

Obnovljiva energija za pametan rast i  
zaštićeno okruženje

# GEOTERMALNA ENERGIJA

PRAKTIČAN VODIČ ZA  
KORIŠĆENJE ENERGIJE ZEMLJE





## **SADRŽAJ**

### **UVOD**

1. ZNAČAJ ENERGIJE U SAVREMENOM DRUŠTVU I TRENDOVIMA .....	3
2. ŠTA SU OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE.....	4
3. KOJE SU PREDNOSTI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE .....	5
4. KOJI SU IZAZOVI U KORIŠĆENJU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE .....	6

### **SOLARNA ENERGIJA**

5. ŠTA JE TO GEOTERMALNA ENERGIJA, NJENI OBLICI I POTENCIJALI .....	7
6. NAČINI KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE.....	9
7. TOPLOTNE PUMPE .....	14
8. IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA I PROCENA TROŠKOVA .....	21
9. SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE.....	27
10. PAMETNE KUĆE.....	29
11. DOBRI PRIMERI IZ PRAKSE .....	30
12. UMESTO ZAKLJUČKA.....	38
13. O PROJEKTU .....	40

# **Geotermalna energija**

## **Praktičan vodič za korišćenje geotermalne energije**

Zaječar 2022

### **SKRAĆENICE I NJIHOVO ZNAČENJE**

OIE – Obnovljivi izvori energije

ROI – Vreme povraćaja investicije

IKT – Informaciono-komunikacijske tehnologije

TP – Toplotna pumpa

COP – Koeficijent učinka

*Ova publikacija je napravljena uz pomoć sredstava Evropske unije kroz Interreg-IPA Program prekogranične saradnje Bugarska-Srbija pod brojem CCI No 2014TC16I5CB007.*

*Jedinstveno odgovorno lice za sadržaj ove publikacije je RARIS – Regionalna agencija za razvoj istočne Srbije i ni na koji način ne može biti tumačen kao stav Evropske unije ili Upravljačkog tela programa.*

# UVOD

## 1. ZNAČAJ ENERGIJE U SAVREMENOM DRUŠTVU I TRENDÖVI

Energija je, pored vode jedan o dva najvažnija resursa koji su ključni za sadašnji i budući opstanak ljudske zajednice. Možda ovo zvuči pomalo zastrašujuće, kataklizmično, ali svakodnevica potvrđuje da bez jednog od ova dva resursa, teško da može biti razvoja društva ili čak održanje postojećeg stanja. Energija je oduvek bila značajan faktor koji je obezbeđivao mogućnost napretka, pod sasvim bazne upotrebe za pripremanje hrane, osvetljenje i grejanje do današnjih dana gde NE POSTOJI ni jedna delatnost koja je moguća bez manje ili više energije. Potrošnja ovog ključnog resursa je počela eksponencijalno da raste tehnološkim razvojem u XVII i XIX veku, naročito posle Prve industrijske revolucije gde je energija počela masovno da se koristi u proizvodnji i povećanju količine roba za sve zahtevnije i narastajuće ljudsko društvo. Potrošnja je proporcionalna stepenu razvoja industrija, ali i stepenu životnog standarda pojedinih zemalja. Od 1965 – 2021 u nekim zemljama je potrošnja povećana i do 500 puta (Oman), jednom broju azijskih zemalja u razvoji desetak i više puta, dok je u jednom broju jako siromašnih zemalja čak pala za 50%, usled smanjene industrijske aktivnosti (Sirija, Gabon, Severna Koreja...) ili su smanjenja rezultat uvođenja efikasnijih tehnologija i programa striktne energetske efikasnosti (Velika Britanija, Danska, Luksemburg...).

U poslednjih dvadesetak godina, potražnja za električnom pa i toplotnom energijom ubrzano raste zbog pokušaja da se smanji uticaj na klimatske promene, odnosno zbog sve striknijih mera uvođenja dekarbonizacije i industrija koje ne emituju ili imaju značajno manje emitovanje CO<sub>2</sub>, kao glavnog uzročnika zagrevanja atmosfere. Posledice su sada već svima jasne, jer porast prosečnih temperatura uzrokuju promenu kretanja vazdušnih masa i vodenih tokova što za posledicu ima ekstremne klimatske fenomene, velike suše tokom čitave godine a sa druge strane ogromne količine padavina u kratkom vremenu, čak i u doba godine kada im vreme nije. Električna energija je percipirana kao najčistiji oblik koji neće zagađivati životnu sredinu, iako to nije uvek slučaj. Uzmimo, na primer proizvodnju električne energije iz termoelektrana gde se emituju velike količine zagađujućih gasova, naročito CO<sub>2</sub>, čak i kada postrojenja imaju veoma složene i vrlo skupe sisteme za prečišćavanje vazduha. Istovremeno, upotreba hidro ili nuklearne energije izazivaju kontroverze jer velike hidroelektrane ne emituju CO<sub>2</sub> ali zato imaju veliki uticaj na mikroklimu, na podzemne vode, na sav živi svet pa i na socijalnom planu kada se sele čitava naselja i infrastruktura iz oblasti gde nastaju akumulaciona jezera. Nuklearne elektrane su potencijalno veoma veliki rizik zbog, makar i minimalne mogućnosti nuklearnog akcidenta ili havarije kao i zbog zahtevnog skladištenja nuklearnog otpada.

Događaji tokom poslednjih godina su samo izbacili u prvi plan sva ova pitanja, posebno sukob u Ukrajini koji je doneo masivna pomeranja i ogromne poremećaje na tržištu hranom i

energijom pa su neki zaboravljeni kapaciteti na prljava goriva u zapadnom svetu, pre svega na ugalj, silom prilika vraćeni u proizvodnju.

Iz svih tih razloga, ceo svet a posebno Evropska Unija već čitav niz godina pokušava da uvede programe koji imaju za cilj proizvodnju čiste energije u dovoljnim količinama, kako bi se postigli ciljevi održivog razvoja (RIO proces, Kjoto protokol, Zelena agenda, Fit for 55).

## 2. ŠTA SU OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije (OIE) su oni izvori energije koji se obnavljaju najmanje istom brzinom kojom se eksplatišu. Kako se prirodi sve obnavlja spontano i bez zagađenja, zato su OIE čista energija te pravi izbor za rešavanje energetskih potreba a da pri tome ne zagađuju životnu sredinu i nemaju, ili imaju vrlo mali uticaj na klimatske promene. Za razliku od OIE, neobnovljivi izvori se vremenom troše i ne mogu se obnoviti, bar ne u vremenskim okvirima koji su uporedivi sa našom dinamikom života. Neobnovljivi izvori energije su sva fosilna goriva (ugalj, nafta, prirodni gas), na primer, jer se ne mogu obnoviti čak ni za vreme koje je bilo dovoljno za nastajanje ljudske civilizacije. U obnovljive izvore energije spadaju:

**Energija vode** je energija reka, energija talasa, plime i oseke... Koristi od pamтивека за pokretanje vodenica ili bilo kakvih drugih instalacija kojima je potrebna mehanička energija, vršalice, strugare, tkačnice. Od XIX veka se počinje sa proizvodnjom električne energije i od tada je jedan od najčešćih načina korišćenja izvora energije koji se stalno obnavljaju.

**Energija sunca** je energija koje sunce zrači na zemljinu površinu i može biti toplotna i svetlosna (iako su one iste elektromagnetne prirode ali u različitim spektrima zračenja); Ovo je, takođe oblik energije koji je oduvek bio na raspolaganju. U početku se sunce koristilo tek kao topotni izvor, za grejanje domova, vode a ubrzo i za konzervisanje hrane jer sunce, osim topote emituje i ultravioletne zrake koji su odličan dezinficijent, odnosno odlični su konzerviranje hrane. Iz tog razloga se sunce koristi za sušenje mesa, biljaka i biljnih proizvoda. Tek u XX veku je otkriveno da, kada se kristalizovani silicijum izloži suncu, on generiše električni napon i struju. Taj fenomen se danas koristi za izradu foto električnih panela od kojih se dobija električna energija

**Geotermalna energija** je energija zemlje koju ona ima kao ogromni topotni rezervoar. Zemlja zrači svoju sopstvenu energiju i rudari to najbolje znaju jer je u kopovima temperatura znatno viša nego na površini. Zemlja je jedan veliki grejač i ta se osobina upotrebljava, pre svega u balneološke, zdravstvene svrhe. Svaka banja koristi toplu vodu iz dubine zemlje. Termalne vode se, međutim mogu upotrebiti za proizvodnju električne energije, za zagrevanje bazena, stambenih prostora, za zagrevanje puteva i ulica (Island, koji praktično leži na geotermalnim izvorima, obilato ih koristi baš za ove svrhe), staklenika i ribnjaka. Međutim, geotermalna energija se ne koristi samo direktno, posredstvom toplih voda, već se može staviti u funkciju uz pomoć tehnologije topotnih pumpi i za zagrevanje i za hlađenje.

