

Iceland
Liechtenstein
Norway grants



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo regionalnoga razvoja
i fondova Europske unije



**PLI
GES**

EED PROJEKT
**MAPIRANJE PLITKIH
GEOTERMALNIH SUSTAVA
U REPUBLICI HRVATSKOJ**

NOSITELJ PROJEKTA:



PROJEKTNI PARTNERI:



www.pliges.eu
info@pliges.eu

IMPRESUM

Glavni urednik:

prof. dr. sc. Vladimir Soldo, dipl. ing.

Tehnički urednici:

Boris Labudović, dipl. ing.

Boris Odorčić, dipl. nov.

Marko Lovrović

Dizajn i grafičko uređenje:

ENERGETIKA MARKETING d.o.o., Zagreb

Zagreb, studeni 2023.

SADRŽAJ

Impresum.....	2
Sadržaj	3
Uvod	4
Cilj projekta, Osnovni podaci o projektu i Sudionici u projektu.....	5
Opis projekta	7
Doprinos ishodima Poziva ‘Izrada baze podataka plitke geotermalne energije’	9
Doprinos Neposrednom rezultatu Poziva ‘Izrada baze podataka plitke geotermalne energije’	10
Uloga partnera u ostvarenju projekta.....	11
Stručni i administrativni kapaciteti prijavitelja i partnera za provedbu projekta	14
Popis prethodno provedenih projekata (financiranih iz međunarodnih sredstava i/ili sredstava Europske unije)	16
Održivost projekta	18
Program Radionice	19
Provedba projekta mapiranja izvedenih sustava s geotermalnim dizalicama topline	20
Projektne aktivnosti pri razradi sustava s većim brojem bušotinskih izmjenjivača topline	35
Optimalna rješenja za rezidencijalne objekte s ekonomskih i energetske aspekata	46
Grijanje i hlađenje zgrade Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku	53
Iskustva u projektiranju dizalica topline: voda - voda i tlo - voda	65

UVOD

Projektom 'Mapiranje plitkih geotermalnih sustava u Republici Hrvatskoj' ili skraćeno PLIGES provest će se prvi sveobuhvatni pregled instaliranih sustava plitke geotermalne energije u Hrvatskoj. Trenutačno u Hrvatskoj ne postoji ni sustavno praćenje ni kontrola instaliranih sustava dizalica topline koje koriste plitki geotermalni izvor energije pa nije moguće procijeniti ukupni instalirani toplinski učin i potrošnju energije koja dolazi iz takvih izvora energije.

Nacionalni dokumenti iz područja energetike nalažu veće iskorištavanje plitke geotermalne energije s obzirom na to da je učinkovitost sustava koji je koriste veća od onih koji koriste konvencionalne, fosilne izvore energije, ali i od dizalica topline zrak - voda i zrak - zrak koje kao toplinski izvor koriste zrak. Istodobno, potencijal iskorištavanja plitkih geotermalnih izvora energije u Hrvatskoj ocijenjen je značajnim. Osnovna prepreka široj primjeni tog energetskeg i termotehničkog rješenja je tehnički i financijski zahtjevniji postupak planiranja, projektiranja i izvođenja, ali i to što takva rješenja i primjeri dobre prakse nisu u značajnoj mjeri vidljivi u široj stručnoj zajednici.

Interdisciplinarni projektni tim koji se sastoji od stručnjaka s dvije domaće znanstveno-obrazovne institucije: Fakulteta strojarstva i brodogradnje (FSB) i Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (RGN) i iz tvrtke za projektiranje i nadzor izvedbe takvih sustava (TT Inženjering d.o.o.) planira provesti aktivnosti prikupljanja podataka o izvedenim sustavima i izradu interaktivne GIS karte, što će omogućiti procjenu potrošnje energije koja potječe iz sustava plitke geotermalne energije, ali i povećanje znanja o izvedenim sustavima i o geotermalnim potencijalima plitkih geotermalnih izvora u Hrvatskoj.

Očekuje se da će razvijeni javno dostupni alati, ali i aktivnosti na informiranju i povećanju vidljivosti značajno doprinijeti prepoznatljivosti takvog tehničkog rješenja, ojačati kapacitet u njegovoj primjeni i pomoći svima koji sudjeluju u planiranju, projektiranju i ulaganju u povećanje kapaciteta za proizvodnju energije iz plitkih geotermalnih izvora.

CILJ PROJEKTA

Cilj projekta je provođenje sveobuhvatnog pregleda instaliranih sustava plitke geotermalne energije u Hrvatskoj, što će za rezultate imati:

- uspostavu baze izvedenih sustava plitke geotermalne energije i sustava njezinog dopunjavanja
- ocjenu potrošnje energije koja potječe iz sustava plitke geotermalne energije
- izradu interaktivne GIS karte za pregled i vizualizaciju podataka
- povećanje znanja o iskorištavanju potencijala plitke geotermalne energije u Hrvatskoj.

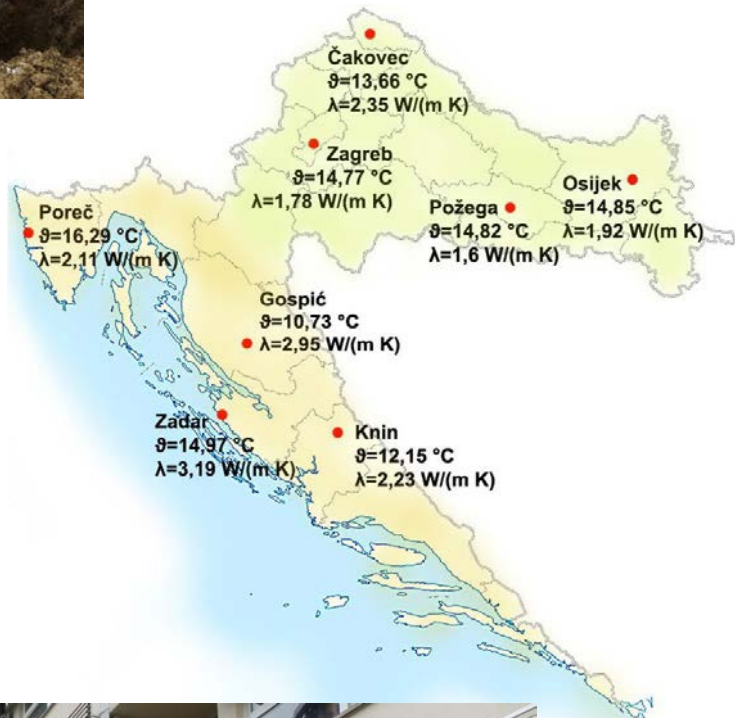
OSNOVNI PODACI O PROJEKTU:

- naziv: Projekt 'Mapiranje plitkih geotermalnih sustava u Republici Hrvatskoj' (PLIGES), ref. broj 111
- vrijednost projekta: 197 950,75 eura
- financiranje: 100% bespovratnim sredstvima
- ukupno trajanje projekta: 1. veljače 2023. - 30. travnja 2024.

SUDIONICI U PROJEKTU:

- nositelj:
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- partneri u projektu:
Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
TT Inženjering d.o.o., Zabok
- upravitelj programa:
Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije, Zagreb
- programski partner:
Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb

Projekt 'Mapiranje plitkih geotermalnih sustava u Republici Hrvatskoj' (PLIGES), ref. broj 111, financiraju Island, Lihtenštajn i Norveška u sklopu Financijskog mehanizma Europskog gospodarskog prostora (EGP) 2014. - 2021. uz nacionalno sufinanciranje Republike Hrvatske u okviru provedbe Programa 'Energija i klimatske promjene'.



OPIS PROJEKTA

Klimatske promjene i onečišćenje okoliša kojima se u posljednje vrijeme može posvjedočiti cijelo čovječanstvo usmjeravaju prema nužnoj i široj primjeni obnovljivih izvora energije i niskougljičnih energetske tehnika. Ambiciozan plan Europske unije o ugljičnoj neutralnosti do 2050. godine postavlja velike izazove pred stručnu javnost i sve druge odgovorne čimbenike. Europski zeleni plan o klimatskoj neutralnosti neće biti moguće postići, ako se u njegovoj primjeni i provedbi energetske tranzicije ne obuhvati dekarbonizacija raznih područja termotehnike i energetike, a time i sustava grijanja. Sve je to prepoznato u nacionalnim dokumentima pa je korištenje obnovljivih izvora (uključujući vjetar, Sunce, vodu, biomasu i geotermalnu energiju) određeno kao poseban nacionalni interes u Strategiji energetskog razvitka Republike Hrvatske i u zakonodavnom okviru vezanom uz energetiku. Integrirani nacionalni energetske i klimatski plan Republike Hrvatske nalaže veće iskorištavanje plitke geotermalne energije s obzirom na to da je učinkovitost sustava koji je koriste višestruko veći od onih koji koriste konvencionalne, fosilne izvore, dok je potencijal za iskorištavanje plitkih geotermalnih izvora energije u Hrvatskoj ocijenjen značajnim.

Osim veće učinkovitosti u odnosu na konvencionalne, fosilne izvore energije za grijanje, geotermalni sustavi s dizalicama topline imaju svoje prednosti u odnosu na najčešću izvedbu dizalica topline, onu koja koristi zrak kao toplinski izvor i čija je primjena posljednjih godina u progresivnoj ekspanziji. Dizalice topline povezane s tlom (dizalice topline tlo - voda i voda - voda) su, u odnosu na one koje koriste zrak kao toplinski izvor, energetske učinkovitije i doprinose smanjenju emisije štetnih plinova, vizualno

i praktično su prihvatljivije za ugradnju i ne uzrokuju probleme s bukom. S druge strane, imaju zahtjevniji postupak planiranja, projektiranja i izvođenja pa posljedično zahtijevaju i veća ulaganja. Za njihovo izvođenje potrebna je stručnost u područjima geologije, hidrogeologije i strojarstva. S obzirom na to da je udio takvih izvedenih sustava u primjeni za grijanje značajno manji od ostalih, postojeća tehnička rješenja i primjeri dobre prakse nisu u značajnoj mjeri vidljivi u široj stručnoj zajednici.

Kako je već naglašeno da postoji potreba za prikupljanjem svih relevantnih podataka o instaliranim sustavima i o energiji koja je potrebna za grijanje i hlađenje, a dobivena je korištenjem plitkih geotermalnih izvora energije u Hrvatskoj, osnovan je interdisciplinarni projektni tim stručnjaka FSB-a, RGN-a i TT Inženjeringa.

Projektni tim s FSB-a koji je ujedno i nositelj projektne prijave zadužen je za prikupljanje i obradu podataka sustava grijanja i izradu interaktivne GIS karte, dok je projektni tim s RGN-a zadužen za prikupljanje i obradu podataka o izvedenim sustavima u tlu za izravno ili neizravno iskorištavanje energije iz tla, a projektni tim iz TT inženjeringa zadužen je za podatke vezane uz funkcionalnost i tehničko stanje izvedenih sustava.

Svi projektni partneri imaju administrativne stručnosti za provođenje projekta, dok stručnost cijele projektne skupine proizlazi iz do sada provedenih istraživačkih projekata i aktivnosti i ostvarenih projekata. U okviru konzultantskih usluga, revizija i kontakata s geološkim tvrtkama, geolozima i hidrogeolozima i projektantima, članovi projektnog tima već imaju pristup dijelu podataka o plit-

kim geotermalnim izvorima i u mogućnosti su prikupiti velik broj podataka o instaliranim geotermalnim dizalicama topline s okomito i vodoravno položenim izmjenjivačima u tlu, ali i podzemnim zdencima i uvrstiti ih u uspostavljenu bazu podataka. Sve to je podloga za aktivnosti procjene potrošnje energije koja dolazi iz sustava plitke geotermalne energije i izradu interaktivne GIS karte.

U sklopu projektnih aktivnosti predviđeno je objedinjavanje dostupnih podataka o izvedenim sustavima, dok dodatno prikupljanje podataka uključuje upitnike i intervju s predstavnicima uključenih tvrtki (bušača, projektanata i izvođača) i analizu dostupnih elaborata. S obzirom na to da izvedena infrastruktura u tlu (izmjenjivači, zdenci) predstavlja samo preduvjet, a ne i jamstvo iskorištavanja pitke geotermalne energije i da u praksi postoje sustavi koji su zbog različitih razloga nefunkcionalni ili samo djelomično funkcionalni, predviđen je terenski obilazak sustava.

Osim traženih podataka o bušotinama i zdencima koji su propisani pozivom, projektni tim će nastojati podatke upotpuniti s litološkim profilom duž bušotina, na lokacijama gdje je dostupan. Litološki profil tla može biti iznimno koristan podatak za planiranje budućih bušotina i zdenaca, a sastavni je dio pojedinih inozemnih baza podataka.

Uspostavljena baza podataka temelj je interaktivne GIS karte koja će omogućiti pregled, vizualizaciju, unos i praćenje svih skupova podataka vezanih uz plitke geotermalne izvore energije u Hrvatskoj i njihovo iskorištavanje. Dodatno, registrirani korisnici platforme moći će izvesti slike i preuzeti izvješće (u formatu pdf), koje će na jednom mjestu imati prikupljene informacije sadržane u atributnim tablicama za odabrano područje.

Osim GIS karte, na temelju prikupljenih podataka izradit će se metodologija za procjenu privedene električne i proizvedene toplinske energije sustavima plitke geotermalne energije. Uz to, razvit će se i alat za inicijalnu procjenu ulaganja u plitke geotermalne sustave s obzirom na potrebe i namjenu zgrade, koji će biti namijenjen široj stručnoj zajednici, investitorima i planerima.

U okviru aktivnosti na informiranju i povećanju vidljivosti, osim o ciljevima i rezultatima projekta, planirano je informiranje ciljanih skupina (znanstvene i stručne javnosti, državnih i lokalnih javne tijela i ustanova, obrazovnih skupina mladih, opće javnosti) o važnosti plitke geotermalne energije i dizalica topline u postizanju ugljične neutralnosti. Sve to uključuje prednosti i ograničenja korištenja tehničkih rješenja, postupanje u skladu s dobrom inženjerskom praksom pri projektiranju i izvođenju i primjere izvedenih sustava. Planirano je i izravno informiranje o rezultatima projekta i razvijenim alatima predstavnika regionalnih i državnih agencija, stručnih komora, tvrtki, dobavljača opreme, znanstvenih i obrazovnih institucija i organizacija koje djeluju u području obnovljivih izvora i održivog razvoja, izrada publikacija o procesu izvođenja takvih sustava i organizacija dvije radionice (jedne u primorskom i jedne u istočnom dijelu Hrvatske) koje su namijenjene stručnoj javnosti i predstavnicima lokalne vlasti, tijela i ustanova i organizacija završne radionice u Zagrebu s ciljem uključivanja predstavnika državnih tijela i ustanova.

Očekuje se kako će sve izneseno značajno doprinijeti povećanju znanja o geotermalnim potencijalima plitkih geotermalnih izvora u Hrvatskoj kako bi se unaprijedio razvoj projekata iskorištavanja geotermalne energije.

DOPRINOS ISHODIMA POZIVA 'IZRADA BAZE PODATAKA PLITKE GEOTERMALNE ENERGIJE'

Glavni ishod Poziva 'Izrada baze podataka plitke geotermalne energije', na osnovi čega se projekt PLIGES i ostvaruje, je povećana proizvodnja energije iz obnovljivih izvora.

Metodologija za ostvarivanje ishoda Poziva je sljedeća. Povećana proizvodnja energije iz obnovljivih izvora osniva se na povećanju vidljivosti tehničkog rješenja, ojačanim kapacitetima za njegovo iskorištavanje i izradi javno dostupnih alata u sklopu projekta. Budući da u Hrvatskoj sve nove zgrade moraju ispunjavati zahtjeve zgrada gotovo nulte energije (nZEB), a vrlo skoro se očekuje i uvođenje zgrada gotovo nulte emisije (ZEB), dizalice topline pobuđuju sve više zanimanja struke, investitora i šire javnosti. Osim u zgradarstvu, poremećaji cijena energenata predstavljaju značajan izazov i u industriji. Stoga je jasan progresivan porast broja instaliranih dizalica topline, a u svemu tome geotermalne dizalice topline imaju svoje mjesto.

U posljednjih nekoliko godina diljem Hrvatske (Osijek, Koprivnica, Varaždin, Zagreb, Karlovac, Labin, Poreč) izvedeno je više sustava s dizalicama topline koje koriste podzemnu vodu ili tlo kao toplinski spremnik (izvor), najčešće u okomitoj izvedbi, s bušotinskim izmjenjivačima topline.

Daljnjem porastu broja instaliranih dizalica topline svakako bi pridonijelo usustavljanje izvedenih projekata u bazi podataka koja bi sadržavala korisne informacije vezane za njihove parametre. Izrada spomenute baze izvedenih sustava otvara mogućnost promicanja tog rješenja pred širom zajednicom i jednostavnije ističe njegove komparativne prednosti. Kao što je već ranije spomenuto, potencijalni investitori i korisnici takvog rješenja zanimaju se za dobre primjere iz prakse.

U sklopu projekta predviđena je organizacija tri radionice za podizanje tehničkih kapaciteta instalatera, projektanata, djelatnika jedinica regionalne i lokalne samouprave i šire javnosti. Provodit će se i niz drugih aktivnosti s ciljem podizanja svijesti o pogodnostima dizalica topline i razine kompetencija za njihovu primjenu, čime će se posredno utjecati na ranije naveden ishod Poziva.

Baza podataka s detaljnim podacima o izvedenim sustavima poslužit će za modeliranje i procjenu godišnje proizvodnje toplinske energije iz plitkih geotermalnih izvora u MW h. Isti će se model koristiti za procjenu smanjenja emisija ugljikovog dioksida u odnosu na konvencionalne sustave grijanja i hlađenja.

DOPRINOS NEPOSREDNOM REZULTATU POZIVA 'IZRADA BAZE PODATAKA PLITKE GEOTERMALNE ENERGIJE'

Neposredni rezultat Poziva 'Izrada baze podataka plitke geotermalne energije', na osnovi čega se projekt PLIGES i ostvaruje, su ojačani kapaciteti za upravljanje i promicanje obnovljivih izvora.

Projektni tim s FSB-a, RGN-a i TT inženjeringa u sklopu različitih oblika vođenja i suradnje sudjeluje u više znanstvenih, stručnih i izvedbenih projekata s dizalicama topline koje koriste plitku geotermalnu energiju pa će to bogato iskustvo iskoristiti za proizvodnju sveobuhvatne baze podataka temeljenu na GIS-u s mogućnošću vizualizacije različitih slojeva. Alat će imati mogućnost prikaza svih postojećih lokacija na kojima se koristi plitka geotermalna energija. Baza podataka velika je pomoć stručnjacima koji planiraju i projektiraju buduće sustave, ali i investitorima i krajnjim korisnicima koji će na osnovi specificiranih sustava imati priliku doći do realnih primjera iskustava iz prakse.

Budući je u geologiji izuzetno važna mikrolokacija, takav pristup dodatno će pomoći u boljem planiranju i projektiranju. Shodno tome, očekuje se značajan interes registriranih korisnika koji će obuhvatiti geologe, hidrogeologe, projektante termotehničkih sustava i širu tehničku zajednicu.

Doprinos Neposrednom rezultatu Poziva ostvaruje se organizacijom niza edukativnih djelatnosti za različite ciljne skupine. Iznimno važan dio za jačanje kapaciteta i promicanje tehničkog rješenja je diseminacija rezultata projekta u sklopu organizacije tri radionice za podizanje tehničkih kapaciteta instalatera, projektanata, djelatnika jedinica regionalne i lokalne samouprave i šire javnosti. Radionice će se organizirati regionalno (okvirno u Osijeku, Zadru i Zagrebu) i bit će otvorene za svu zainteresiranu javnost.

Predviđena je izrada brošuri i edukacijskih materijala o izvedbi i primjeni rješenja koja se obrađuje u sklopu projekta, a koji predstavljaju trajan izvor materijala za učenje zainteresiranim čimbenicima. U partnerstvu sudjeluju i dva fakulteta, a njihovi zaposlenici nastavit će prenositi znanje stečeno u projektu na studente, ali i na druge stručnjake u okviru svojeg znanstvenog i stručnog rada. U te dvije visokoškolske ustanove osigurat će se trajan prijenos znanja i projektnih spoznaja, što će i u budućnosti utjecati na Neposredni rezultat Poziva.

ULOGA PARTNERA U OSTVARENJU PROJEKTA



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje
10 000 Zagreb
Ulica Ivana Lučića 5
www.fsb.unizg.hr

Partner prijavitelj Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu prisutan je u području dizalica topline koje iskorištavaju plitke geotermalne potencijale od 2007. godine, kada je pionirski krenuo sa znanstvenoistraživačkim projektom 'Dizalice topline s korištenjem tla kao obnovljivim toplinskim spremnikom' koji je financiralo tadašnje Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa. U sklopu tog projekta na FSB-u je 2009. godine izvedena ispitna bušotina dubine 100 m i opremljena temperaturnim sondama. Potom je 2011. godine izveden je prvi mobilni uređaj za ispitivanje toplinskog odziva tla (TRT) u Hrvatskoj.

