotermalne prostorske podatke [13] ter (iii) uporabo orodij za podporo odločanju: primerjalno analizo učinkovitosti rabe termalne vode t.i. benchmarking, odločitveno drevo za razvoj projekta (s področij poznavanja vira, delovanja trga, pridobivanja dovoljenj in možnosti financiranja) in orodje za obvladovanje in zmanjševanje tveganj pri načrtovanju geotermalnega projekta.

2.7. Portal Geotermija

Portal Trajnostna energija, Geotermija, geotermija potenciali [14] vsebuje prostorske karte za oceno potenciala plitve geotermalne energije za vso Slovenijo. Na voljo so karte porazdelitve temperature na površini trdnih tal, gostote površinskega toplotnega toka, toplotne prevodnosti vrhnjih geoloških plasti, volumske toplotne kapacitete plitvega podpovršja (Slika 4), potenciala za geotermalne toplotne črpalke in neprimernih območij za večja polja geosond.



Slika 4: Izgled portala Geotermija

2.8. Kontaktna točka za spodbujanje rabe obnovljivih virov energije

Borzenova Kontaktna točka za spodbujanje rabe obnovljivih virov energije [15] bo sčasoma zagotovila več informacij na temo geotermalne energije.

2.9. Portal Trajnostna energija

Portal Trajnostna energija [16] podaja nekaj informacij o učinkoviti rabi energije in obnovljivih virov energije v Sloveniji, vendar je le malo zelo specifičnih informacij na temo geotermalne energije.

2.10. Spletna stran Slovenskega okoljskega javnega sklada (Eko Sklad)

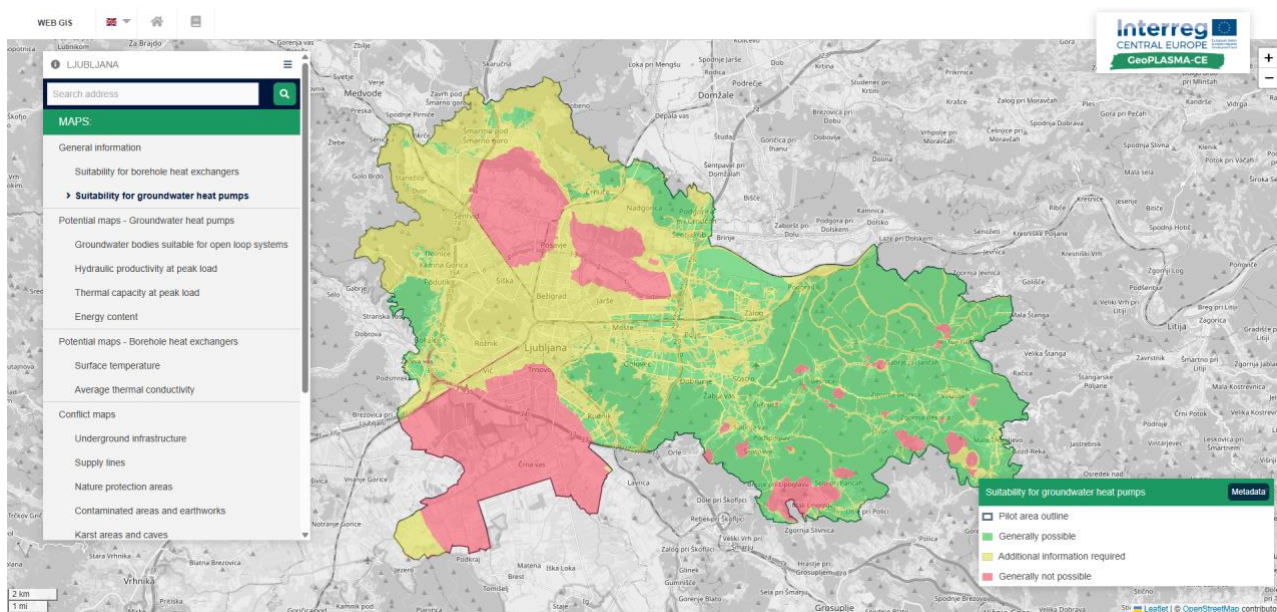
Spletna stran Eko Sklada [17] je pomembna predvsem za investicije v rabo plitve geotermalne energije, saj objavlja razpise za finančne spodbude za rabo (tudi geotermalnih) toplotnih črpalk in omogoča energetsko svetovanje.