**Biomasa** – Energija koja se dobija spaljivanjem biljnih ostataka, korišćenjem bio gasa kao produkta raspadanja biljne mase i iz bio goriva (gorivo koje se dobija preradom biljaka sa visokim sadržajem ulja). Biomasa je najstariji oblik obnovljive energije jer je ljudska rasa od nastanka koristila drvo za ogrev za pripremu hrane i kao izvor svetlosti. Drvo raste, pa ako se pažljivo koristi, uvek će ga biti. Biomasa su i biljke i ostaci od poljoprivredne proizvodnje i uopšte sav biološki materijal koji se može upotrebiti kao gorivo, jer je to primarni način korišćenja biomase (slama, ostaci od žetvi, ostaci od povrtarskih kultura, suve grane i biljke, itd...). Biomasa su i posebne energetske biljke koje se gaje samo u te svrhe. Pored nekih vrsta drveta, brzorastuće vrbe, na primer seju se i jednogodišnje biljke koje se kasnije koriste kao gorivo. Danas je biomasa često na raspolaganju u obliku peleta, komprimovanog biljnog materijala, jer se na taj način ujednačava kvalitet a olakšava i poboljšava upotreba.

**Energija vetra** – Vetar nastaje kao posledica kretanja velikih vazdušnih masa u zemljinoj atmosferi usled klimatskih fenomena, razlika u temperaturi i pritisku vazduha iznad zemljine površine. Vetar se javlja povremeno i ne možemo sa tačnošću predvideti njegovu pojavu, ali se isto tako koristio kao izvor energije. U početku za pogon plovila na jedra koja su bila "hvatači" energije, a kasnije i kao pogon za mlinove, odnosno svega što bi moglo biti pokretano spoljnom energijom (mlinovi, pumpe za vodu, stupe za konoplju, strugare...). To su delatnosti koje su jako slične onima kakve su pokretane vodom i energija koja se koristila u početku za pogon plovila, danas je u daleko najvećoj meri stavljen u funkciju proizvodnje električne energije uz pomoć vetro-generatora..

### 3. KOJE SU PREDNOSTI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije su u nekom od oblika dostupni svuda i mogu se eksplorisati na svakom mestu, odmah i bez potrebe transporta energenata. To znači da je infrastruktura za eksploraciju energije iz obnovljivih izvora manja, jednostavnija i manje zahtevna. Ovde se izuzimaju velika postrojenja kakve su velike akumulacione i/ili reverzibilne hidroelektrane ili postrojenja za masivno korišćenje geotermalnih voda, kakva postoje na Islandu, na primer.

Osim pomenutog, u bezbednosnom i strateškom smislu, mnogo je povoljniji energetski status kada postoji disperzija energetskih izvora na manje jedinice nego da je energetski izvor veliki, sa kapacitetom da pokrije značajnu potrošnju. Kvar na malim postrojenjima ne ugrožava elektroenergetski sistem, dok ispad velike elektrane vodi u veoma ozbiljne probleme u proizvodnji i distribuciji energije.

U tehničkom smislu, generisanje energije u malim postrojenjima znači da se njena distribucija vrši u električnoj mreži na nižem naponu a ne preko dalekovoda, što smanjuje gubitke u mreži i čini je efikasnijom.

Cena proizvodnje energije iz obnovljivih izvora ima trend pada, a sa druge strane, tržišna cena energije ima tendenciju rasta što opravdava investicije u ovu oblast.

Zelena ekonomija, pa samim tim i industrija obnovljivih izvora energije je, pored IKT najbrže rastuća grana privrede jer prelazak na OIE zahteva razvoj tehnologija i značajno veću proizvodnju opreme i usluga u ovoj oblasti, tako da je korist dvostruka, sa jedne strane dobija se energija koja je znatno čistija i bezbednija za upotrebu nego ona iz konvencionalnih izvora, a sa druge, povećan je nivo energetske bezbednosti i smanjenja zavisnosti od drugih izvora i/ili isporučilaca energije. Konačno, cena proizvodnje energije iz obnovljivih izvora pada jer se povećava broj proizvođača opreme i njene količine.

#### 4. KOJI SU IZAZOVI U KORIŠĆENJU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Najveći problem u korišćenju energije iz obnovljivih izvora je činjenica da su dve najpopularnije i najjednostavnije za eksploraciju, energija veta i energija sunca takve prirode da se ne proizvode u kontinuitetu. Energija iz ta dva izvora se generiše kada je ima, dakle kada sunce sija a vetrar duva, što je predvidljivo samo donekle. Elektroenergetski sistem, grubo rečeno, počiva na tri ključna stuba, proizvođač, distributer i potrošač. Raspodela energije se vrši preko električne, distributivne mreže koja, da bi funkcionišala u optimalnom režimu, mora imati stalno opterećenje. Analogija bi se mogla sprovesti sa vodovodnim cevima u kojima, takođe mora stalno da bude voda. U suprotnom, može ući vazduh u cev i smanjiti protok ili se u cevi, zbog stajaće vode mogu nataložiti nečistoće koje smanjuju prohodnost.

Da bi se obezbedilo optimalno opterećenje električne mreže, kroz nju mora da teče, manje više ista količina energije za šta je potrebno da imamo ujednačenu potrošnju i proizvodnju. Iz tog razloga, neophodno je obezbediti rezervne količine energije koje će biti dodate u mrežu kada nema sunca ili nema veta. Ta dodatna energija je tzv. "balansna energija" i mora se obezbediti na neku način. Za sada, operator energetskog sistema ima obavezu da obezbedi balansnu energiju, shodno propisima u Srbiji i Bugarskoj, ali je izvesno da će se u budućnosti deo ili celu obavezu prebaciti na proizvođače energije iz obnovljivih izvora što će poskupeti investicije i smanjiti atraktivnost ulaganja, barem za velike sisteme jer će mali iz toga biti izuzeti u potpunosti ili delimično.

Potrebno je osigurati da ne dođe do negativnog uticaja na životnu sredinu (ovo se posebno odnosi na male hidroelektrane i na postrojenja i uređaje za korišćenje bio-mase)

Iako je energija iz obnovljivih izvora jeftina, mora se redovno održavati sistem (čišćenje panela, orezivati drveće da ne bacu senku na panele, provera tečnosti u solarnim kolektorima, provera tečnosti u sistemu toploplotnih pumpi, održavanje kanala i kaptaže kod hidroelektrana, čišćenje peći i odžaka kod peći na biomasu...) i menjati elemente kojima je prošao rok (akumulatore, na primer).

# GEOTERMALNA ENERGIJA

## 5. ŠTA JE TO GEOTERMALNA ENERGIJA, NJENI OBLICI I POTENCIJALI

Geotermalna energija je energija Zemlje koja nastaje u njenim unutrašnjim slojevima, pre svega u jezgru čija temperatura iznosi oko 6000-7000°C, što je približno temperaturi na površini Sunca. Naziv potiče od grčkih reči geo, što znači Zemlja i therme, što znači toplota.