Prikupljena iskustva korištena su za prijavu i realizaciju IPA IIIC projekta 'Istraživanje i promocija plitkih geotermalnih potencijala u Republici Hrvatskoj' (2013. - 2015.). U sklopu tog projekta provedeno je mapiranje geotermalnog potencijala na osam lokacija diljem Hrvatske korištenjem napredne distributivne metode određivanja toplinskih svojstava tla: u Osijeku, Požegi, Čakovcu, Zagrebu, Gospiću, Poreču, Zadru i Kninu.

Slijedio je supervizorski i konzultantski rad članova projektnog tima s FSB-a na projektu CheapGSHP (2015. - 2019.) iz programa 'Obzor' u sklopu čega je na Tehničkom muzeju Nikola Tesla u Zagrebu izvedeno pilot-postrojenje s tri koaksijale i tri 2U cijevi s visokotemperaturnom dizalicom topline za grijanje dijela izložbenog prostora.

Također je tim FSB-a u proteklih desetak godina sudjelovao na provedbi mjerenja toplinskih svojstava tla na 20-tak lokacija diljem Hrvatske, na kojima je prikupio vrijedne rezultate. Iz svega toga proizlazi stručni i znanstveni kapacitet FSB-a kao vodećeg partnera.

Kao Partner prijavitelj, tim FSB-a će koordinirati projektne aktivnosti u projektnom timu s ciljem osiguravanja uspješne provedbe projekta. Za provedbu aktivnosti 'Upravljanje projektom' i 'Informiranje i komunikacija' predviđeno je zapošljavanje nove osobe kao asistenta voditelja projekta. Nadalje, tim će sudjelovati u poslovima na usustavljanju podataka o izvedenim sustavima za potrebe izrade baze podataka i procjene proizvede toplinske energije iz sustava od interesa i vodit će aktivnost izrade interaktivne GIS karte. Članovi projektnog tima također će sudjelovati u aktivnosti 'Informiranje i komunikacija' (izrada brošura, priručnika, organizacije radionica, konferencija, pisanje stručnih i znanstvenih radova).

Prvi partner, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu aktivno sudjeluje u provođenju istraživanja koja se odnose na karakterizaciju termogeoloških svojstava tla i stijena (toplinska vodljivost, toplinski kapacitet, toplinska difuznost, geotermalni gradijent), koja su iznimno važna u pridobivanju toplinske energije sadržane u tlu i stijenama. Sastavni dio djelatnosti RGN-a je geološka i hidrogeološka karakterizacija mikrolokacija i makrolokacija, kako bi se dobili što točniji podaci i modeli iskorištavanja toplinske energije tla i podzemnih voda. Hidrogeološka istraživanja tu imaju posebnu ulogu, s obzirom da su podaci o hidrauličkoj vodljivosti, transmisivnosti i koeficijentu uskladištenja potrebni pri projektiranju sustava koji koriste podzemne vode kao toplinski izvor.

Stoga će RGN pridonijeti razvoju projekta interpretacijom geoloških okruženja u kojem se trenutačno instalirani sustavi bušotinskih izmjenjivača i zdenaca nalaze i to na temelju prikupljenih podataka od investitora ili izvođača bušotinskih radova, koji se odnose na pregled dokumentacije opisanih nabušenih uzoraka, tamo gdje je takva dokumentacija dostupna. Temeljne geološke karte Hrvatske također će se koristiti kao podloga zainteresiranim stranama za interpretaciju geoloških i hidrogeoloških obilježja područja. Sukladno geološkim, hidrogeološkim, termogeološkim i klimatskim značajkama

područja utvrdit će se prosječni toplinskih prinosi bušotinskih izmjenjivača topline kao jedan od ishoda projekta. Na temelju tih rezultata izradit će se inicijalne karte za pretkalkulaciju različitih parametara (mogući toplinski prinosi na temelju odabranog geotermalnog tehničkog sustava, npr. različite izvedbe bušotinskih izmjenjivača, zdenci i sl.) i provesti procjena troškova izvedbe sustava koji koriste plitku geotermalnu energiju, s obzirom na različitosti izvedbe (troškovi izrade bušotine: bušenja, ugradnje bušotinskog izmjenjivača, opremanje zdenaca i sl., troškovi izvedbe površinskog sabirnog sustava, troškovi termotehničkog sustava na strani korisnika, npr. dizalica topline, ogrjevnog tijela i sl.) na temelju tipskih mjera za područje Hrvatske.

Kao partner na projektu RGN ima prethodna iskustva za provedbu projekta, posebice aktivnosti koje se odnose na karakterizaciju termogeoloških, geoloških i hidrogeoloških uvjeta koji su nužni pri projektiranju plitkih geotermalnih sustava. Pri tome će tim s RGN-a sudjelovati u poslovima na usustavljanju podataka o izvedenim sustavima za potrebe izrade baze podataka i procjene proizvede toplinske energije iz sustava od interesa. Članovi projektnog tima također će sudjelovati u aktivnosti 'Informiranje i komunikacija' (izrada brošura i priručnika, organizacija radionica i konferencija, pisanje stručnih i znanstvenih radova).

Drugi partner je tvrtka TT Inženjering d.o.o. Osnovana je 2006. godine, a osnivač i jedini vlasnik je Goran Tomek, dipl. ing. Tvrtka se bavi projektiranjem i nadzorom strojarskih instalacija grijanja, hlađenja, plina, ventilacije, klimatizacije i pare, strojarsko-tehnoloških instalacija, vodovoda i kanalizacije. Iza tvrtke je dugogodišnje iskustvo u projektiranju i nadzoru strojarskih instalacija različite veličine i složenosti, a između ostalog, i u ukupno 22 sustava za iskorištavanje plitke geotermalne energije. Osnova uloga TT Inženjeringa kao partnera na projektu je podrška pri izradi baze podataka, obilazak izvedenih sustava i prikupljanje tehničke dokumentacije o izvedenim sustavima i stručna procjena funkcionalnosti (puna, djelomična, nefunkcionalna) izvedenih sustava. Tvrtka će sudjelovati na projektnim radionicama s temama vezanim uz projektiranje sustava plitke geotermalne energije i primjerima dobre prakse. Za potrebe izrade materijala u sklopu aktivnosti informiranja i vidljivosti, iskustva partnera s investitorima u sustave grijanja, hlađenja i ventilacije koristit će za izradu brošura i priručnika za iskorištavanje plitke geotermalne energije (aktivnost 'Informiranje i komunikacija').

STRUČNI I ADMINISTRATIVNI KAPACITETI PRIJAVITELJA I PARTNERA ZA PROVEDBU PROJEKTA

FSB



Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu vodeća je ustanova u obrazovanju, znanosti i stručnosti u području strojarstva, brodogradnje i zrakoplovstva u Hrvatskoj. Kontinuirano i odgovorno obrazuje mlade naraštaje, a provodi i cjeloživotnu izobrazbu stručnjaka. Fakultet trenutačno čini 13 zavoda, 40 katedri i 50 laboratorija smještenih u četiri zgrade i oko 400 zaposlenih, od čega gotovo polovica u znanstveno-nastavnim zvanjima. Fakultet uživa veliki ugled u međunarodnoj akademskoj zajednici, što se očituje u suradnji s brojnim akademskim ustanovama i tvrtkama u Hrvatskoj i izvan nje. Dokaz tome su brojni projekti koji su uspješno provedeni i oni koji su u statusu provedbe. U bazi projekata Fakulteta navedeno je 95 završenih projekata, pri čemu 79% otpada na znanstvene, a 15% na stručne.

Ukupni proračun završenih projekata iznosi 83,75 milijuna eura, od čega se 13,8 mil. eura odnosi na udio FSB-a. Trenutačno je u aktivnoj provedbi 96 projekata ukupne vrijednosti veće od 330 mil. eura, a od čega je udio FSB-a 29,33 mil. eura. Od projekata u statusu provedbe 71% je financirano iz Europskog fonda za regionalni razvoj, 19% iz programa 'Obzor 2020.', a ostatak iz drugih linija financiranja.

U provedbi projekata podršku pruža stalno zaposleno administrativno osoblje organizirano u Službi za projekte i mobilnosti (četiri stalno zaposlene osobe), nabavnoj službi (dvije stalno zaposlene osobe) i financijskoj službi (12 stalno zaposlenih osoba). Sve te brojke oslikavaju i potvrđuju da Fakultet ima administrativni kapacitet i iskustvo potrebno za upravljanje i provedbu projekata financiranih bespovratnim sredstvima. Stručna i znanstvena djelatnost članova projektnog tima s FSB-a posvećena je temama racionalne upotrebe energije, obnovljivim izvorima, modeliranju procesa i eksperimentalnom vrednovanju termotehničkih sustava s posebnim naglaskom na integraciju i primjenu dizalica topline povezanih s tlom.

Sa zainteresiranim tvrtkama ostvaruju su različiti oblici suradnje: od izrade idejnih rješenja, preko projektiranja, mjerenja i ispitivanja i konstrukcije termotehničkih uređaja, do savjetodavnih usluga, organizacije seminara i drugih oblika obrazovanja.

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu ustrojava i izvodi sveučilišne studije i bavi se znanstvenim i stručnim radom u znanstvenom području tehničkih znanosti, u znanstvenom polju Rudarstvo, nafta i geološko inženjerstvo (jedini u Hrvatskoj) i u znanstvenom području prirodnih znanosti, u znanstvenom polju Geologije (jedan od dva visoka učilišta u Hrvatskoj). Fakultet ima značajno iskustvo u edukaciji studenata i djelatnika javnog i privatnog sektora, ali i građana i to u sklopu doktorskih studija, stručnih studijskih programa i sudjelovanja u različitim međunarodnim, domaćim i stručnim projektima. Fakultet je registriran, između ostalog, za djelatnosti visokog obrazovanja, izdavanje knjiga, časopisa i periodičkih publikacija, pokusno bušenje i sondiranje terena, tehničko ispitivanje i analize, hidrogeološka istraživanja, izradu rudarskih projekata istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina itd.

Fakultet ima 167 zaposlenika, od čega ih 35 radi kao administrativna podrška, a ostatak u znanstveno-nastavno-stručnom radu. Od ukupnog broja djelatnika, 24 ima iskustva u radu s europskim projektima. U provedbi projekata Fakultet ima iskustva s upravljanjem projektima kao voditelj međunarodnih projekata (sedam provedenih i 14 trenutno aktivnih). Od međunarodnih projekata RGN je uključen u provedbu projekata iz programa 'Obzor 2020.' (dva provedena, tri aktivna: AGAMERA, HyStorIES, STRATEGY CCUS, EXERTER), programa EIT RawMaterials (osam provedenih, devet aktivnih: EIT RM HUB, InvestRM, MineHeritage, iTARG3T, ENGIE, TrainESEEv.2., MOBI-US, RM@SCHOOL-ESEE, DIM ESEE-2), programa Erasmus+ (jedan proveden, tri aktivna: GEB, CiELO, LOOP), Međunarodne agencije za nuklearnu energiju - IAEA-e (jedan proveden, dva aktivna), tri provedena FP7 projekta, tri provedena FP6 projekta, a provodi i bilateralnu suradnju (16 provedenih i jedan aktivan projekt). Uz spomenute međunarodne projekte, Fakultet sudjeluje u provedbi projekata Hrvatske zaklade za znanost, ESI fondova (od kojih je najveći VIRTULAB - Integrirani laboratorij za primarne i sekundarne sirovine u vrijednosti 1 882 835,26 eura upravo uspješno proveden) i Potpore istraživanjima Sveučilišta u Zagrebu. U svim tim projektima Fakultet je sudjelovao i radio na poslovima komunikacije, promicanju rezultata i održavanju radionica u sklopu tih projekata.

Uz znanstveni i istraživački rad Fakultet ima suradnju s gospodarstvom. S obzirom na sve to, djelatnici RGN-a imaju iskustva u pripremi i provođenju izvještaja, vođenju i sudjelovanju na različitim projektima, a Fakultet ima vlastito računovodstvo. Ukupni godišnji promet RGN-a u 2021. godini iznosio je oko 7,63 mil. eura.

POPIS PRETHODNO PROVEDENIH PROJEKATA (FINANCIRANIH IZ MEĐUNARODNIH SREDSTAVA I/ILI SREDSTAVA EUROPSKE UNIJE)

naziv projekta	ukupna vrijednost projekta	uloga prijavitelja/partnera u provedbi projekta	kratak opis projekta
<p>IPA IIIC: Istraživanje i promocija korištenja plitkih geotermalnih potencijala u RH - GeothermalMapping (2013. - 2015.)</p>	<p>509 695,36 eura</p>	<p>FSB: voditelj projekta</p>	<p>U sklopu IPA projekta GeothermalMapping znanstvenici FSB-a (nositelja projekta) u suradnji s Hrvatskim geološkim institutom (partnera) proveli su istraživanja u području grijanja i hlađenja izgrađenih prostora korištenjem dizalica topline koje su pomoću bušotinskih izmjenjivača topline povezane s tlom. Za vrijeme trajanja projekta uspješno je izvedeno sedam istražnih bušotina dubine 100 m i jedna bušotina dubine 130 m (Zagreb) na geološki različitim lokacijama, odabranim prema preporuci HGI-ja.</p> <p>Na istražnim bušotinama provedena su mjerenja toplinskog odziva tla, uz istovremeno ispitivanje sastava tla uzimanjem uzoraka iz slojeva kroz koje prolazi bušotina. Pri samim mjerenjima korištena je nova metoda za određivanje toplinskih svojstava tla, tzv. distribuirano mjerenje toplinskog odziva (engl. distributed thermal response test), upotrebom optičkih kabela ugrađenih u cijevi izmjenjivača topline.</p> <p>Pri provedbi projekta korištene su usluge konzultanta Joséa Acuña s Kraljevske tehničke visoke škole (KTH) iz Stockholma u Švedskoj.</p> <p>Sve suradničke institucije opremljene su dizalicama topline tlo - voda u svrhu iskorištavanja tla kao obnovljivog izvora energije. S obzirom na to da su suradnici na projektu srednje škole i jedan institut, izvedeni pilot-sustavi koriste se u demonstracijske svrhe i za daljnje promicanje tog tehničkog rješenja i edukaciju budućih krajnjih korisnika. Suradničke institucije pokazale su zavidan interes pri provedbi projekta: Strojarska tehnička škola Osijek, Tehnička škola Požega, Tehnička škola Čakovec, Strukovna škola Gospić, Tehnička škola Zadar, Srednja strukovna škola 'Kralj Zvonimir' iz Knina i Institut za poljoprivredu i turizam iz Poreča.</p>
<p>SEAHEaT - Sea for Heritage Energy Transition (travanj 2022. - travanj 2024.)</p>	<p>957 759,41 eura</p>	<ul style="list-style-type: none"> • FSB: partner na projektu • RGN: partner na projektu 	<p>Projekt 'Sea for Heritage Energy Transition' (SEAHEaT) promiče energetska obnovu zaštićenih zgrada ugradnjom dizalica topline koje kao primarni energent koriste morsku vodu. Projekt je odobren za financiranje u sklopu poziva 'Proizvodnja energije iz mora' iz programa 'Energija i klimatske promjene' koji se provodi u okviru Financijskog mehanizma Europskog gospodarskog prostora 2014. - 2021.</p> <p>Projekt u trajanju 24 mjeseca i s ukupnim proračunom od 957 759,41 eura sa stopom sufinanciranja od 85% u svojstvu nositelja provodi Specijalna bolnica za ortopediju i rehabilitaciju 'Martin Horvat' iz Rovinja. Ostali projektni partneri su Istarska regionalna energetska agencija (IRENA), FSB, RGN i Apenhet AS, neprofitna organizacija iz Norveške.</p>

naziv projekta	ukupna vrijednost projekta	uloga prijavitelja/partnera u provedbi projekta	kratak opis projekta
<p>Agile Exploraton and Geo-modelling for European Critical Raw Materials (1. kolovoza 2022. - 31. srpnja 2025.)</p>	<p>7 494 662,50 eura</p>	<p>RGN: partner na projektu</p>	<p>Novi okolišni, gospodarski i društveni zahtjevi u tranziciji Europske unije na niskouglično i digitalno gospodarstvo zahtijevaju razvoj i primjenu inovativnih metoda, tehnologija i tehnika u istraživanju minerala. Europska komisija odobrila je financiranje projekta AGEMERA kojim će se provesti vrhunska geološka i geofizička lokalna istraživanja na ukupno ~ 4700 km² radi detaljnog mapiranja kritičnih mineralnih sirovina (CRM) u šest zemalja EU-a i u Zambiji.</p> <p>Geofizičkim istraživanjima na terenu demonstrirat će se tri nove neinvazivne metode istraživanja (do TRL5) temeljene na daljinskom očitavanju i srodnoj analizi podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pasivne seizmičke metode • sustav bespilotnih letjelica s više senzora koji kombinira magnetsko, radiometrijsko i elektromagnetsko detektiranje • multidetektor na osnovi mionskog sustava detekcije gustoće. <p>Kreirat će se SoftGIS baza podataka i analiza s otvorenim pristupom o društvenim, kulturnim, okolišnim i ekonomskim problemima vezanim uz rudarstvo i istraživanje minerala. Ti će podaci omogućiti izradu karata socioekonomskog potencijala koje će se koristiti usporedno s kartama geološkog potencijala kako bi se mogao osigurati temelj za društveno prihvatljivo i održivo rudarenje.</p>
<p>SEADRION - Fostering diffusion of Heating & Cooling technologies using the seawater pump in the Adriatic-Ionian Region (2018.-2021.)</p>	<p>823 656,00 eura</p>	<p>FSB: voditelj projekta</p>	<p>Interreg projekt SEADRION – Poticanje razvoja tehnologija grijanja i hlađenja pomoću dizalica topline koje koriste morsku vodu u Jadransko-jonskoj regiji sufinancirani je projekt iz Europskog fonda za regionalni razvoj čija je svrha poboljšati inovacijske sposobnosti u području dizalica topline i povećati broj dizalica topline na morsku vodu na području Jadransko-jonske regije.</p> <p>Glavni cilj projekta je uspostavljanje transnacionalne mreže dizalica topline s morskom vodom za potporu znanstvenoj i tehnološkoj suradnji između istraživačkih institucija i poduzeća kako bi se poboljšala inovacijska sposobnost sektora dizalica topline i korištenje grijanja i hlađenja temeljene na dizalici topline morske vode u Jadransko-jonskoj regiji.</p> <p>Na projektu sudjeluje 6 institucija iz 4 države: Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu - UNIZAG FSB, kao vodeći partner, i Dubrovačka razvojna agencija - DURA (Hrvatska), Goriška lokalna energetska agencija - GOLEA i Općina Izola (Slovenija), Centar za istraživanje i tehnologiju - CERTH (Grčka) te Nacionalna agencija za prirodne resurse - AKBN (Albanija).</p> <p>Tijekom provedbe projekta instalirana su tri pilot postrojenja dizalica topline morska voda - voda, dva u Hrvatskoj te jedno u Grčkoj, s ciljem definiranja problema i prepreka na koje se nailazi tijekom implementacije takvih sustava (administracija, izvođenje, utjecaj na okoliš) te praćenja njihovog rada (potrošnja, učinkovitost, uštede). Također, u sklopu projekta provedena je energetska i ekonomska analiza te analiza utjecaja na okoliš primjene dizalica topline morska voda - voda za reprezentativne objekte svake od četiriju države partnera s ciljem stvaranja oglednog predloška / primjera za sve interesne skupine u namjeni održavanja uspješne implementacije istih.</p>

ODRŽIVOST PROJEKTA

S obzirom na to da projektom nije predviđena nabavka opreme, nije nužno ni planirati troškove njezinog održavanja ili osiguranja. Troškovi koji nastaju nakon provedbe projekta uključuju troškove domena, održavanja mrežnih stranica i zakup licenci. Troškovi održavanja baze podataka i GIS karte utvrđeni su na temelju procijenjenih troškova te primjenom utvrđenih iznosa iz ranije sklopljenih ugovora.

Ciljani ishod predloženog projekta je formiranje baze plitke geotermalne energije u Hrvatskoj u obliku javno dostupne mrežne aplikacije s uključenim podacima o energetske potencijalu (u MW h) pojedinih lokacija i o utjecaju na smanjenje emisije stakleničkih plinova u odnosu na konvencionalne sustave grijanja i hlađenja u zgradarstvu i industriji. Mrežna aplikacija uključivat će poveznicu na interaktivnu GIS kartu prikladnu za pohranu, ažuriranje i predstavljanje rezultata rada na projektu, a za potrebe jačanja stručnog i savjetodavnog kapaciteta projektne skupine.