2.11. Portal Energetika in Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji

Že šesta dopolnjena izdaja Smernic za vrtanje v plitvi geotermiji (do 300 m) [1] je objavljena na portalu Energetika. Smernice predstavljajo priporočila glede načrtovanja velikosti in najprimernejšega načina zajetja plitve geotermalne energije, predhodnih raziskav, pridobivanja dovoljenj, izpolnjevanja okoljskih zahtev, zagotavljanja usposobljenosti za vrtanje in izdelavo zajetja, pripravo ponudb za vrtanje in izdelavo zajetja, izvedbo vrtnice in zajetja, preizkušanja in meritev, priprave dokumentacije za prevzem vrtnice, načrta vzdrževanja vrtnice ter priprav vrtnice na morebitno začasno ali stalno opustitev delovanja.

2.12. Karte plitvega geotermalnega potenciala za Ljubljano – GeoPLASMA-CE

Pregledovalnik GeoPLASMA-CE je bil razvit tudi za prikaz možnosti rabe plitve geotermalne energije na območju Ljubljane [18]. Omogoča prostorsko analizo, kje je možno zajeti plitvo geotermijo glede na naravne pogoje in rabo prostora, katero tehnologijo uporabiti (zaprte ali odprte sisteme; Slika 5), podaja geotermične in hidrogeološke parametre, ki omogočajo boljše dimenzioniranje zajema ter karte možnih konfliktov.



Slika 5: Izgled pregledovalnika GeoPLASMA-CE

2.13. Spletna stran GeoCOOL FOOD in Smernice za rabo plitve geotermalne energije v hladilnicah

Spletna stran GeoCOOL FOOD - Hladno skladiščenje hrane z rabo plitve geotermalne energije [19] vsebuje poročila, ki opisujejo vse potrebne metodološke pristope k načrtovanju in dimenzioniranju sistemov rabe plitve geotermije za hlajenje, s poudarkom na geosondah za hladilnice na kmetijah. Ključne so Smernice za rabo plitve geotermalne energije v hladilnicah, ki podajajo ključne usmeritve pri vrednotenju smotrnosti uporabe plitve geotermalne energije za potrebe obratovanja hladilnic in drugih objektov na kmetijskih poslopih ter minimalne zahteve in pristope za pripravo projektne dokumentacije za rabo geosond za ta namen.

2.14. Evropski geološki podatkovni portal EGDI

EGDI [20] prikazuje in združuje informacije številnih evropskih projektov za več področij, tudi geoenergije (plitve kot globoke geotermalne energije), mineralnih virov in podzemne vode. Na voljo je pregledovalnik zemljevidov in orodje za iskanje vsebin po poročilih in drugih izdelkih. Ključna omejitev EGDI je, da so podatki večinoma pripravljeni v regionalnem merilu. Zato so uporabni predvsem za strateško načrtovanje in manj za izvedbene projekte za direkten zajem geotermalne energije.

2.15. Dobro znane hidrološke spletne strani

Temperature tal in podzemne vode iz vrtin državnega monitoringa, količinsko in kakovostno stanje podzemnih voda ter podeljena dovoljenja za raziskave, vodna dovoljenja in koncesije za rabo termalne vode so razvidni iz spletnih strani ARSO, na Atlasu okolja in Atlasu voda.