Energija zemlje ima četiri oblika:

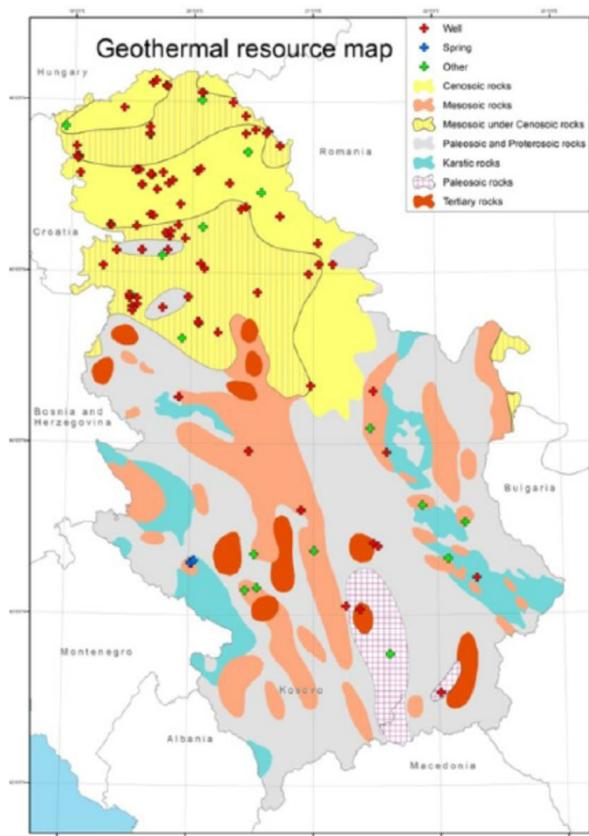
- termalna energija koja je akumulirana u zemljinom jezgru,
- energija toplih gasova,
- energija akumulirana u termalnim podzemnim vodama
- energija pregrijane vodene pare.

Najčešće se koristi energija termalnih voda ali, u poslednji dvadesetak godina je sve češće korišćenje geotermalne energije tla jer imaju višestruke prednosti: pristupačna je, direktno se iskorišćava, tako da su troškovi eksploatacije niski, brzo se obnavlja, nije agresivno prema životnoj sredini i ne ugrožava zdravlje ljudi i životinja.

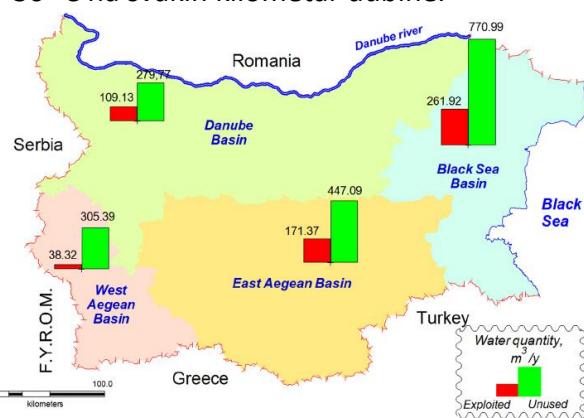
Geotermalna energija je prisutna svuda, istina ne u istom obimu ali je svakako isplativa, pouzdana, održiva i ekološki prihvatljiva. U prošlosti se ona koristila uglavnom u predelima koji se nalaze iznad granica tektonskih ploča gde je kroz pukotine u Zemljinoj kori prodirala topla voda. Tehnološki napredak, omogućio je intenzivnije i efikasnije korišćenje ovog prirodnog resursa, od proizvodnje energije do široke eksploatacije u privredi i domaćinstvima. Trenutne tehnološki domeni omogućavaju korišćenje tek malog dela geotermalne energije i to iz površinskog sloja Zemljine kore, dubokog nekoliko kilometara.

Geotermalna energija se stvara radioaktivnim raspadanjem elemenata (minerala) koje stalno generiše toplotu u Zemljinom jezgru i potom zagreva celo telo Zemlje, sve do njene površine. Toplota iz jezgra neprekidno zrači i zagrejava stene, vodu i zemljište. Drugi izvor zagrevanja Zemljine površine je sunčev zračenje koje Zemlja apsorbuje. S obzirom na prirodu nastanka, geotermalna energija se smatra obnovljivim izvorom energije jer on neiscrpan, mereno u vremenskim okvirima koje možemo da racionalno pojmemimo, odnosno izvor toplote Zemlje u njenoj utrobi će se potrošiti za nekoliko desetina milijardi godina, što je duže nego što se predviđa trajanje sunca (još oko 5 milijardi godina).

Istovremeno, Zemlja apsorbuje gotovo 50 odsto sunčeve energije koja padne na njenu površinu zagrejavajući tako Zemlju po dubini. Zemlja je veliki termodinamički sistemi a njena moć akumulacije toplotne energije smanjuje oscilacije spoljne temperature vazduha na površini. Naime, tokom noći, Zemlja otpušta deo prikupljene toplotne energije i greje okolni vazduh koji bi bio mnogo hladniji da Zemlja sama ne zrači toplotu. Takav je slučaj na hladnim nebeskim telima, na Mesecu, na primer. Tamo su razlike temperature na površini tokom dana i noći ekstremne (od -130°C do 120°C). Amplitude kolebanja temperature se po dubini zemlje smanjuju. Na samoj površini, one su u proporcionalne sa temperaturom vazduha dok je na većoj dubini (6 -10 m) temperatura zemlje skoro nepromjenljiva (10 -15 °C), pa je onda leti



hladnija a zimi topila od površinskog sloja. Najčešće se izmenjivač toplote za korišćenje geotermalne energije ne ukopava više od dva metra, osim u slučaju sondi. Temperatura tla na toj dubini varira od godišnjeg doba ali ne više nego u opsegu od 7-13°C. Temperatura podzemnih voda, u zavisnosti od dubine je u okviru sličnih vrednosti. Temperatura zemlje zavisi od strukture slojeva i raste od 10 do 30 °C na svakih kilometar dubine.



Potencijali Srbije i Bugarske za eksploataciju geotermalne energije su značajni, posebno imajući u vidu geotermalne vode koje izviru na površinu.

Na ilustracijama su prikazani geotermalni baseni u Srbiji i stepen iskorišćenja geotermalne energije u Bugarskoj.

### Prednosti geotermalne energije

Geotermalna energija smatra se izuzetno čistom jer nema sagorevanja, otpadnog pepela, zagađenja vazduha ni okoline uopšte. Uticaj korišćenja geotermalne toplote na životnu sredinu je prilično mali i podložan je kontroli. Geotermalna energija proizvodi minimalne emisije u vazduh. Emisije azot-oksida, vodonik-sulfida, sumpor-dioksida, amonijaka, metana, čestica i ugljen-dioksida su izuzetno niske, posebno u poređenju sa emisijama fosilnih goriva. Ipak, i voda i kondenzovana para geotermalnih elektrana takođe sadrže različite hemijske elemente, među kojima su arsen, živa, olovo, cink, bor i sumpor, čija toksičnost zavisi od njihove koncentracije. Međutim, najveći deo takvih elemenata ostaje rastvoren u vodi koja se ponovo vraća i ubrizgava u isti stenski rezervoar iz kojeg je izvučen kao topla voda ili para.

Geotermalne elektrane rade neprestano s obzirom da energije zemlje ima stalno, zauzimaju relativno mali prostor na samom izvoru geotermalnih voda i ne zavise od spoljnih vremenskih uslova na lokaciji. Za razliku od ovih elektrana, eolske i solarne zavise od količine i brzine veta ili od broja sunčanih sati.

Nisko temperaturni sistemi korišćenja geotermalne energije su pristupačni, bukvalno na svakom mestu iako je negde u praksi eksploatacija nešto lakša nego na drugim mestima, ali se zemlja svuda greje i svuda ima toplice.

Kapaciteti Zemlje u geotermalnoj energiji, osim što su beskonačni iz naše perspektive, dovoljni su snabdevanje čitavog čovečanstva svom potrebnom energijom bar tokom sledećih 17 milijardi godina<sup>1</sup>. To jeste tek teorijska veličina jer mi ne možemo iskoristiti svu geotermalnu energiju ali čak i ovako paušalna procena govori o mogućnostima energije zemljine utrobe.

Naravno, budućnost upotrebe geotermalne energije zavisiće od efikasnosti tehnologija, cene energije koja neumitno raste, te potreba industrija i finalne potrošnje stanovništva.

### Mane geotermalne energije

Problemi u eksploataciji geotermalne energije se javljaju uglavnom kod velikih elektro-energetskih sistema koje nije moguće svuda postaviti. Razlog leži u tome što pritup slojevima zemlje koji imaju i odgovarajuću temperaturu može biti komplikovan zbog težine bušenja, potrebne dubine bušotina i opasnosti od izbijanja opasnih gasova.

Za razliku, kada su u pitanju geotermalne vode nižih temperatura (oko 30°C), a koje se mogu koristiti uz pomoć toplotnih pumpi, teškoće mogu biti jedino u ceni i obimu investicije, ali se ona svakako isplati i mudro je postaviti sistem za grejanje i hlađenje uz korišćenje geotermalne energije. Kada prođe period u kome se vrate sva uložena sredstva, potrebno je plaćati samo potrošnju toplotne pumpe koja je višestruko manja od bilo kog drugog načina grejanja i hlađenja prostorije.