Mrežna aplikacija će se nakon pokretanja redovito ažurirati novim podacima tijekom provedbe predloženog projekta i u narednom razdoblju od najmanje pet godina nakon provedbe projekta. Ažuriranje podataka provodit će se dvaput godišnje ili pri unosu podataka u bazu za više od 20 novih sustava. Također, sam sustav mrežne aplikacije redovito će održavati nadležni administrator, odnosno voditelj predloženog projekta, vodeći računa o isticanju podrške Islanda, Lihtenštajna i Norveške u provedbi projektne aktivnosti.

Vlasnik mrežne aplikacije biti će FSB, a pri završetku projekta svi partneri na projektu potpisat će se pismo namjere o nastavku suradnje na održavanju i popunjavanju baze podataka.

Osim osnovnih elemenata propisanih Pozivom, u sklopu mrežne aplikacije predviđena je integracija kalkulatora za inicijalnu procjenu ulaganja u sustave plitke geotermalne energije. To bi predstavljalo prvi takav alat u Hrvatskoj pa bi, uz izrađeni priručnik za izvedbu takvih sustava, pružalo podršku investitorima i stručnoj zajednici koji se prvi put susreću s takvim tehničkim rješenjem. Na mrežnoj aplikaciji se dodatno planira, nakon završetka provedbe projekta, omogućiti zainteresiranim pojedincima imati uvid u tvrtke koje sudjeluju u projektiranju, izvođenju te nabavi opreme i radova. S druge strane bi se navođenje tvrtki na mrežnoj stranici koristilo kao izvor sredstava za održavanje na godišnjoj razini nakon provedbe projekta.

Trošak održavanja se također planira namiriti iz redovnih sredstava projektne partnera prikupljenih u sklopu suradnje s tvrtkama koje posluju na području plitke geotermalne energije. Za potrebe korisnika baze podataka i interaktivne GIS karte u vremenu od pet godina nakon završetka provedbe projekta provodit će se edukacija o njezinom korištenju organizacijom 'webinara' i dopunom uputa za korisnike.

O svim tim aktivnostima komunicirat će se prema javnosti projektne komunikacijskim alatima, ali i komunikacijskim alatima partnera na projektu. U dijelu diseminacijskih aktivnosti usmjerenih prema stručnoj zajednici planirano je uključivanje Hrvatskog udruženja za dizalice topline (HUDiT) i drugih srodnih organizacija koje u svojem članstvu imaju stručnjake i tvrtke koji djeluju na području plitke geotermalne energije i u svoje djelovanje uključuju aktivnosti organizacije stručnih skupova i objave stručnih časopisa.

PROGRAM RADIONICE

10:45 - 11:00

Prijava

11:00 - 11:15

Uvodne riječi

Domagoj MIKULIĆ, Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije, Zagreb

prof. dr. sc. Marinko BARUKČIĆ, dipl. ing., Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek

11:15 - 11:35

Provedba projekta mapiranja izvedenih sustava s geotermalnim dizalicama topline - PLIGES

prof. dr. sc. Vladimir SOLDO, dipl. ing., Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

11:35 - 11:55

Projektne aktivnosti pri razradi sustava s većim brojem bušotinskih izmjenjivača topline

dr. sc. Marija MACENIĆ, mag. ing. min., Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

11:55 - 12:15

Pauza za kavu

12:15 - 12:35

Optimalna rješenja za rezidencijalne objekte s ekonomskih i energetskih aspekata

prof. dr. sc. Tomislav KUREVIJA, dipl. ing., Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

12:35 - 12:55

Grijanje i hlađenje zgrade Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

Silvano SUŠILOVIĆ, dipl. ing., Ured ovlaštenog inženjera strojarstva, Đakovo

12:55 - 13:15

Iskustva u projektiranju dizalica topline voda - voda i tlo - voda

dr. sc. Luka BOBAN, mag. ing. mech. i Stjepan HERCEG, mag. ing. mech., Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

13:15 - 13:30

Diskusija

13:30 - 14:15

Domjenak

1. radionica PLIGES projekta

Provedba projekta mapiranja izvedenih sustava s geotermalnim dizalicama topline

Vladimir Soldo
Marija Macenić
Tomislav Kurevija
Luka Boban
Tomislav Pukšec
Stjepan Herceg
Goran Tomek



FERIT Osijek, 10.11.2023.



SADRŽAJ

1. UVOD
2. OSNOVNO O PLIGES PROJEKTU
3. PRIMJERI DOBRE PRAKSE
4. REZULTATI MAPIRANJA GEOTERMALNIH SUSTAVA
 - 4.1 PRIKUPLJANJE PODATAKA O IZVEDENIN SUSTAVIMA
 - 4.2 GIS MAPA

1. UVOD

- Projektom Mapiranje plitkih geotermalnih sustava u Republici Hrvatskoj (PLIGES) planira se provesti prvi sveobuhvatni pregled instaliranih sustava plitke geotermalne energije u Hrvatskoj.

- U Hrvatskoj ne postoji sustavno praćenje ni kontrola instaliranih sustava dizalica topline koje koriste plitki geotermalni izvor energije.
- Nije moguće procijeniti ukupni instalirani kapacitet i potrošnju energije koja dolazi iz plitkih geotermalnih izvora energije.
- Prikupljeni podatci o izvedenim sustavima koristi će se za izradu interaktivne GIS karte.



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

3

2. Osnovno o projektu

Financijska potpora

Projekt **Mapiranje plitkih geotermalnih sustava u Republici Hrvatskoj** (PLIGES), ref. broj 111, financiran je od Islanda, Lihtenštajna i Norveške kroz Financijski mehanizam Europskog gospodarskog prostora (EGP) 2014. – 2021. uz nacionalno sufinanciranje Republike Hrvatske u okviru provedbe Programa „Energija i klimatske promjene“.

Upravitelj programa: Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije

Programski partner: Energetski institut Hrvoje Požar

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

4

2. Osnovno o projektu

Program / Poziv: Energija i klimatske promjene / Izrada baze plitke geotermalne energije

Trajanje projekta: 15 mjeseci (1. veljače 2023. do 30. travnja 2024.)

Vrijednost projekta: 197.950,75 EUR

Stopa financiranja bespovratnim sredstvima: 100%

Nositelj projekta: Fakultet strojarstva i brodogradnje, UniZG

Partneri: Rudarsko-geološko-naftni fakultet, UniZG
TT inženjering d.o.o.

Web stranica: www.pliges.eu



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

5

2. Osnovno o projektu

Cilj projekta

Provedba sveobuhvatnog pregleda instaliranih sustava plitke geotermalne energije u Hrvatskoj:

- uspostava baze izvedenih sustava plitke geotermalne energije i sustava njezinog dopunjavanja
- ocjena potrošnje energije koja dolazi iz sustava plitke geotermalne energije
- izrada interaktivne GIS karte za pregled i vizualizaciju podataka
- povećanje znanja o iskorištavanju potencijala plitke geotermalne energije u Hrvatskoj.

Doprinos ishodu Poziva: povećana proizvodnja energije iz obnovljivih izvora.

Doprinos neposrednim rezultatima Poziva: ojačani kapaciteti za upravljanje i promicanje obnovljivih izvora energije.

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

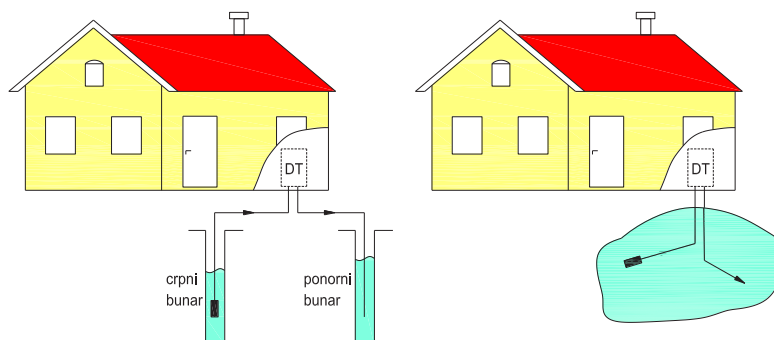
6

DIZALICE TOPLINE POVEZANE S TLOM

Dizalice topline povezane s tлом mogu se podijeliti na:

- otvorene sustave
- zatvorene sustave

OTVORENI SUSTAVI: voda izvor topline

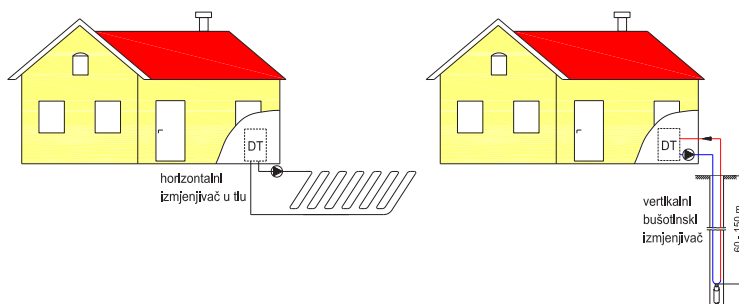


1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

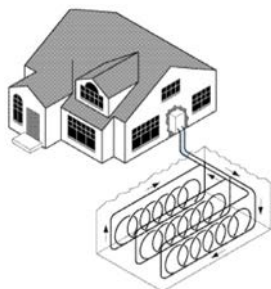
7

7

ZATVORENI SUSTAVI: Tlo kao izvor topline



a) horizontalna izvedba izmjenjivača b) vertikalna izvedba izmjenjivača



c) spiralna izvedba izmjenjivača



d) košarasta izvedba izmjenjivača

8

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

8

3. PRIMJERI DOBRE PRAKSE

Morska voda kao izvor/ponor topline



*Hotel Le Méridien Lav, Split
- učinak grijanja 3,5 MW*



*Punta Skala, Zadar
- učinak grijanja 3,5 MW*

*Knežev dvor, Dubrovnik
- učinak grijanja 432 kW*



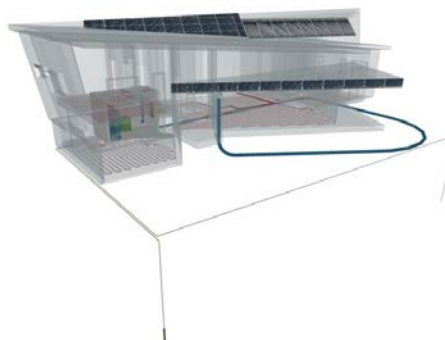
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

9

3. PRIMJERI DOBRE PRAKSE

- Lokacija: **Varaždin**
- Korisna površina: **195 m²**
- Q_{Hnd} : **19,97 kWh/(m²god)**
- Učinkan dizalice topline: **8 kW, voda/voda**
- Sezonska učinkovitost: **SPF= 4,6 (78,3 % OIE)**
- Akumulacijski spremnik: **500 lit.**
- Spremnik sanitarne vode: **300 lit.**
- Cijevni vakuumski kolektori: **9 m²**
- Ventilacija: **rekuperator** s podzemnim izmjenjivačem
- Fotonaponska elektrana: **3 kW**

Dizalica topline voda-voda



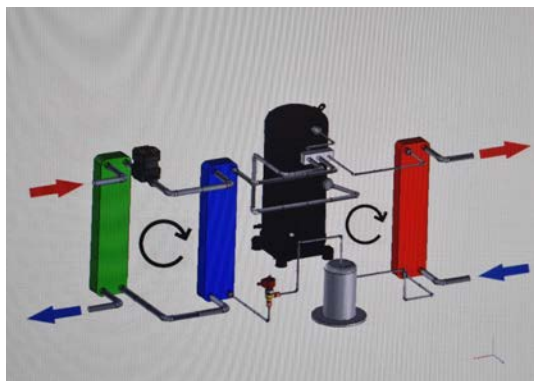
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

10

3. PRIMJERI DOBRE PRAKSE



U Novoj Gradišci entuzijasti u kućnoj radinosti izradili dizalicu topline voda-voda



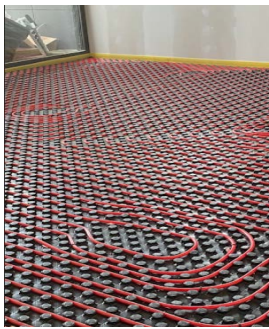
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

2

3. PRIMJERI DOBRE PRAKSE

- Obiteljska kuća: **Zagreb**, AB konstrukcija , 20 cm toplinska izolacija, trostruko izo staklo
- Korisna površina: 480 m²
- Učinak grijanja: **24 kW**
- Temperaturni režim grijanja: 32/29 °C maksimalni temperaturni režim (vođenje po vanjskoj temperaturi)
- Podno grijanje s razmakom cijevi od 5-10 cm; (stropni paneli, zidni paneli grijanje /pasivno hlađenje)
- PTV 55 °C
- Sezonska učinkovitost: **SPF = 5.15 (81 % OIE); 95 % vremena noćni režim rada**
- Temperaturni režim pasivnog hlađenja (bez rada kompresora) : 18/21 °C (**95 % OIE**).
- Dubina izmjenjivača u tlu: 6 x 90 m (klasična dvostruka U sonda DN 32)

Dizalica topline tlo-voda



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

11

3. PRIMJERI DOBRE PRAKSE

- Obiteljska kuća: **Samobor**, 290 m.n.m., klasična gradnja ciglom, 15 cm toplinska izolacija
- Korisna površina: 170 m²
- Učink grijanja: **3+ 9 kW** (inverterska regulacija)
- Temperaturni režim grijanja: 31/28 °C
- Podno grijanje s razmakom cijevi od 5 cm (kamene pločice u cijeloj kući)
- PTV 50 °C
- Sezonska učinkovitost: **SPF = 6,5 (85 % RES)**
- Temperaturni režim pasivnog hlađenja: 18/21 °C
- Dubina izmjenjivača u tlu: 200 m (TC45 turbokolektor 1U - SDR11 - PN16)

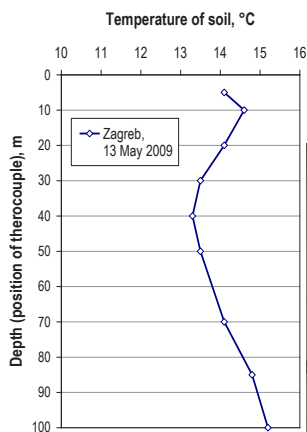


1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

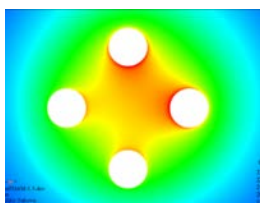
12

Nositelj - FSB

MZOS projekt: Dizalice topline s korištenjem tla kao obnovljivog toplinskog spremnika (2007-2013),



Temperatur profil tla duž
bušotine dubine 100 m



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

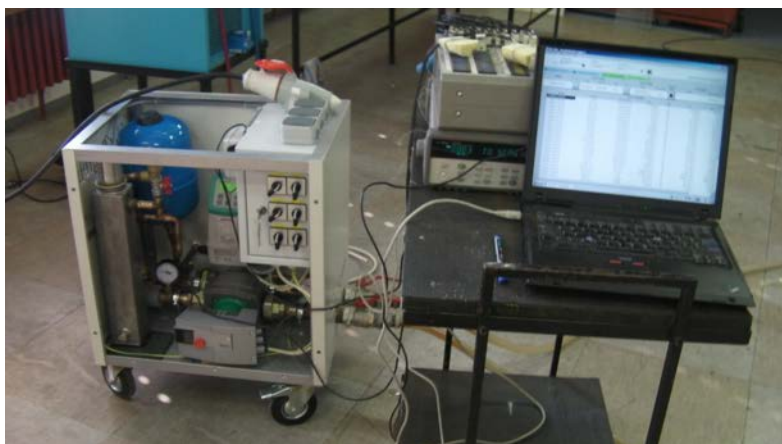
14

ISPITIVANJE TOPLINSKIH SVOJSTAVA TLA

- Povijest TRT uređaja:
 - 1995. Lulea Technical University, Švedska
 - 1996. Oklahoma State University, SAD
 - 1999. Umwelt Baugrund Geothermie Geotechnc (UBeG), Njemačka
 - 2003. UBeG – Južna Koreja
 - 2004. UBeG - Kina
 - 2011. Fakultet Strojарstva i Brodogradnje, Hrvatska
- Na FSB je 2011. godine izveden prvi pokretni uređaj za ispitivanje toplinskih svojstava tla u Hrvatskoj.
- Prvi puta u Hrvatskoj, na lokaciji budućeg trgovačkog centra IKEA u Rugvici, na kojoj su izvedene tri probne bušotine dubine 100 m, provedena su „in situ“ ispitivanja toplinskih svojstava tla.



Izvedba uređaja za ispitivanje toplinskih svojstava tla



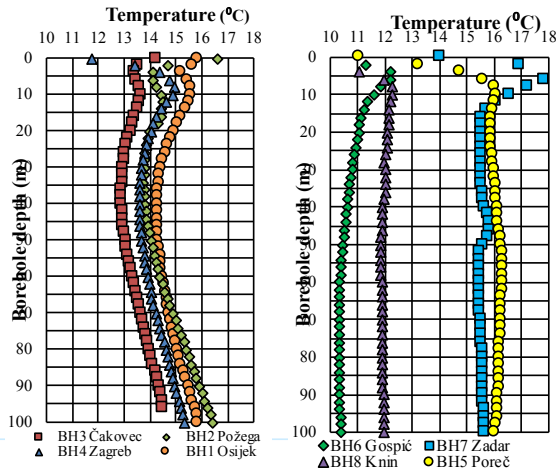
FSB, Laboratorij za toplinu i toplinske uređaje, 2011.

IPA projekta GeothermalMapping 2013.-2015.



Suradnici:

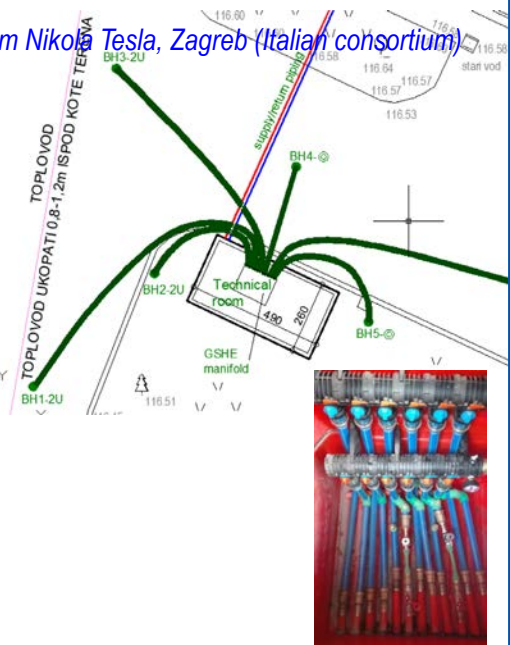
- Tehnička škola Čakovec
- Strukovna škola Gospić
- Strojarska tehnička škola Osijek
- Tehnička škola Požega
- Tehnička škola Zadar
- Srednja strukovna škola kralj Zvonimir Knin
- Institut za poljoprivredu i turizam Poreč



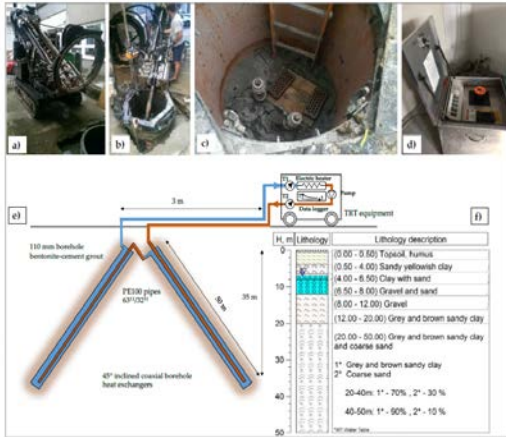
Horizon project: CheapGSHPs

Demo ground source heat pump system at Technical museum Nikola Tesla, Zagreb (Italian consortium)

- cascade heat pump (CO₂/R1234ze)
- temperature operating mode 75/65 °C
- heating capacity: 30 kW
- 3 U-pipe borehole heat exchangers, 3 coaxial



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.



Istraživačke aktivnosti grupe sa Zavoda za naftno-plinsko inženjerstvo (RGN):

Bušotinski izmjenjivači topline povezani s dizalicama topline, prijenos toplinske energije u poroznoj sredini, određivanja termogeoloških parametara.

GEB Geothermal Energy Capacity Building in Egypt (ERASMUS+)

HAPPEN "Holistic Approach and Platform for the deep renovation of the Med residential built Environment" Horizon 2020



Sea for Heritage Energy Transition – SEAHEaT

Iskorištavanje toplinske energije mora posredstvom dizalica topline u projektima energetske obnova zgrada koja predstavljaju kulturna dobra.

Izvedba pilot projekta za potrebe dvije zgrade Specijalne bolnice za ortopediju i rehabilitaciju "Martin Horvat" u Rovinju





Projektiranje i nadzor strojarskih instalacija grijanja, hlađenja, plina, ventilacije, klimatizacije itd.

Višegodišnje iskustvo s projektiranjem i nadzorom strojarskih instalacija različite veličine i složenosti, a između ostalog i 22 sustava iskorištavanja plitke geotermalne energije.