3 SKLEPI

Učinkovit energetski prehod s pospešeno rabo geotermalne energije je možen le s preprostim in preglednim dostopom do javnih podatkov. Prispevek podaja, da je stanje v Slovenji še kaotično, zato GeoZS skupaj z Ministrstvom za okolje, podnebje in energijo in Ministrstvom za naravne vire in prostor ustvarja okolje in orodja za spremembo. Podatke zbiramo in odpiramo: z vsakoletno izdelavo bilance rabe geotermalne energije [2], izvedbo novih raziskav, oceno možnosti ponovne rabe opuščenih vrtin, strokovnimi delavnicami in pripravo smernic in strategij. Pripravljamo enoten geotermalni informacijski sistem, ki bo osrednja nacionalna zbirka podatkov o pod površju, vrtinah, rabi in potencialu geotermalne energije v Sloveniji. Do takrat pa bo za dostop do informacij za razvoj projektov potrebno uporabiti predlagane povezave.

4 REFERENCE

- [1] RMAN, N., ADRINEK S., RAJVER, D., LAPANJE, A., PRESTOR, J. Posodobljeni izvod – V6 (25. 11. 2025) Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do globine 300 m, GeoZS, 2025, <https://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/plitva-geotermalna-energija/>
- [2] RAJVER, D., RMAN, N., PESTOTNIK, S. in sod. Pregled rabe geotermalne energije v Sloveniji v letu 2024. Bilten Mineralne surovine v letu 2024, 151-164. <https://www.geo-zs.si/publikacije/bilten-mineralne-surovine/>
- [3] MACUT, M., BRUHN, D.F., CHICCO, J.M. in sod. 2025: Findability of geothermal energy websites in seven EU countries and Iceland. Geothermics, 127, 103252, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2025.103252>
- [4] Spletna stran Geološkega zavoda Slovenije, <https://www.geo-zs.si>
- [5] RAJVER, D., RAVNIK, D. Geotermična slika Slovenije-razširjena baza podatkov in izboljšane geotermične karte. Geologija, 45/2, 519 – 524, 2002. <https://doi.org/10.5474/geologija.2002.058>
- [6] RAJVER, D., ADRINEK, S. Pregled toplotnih lastnosti kamnin in sedimentov v Sloveniji, Geologija, 66/1, 125 – 150, 2023. <https://doi.org/10.5474/geologija.2023.005>
- [7] RAJVER, D., LAPANJE, A., RMAN, N. Možnosti proizvodnje elektrike iz geotermalne v Sloveniji v naslednjem desetletju. Geologija, 55/1, 117 – 140, 2012. <https://doi.org/10.5474/geologija.2012.009>
- [8] Pregledovalnik vrtin eVrtine, <https://e-vrtina.si/>
- [9] Pregledovalnik 3D geotermalnega modela SV Slovenije, <https://geo3d.pgi.gov.pl/Slovenia/index.html>
- [10] Rudarska knjiga, <https://ms.geo-zs.si/>
- [11] INFO-GEOTHERMAL - Podpiranje učinkovite kaskadne uporabe geotermalne energije z dostopom do uradnih in javnih informacij, <https://www.geo-zs.si/projekt/podpiranje-ucinkovite-kaskadne-uporabe-geotermalne-energije-z-dostopom-do-uradnih-in-javnih-informacij/>
- [12] DRGIP, <https://www.darlinge.eu/>
- [13] Pregledovalnih kart Darlinge, <https://www.darlinge.eu/mapviewer/index.html>
- [14] Geotermija, <https://borzen.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=756ad50afb9240c58e95fc29d6f09170>
- [15] Kontaktna točka za spodbujanje rabe obnovljivih virov energije, <https://kt-ove.si/>
- [16] Trajnostna energija, <http://www.trajnostnaenergija.si/>
- [17] EkoSklad, <https://www.ekosklad.si/informacije>
- [18] Pregledovalnik GeoPLASMA-CE, <https://portal.geoplasma-ce.eu/webgis/ljubljana>
- [19] Spletna stran GeoCOOL FOOD, <https://www.geo-zs.si/projekt/geocool-food-hladno-skladiscenje-hrane-z-rabo-plitve-geotermalne-energije/>
- [20] Evropski geološki podatkovni portal EGD, <https://www.europe-geology.eu/sl/domaca-stran/>