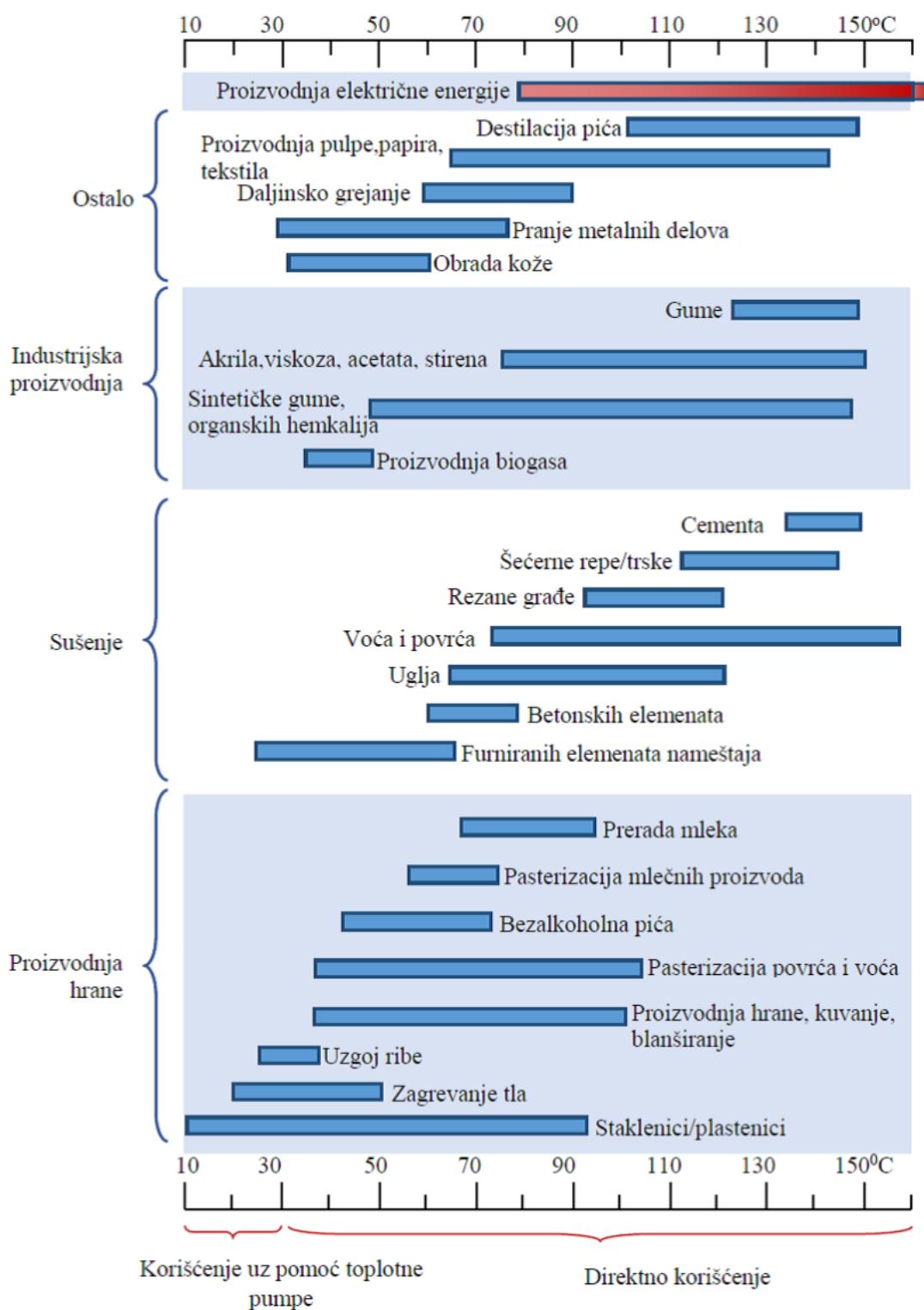
## 6. NAČINI KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

Termalne vode su se koristile u staroj Kini, Grčkoj, Indiji i starom Rimu za zagrevanje i za lečenje. Kasnije je korišćenje toplih podzemnih voda bilo vrlo intenzivno u Italiji gde su se one koristile za izdvajanje mineralnih soli, sulfata, borata i drugih. Danas se hidro geotermalna energija koristi za razne namene:

Najstariji način korišćenja je upravo u balneološke svrhe jer je od davnina primećeno da tople vode iz utrobe Zemlje imaju blagotvorno dejstvo na zdravlje zbog sadržaja različitih mineralnih soli. Banje i topla kupališta su se najčešće pravila na samim izvorima geotermalnih voda i bile su veoma popularne. Geotermalni izvori se najčešće nalaze u predelima gde ima vulkanske aktivnosti, na spoju tektonskih ploča ili se do njih može doći buštinama.

---

<sup>1</sup> [Rhett Allain](https://www.wired.com/story/how-long-willearths-geothermal-energy-last/), <https://www.wired.com/story/how-long-willearths-geothermal-energy-last/>



Na slici se vide različite primene toplotne energije u zavisnosti od njene temperature koji potvrđuju univerzalnost korišćenja geotermalne energije u, praktično svim segmentima ljudskih potreba.

Topla voda iz zemljine utrobe se može i koristi se za zagrevanje prostorija. - prvi toplifikacioni sistem ovog tipa izgrađen je 1930. godine u Rejkjaviku na Islandu, gde se sada toplom vodom greju stanovi, pozorišne i bioskopske sale, bazeni, sportske dvorane, pa i otvoreni prostori.

Poljoprivreda je zahvalna za korišćenje geotermalne energije za tople leje, u cvećarstvu, ratarstvu, u staklenicima za rane sorte voća i povrća. Kasnije je primena toplih geotermalnih voda počela da se koristi u živinarstvu, stočarstvu, u ribarstvu, za rast gljiva, za proces fermentacije u mlekovoj industriji, dakle svuda gde je potrebna toplotna energija moguće ju je koristiti direktno ili pomoću toplotnih pumpi za eksploataciju iz tla, vode ili vazduha.

Naj sofisticiraniji način eksploatacije geotermalne energije konverzija u električnu energiju. Takve elektrane koriste ili vrelu vodu ili pregrejanu paru za pokretanje parnih turbina. Prva električna centrala koja je radila na pregrejanu paru iz geotermalnog izvora napravljena je 1904 godine u Larderelu, u Italiji i imala je snagu od svega 10kW, koliko jedan malo veći šporet.



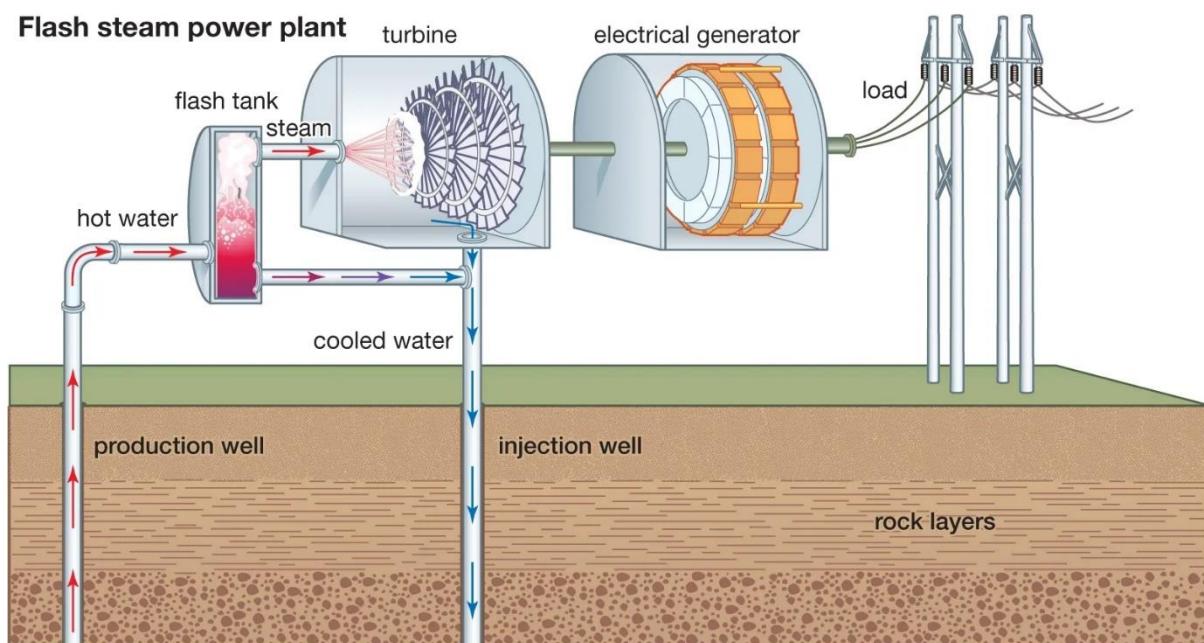
Naj jednostavniji način dobijanja pregrejane pare je kada se hladna voda dovede na vrele stene u zemljinoj utrobi pri čemu se stvara vodena para sa temperaturama većim od 200°C i koja zatim izlazi pod visokim pritiskom na zemljinu površinu odakle se uvodi u parne generatore za proizvodnju električne energije. Postoje, u ovom trenutku tri tehnologije za proizvodnju električne energije od geotermalne pare: tehnologija suve pare, fleš – para i binarni proces.