DT tlo-voda
3x100 kW

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

4. MAPIRANJE GEOTERMALNIH SUSTAVA

Slovenija

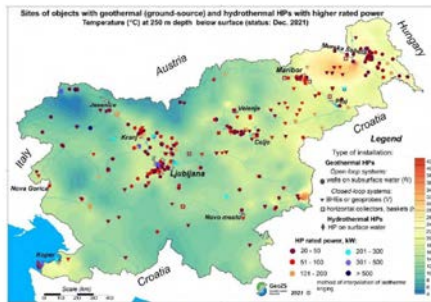


Figure 7: Distribution of 332 installations with collected detailed data on GSHP systems with rated power of at least 20 kW, by type of installation, and 7 known hydrothermal HP unit systems (data collected on a voluntary basis). The isotherms show temperature at 250 m depth.

Izvor: European Geothermal Congress 2022 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe

Francuska



Figure 7: Geographical situation of the 6050 aquifer ground source heat pumps declared in April 2022.



Figure 8: Geographical situation of the 22,447 borehole ground source heat pumps declared in April 2022.

Švedska

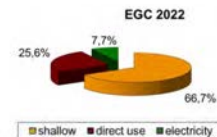


Figure 1: Share of installed capacity in the three geothermal sub-sectors in Europe as reported at EGC 2019 and EGC 2022

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

4.1 Rezultati projekta

Opće informacije			
Naziv lokacije		Informacije o lokaciji	
Zemljopisne koordinate (HTRS96)		Vrsta vlasništva: A) privatno B) javno	
		Namjena zgrade (opisati)	
		Stambena:	
Nadmorska visina		Komerijalna:	
Kontakt podaci		Industrija:	
Ime i prezime		Ostale informacije (energetski razred, godina izgradnje, godina energetske obnove)	
Broj telefona/mobitela			
Adresa			
Grad			
Informacije o plitkom geotermalnom izvoru			
Vrsta izvora topline povezanog s tlom: A) otvoreni B) zatvoreni (odabrati)			
A) Otvoreni sustav			
Tip zahvata vode		B) površinske (odabrati)	
Vrsta površinske vode		A) jezero B) rijeka C) more (odabrati)	
B) Zatvoreni sustav			
Tip izmjenjivača u tlu		C) izlozaci (odabrati)	
Status bušotine		A) aktivna B) neaktivna	
Temperaturni profil bušotine (ako postoji) / Izmjerna temperatura tla ili podzemne vode		Godina izgradnje	
Litološki profil (ako postoji) / geotički opis lokacije			
Način korištenja izvora			
Dovolje za korištenje			
Podzemna voda			
Broj zdenaca (bunara)		Dubina zahvata	
Temperatura vode (godišnja maks./min./prosječna)		Uspješnost zahvata od obale	
Dubina zdenaca		Meduzimnica/š (DA/NE)	
Promjer zdenca		Ostalo:	
Dubina vode (visina podzemne vode)		Godišnji zahvat podzemne/površinske vode (m ³)	
Meduzimnica/š		DA/NE	
Izdašnost prema projektu (l/s)			
Vertikalni izmjenjivač			
Broj bušotina		Dubina 1 bušotine	
Tip izmjenjivača		Toplinski tok po bušotini (prema TRT-u)	
Specifikacija ugrađene cijevi		Rezultati TRT-a	
R ₁ W/(m K)		R ₂ m ² /W	
X ₁ °C			
Horizontalni izmjenjivač/izlozaci			
Površina tla za ugradnju izmjenjivača, m ²		Dubina slova za polaganje izmjenjivača, m	
Ukupna duljina ugrađenih cijevi u tlo		m	
Specifikacija ugrađene cijevi		Toplinski tok (W/m)	
Radni medij unutar izmjenjivača		Etilen glikol + voda	
		Udio sredstva za inhibiranje temperature zamrzavanja	
		Etilen glikol + voda	
		Etilen glikol + voda	
		Ostalo	

Upitnik

Informacije o dizalici topline (ako postoji)					
Neto kondicionirana površina zgrade (m ²)					
Broj ugrađenih dizalica topline					
Godina puštanja sustava u rad					
Način korištenja dizalice topline (možuje više odabira)					
grijanje		hlađenje (aktivno)		PTV	
hlađenje (pasivno)		grijanje		bašnja	
Ostalo:					
Kataloški učinak dizalice topline*					
Grijanje		KW		Hlađenje	
KW					
Radna tvar dizalice topline					
Temperaturni režim iz dizalice topline					
Pojak		Povrat		Vrsta ogrjevnih tijela (možuje više odabira)	
Grijanje		°C		površinsko	
Hlađenje		°C		radijatori	
Ostalo:					
Način rada dizalice topline					
monovalentni					
bivalentno-paralelni					
bivalentno-alternativni					
Dodatni toplinski izvor:					
Godišnja proizvedena toplinska energija					
kWh					
Godišnja privedena g.g. energija za rad sustava dizalice topline					
kWh					
Godišnji zahvat podzemne/površinske vode (odnosi se na sustave voda-voda)					
m ³					
Godišnji broj radnih sati sustava					
h					
* Prema EN 14511					

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

23

4.1 Rezultati projekta

Redoviti sastanci projektnog tima



Obilazak sustava



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

24

GIS interaktivna aplikacija

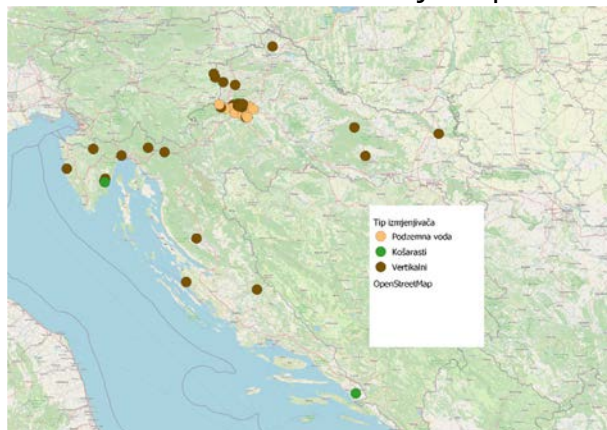
- Cilj je izraditi interaktivnu GIS kartu (web aplikaciju) prilagođenu korisnicima koja će sadržavati sve dostupne podatke o potencijalu i korištenju plitkih geotermalnih izvora.
- Baze podataka formatiraju se u Shapefileove (format geoprostornih vektorskih podataka za softver geografskog informacijskog sustava u vektorskom obliku)
- Vizualizacija podataka o plitkim geotermalnim izvorima energije, što uključuje izradu karat i prikaz gustoća potencijala
- GIS interaktivna web aplikacija s prilagođenim grafičkim korisničkim sučeljem za agregiranje i vizualizaciju podataka o svim dostupnim tehnologijama koje koriste plitku geotermalnu energiju kao izvor i ponor topline

GIS interaktivna aplikacija

- Po završetku izrade aplikacije, ista će omogućiti
 - Kontinuirani unos i praćenje skupova podataka → interaktivno sučelje koje omogućuje ne samo pregled podataka već i unos podataka od strane registriranih korisnika, na temelju predefiniranog obrasca, koji će kasnije biti moderiran od strane administratora
 - Kontinuirano ažuriranje i održavanje baze podataka na temelju dostavljenih podataka registriranih korisnika i projektnih partnera
 - Grupiranje i sortiranje podataka po raznim kategorijama na temelju korisničkih preferencija
 - Automatiziranu izradu izvještaja u pdf formatu prema unaprijed postavljenim predlošcima i korisničkim preferencijama
 - Automatiziran izvoz podataka u obliku slika (jpg format) prema korisničkim preferencijama

GIS interaktivna aplikacija

- Na temelju prikupljenih podataka o plitkim izvorima geotermalne energije su definirane atributne tablice te simbolizacija mapiranih objekata



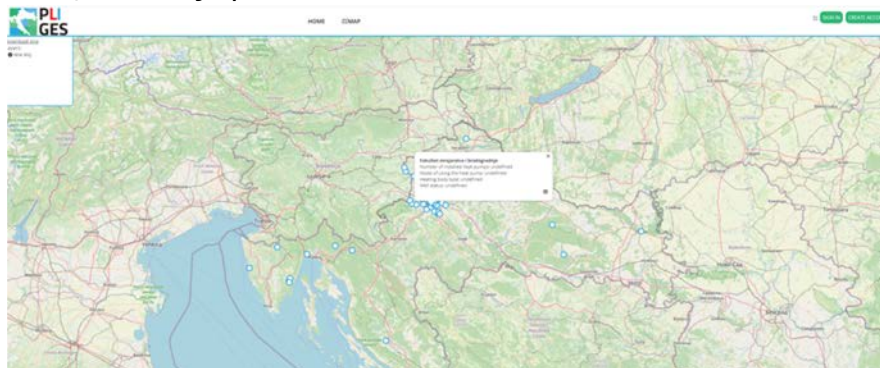
- Broj unesenih sustava (trenutno) iznosi 67.

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

27

GIS interaktivna aplikacija

- Trenutna funkcionalnost GIS aplikacije uključuje: dvojezični prikaz, izradu računa (registraciju), prijavu te potvrdu računa.
- GIS aplikacija omogućuje prikaz osnovnijih podataka te prikaz detaljnijih podataka, kao što je prikazano na slikama niže:

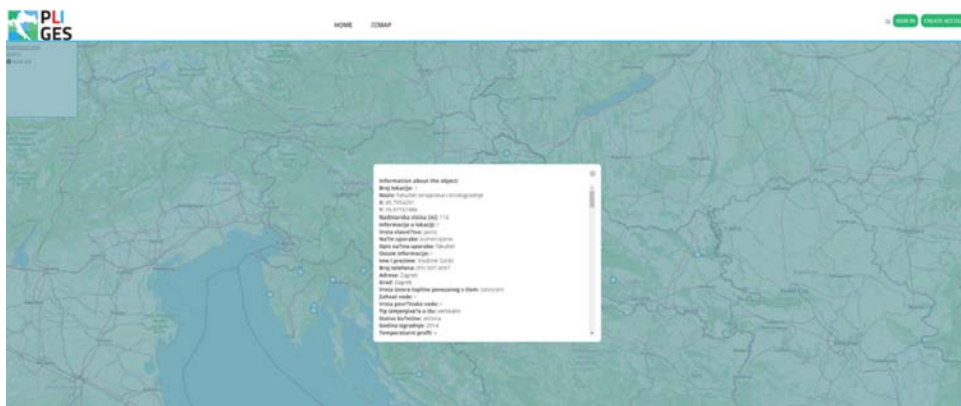


1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

28

4.2 Rezultati projekta

GIS interaktivna aplikacija



- Trenutna funkcionalnost GIS aplikacije također omogućuje preuzimanje karte u PNG formatu.

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

29



Hvala na pažnji!

Kontakt: prof. dr. sc. Vladimir Soldo
e- mail: vladimir.soldo@fsb.hr



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

30

1. radionica PLIGES projekta

Projektne aktivnosti pri razradi sustava s većim brojem bušotinskih izmjenjivača topline



Marija Macenić



FERIT Osijek, 10.11.2023.



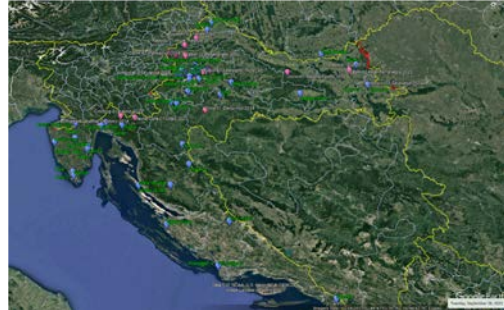
SADRŽAJ

1. Uvod
2. Terra Negra Hotel, Čepin
3. IMI - Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb
4. re-GENERATOR – Centar urbane kulture, Zabok
5. Designer Outlet, Zagreb
6. Dvorac Miljana, Poljana Sutlanska

1. UVOD

- Značajan porast ugrađenog broja dizalica topline nakon niza kriza zadnjih nekoliko godina

- Vidljiv porast u svim segmentima projektnih rješenja: zrak-voda, zemlja-voda i voda-voda
- Nekoliko velikih sustava GSHP pušteno u pogon ili u razvojnoj fazi:
 - Hotel Terra Negra (Čepin)
 - Institut medicine rada (ZG)
 - reGenerator (Zabok)
 - Designer outlet (ZG)
 - Dvorac Miljana (Poljana Sutlanska)
 - Vojni ordinarijat (ZG)
 - Kaptol (ZG)
- Nužan drugačiji pristup projektiranju nego kod jednostavnijih rezidencijalnih objekata



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

3

2. Terra Negra Hotel, Čepin

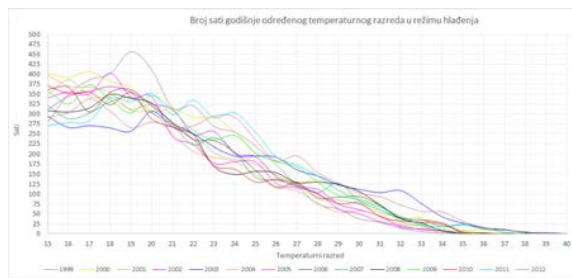
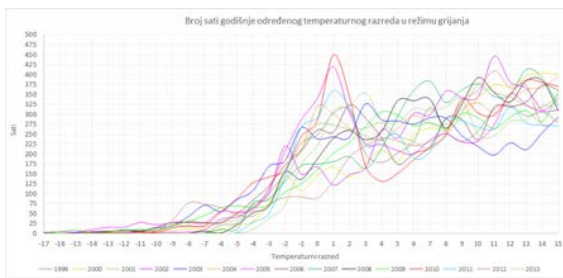


1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

4

2. Terra Negra Hotel, Čepin

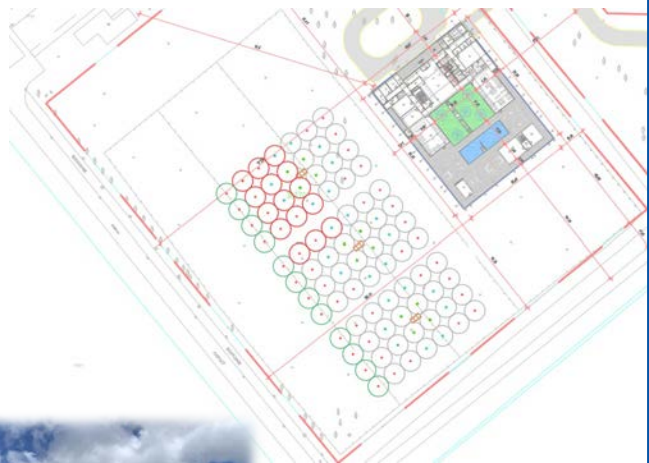
Mjesec	Srednja temp., C	Temp. percentil, p1	Temp. percentil, p99	Cooling factor energy	Cooling factor load	Energy cooling, kWhf	Cooling load, kWf	Energy heating + DHW, kWhf	Heating load, kWf	Heating factor energy	Heating factor load	DHW
1	-0,8	-13,7	9,9	0,000	0,000	0	0,0	193.536	576,0	0,2800	0,493	5000
2	1,9	-10,8	11,6	0,000	0,000	0	0,0	117.504	444,3	0,1700	0,451	5000
3	5,9	-6,1	14,5	0,000	0,000	0	0,0	62.208	376,5	0,0900	0,382	5000
4	10,6	3,0	18,6	0,038	0,308	13.859	149,6	15.206	245,2	0,0220	0,249	5000
5	15,3	6,9	22,2	0,157	0,615	57.258	299,2	0	0,0	0,0000	0,000	5000
6	18,5	10,6	25,0	0,211	0,855	76.952	415,5	0	0,0	0,0000	0,000	5000
7	20,1	13,0	26,7	0,220	1,000	80.234	521,0	0	0,0	0,0000	0,000	5000
8	19,3	12,6	25,7	0,218	0,915	79.505	444,6	0	0,0	0,0000	0,000	5000
9	15,8	8,8	23,0	0,156	0,684	56.893	332,4	17.280	161,6	0,0250	0,000	5000
10	10,5	2,2	18,0	0,000	0,000	0	0,0	26.266	256,8	0,0380	0,261	5000
11	5,3	-4,6	15,9	0,000	0,000	0	0,0	86.400	354,9	0,1250	0,360	5000
12	0,9	-9,2	12,5	0,000	0,000	0	0,0	172.800	421,2	0,2500	0,427	5000
					1,000	364.700		691.200		1,0000		60000



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

5

2. Terra Negra Hotel, Čepin



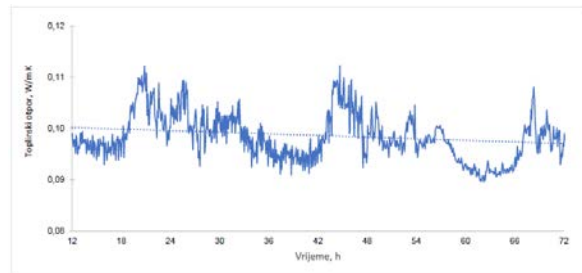
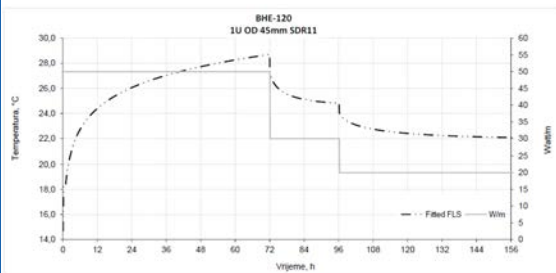
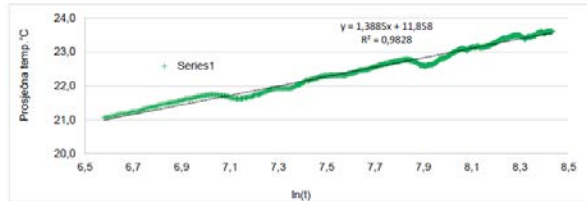
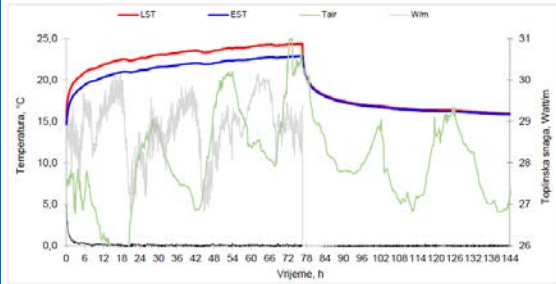
15 bušotina x 120 m
69 bušotina x 100 m
8700 m bušotinskih izmjenjivača

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

6

2. Terra Negra Hotel, Čepin

- Test toplinskog odaziva – nužnost kod svakog sustava
- 2 testne bušotine: 120 m – TRT – 1,65 W/m K; 100 m – TRT – 1,73 W/m K

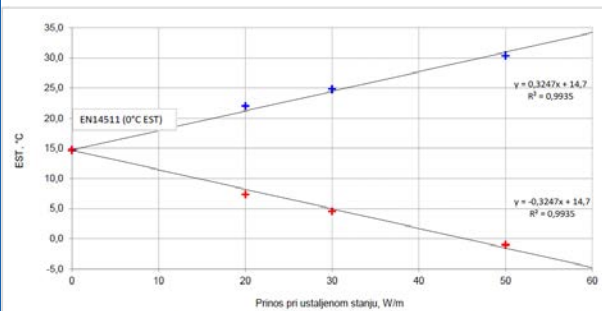


1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

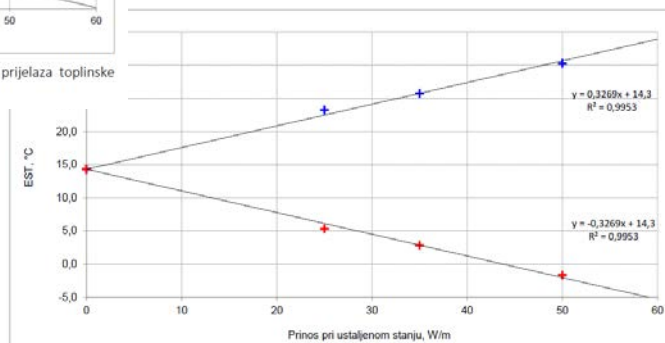
7

2. Terra Negra Hotel, Čepin

- Prinos bušotine



Slika 3-5. Rezultat analize kapaciteta davanja BHE-120 pri ustaljenom stanju prijelaza toplinske energije grijanja i hlađenja i izlazne temperature fluida iz bušotine



Slika 4-5. Rezultat analize kapaciteta davanja BHE-100 pri ustaljenom stanju prijelaza toplinske energije grijanja i hlađenja i izlazne temperature fluida iz bušotine