**Postrojenja za korišćenje suve pare** (Dry Steam) – vrela para, temperature iznad 235°C, koristi se za direktno pokretanje turbine generatora. Ovaj princip, iako najstariji, i dalje je u upotrebi s obzirom na to da predstavlja najjeftiniji način za proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora.

**Postrojenja koja rade na principu izdvajanja pare** (Flash steam) koriste toplo vodu pod visokim pritiskom iz dubine zemlje i pretvaraju je u paru za pogon turbina generatora. Nakon hlađenja pare dolazi do kondenzacije, te se voda vraća nazad u zemlju radi ponovnog korišćenja. Većina savremenih geotermalnih elektrana koristi upravo ovaj princip rada.

**Binarni proces** primjenjuje se u slučajevima srednje temperaturnih geotermalnih izvora, a karakteristika im je da se često javljaju veće količine propratnih i nepoželjnih gasova. Elektrane sa binarnim ciklusom vrše prenos toplote sa geotermalne tople vode na sekundarni (binarni) fluid koja ima znatno nižu temperaturu ključanja od vode. Toplota dovodi do pretvaranja sekundarnog fluida u paru koja se potom koristi za pogon turbina, a potom i generatora. Geotermalne elektrane sa binarnim ciklusom razlikuju se od sistema suve pare i fleš pare po tome što voda ili para iz geotermalnog izvora ne dolazi u dodir sa turbinama i generatorima i te je, u tom smislu proizvodnja električne energije bezbednija i ne zahteva mere održavanja sistema kakvi su potrebni u slučaju postrojenja na suvu paru ili na fleš postrojenja. Tamo je neophodno obratiti pažnju na visoke koncentracije mineralnih soli u geotermalnoj vodi.

#### Flash steam power plant



© 2012 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Elektrane sa binarnim ciklusom su sistemi zatvorene petlje i u atmosferu ne emituju praktično ništa (osim vodene pare). Budući da izvori vode sa temperaturama ispod 150 °C predstavljaju najčešći geotermalni resurs, značajan dio električne energije iz geotermalnih izvora u budućnosti će dolaziti iz postrojenja sa binarnim ciklusom.

#### Toplotne pumpe

U poslednjih dvadesetak godina dolazi do naglog rasta upotrebe toplotnih pumpi za korišćenje nisko temperaturne energije tla ili podzemnih voda. Ovi sistemi se sve masovnije koriste za klimatizaciju stambenih i poslovnih prostora ali i u poljoprivredi i industriji, zbog

svoje jednostavnosti, relativno malih gabarita i modularnosti, jer se mogu po potrebi proširivati. Toplotna pumpa je uređaj pomoću kojeg se toplotna energija iz jedne sredine prenosi u drugu uz pomoć posrednika, odnosno gasa koji se nalazi u zatvorenom krugu pogonjenog kompresorom. Princip rada je da je sistem reverzibilan i toplotu prenosi uvek iz sredine sa višom temperaturom u sredinu sa nižom temperaturom.

Prema tehnologiji prenosa toplotne energije, pumpe se dele na četiri tipa: voda-voda, zemlja-voda i vazduh-voda i vazduh-vazduh. Broj koji nam ukazuje to koliko je toplotna pumpa efikasna, naziva se **COP – koeficijent učinka** – i prestavlja odnos uložene energije i dobijene toplote. Što je koeficijent veći, to je toplotna pumpa efikasnija. Kod toplotnih kod pumpi voda-voda COP se ima vrednosti između 5,2 i 6,2, kod pumpi zemlja-voda COP se kreće između 4,4 i 5. Kod pumpi vazduh-voda, COP može biti negde između 3,4 i 4, dok je kod sistema vazduh-vazduh do najviše 3,6.

a) Toplotna pumpa voda-voda

Najefikasnije su pumpe voda-voda i ako imate na raspolaganju sopstveni izvor vode, onda je ovo svakako najbolji izbor. COP je od 5,2 do 6,2.

b) Toplotna pumpa zemlja-voda

Na drugom mestu su pumpe zemlja-voda, ali morate imati u vidu da je za postavljanje horizontalnih kolektora, neophodna je dovoljno velika površina zemljišta za razvođenje cevi koja mora biti oko 2 puta veća od grejane površine objekta. COP ovih pumpi ima vrednost između 4,4 i 5.

c) Toplotna pumpa vazduh-voda

Ipak, najčešći izbor je toplotna pumpa vazduh-voda, pošto ne zahteva nikakav poseban pristup resursu niti veliku površinu. Doduše, ove toplotne pumpe imaju COP koji zavisi od spoljne temperature i kreće se u granicama od 3,4 do 4 pri spoljnoj temperaturi koja se kreće u granicama od -20°C do +35°C.

d) Toplotna pumpa vazduh-vazduh

Toplotne pumpe vazduh-vazduh su, u suštini savremeni split klima uređaji i njima vazduh može i da se hlađi i da se greje. Toplotna pumpa toplotu dobija iz vazduha i njena je velika prednost to što može da radi na temperaturama do -25°C. Nedostatak je što se ovim sistemom ne može dobiti topla sanitarna voda ili topla voda za bilo koju drugu namenu kao i da je njihov COP niži od ostalih vrsta toplotnih pumpi (oko 3,2-3,4), znači energetski su manje efikasne.

Strogo uzevši, sistemi vazduh-voda i vazduh-vazduh nisu toplotne pumpe za korišćenje geotermalne energije, ali toplota vazduha iznad zemlje potiče od toplote koju ona zrači pa se može sa dovoljnom tačnošću reći da i sistemi vazduh-voda i vazduh-vazduh, koji je inače najpopularniji, posredno upotrebljavaju geotermalnu energiju.

## 7. TOPLITNE PUMPE

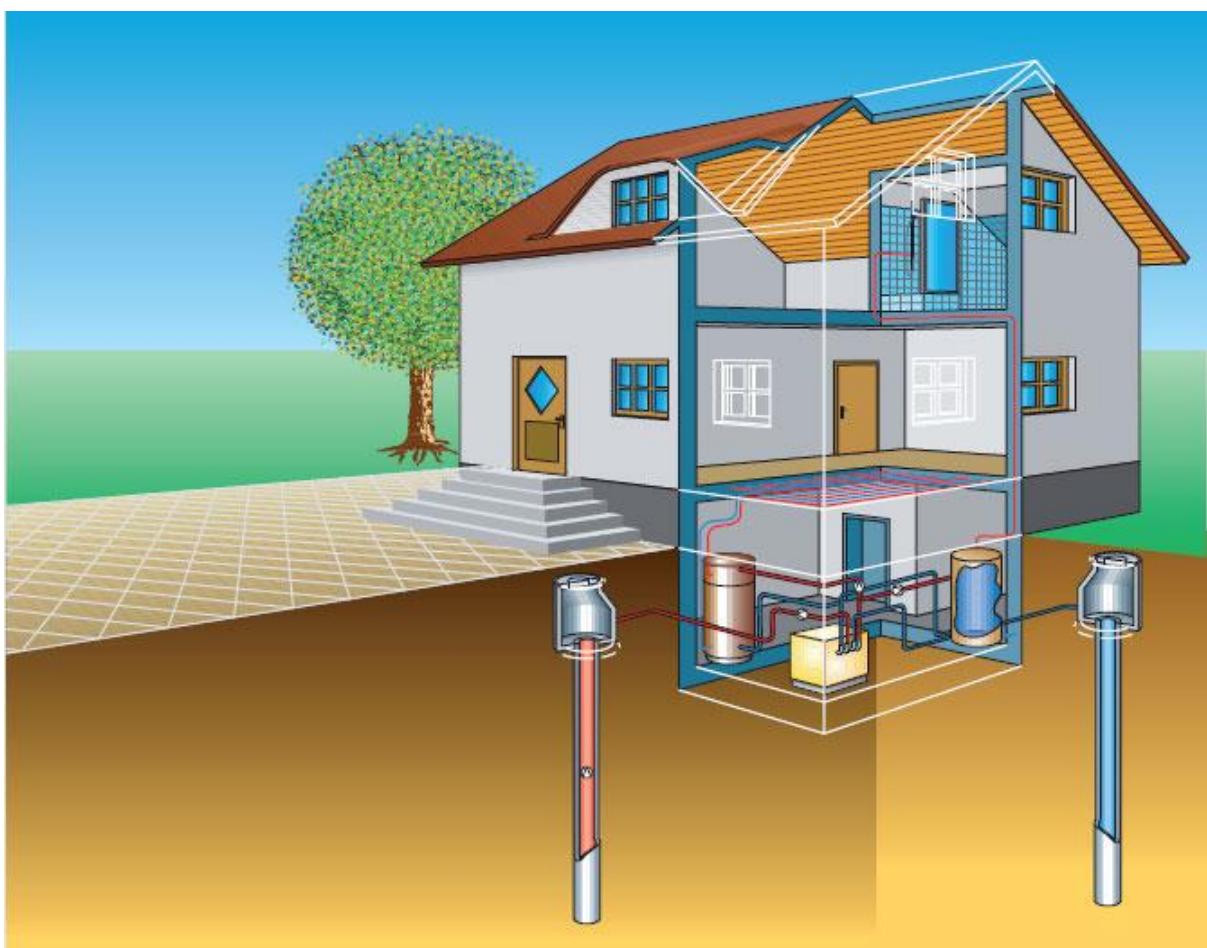
Toplotna pumpa je uređaj pomoću koga se toplotna energija iz jedne sredine prenosi u drugu.

Postoje više tipova toplotnih pumpi u zavisnosti od sredine iz koje se preuzima toplotna energija i sredine u koju se ona prenosi.

Najčešća tipovi toplotnih pumpi su: vazduh - vazduh, vazduh - voda, voda - voda i zemlja - voda, gde prva reč označava izvor toplote, a druga medij kome se predaje toplota.

### **Toplotna pumpa voda-voda**

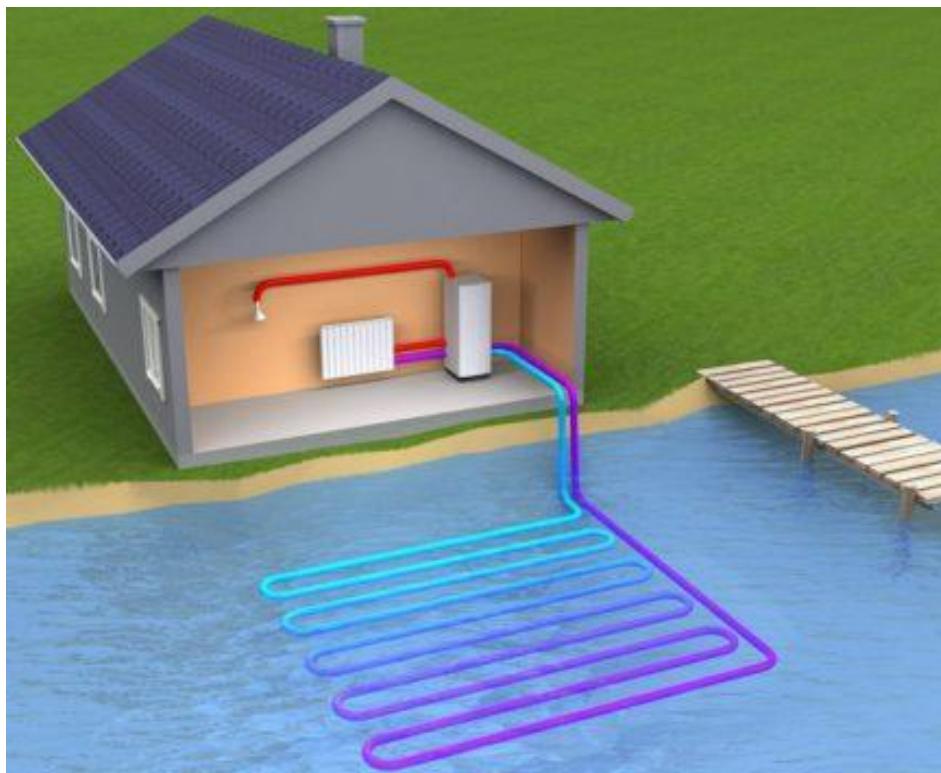
Toplotne pumpe VODA – VODA koristi podzemne vode ili površinske stajaće vode za razmenu energije. U praksi se ove toplotne pumpe se najčešće koriste za grejanje i hlađenje prostora,



kao i za grejanje sanitарне vode. Toplotna energija se uzima direktno iz podzemnih voda čija je temperatura konstantna tokom godine i obično od 10 do 15°C. Voda protiče kroz sistem toplotne pumpe gde se predaje deo energije. Proces se odvija tako što se podzemna voda crpe iz prve (eksploatacione) bušotine i potopnom pumpom se doprema do toplotne pumpe gde se hlađi za oko 5°C, a zatim se vraća u drugu, tzv. povratnu (upojnu) bušotinu gde se ponovo zagreva, te se proces nastavlja iz početka.

Rastojanje između jednog i drugog bunara je minimalno 12 m i veoma je važno kako su orijentisani s obzirom na pravac protoka podzemne vode tako da se tokovi podzemnih voda ne remete. To je bušotina ili geotermalni bunar otvorenog tipa i najefikasniji sistem za eksploataciju obnovljivih izvora energije pomoću toplotne pumpe. Toplotna pumpa voda-voda pogodna je za grejanje stambenih i poslovnih objekata i za zagrevanje sanitарне vode. Ovi sistemi se mogu koristiti na postojećim centralnim instalacijama za grejanja na drva, ugalj ili gas, ali treba voditi računa o postojećim instalacijama pri izboru toplotne pumpe, Naime, radijatori i fen-koileri zahtevaju višu temperaturu vode pa je time potrebno obezbediti sistem sa većom kompresijom posrednog medijuma, najčešće freona. Freon koji je sada u gasovitom stanju sabija se kompresorom i tada otpušta latentnu prenetu toplotu i predaje je vodi koja cirkuliše kroz kondenzator i sistem grejača u zgradi. Toplotna pumpa voda – voda se eksploatiše kao uređaj koji koristi akumuliranu toplotu zemlje pa je uz pomoć električne energije pretvara u toplotnu energiju za sistem grejanja ili hlađenja. u zavisnosti od potreba.

Hlađenje se najčešće obezbeđuje pasivnom metodom, uvođenjem podzemnih voda u izmenjivač toplote bez posrednika, odnosno freona. Podzemne vode imaju temperaturu koja je niža od letnjih temperatura vazduha i bez upotrebe kompresora postiže se hlađenje prostorija.