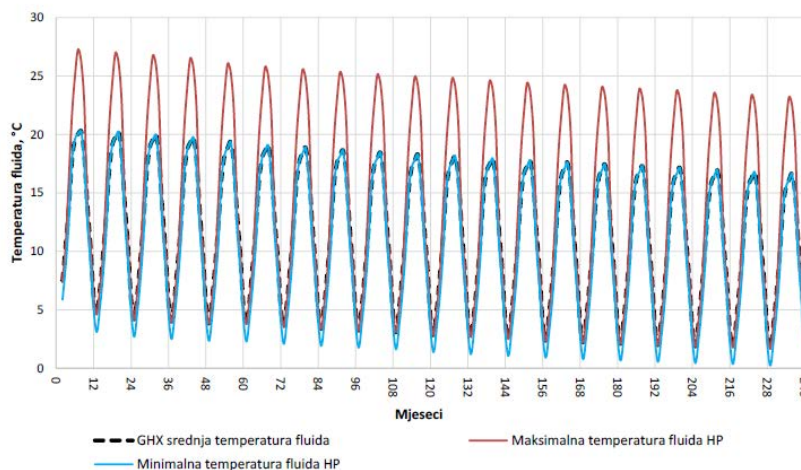
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

8

2. Terra Negra Hotel, Čepin

- Predikcija rada sustava – 20 godina

Rezultat simulacije kretanja bušotinske temperature u GLD/GHX programskim paketima za 20 godina:



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

9

3. IMI - Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

- Komercijalni sustavi - pod utjecajem niza petrofizikalnih i termogeoloških svojstava stijena
- Godišnja energija potrebna za grijanje i hlađenje - stalna promjena temperature stijene u funkciji proteklog vremena
- IMI – 5 katova, 5 000 m² površina, završeno u 2022.g.
- GSHP – grijanje i hlađenje



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

10

3. IMI - Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo regionalnoga razvoja
i fondova Europske unije

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR

- BHE polje – 53 BHE, 120 m dubina, ukupna duljina 6 360 m
- 1U TC45 Turbocollector SDR11
- 2 bušotinska polja
- Polje A – 6x4+2 (26 BHE)
- Polje B – 13x2+1 (27 BHE)



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

11

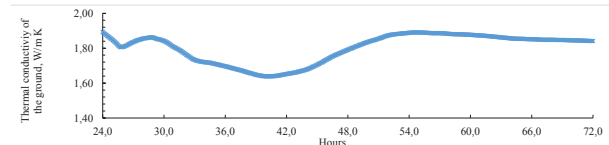
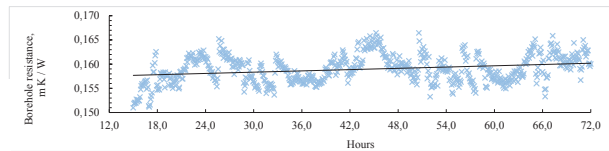
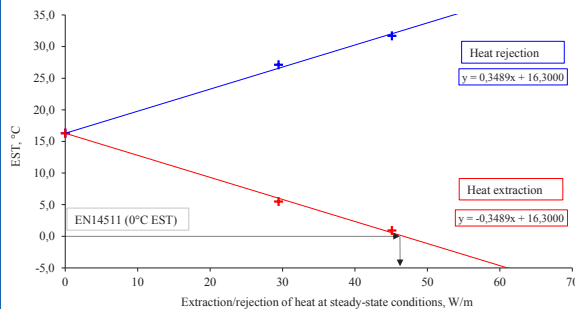
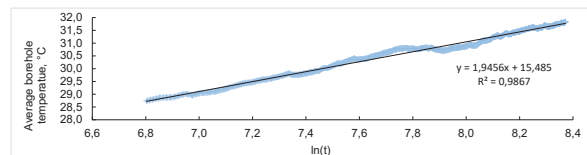
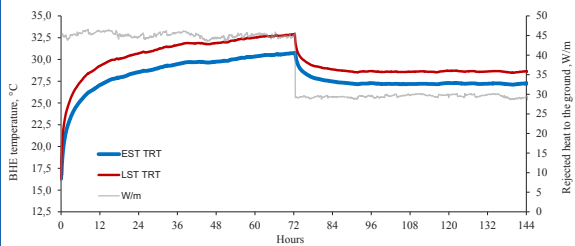
3. IMI - Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo regionalnoga razvoja
i fondova Europske unije

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR

- Rezultati TRT - $\lambda = 1,84 \text{ W/m K}$



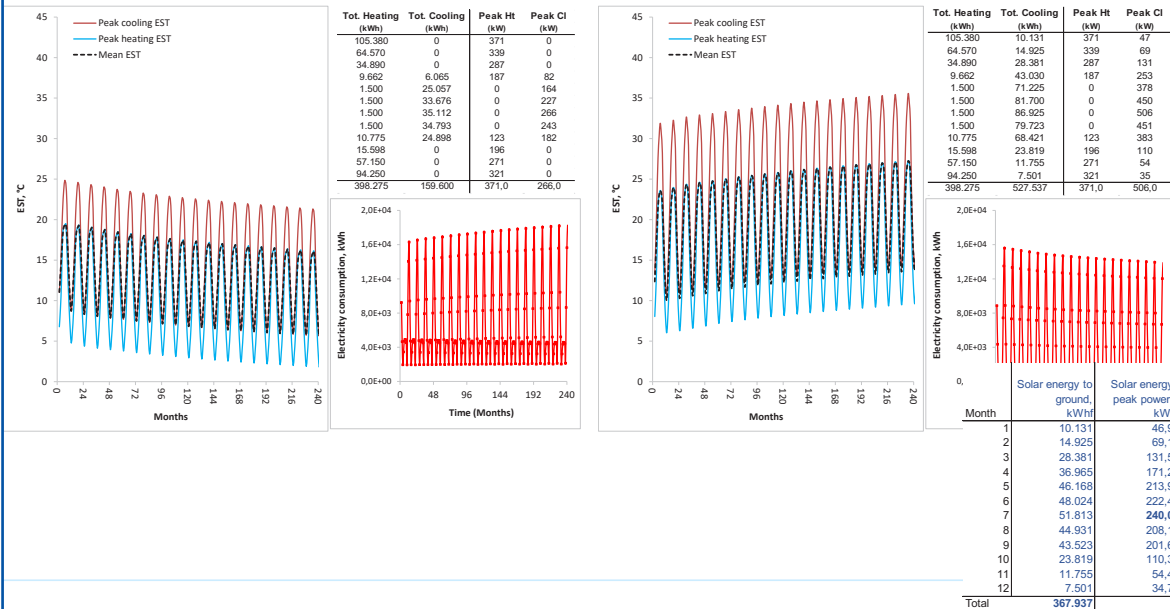
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

12

- Mogućnost korištenja BHE polja kao BTES sustav

V0 – bez BTES

V1 – BTES – 300 m² kolektori



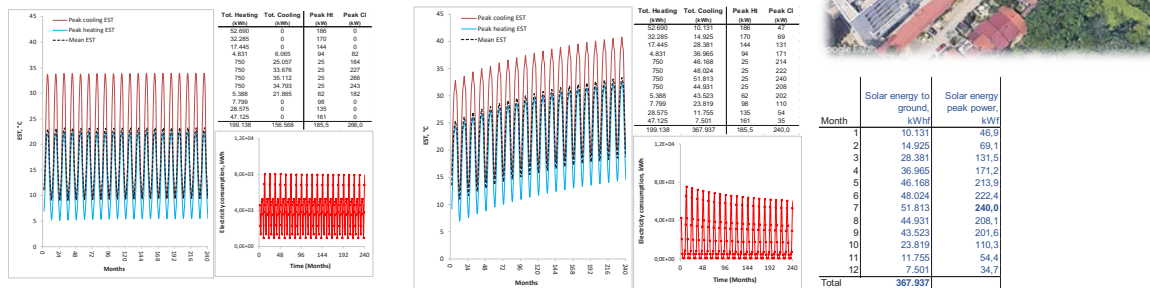
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

- Mogućnost korištenja BHE polja kao BTES sustav

V2 – BTES – 300 m² kolektori

A26 – ½ grijanje + cjelokupno hlađenje

B27 – ½ grijanje + solar cijele godine



BTES – viša učinkovitost DT zimi uz pohranu toplinske energije

Sezona hlađenja?

Utjecaj klimatskih parametara

Razdvajanje bušotinskog polja

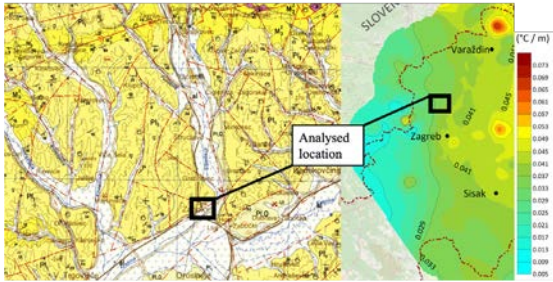
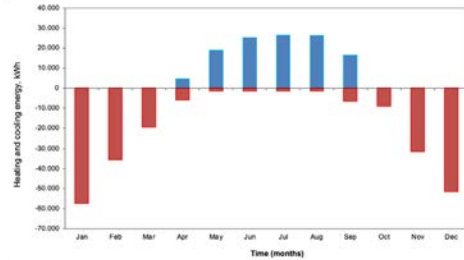
BTES Variant	Electricity consumption of heat pumps over 20 years, MWh
V0 initial design heating+cooling NO BTES	1603
V1 solar BTES whole field	1006
V2 A26 1/2 heating+ 1/1 cooling	1003
V2 solar BTES B27 1/2 heating + solar storage	456
V2 combined solar BTES	1459

1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

4. re-GENERATOR – Centar urbane kulture, Zabok



- Zapuštена tvornička hala tvornice “ZIVT” - pretvorena u moderan centar urbane kulture
- 24x130m BHE 1U D45
- Mreža bušotina: 8x3 (7 m udaljenost)
- Energetske potrebe :
 - 223 MWh grijanje
 - 118 MWh hlađenje
- Vršna potrošnja:
 - 200 kW grijanje
 - 195 kW hlađenje
- $TRT - \lambda = 2,49 \text{ W/m K}$



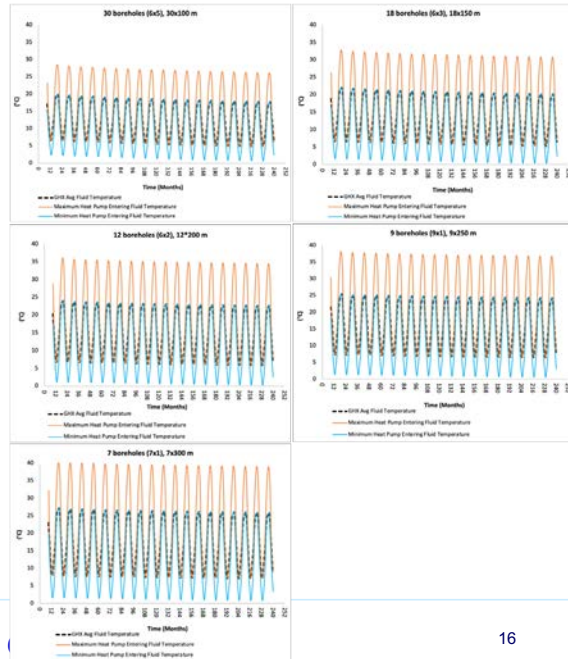
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

4. re-GENERATOR – Centar urbane kulture, Zabok



- Za dubine >150 m – posebna pozornost kod projektiranja - hidrauličko balansiranje i optimizacija toplinskog otpora bušotine
- Za dublje BHE - protok prilagođen za održavanje ΔT na maksimalno 5°C u vršnim uvjetima – pad tlaka – cirkulacijska pumpa veće snage – smanjenje SCOP-a
- Modeliranje - do 300 m – 2U D40; 1U D45; 1U D50

Propisane gijelne vel. Concentration, %	Depth, m	Re, m/s	ΔT, °C	Extraction, kW	Flow, l/s	Both pipes, Flow, l/s	Flow, l/s	Flow, l/s
20	150	200	2000	3,5	5,2	0,50	0,20	0,20
Specific heat, kJ/kg C	106,8	150	2173	0,46	5,0	8,7	0,617	0,231
Density, kg/m3	1019,8	200	2647	0,80	5,0	15,0	0,652	0,236
Viscosity, mPa.s	3,37	200	610	0,775	5,0	17,3	0,866	0,483
Flowing point, C	-5,3	300	2023	1,620	5,0	22,2	1,114	0,552

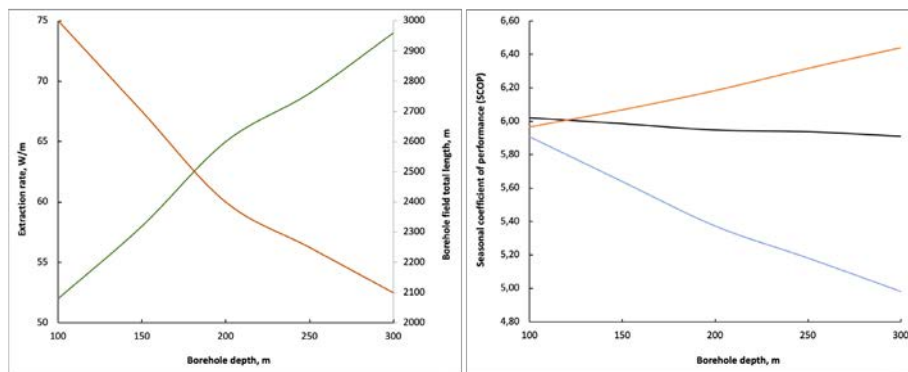


1. radionica PLIGES projekta,



4. re-GENERATOR – Centar urbane kulture, Zabok

- Porast temperature s dubinom – porast pridobive toplinske energije, ali u isto vrijeme degradacija mogućnosti pohrane toplinske energije tijekom sezone hlađenja
- SCOP - nema kumulativnog dobitka s primjenom dublje BHE, za razliku od standardnih rješenja sa 100 m
- Tehnoekonomska analiza - povećanje troškova bušenja u odnosu na manje BHE potrebno za dublje rješenje? Pad tlaka?



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

17

5. Designer Outlet, Zagreb

- 2017.g. - IKEA faza 2 – shopping centar Designer Outlet centar
- Konstrukcijski 13 zasebnih dilatacija (A-M)
- 260 energetskih pilota * 20m
- Paralelni bivalentni sustav – geotermalna/plin
- Potrebe: 457 kW grijanje i 477 kW hlađenje

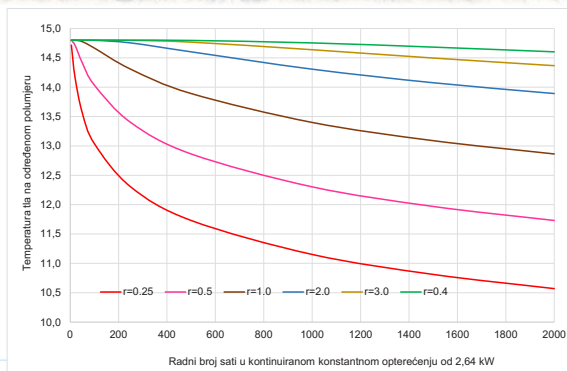
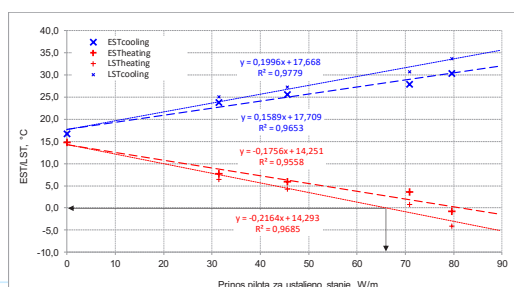
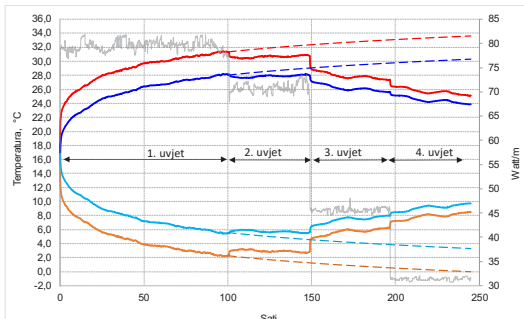


1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

18

5. Designer Outlet, Zagreb

- TRT – dva serijski spojena pilota dilatacije C
- $\lambda = 2,49 \text{ W/m K}$ (40 m pilot)
- Termalna interferencija

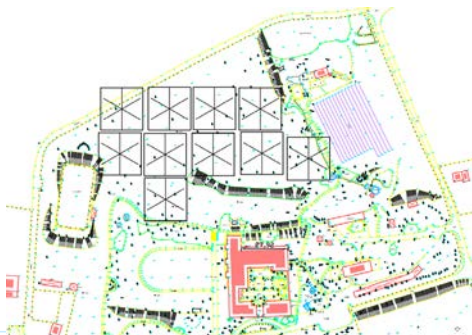


1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

19

6. Dvorac Miljana, Poljana Sutlanska

- Godina prve izgradnje: 1600 g. (obitelj Ratkaj do 1800.)
- Restauracija: 2014.
- Bruto površina zgrade: 4 787 m²
- Geotermalno rješenje u strojarskom projektu 2015. – u fazi razmatranja bušotinski koaksijalni izmjenjivači
- Odrađena testna bušotina za determiniranje termogeoloških parametara tla i projektiranje geotermalnog izmjenjivača (TRT)
- 80 COAX bušotina po 50 m
- Toplinsko opterećenje 280 kW; Rashladno opterećenje 200 kW

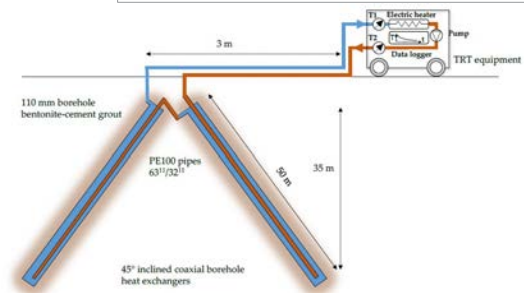
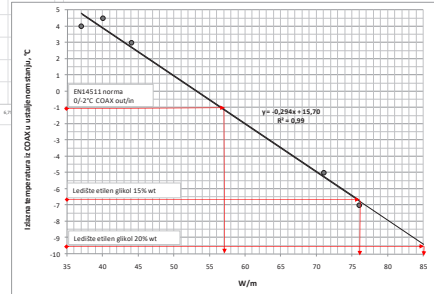
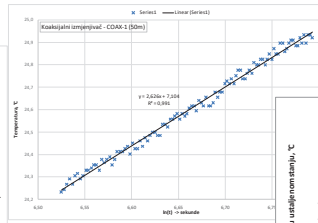
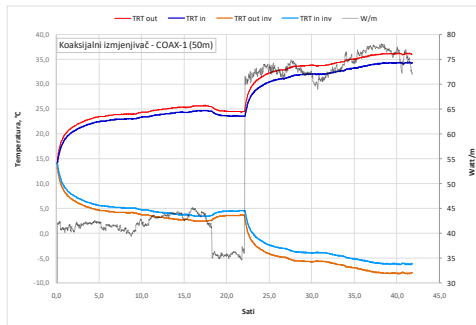


1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

20

6. Dvorac Miljana, Poljana Sutlanska

- TRT - $\lambda = 1,32 \text{ W/m K}$



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

21



Hvala na pažnji!

Kontakt: mmacenic@rgn.hr



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

22

1. radionica PLIGES projekta

Optimalna rješenja za rezidencijalne objekte s ekonomskih i energetske aspekata



Tomislav Kurevija



FERIT Osijek, 10.11.2023.



SADRŽAJ

1. Uvod
2. Projektiranje geotermalnih sustava – ulazni parametri
3. Termogeološke i klimatske karakteristike
4. Bušotinski izmjenjivači topline i projektiranje
5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

1. UVOD

- dosadašnja istraživanja geotermalne energije u RH
- pojam „plitka geotermalna energija“ - način energetskog iskorištavanja potencijala pomoću dizalica topline
- terminologija GHP GCHP GSHP BHE HP CXHE?