### Prednosti

Toplotne pumpe voda-voda imaju najveći COP (koeficijent učinka) koji se kreće između 5,2 i 6,2, što znači da se sa 1kWh utrošene električne energije za rad toplotne pumpe dobije između 5,2 kWh i 6,2 kWh toplotne energije, odnosno da se sa samo sa 16% potrošnje električne energije postiže isti efekat kao i da koristite klasičan sistem grejanja na električnu

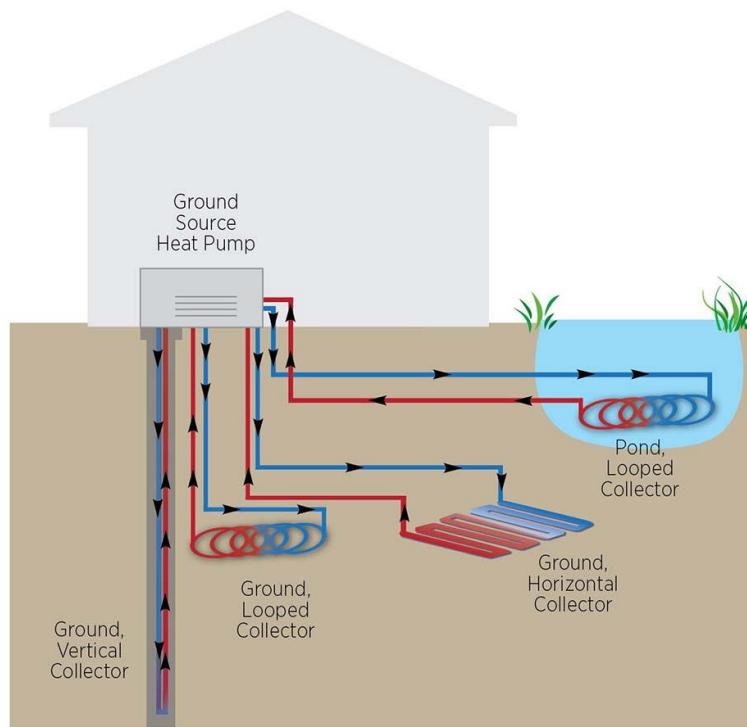
struju. Ovo govori samo za sebe. Ovde se čak i ne upoređuje mogućnost hlađenja, praktično bez potrošnje energije koja je potrebna samo za pogon pumpe za vodu. Klasični sistemi za grejanje ne obezbeđuju hlađenje, pa je za tako nešto potrebno uvoditi dodatne sisteme.

### Mane

Sisteme voda-voda moguće je postaviti samo gde imamo pristup podzemnim vodama koje su relativno blizu površine, s obzirom da bušenje otvora za sondu predstavlja značajan trošak. Druga opcija je da se blizu nalazi površinska voda u koju mogu da se urone sonde pa iako se na taj način toplota vode koristi posredno, preko izmenjivača, COP je visok s obzirom da je prenos toplote iz vodene mase na cevi vrlo intenzivan. Bez ovih prepostavki nije moguće instalirati sistem.

Drugi izazov su geotermalne vode koje su često visoko mineralizovane po se ne mogu direktno uvoditi u sistem već samo preko izmenjivača toplote i time se unekoliko smanjuje efikasnost sistema. Još veći problem može biti održavanje dela instalacija kroz koji cirkuliše geotermalna voda i koji je potrebno održavati da ne dođe do taloženja soli i minerala.

### **Toplotna pumpa zemlja-voda**



Toplotna pumpa funkcioniše tako što se kroz sistem ukopanih cevi, na dubini od 1,2 – 1,5 metara pušta voda koja zimi oduzima a leti predaje toplotu zemlji. Treba znati da je temperatura na toj dubini stabilna tokom cele godine i kreće se između 10-15 stepeni Celzijusa. Cevi mogu biti postavljene horizontalno i tada razmak između cevi treba da bude od 0,5 do 0,8m.

Širina cevi se određuje na osnovu projekta. Cevi mogu biti postavljene i spiralno, čime se štedi na prostoru. Toplotna pumpa preko izmenjivača toplove vrši prenos energije ka ili od zgrade. Ukoliko nije moguće postaviti geotermalne kolektore zbog nedostatka prostora ili je potreban sistem sa većim učinkom onda se koriste geotermalne sonde. U tom slučaju, buše se rupe u zemlji dubine i više stotina metara ili, ukoliko je proračun takav da zahteva veću dužinu cevi, u nekoliko bušotina koje su obično dubine do 100 metara. Za prosečnu kuću od oko 150m<sup>2</sup>, dubina geo-sonde ne bi trebalo da bude veća od 100m. U njih se postavljaju polietilenske cevi u nekoliko formi, kao slovo „U“ ili kao koaksijalna cev tako da kroz njih može voda protiće u oba pravca i da vrši izmenu toplove sa tlom. Toplotnim pumpama se postižu velika iskorišćenja a postavljanjem horizontalnih kolektora ispod stajskog đubriva možemo dobiti još bolju efikasnost prilikom grejanja.

Voda koja prihvata ili odaje energiju u izmenjivaču toplove, cirkuliše u objektu kroz radijatore, fen-koilere ili kroz sistem cevi u podu i/ili zidovima, s tim što se temperatura za pojedine načine distribucije toplove menja u zavisnosti od toga šta od pomenutih sistema koristimo.



### Prednosti

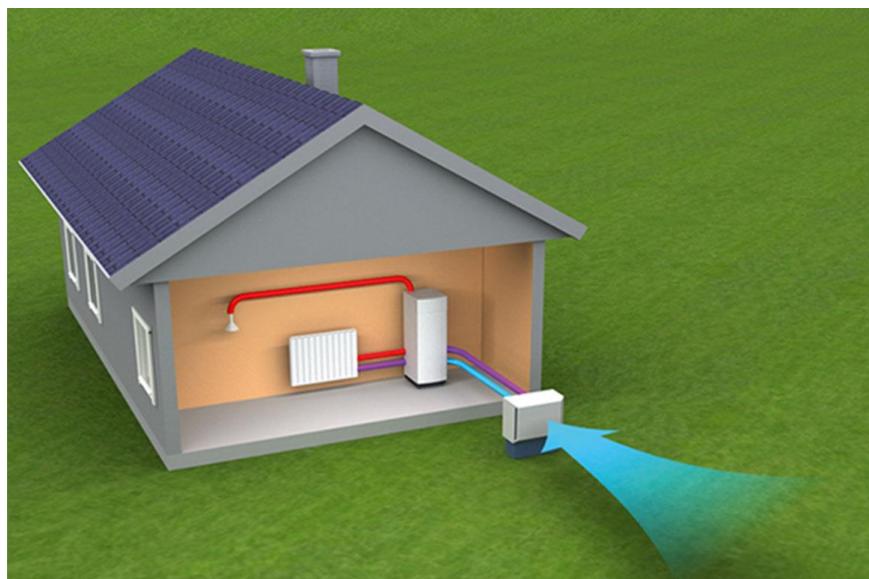
Toplotne pumpe zemlja-voda su pogodne za izvedbu a da pri tome imaju i veoma visok COP (koeficijent učinka) koji se kreće između 4,4 i 5 što znači da se sa 1kWh utrošene električne energije za rad toplotne pumpe dobije između 4,4 kWh i 5 kWh toplotne energije, odnosno

da se sa samo sa 20% potrošnje električne energije postiže isti efekat kao i da koristite klasičan sistem grejanja na električnu struju. Ovakav sistem je unekoliko manje efikasan nego korišćenje toplotne pumpe voda-voda, ali je i dalje sa visokom efikasnošću. Istovremeno, postoji čitav niz tehnologija korišćenja geotermalne energije pomoću raznih sondi koje su prilagođene terenu i lokalnim uslovima. Voda, odnosno tečnost koja cirkuliše kroz cevi je u zatvorenom sistemu tako da nema posebne potrebe za održavanjem. Voda koja se kasnije zagreva na ovakav način eksploatacije energije zemlje može biti deo visoko temperaturnog rešenja kada se zagreva do 60 ili više stepeni Celzijusa, ili nisko temperaturne instalacije koja je pogodna za zidno i podno grejanje. U oba slučaja, deo energije se može predati u bojleru za zagrevanje sanitарне vode.

### Mane

Sistemi zemlja-voda zahtevaju u svakom slučaju određene građevinske radeve što može podići troškove postavljanja i eksploatacije toplotne pumpe. Ukopavanje u plitke rovove ili bušenje sondi zahteva prostor i mehanizaciju. Proračuni ukazuju da je potrebno obezbediti oko dva puta veću površinu dvorišta od površine objekta koji hoćemo da klimatizujemo. Ako toga nema, mora se preći na neki od načina eksploatacije energije koji su mogući, spiralni kolektori ili vertikalne sonde. Svaka od ovih tehnologija ima svojih prednosti i mana ali su one proporcionalne ulaganjima jer veća investicija obezbeđuje bolji kvalitet i efikasnost sistema.