(a) VERTIKALAN SUSTAV (cca 100-150 m)
iskorištavanje plitkih geotermalnih potencijala
“Geotermalne dizalice topline”
Rezidencijalni objekti i manji poslovni objekti



(b) POVRŠINSKI SUSTAV (1,5-10 m)
solarna energija pohranjena u tlu
većinom manji rezidencijalni objekti



(c) DVIJE BUŠOTINE (PROIZVODNA I UTISNA)
većinom solarna energija+geotermalna energija
ovisno o dubini vodonosnika i tipu izvora



(d) SUSTAV S POVRŠINSKOM VODOM
(more, rijeke, jezera)
solarna i geotermalna energija pohranjena u površinskim vodama



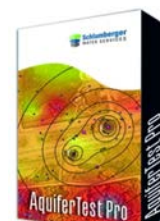
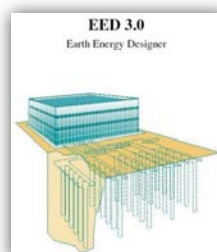
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

3

2. Projektiranje geotermalnih sustava – ulazni parametri

Modeliranje sustava bušotinskog izmjenjivača topline s dizalicama topline u funkcionalnoj je vezi s pet osnovnih varijabli koje je nužno što preciznije odrediti pri razvoju projekata:

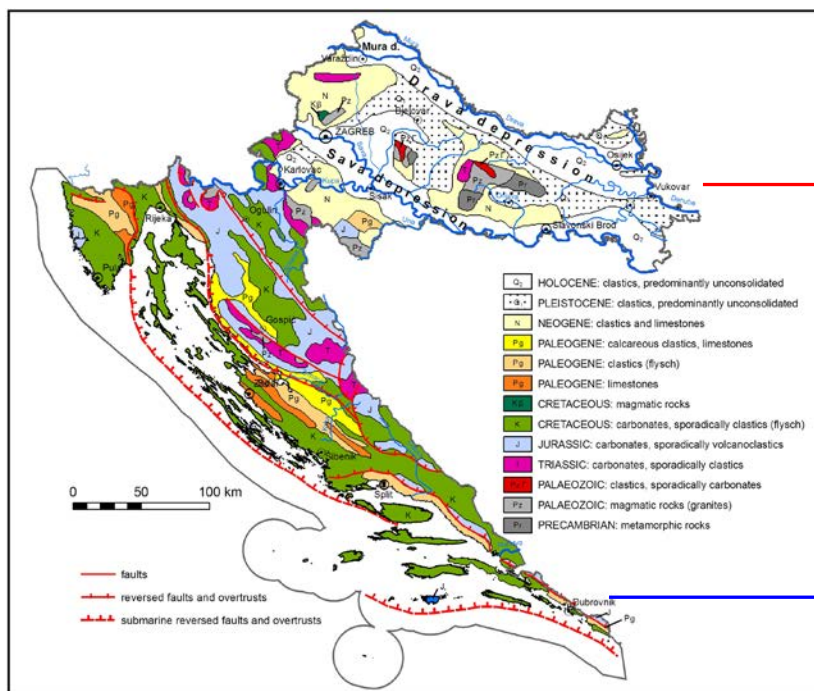
- 1) geološke i termodinamičke značajke tla i stijena,
- 2) hidrogeološke karakteristike tla i stijena,
- 3) geotermalni gradijenti i toplinski tok,
- 4) klimatski uvjeti i
- 5) tehnokonomski parametri



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

4

3. Termogeološke i klimatske karakteristike



Pretežno
nekonsolidirani
klastiti (pijesci,
šljunak, gline)
Pojava podzemnih
voda, zasićenost
tla vodom!

Pretežno karbonatne
stijene (vapnenci
i dolomiti)
Izražena sekundarna
poroznost (krš)

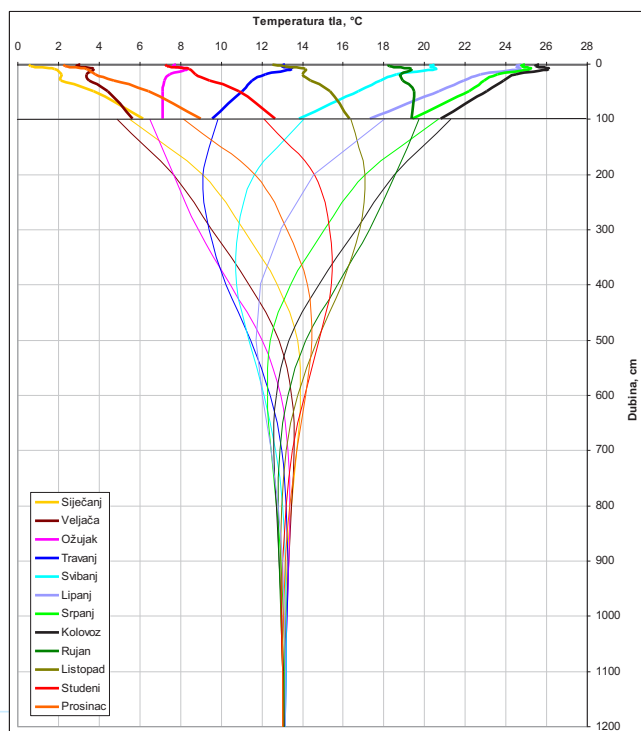
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

5

3. Termogeološke i klimatske karakteristike

➤ Statička temperatura

- Prikaz mjerenih srednjih mjesečnih temperatura tla do 100 cm i izračunatih vrijednosti prigušivanja temperature tla u zavisnosti o promjeni dubine upotrebom sinusne funkcije za lokaciju Zagreb- Maksimir



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

6

3. Termogeološke i klimatske karakteristike

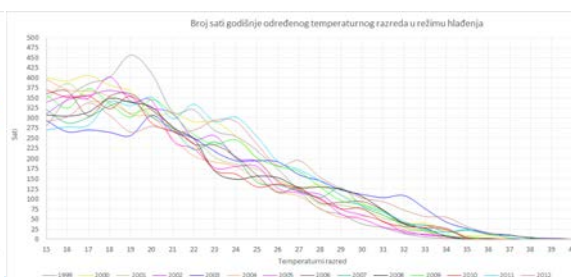
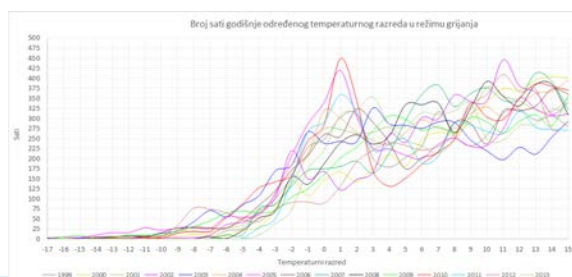
➤ Klimatski parametri

- Geotermalni sustavi – najučinkovitiji za grijanje i hlađenje prostora (maksimalna učinkovitost pri sustavu podzemnih voda)

a) Potrebna energija za grijanje

Omjer SATI u tjednu sa definiranom internom temperaturom $t_{i,lv} = 0,65$

Mjesec	Q _{kl,lv}	Q _{kl,vv}	Q _{kl,sv} [kWh]	Q _{kl,lv}	Q _{kl,lv}	Q _{kl,lv} [kWh]	Y _{lv}	β _{kl,lv}	β _{red,H}	Q _{kl,lv} [kWh]
MJESEČNO	31763	30641	62404	6114	9300	15414	0,25	0,986	0,86	40663
Siječanj	24965	24083	49048	9338	8400	17738	0,36	0,966	0,80	25544
Veljača	21532	20771	42303	15818	9300	25118	0,59	0,898	0,67	13288
Travanj	13891	13401	27292	20599	9000	29599	1,08	0,714	0,65	4003
Svibanj	7177	6924	14101	25206	9300	34506	2,45	0,390	0,65	-416
Lipanj	2217	2138	4355	25948	9000	34948	8,02	0,124	0,65	-14
Srpanj	-153	-147	-300	27495	9300	36795	122,64	0,008	1,00	0
Kolovoz	1069	1021	2100	24497	9300	33797	16,09	0,062	0,65	3
Rujan	6207	5988	12194	19316	9000	28316	2,32	0,409	0,65	398
Listopad	14507	13995	28502	13669	9300	22969	0,81	0,816	0,65	6343
Studeni	21724	20956	42680	6784	9000	15784	0,37	0,964	0,79	21831
Prosinac	29167	28137	57303	4500	9300	13800	0,24	0,988	0,87	37859
UKUPNO										150364



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

7

4. Bušotinski izmjenjivači topline i projektiranje

➤ Vertikalni bušotinski izmjenjivači 1U/2U petlja PE 32-40-45-50mm



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

8

4. Bušotinski izmjenjivači topline i projektiranje

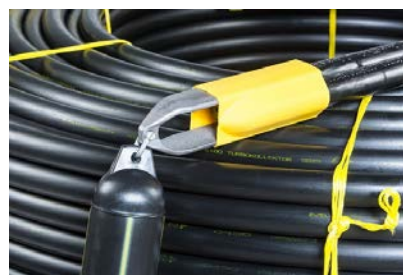
- Vertikalni bušotinski izmjenjivači 1U TC45 turbulator efekt



**CONCLUSION
FOR FLOW AND PRESSURE DROP**

4x32 Laminar 4x32mm - PE100 PN10 SDR17
2xTC45 TurboCollector 2x45mm - PE100 PN10 SDR17

Flow l/s	Re	Pressure Drop Pa/m	Note	
4x32	0.5	1798	108	Laminar flow
2xTC45	0.5	2557	55	Turbulent flow with low pressure drop
4x32	0.7	2517	287	Very high pressure drop
2xTC45	0.7	3580	185	Turbulent flow with low pressure drop



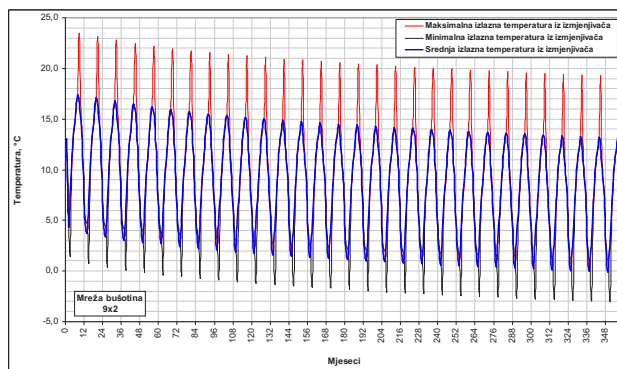
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

9

4. Bušotinski izmjenjivači topline i projektiranje

- Računalna simulacija

- Ispravno dimenzioniranje bušotinskog izmjenjivača topline mora minimizirati višegodišnje promjene temperature tla i radnog fluida, a koje nastaju uslijed neravnoteže u toplinskim bilancama pridobivanja topline iz tla i pohranjivanja u tlo, kao i toplinskih interferencija između pojedinih bušotina u određenoj geometrijskoj mreži polja (GLD, EED)



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

10

5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

➤ Inovativni koncept za rezidencijalni sektor – inverter dizalice topline

- Obiteljska kuća (135+35 m²) – nadmorska visina 290 m.n.m. klasična gradnja ciglom i 15cm toplinska izolacija
- instalirana snaga 1-9kW model inverter dizalica topline s vertikalnom bušotinom 200m (TC45 turbokolektor 1U SDR11 PN16), toplinska vodljivost stijena 1,95 W/m K (dolomiti, lapori), početna temperatura 11,5 °C
- grijanje, hlađenje (aktivno+pasivno), PTV, rekuperacija topline, prekratanje ciklusa rada na freonskoj fazi, kompletno vođenje automatike
- Podno grijanje i hlađenje (polaz grijanje 28-31°C, pasivno hlađenje 18-20°C) godišnji COP 6,58 (uz PTV i bez cirko-pumpi) s razmakom cijevi od 5 cm! uz kamene pločice u cijeloj kući (mogućnost nižeg polaza)
- Temperatura interijera (ljetno i zima ujednačeno cca 23-24°C)
- Površina instalacije strojarne 1 m²
- Aktivno hlađenje i odvlaživanje se nije koristilo jer nije bilo potrebe (blizina šume, viša nadmorska visina, vjetrovita sjeverna strana) no postoji priprema



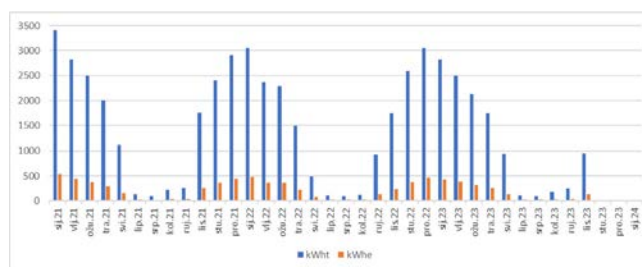
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

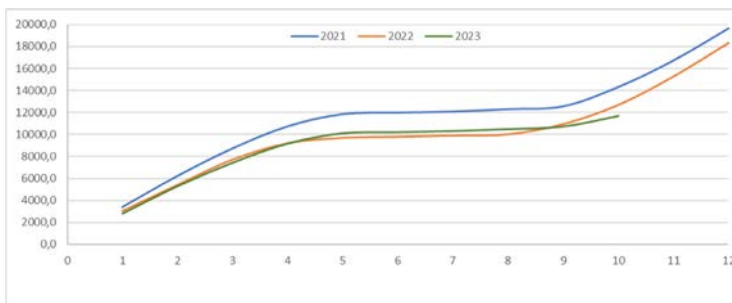
➤ Inovativni koncept za rezidencijalni sektor – inverter dizalice topline

	kWh _t	kWh _e	SPF
total	49659	7533	6,59

	kWh _t	kWh _e	SPF	Cumulative
sij.21	3410	538	6,34	3410,0
vlj.21	2825	447	6,32	6235,0
ožu.21	2500	376	6,65	8735,0
tra.21	2005	287	6,99	10740,0
svi.21	1111	157	7,08	11851,0
lip.21	135	23	5,87	11986,0
srp.21	94	17	5,53	12080,0
kol.21	220	34	6,47	12300,0
ruj.21	258	43	6,00	12558,0
lis.21	1757	262	6,71	14315,0
stu.21	2404	356	6,75	16719,0
pro.21	2918	443	6,59	19637,0
sij.22	3050	474	6,43	3050,0
vlj.22	2376	364	6,53	5426,0
ožu.22	2290	356	6,43	7716,0
tra.22	1489	218	6,83	9205,0
svi.22	486	78	6,23	9691,0
lip.22	106	26	4,08	9797,0
srp.22	101	29	3,48	9898,0
kol.22	120	31	3,87	10018,0
ruj.22	927	130	7,13	10945,0
lis.22	1742	238	7,32	12687,0
stu.22	2584	371	6,96	15271,0
pro.22	3046	463	6,58	18317,0
sij.23	2823	430	6,57	2823,0
vlj.23	2495	389	6,41	5318,0
ožu.23	2131	319	6,68	7449,0
tra.23	1749	253	6,91	9198,0
svi.23	934	135	6,92	10132,0
lip.23	105	23	4,57	10237,0
srp.23	99	23	4,30	10336,0
kol.23	174	28	6,21	10510,0
ruj.23	240	38	6,32	10750,0
lis.23	955	134	7,13	11705,0



	kWh _t	kWh _e	SPF
2021	19637	2983	6,58
2022	18317	2778	6,59
2023	11705	1772	6,61



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.



Hvala na pažnji!

Kontakt: tkurevi@rgn.hr



1. radionica PLIGES projekta



Grijanje i hlađenje zgrade Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

Silvano Sušilović, dipl.ing.stroj.

FERIT Osijek, 10.11.2023.

POLJOPRIVREDNI FAKULTET OSIJEK

STROJARSKI SUSTAVI GRIJANJA , HLAĐENJA I PROZRAČIVANJA

PROJEKTANTSKI TIM :
Predrag Rechner , dipl. ing. arh.
Darko Angebrandt , dipl. ing el.
Silvano Sušilović , dipl.ing.stroj.

Projekt 2002./2007.
Izvođenje 2009./2011.

INVESTITOR: Sveučilište JJ Strossmayer u Osijeku
MJESTO GRADNJE : Osijek
GRAĐEVINA : Poljoprivredni fakultet u Osijeku
IZVOĐAČ : Gradnja Osijek ; Vodovod Osijek

Skraćeni opis – glavne karakteristike :
bruto površina 18.000 m²
dizalica topline voda - voda snage 2*300 kW
prozračivanje zračne snage 132.000 m³/h
termički aktivna betonska jezgra prostorija 9000 m²
podno i zidno grijanje i hlađenje hodnika 5000 m²
prozračivanje 270 prostorija s varijabilnim protokom zraka
centralni regulacijski sustav
hlađenje zgrade bunarskom vodom

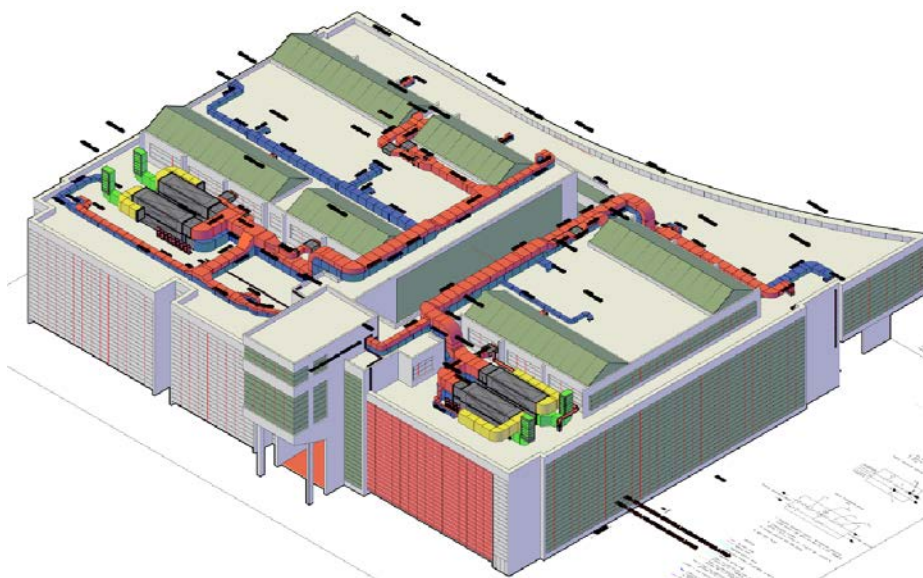
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

3



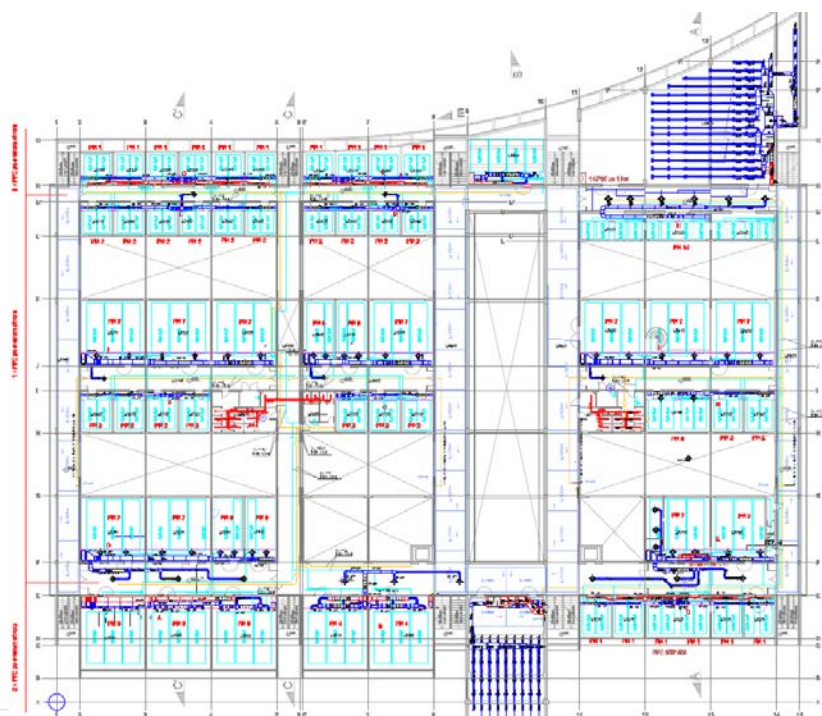
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

4



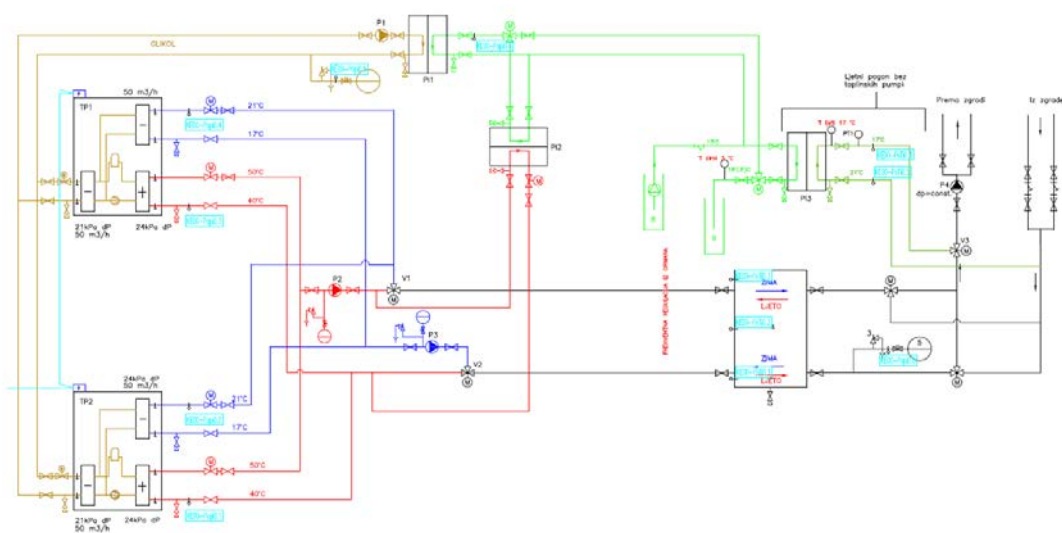
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

5



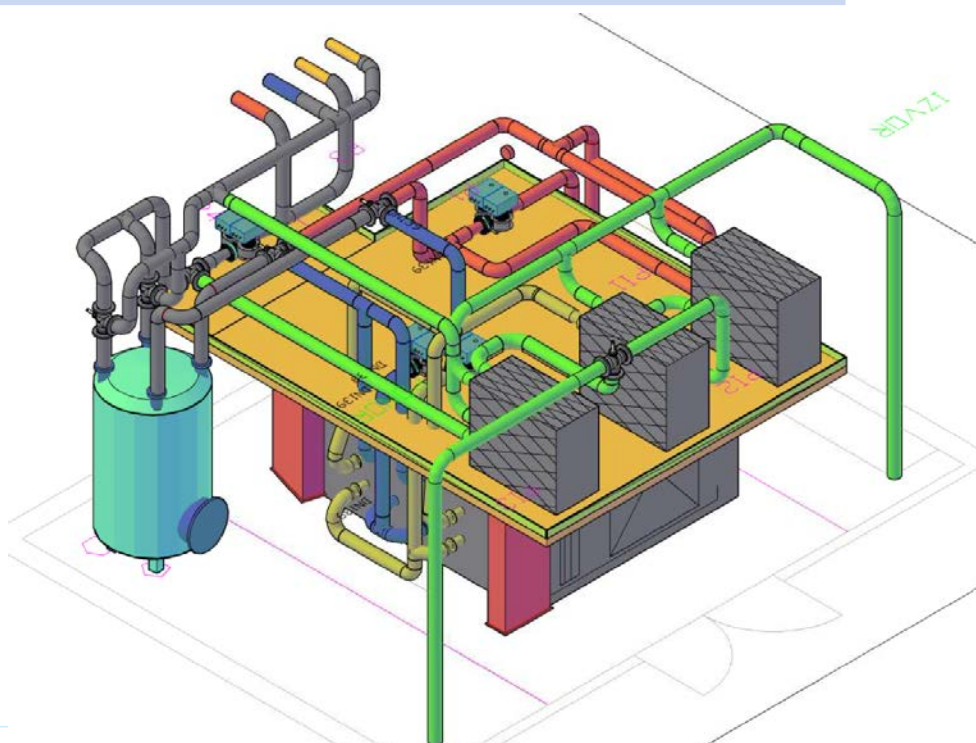
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

6



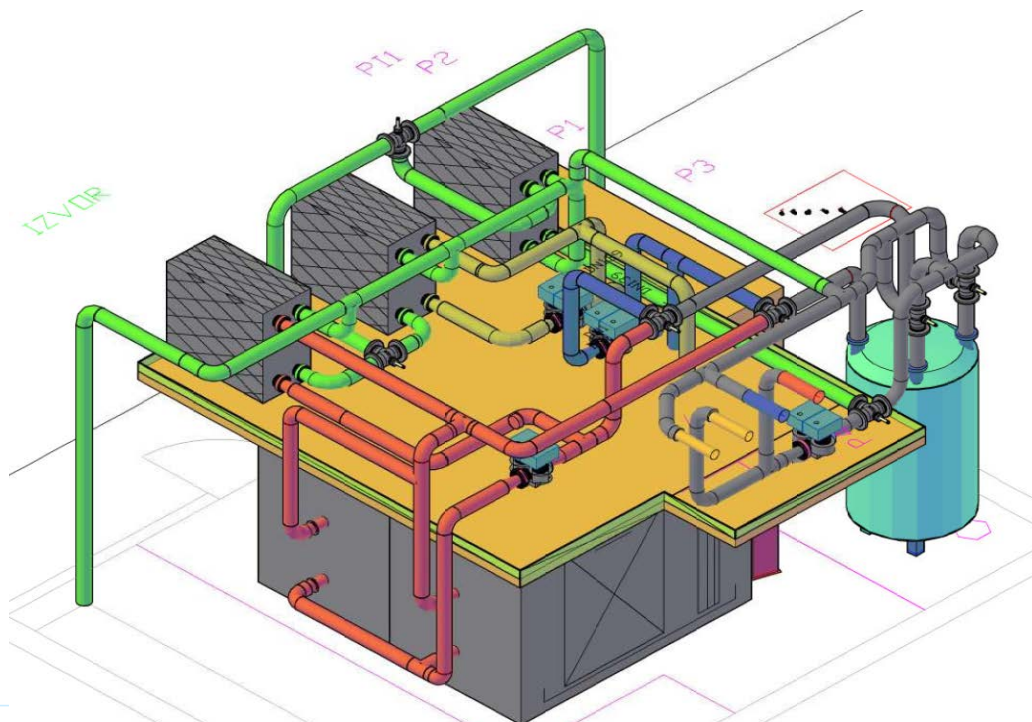
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

7



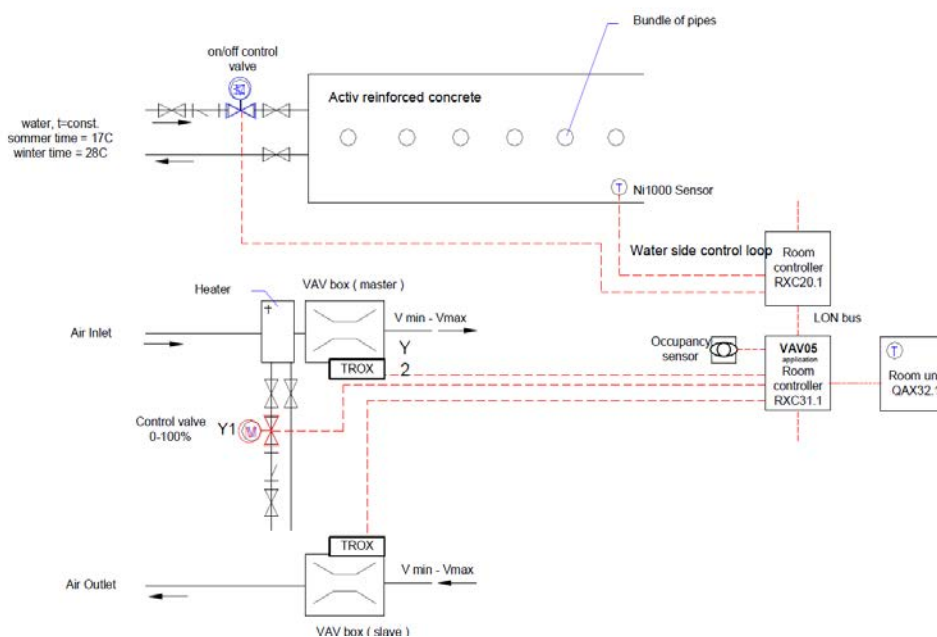
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

8



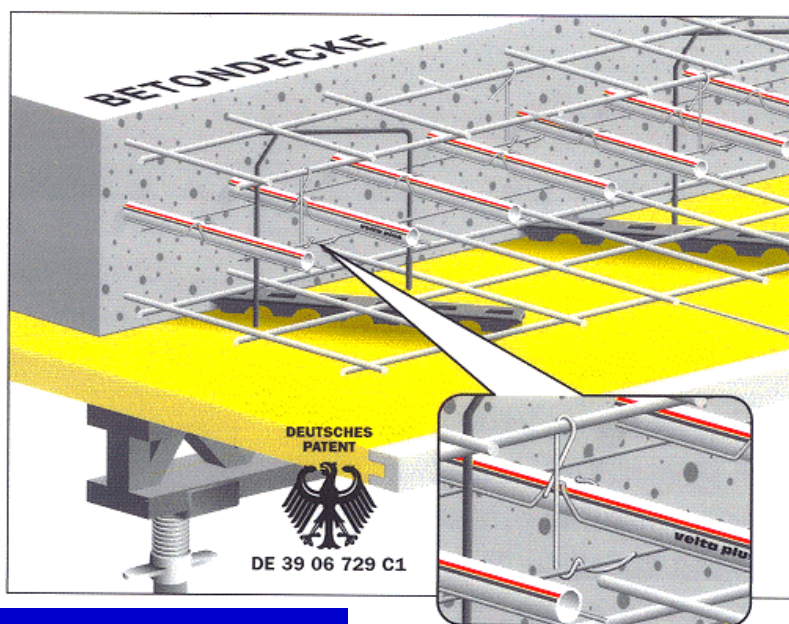
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

9



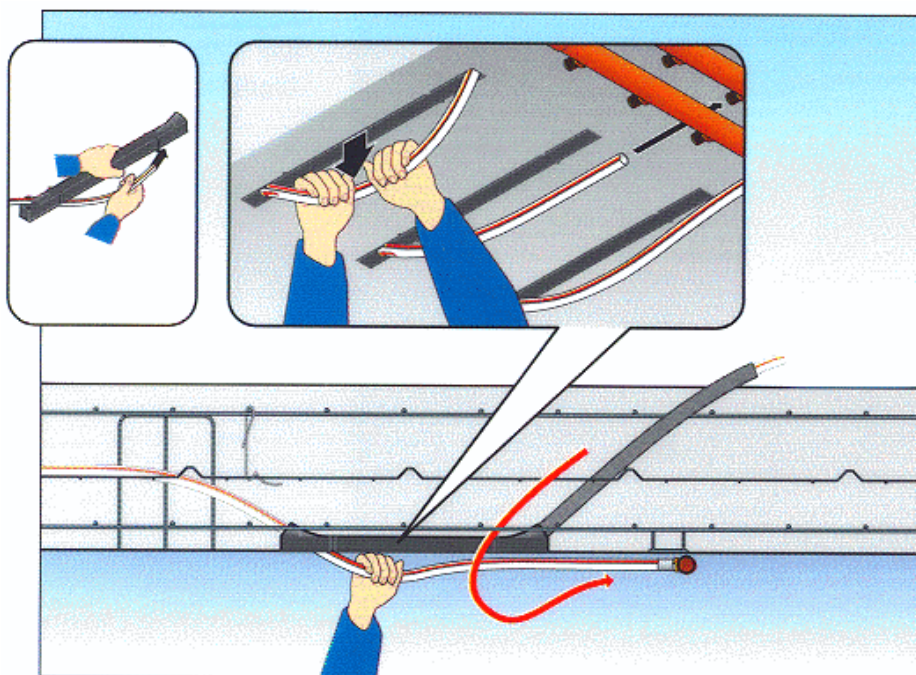
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

10



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

11



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

12



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

13



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

14



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

15



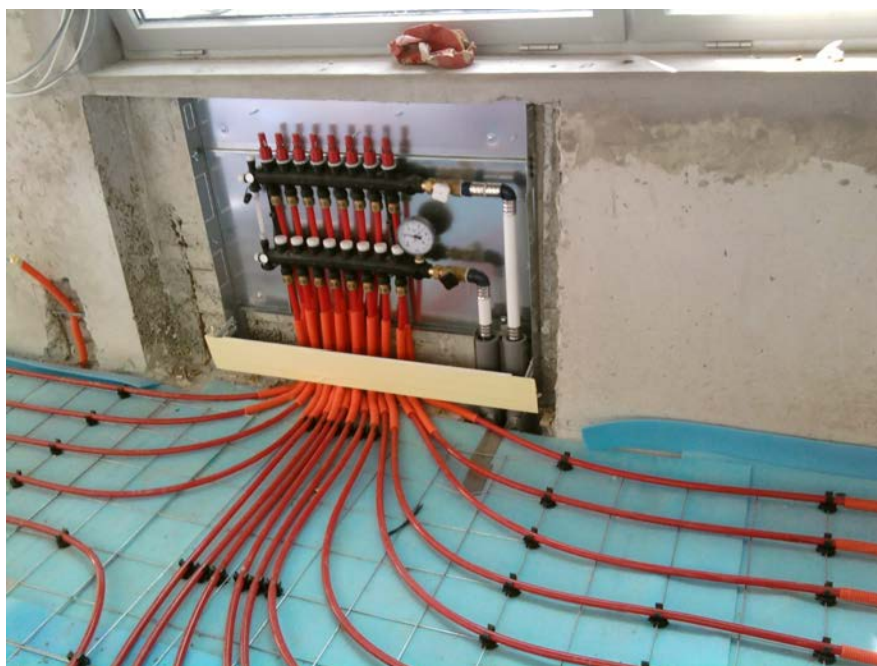
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

16



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

17



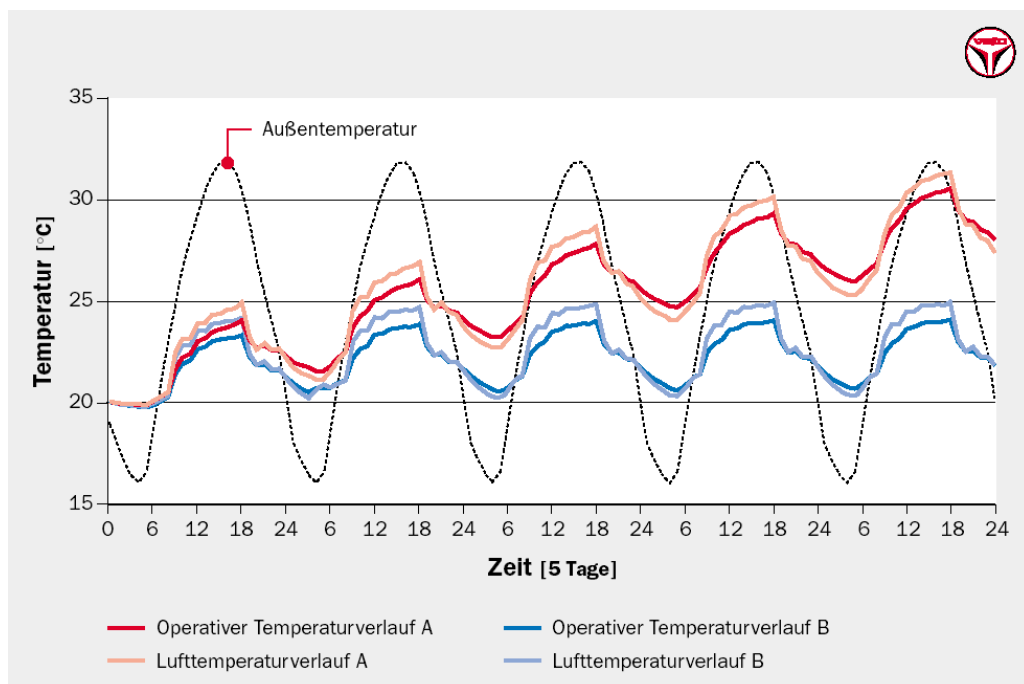
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

18



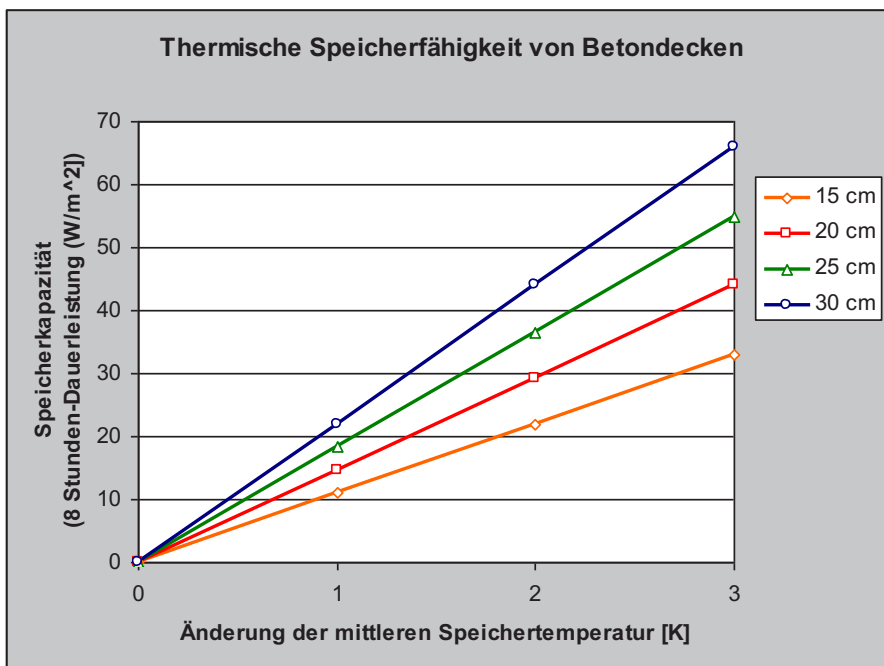
1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

19



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

20



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

21



1. radionica PLIGES projekta, Osijek, 10.11.2023.

22

HVALA NA PAŽNJI

Silvano Sušilović, dipl.ing.stroj.

e-mail: flogiston1994@gmail.com

Iskustva u projektiranju dizalica topline: voda - voda i tlo - voda

- Radionica projekta PLIGES-
Osijek, 10. XI. 2023.

Stjepan Herceg, mag. ing. mech.
Doc dr. sc. Luka Boban
Prof. dr. sc. Vladimir Soldo
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje



Financijska potpora

Projekt *Mapiranje plitkih geotermalnih sustava u Republici Hrvatskoj* (PLIGES), ref. broj 111, financiran je od Islanda, Lihtenštajna i Norveške kroz Financijski mehanizam Europskog gospodarskog prostora (EGP) 2014. – 2021. uz nacionalno sufinanciranje Republike Hrvatske u okviru provedbe Programa „Energija i klimatske promjene“.

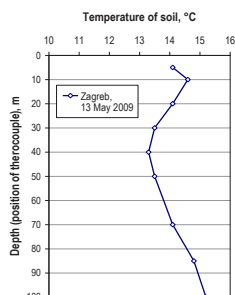
- Upravitelj programa: Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije
- Programski partner: Energetski institut Hrvoje Požar

Stručne i znanstvene aktivnosti

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

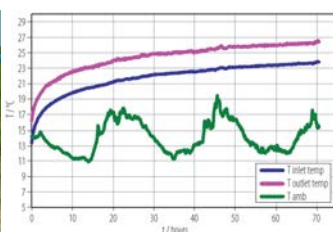
REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR



Dizalice topline s korištenjem tla kao obnovljivog toplinskog spremnika (2007-2013), projekt financiran od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta

Izveden prvi sustav s distribuiranim mjerenjem temperature tla (termoparovima) na FSB-u



Razvoj uređaja za TRT i prvo komercijalno ispitivanje u RH (2011)

Na lokaciji Rugvica, određivanje temperature tla, efektivne vodljivosti tla i toplinskog otpora na izvedenom bušotinskom izmjenjivaču topline

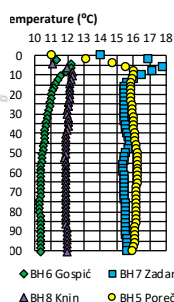
Zajedno za zelenu Europu

Stručne i znanstvene aktivnosti

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR



Istraživanje i promocija plitkog geotermalnog potencijala u Republici Hrvatskoj (2013-2015), sufinanciranje kroz IPAlIIC program

- 8 istražnih bušotina opremljenih sustavom naprednog mjerenjatemperature tla (optički kabeli)
- Izvedeni demonstracijski sustavi s dizalicama topline



Izvedba pilot postrojenja (2013-2022),

- Istraživanje i promocija plitkog geotermalnog potencijala u Republici Hrvatskoj (2013-2015)
- CheapGSHPs: Cheap and efficient application of reliable ground source heat exchangers and pumps (2016-2019), Horizon 2020
- SeAdrion: Fostering diffusion of Heating & Cooling technologies using the seawater pump in the Adriatic-Ionian Region (2018-2021), Interreg projekt

Zajedno za zelenu Europu

Stručne i znanstvene aktivnosti

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR



Sea for Heritage Energy Transition – SEAHEaT

Iskorištavanje toplinske energije mora posredstvom dizalica topline u projektima energetske obnove zgrada koja predstavljaju kulturna dobra.

Izvedba pilot projekta za potrebe dvije zgrade Specijalne bolnice za ortopediju i rehabilitaciju “Martin Horvat” u Rovinju

Stručne aktivnosti:

- izrada preinvesticijskih studija
- ispitivanje toplinskog odziva tla (TRT metoda)
- dimenzioniranje polja bušotinskih izmjenjivača topline
- mjerenje radnih parametara, dijagnostika i otklanjanje nepravilnosti

Zajedno za zelenu Europu

Dimenzioniranje sustava za iskorištavanje topline iz okoliša prema sezoni grijanja i hlađenja

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR

- **Toplinsko opterećenje zgrade:** toplinsko opterećenje ovisi o svojstvima zgrade te ponašanju korisnika zgrade
- Ovisno o toplinskom opterećenju zgrade, režimu rada sustava i učinkovitosti sustava ovisi izmijenjena toplina s okolišem
- Kod geotermalnih sustava:
 - Sustavi koji koriste tlo kao izvor topline – kod projektiranja predvidjeti dugoročnu eksploataciju (akumulacija topline)
 - Sustavi s podzemnom vodom – brže izmjena topline – pravilno dimenzioniranje pumpi za optimalni pogon sustava



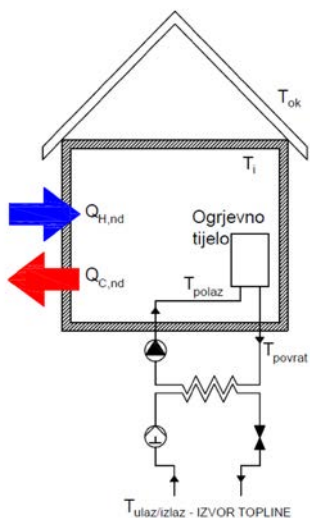
Zajedno za zelenu Europu

Dimenzioniranje sustava za iskorištavanje topline iz okoliša prema sezoni grijanja i hlađenja

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR



- Dinamični sustav ovisan o više varijabla
- Dobro dimenzioniran sustav – pravilan rad
- Potrebno poznavanje ulaznih i izlaznih varijabla kako bi se pravilno dimenzionirao sustav

Zajedno za zelenu Europu

Dimenzioniranje sustava za iskorištavanje topline iz okoliša prema sezoni grijanja i hlađenja

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR

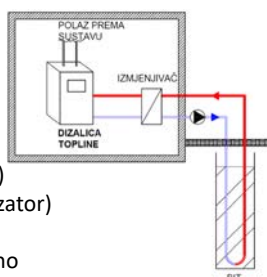
• Tlo-voda sustavi

$Q_{\text{sezona_gr}} = 10000 \text{ kWh}$
 $Q_{\text{sezona_hl}} = 10000 \text{ kWh}$

SCOP = 3,5
SEER = 4,5

$Q_{\text{tlo_gr}} = 7143 \text{ kWh}$ (isparivač)
 $Q_{\text{tlo_hl}} = 12222 \text{ kWh}$ (kondenzator)

Razlika = 5794 kWh -> dugoročno zagrijavanje/pohlađivanje tla



Voda-voda sustavi

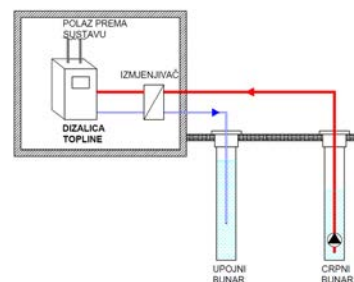
$Q_{\text{gr}} = 1000 \text{ kW}$
 $Q_{\text{hl}} = 1000 \text{ kW}$

COP = 4,5
EER = 6

$dT_{\text{vode}} = 5^\circ\text{C}$

$q_{\text{v_gr}} = 37 \text{ l/s}$
 $q_{\text{v_hl}} = 56 \text{ l/s}$

Razlika = 20 l/s -> potreban optimalan izbor pumpe (ugradnja pumpe s varijabilnim protokom)



Zajedno za zelenu Europu

Hidraulički proračun kruga izvora topline

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR

Zatvoreni sustavi

- Efikasnost sustava ovisi o pravilnom dimenzioniranju komponenti
- Dimenzioniranje – primjer optimiziranja investicijskih troškova i pogonskih troškova
 - manji promjeri cijevi – jeftiniji/skuplji operativni troškovi
 - veći promjeri cijevi – skuplji, manji operativni troškovi
- Iznimno efikasni u pogonu ako su pravilno dimenzionirani
- Prednosti dobro dimenzioniranog BIT-a mogu se limitirati lošim odabirom pumpe

Otvoreni sustavi

- Za razliku od tlo-voda sustava (optimiranje operativnih i investicijskih troškova) učinkovitost ovisi o količini podzemne vode
- Iako s povećanjem zahvata vode rastu investicijski troškovi (veći promjeri i pumpe) značajni je utjecaj zahvata vode na efikasnost cjelokupnog sustava
- Ključni dio je optimizacija količine protoka vode s obzirom na cjelokupni sustav te pravilan odabir pumpe

Zajedno za zelenu Europu

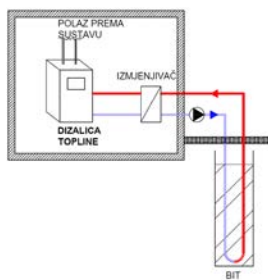
Hidraulički proračun kruga izvora topline – visina dobave pumpe

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR

Tlo-voda sustavi



Zatvoreni sustav

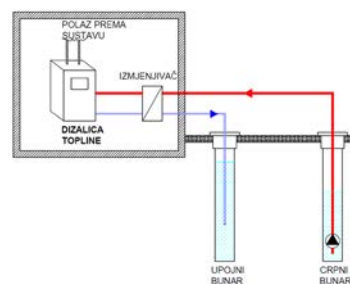
$$h_p = h_F$$

$$W_{pumpe} = \frac{Qxh_p x \rho g}{\eta_{pumpe}}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_p = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_F$$

$$h_F = h_f + h_{fm} - \text{gubici sustava}$$

Voda-voda sustavi



Otvoreni sustav

$$h_p = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_F,$$

Zajedno za zelenu Europu

Hidraulički proračun kruga zahvata podzemne vode

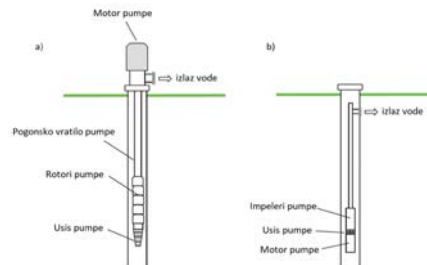
• Problemi:

- **Kvaliteta podzemne vode:** korozija, mehanička začepljenja, potrebni dodatni izmjenjivač (rast troškova održavanja i investicijskih troškova)
- **Toplinsko opterećenje zgrade:** promjena toplinskog opterećenja uzrokuje promjenu potrebe zahvata vode, optimizirati protok vode
- **Snaga pumpe:** potrebne veće snage pumpe nego kod zatvorenih sustava (ali većinom rade na većoj razlici temperature – bolja ukupna učinkovitost sustava)

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR



Slika lijevo: međuzmjenjivač
Slika gore: pumpe podzemne vode

Zajedno za zelenu Europu

Hidraulički proračun kruga zahvata podzemne vode

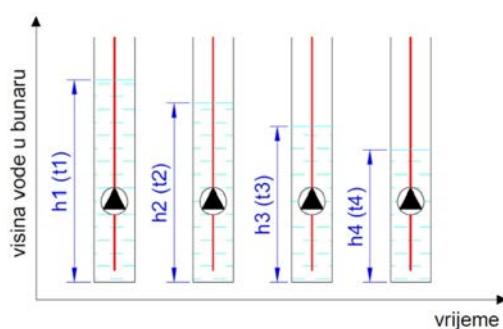
• Problemi:

- **Razina podzemne vode:** uzimanjem vode smanjuje se razina vode u bunaru što povećava potrebnu snagu pumpe, održavanje razine vode ovisi o karakteristikama tla i lokalnim podzemnim tokovima, problemi kod sustava koji podzemnu vodu ne vraćaju u upojni bunar nego u površinske vode (dugoročno isušivanje)
- **Potrebne dozvole:** većinom dozvoljena eksploatacija podzemne vode (zaštićena područja), potrebne dozvole za korištenje podzemne vode za razliku od ostalih izvora toplina

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR



Slika: smanjenje razine podzemne vode s vremenom

Zajedno za zelenu Europu

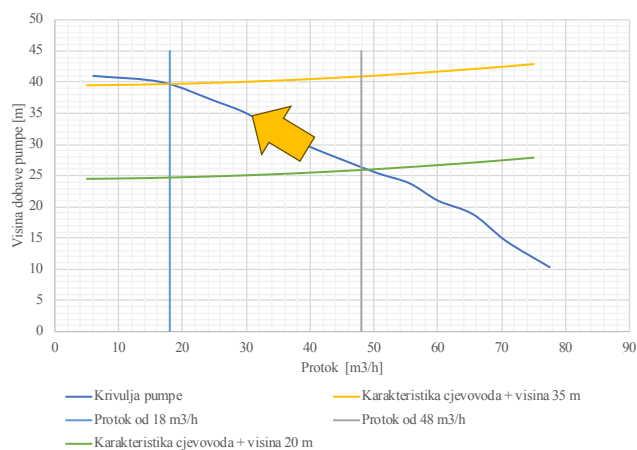
Hidraulički proračun kruga zahvata podzemne vode

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR

• Primjer



Smanjenje topline na isparivaču s 1000 kW na 377 kW kod promjene visine dobave ili krivo određene visine dobave

Zajedno za zelenu Europu

Specifične pojave u tlu utvrđene TRT-om

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

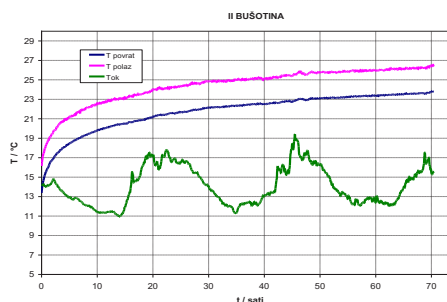
REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds

EIHP
ENERGETSKI INSTITUT
HRVOJE POŽAR

- TRT (thermal response test) – metoda određivanja toplinskog odziva tla
- **Ideja ispitivanja:** zagrijavanje tla s **konstantnim toplinskim tokom** te praćenje toplinskog odziva tla, tj. promjene temperature fluida koji struji kroz cijevi u tlu
- provodi se na izvedeno bušotinskom izmjenjivaču topline (BIT), a metodom se određuje temperatura tla, efektivna toplinska vodljivost tla i toplinski otpor BIT-a



Slika: TRT uređaj povezan s toplinskom sondom

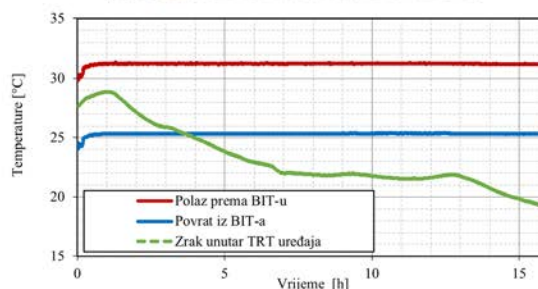
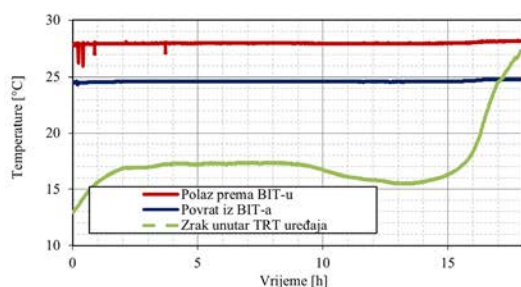


Slika: Temperature tijekom TRT-a (polaz prema tlu – ljubičasta; povrta iz tla - modra, okolišni zrak – zelena)

Zajedno za zelenu Europu

Specifične pojave u tlu utvrđene TRT-om I

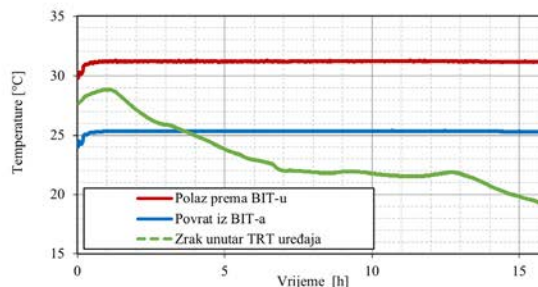
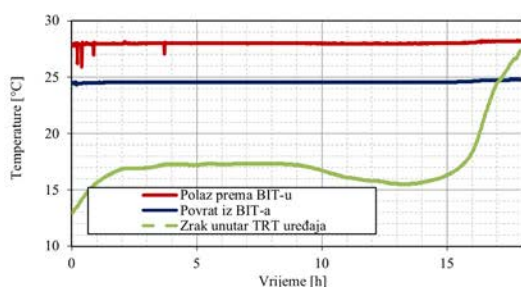
- Lokacija: Velika, uslužna turistička djelatnost
- specifičnosti:
 - a) temperature fluida stabilna u vremenu neovisno o narinutom toplinskom učinku (4,9 kW i 8,4 kW)
 - b) visoka temperatura tla u iznosu od 23,64 °C



Slika: Temperature tijekom TRT-a (lijevo 4,9 kW grijanja; desno 8,4 kW grijanja)

Specifične pojave u tlu utvrđene TRT-om I

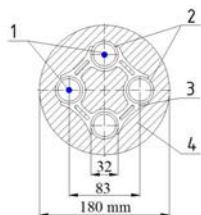
- specifičnosti:
 - nefizikalna efektivna toplinska vodljivost tla (87 i 312 W/(m K)) ovisna o narinutom toplinskom toku
 - uzork – izraženi protok podzemne vode
 - visoka temperature tla – provjeriti temperaturni raspon primjene materijala cijevi (za režim hlađenja) i graničnu temperaturu medija na ulazu u isparivač (često je to 20 °C)



Slika: Temperature tijekom TRT-a (lijevo 4,9 kW grijanja; desno 8,4 kW grijanja)

Specifične pojave u tlu utvrđene TRT-om II

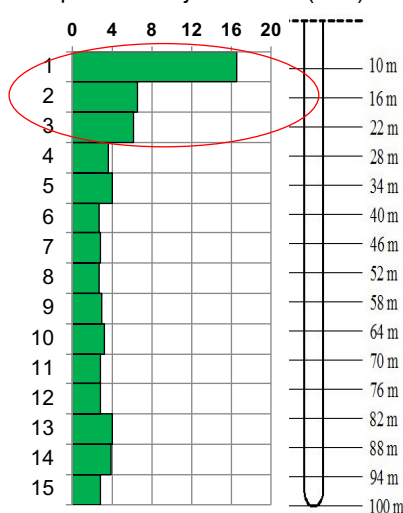
- lokacija: Zadar, školski demonstracijski sustav
- napredno određivanje toplinskih svojstava po dubini (DTRT)
- specifičnosti:
 - uočeni sloj s značajno višim toplinskim svojstvima



1. optički kabel
2. PE cijev

3. distancer
4. ispunja

Toplinska vodljivost tla W/(m K)



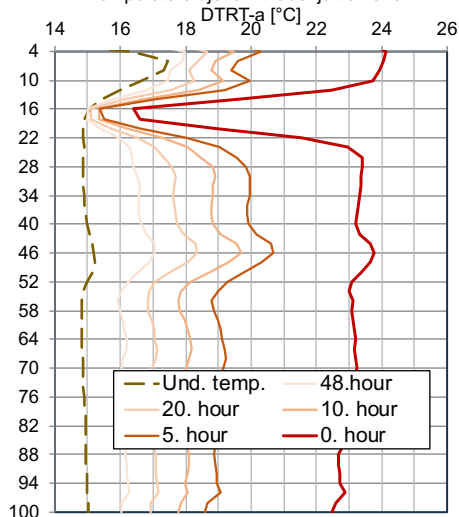
Slika: Vertikalna razdioba toplinske vodljivosti i uzorci tla

Specifične pojave u tlu utvrđene TRT-om II

- specifičnosti:
 - uzrok – izraženi protok podzemne vode

Metoda	Toplinska vodljivost tla [W/(m K)]
Mjerenje na uzorcima tla	2.86
DTRT	4.3
DTRT (bez slojeva 1, 2, 3)	3.19

Temperatura tijekom hlađenja tla nakon

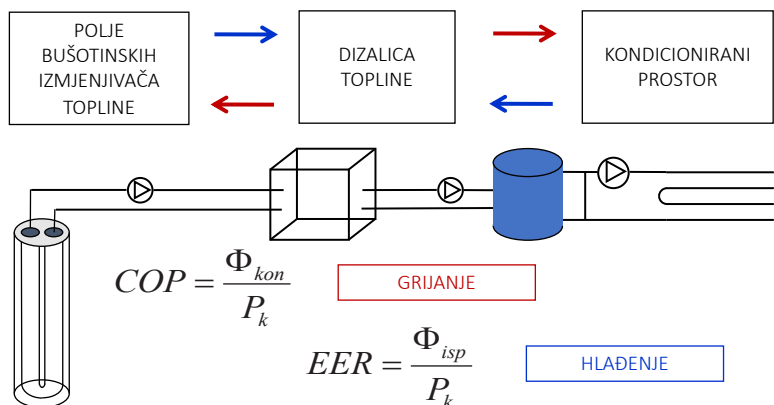


Slika: Vertikalna razdioba temperature

Optimiranje geometrije polja bušotinskih izmjenjivača topline

Koliko je potrebno BIT-ova?

- Dimenzije cijevi i dubina bušotine
- Toplinska svojstva ispune
- Posredni medij – udio sredstva za snižavanje temperature ledište
- Osigurano turbulentno strujanje
- Dubina BIT-a
- Razmak između susjednih BIT-ova
- Ulazni parametri: rezultati TRT-a i toplinske potrebe!



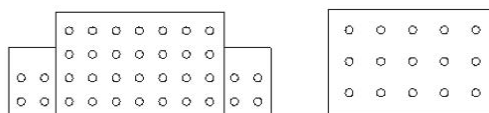
- Cilj proračuna: zadovoljavanje minimalne i maksimalne dopuštene temperature i ograničavanje trajne promjene temperature tla

Optimiranje geometrije polja bušotinskih izmjenjivača topline

Primjer:

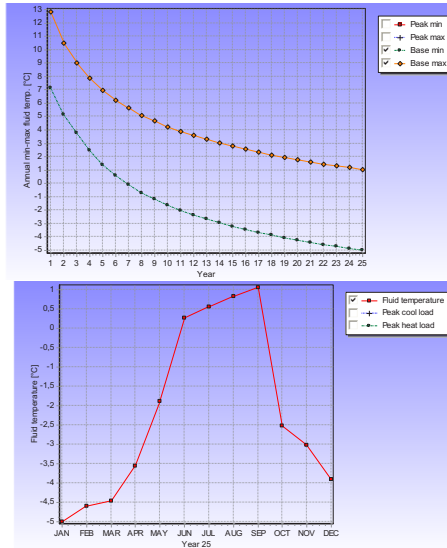
Industrijsko postrojenje, priprema tople vode na 48 °C i hlađenje uredskih prostora

- Energija za grijanje: 1055 MWh
- Energija za hlađenje 265 MWh
- značajno veće potrebe za grijanjem nego za hlađenjem što uzrokuje neuravnoteženu izmjenu topline s tlom
- broj BIT-ova ograničen je raspoloživom površinom



Slika: Raspoloživi prostor za ugradnju BIT-ova

Optimiranje geometrije polja bušotinskih izmjenjivača topline



Primjer:

Industrijsko postrojenje, priprema tople vode na 48 °C i hlađenje uredskih prostora

- trajno pothlađenje tla
- prosječni faktor grijanja dizalice topline smanjuje se s godinama te se smanjuje i udio toplinske energije preuzete iz tla

REZULTAT PRORAČUNA:

- 15 BIT-ova, razmak 8 m (ukupno 1800 m) – 479 MWh isporučene topline (45% od ukupno potrebne)
- 36 BIT-ova, razmak 6 m (ukupno 4320 m) – 730 MWh isporučene topline (73% od ukupno potrebne)
- Dodatnih 140% ukupne duljine izmjenjivača rezultira s manje od 50% povećanjem isporučene toplinske energije
- zbog konačne raspoložive površine za ugradnju daljnje povećanje broja BIT-ova ne povećava linearno količinu energije koja se sustavom može isporučiti

Zaključak

- dizalice topline s tlom i vodom tehnički su zahtjevnije za projektiranje i izvedbu
- za učinkoviti rad sustava nužno je dobro projektirati i izvesti dio sustava za zahvat obnovljive topline iz okoliša (tla ili vode)
- nužno je poznavanje toplinskih potreba zgrade te je nužno približno poznavanje radnih značajki dizalice topline (COP i EER vrijednosti)
- rezultate istražnih ispitivanja (TRT-a) potrebno je točno i objektivno interpretirati
- posebnu pažnju potrebno je pridati zgradama s neravnomjernim potrebama za grijanjem i hlađenjem te investitoru ponuditi financijski optimalno rješenje

Iceland
Liechtenstein
Norway grants



REPUBLIC OF CROATIA
Ministry of Regional
Development and EU Funds



Hvala na pažnji!

Kontakt

www.pliges.eu

www.fsb.hr

Fakultet strojarstva i brodogradnje
Ivana Lučića 5
10002 Zagreb, p.p. 102

/stjepan.herceg@fsb.hr

/luka.boban@fsb.hr

/vladimir.soldo@fsb.hr



Zajedno za zelenu Europu



www.pliges.eu
e-mail: info@pliges.eu

Projekt Mapiranje plitkih geotermalnih sustava u Republici Hrvatskoj - PLIGES financiraju Island, Lihtenštajn i Norveška u sklopu Financijskog mehanizma Europskog gospodarskog prostora (EGP) 2014. - 2021. uz nacionalno sufinanciranje Republike Hrvatske u okviru provedbe Programa Energija i klimatske promjene.

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Fakulteta strojarstva i brodogradnje i Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.