### **Toplotna pumpa vazduh-voda**



Ovo je i najčešći oblik toplotnih pumpi koje se koriste (ako izuzmemo vazduh-vazduh po kom principu rade individualni klima uređaji). Princip rada je isti kao i kod ostalih tipova toplotnih pumpi samo je medijum iz koga se prenosi toplota, vazduh a medij koji isporučuje ili uzima energiju prostora je voda. Kao i kod prethodnih tehnoloških rešenja, toplotna pumpa izvlači energiju iz okolnog vazduha sve do trenutka dok on nije hladniji od temperature isparivača za posrednički medijum, najčešće freon. To znači da ovakvi sistemi mogu raditi i do -12 °C, pa čak

i do  $-20^{\circ}\text{C}$ . U režimu hlađenja, sistem podnosi spoljne temperature do  $35^{\circ}\text{C}$  a u nekim slučajevima i nešto više. Važno je da uređaj ne bude suviše izložen meteorološkim uticajima kako bi mogao optimalno da funkcioniše. Uređaj radi u nisku temperaturnom režimu vode, ali ako instalacija zahteva višu temperaturu, može se koristiti toplotna pumpa sa dva kompresora, odnosno da stepena kompresije.

Da bi sistem bio optimizovan, i ovde se kao posredno skladište toplotne ugrađuje rezervoar koji ima funkciju da privremeno akumulira toplotnu energiju za grejanje ali i za sanitarnu upotrebu.

### Prednosti

Osnovna prednost je lako postavljanje. Naime, kako je spoljni medijum vazduh, ove toplotne pumpe liče na konvencionalne split sisteme i spoljna jedinica je ujedno i kompresor. Jedino se, za razliku od običnog klima uređaja toplota spoljnog vazduha prenosi u prostor preko vode koja onda kruži unutarnjim sistemom cevi, bilo da su u pitanju podno/zidna grejanja i hlađenja, bilo da je reč o radnjatorima ili fen-koilerima. Ova osobina utiče i na relativno nisku cenu uređaja i, uprkos nižem koeficijentu učinka koji se kreće od 3,4 do 4,2 smanjeni troškovi instalacije i samih uređaja kompenzuju manju efikasnost zbog čega je preko 90% svih toplotnih pumpi u upotrebi sa vodom kao unutrašnjim medijumom, upravo ovog tipa (ovde nisu uzeti u obzir split klima uređaji koji se najviše koriste, ali su drugaćiji po tehnologiji prenosa toplotne energije). Pored toga, održavanje je jednostavno jer je sonda, u stvari izmenjivač toplotne energije na samom uređaju a nema ni dodatne spoljne instalacije.

### Mane

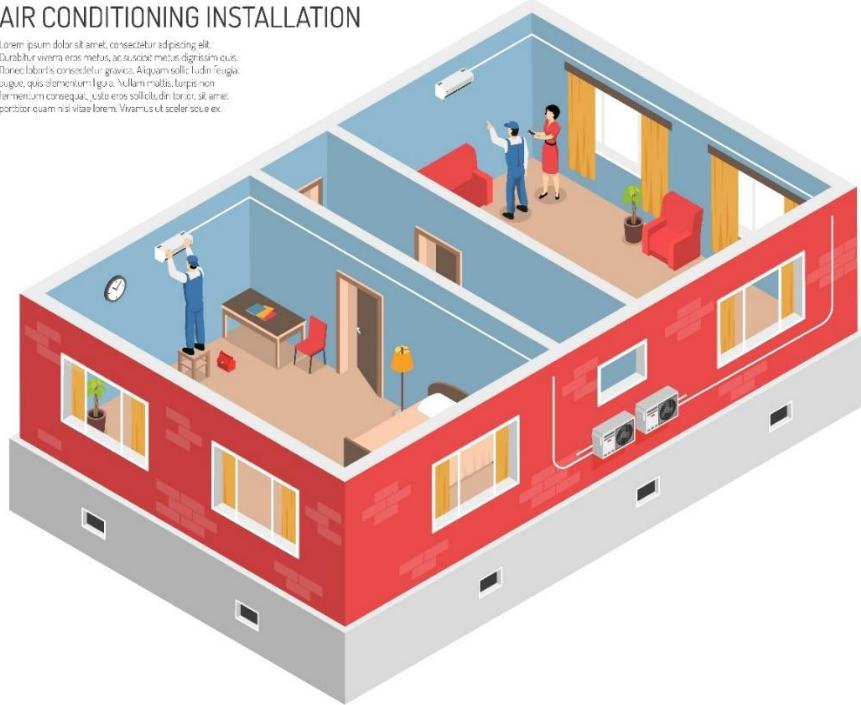
Osnovni nedostatak je manja efikasnost od sistema zemlja-voda i voda-voda. Pored toga, dolazi do pada kapaciteta i promene COP-a padom spoljne temperature jer kompresor često ulazi u režim otapanja što utiče ukupno na snagu sistema. Ovi uređaji su posebno osjetljivi na povećanu vlagu u vazduhu zbog čega dolazi do otežanog prenosa toplotne energije. Međutim, nove generacije ovih toplotnih pumpi imaju unapređenu tehnologiju i rade u veoma širokom spektru temperatura.

### **Toplotna pumpa vazduh-vazduh**

Toplotna pumpa vazduh-vazduh je daleko najpopularniji oblik prenosa toplotne energije. Iako se u tom termodinamičkom procesu nigde direktno ne pojavljuje tlo kao njegov direktni

## AIR CONDITIONING INSTALLATION

Curabitur viverra eros meus, ac suscipit metu dignissim quis. Donec lobortis condicetur gravida. Aliquam sollicitudin euipage, quis sternitur ligula. Nullam nullis, turpis non fermentum consequatur, justo eros sollicitudin toro; sit amet, portitor quam nisi vitae lorem. Vivamus ut, sce enisque ex.



činilac, vazduh se ipak zagreva emisijom toplove iz tla pa se i ova tehnologija može posmatrati kao eksploatacija geotermalne energije. Jednostavnost montaže i korišćenja uz relativno mala ulaganja, učinili su da nema urbanih sredina u kojima ne postoji veliki broj korisnika osim ako ne postoje propisi o zabrani montaže spoljnih, kompresorskih jedinica na fasade zgrada u kom slučaju je potrebno izmestiti ih na unutrašnju stranu ili naći neko drugo rešenje.

## AIR CONDITIONING INSTALLATION

Curabitur viverra eros meus, ac suscipit metu dignissim quis. Donec lobortis condicetur gravida. Aliquam sollicitudin euipage, quis sternitur ligula. Nullam nullis, turpis non fermentum consequatur, justo eros sollicitudin toro; sit amet, portitor quam nisi vitae lorem. Vivamus ut, sce enisque ex.



Toplota se preko topotne pumpe i posrednog medijuma (freona) dovodi do izmenjivača toplote unutar prostorija i tamo se oslobađa preko vazduha. Jedan spoljni kompresor najčešće opslužuje jednu unutrašnju jedinicu mada ima i verzija sa dve ili čak tri unutrašnje jedinice ili sa centralnim izmenjivačem toplote preko koga se vrši distribucija vazduha kroz unutrašnji sistem cevi.

Uređaji nove generacije mogu raditi u širokom spektru temperatura iako su okviri za prihvatljive efikasnosti uređaja u granicama od -12°C do nekih 30°C. Toplotne pumpe rade na nižim i na višim temperaturama ali im COP veoma pada.

### Prednosti

Niska cena, jednostavna ugradnja, jednostavno održavanje. Ne postoji potreba za dodatnom instalacijom za distribuciju toplotne energije. Uređaji mogu da greju i da hlađe, mogu se postavljati u stambenim, višespratnim zgradama. Uređaji su autonomni i svaki od njih može raditi u posebnom režimu, prema potrebi za konkretni prostor.

### Mane

Mane sistema su slične onima iz tehnologije vazduh-voda ali je glavni nedostatak nizak COP (oko 3,2-3,4), iako noviji uređaji mogu da postignu koeficijent učinka skoro 4, to važi za relativno uzak raspon temperatura. Iz ove karakteristike sledi da bi sistem za klimatizaciju prostora koji radi po tehnologiji vazduh-vazduh potrošio skoro dva puta više električne energije od tehnologije voda-voda za postizanje istih mikro klimatskih parametara u prostoriji. Drugi nedostatak je činjenica da se ovim sistemom ne može grejati sanitarna voda. Treći nedostatak je da se prostorije greju toplim vazduhom i kada se sistem isključi, temperatura brzo pada. Kao što je pomenuto, u nekim urbanim sredinama, zabranjena je instalacija spoljnih jedinica zbog narušavanja izgleda zgrada pa ovu tehnologiju nije moguće koristiti.

## 8. IZBOR OPTIMALNOG SITEMA I PROCENA TROŠKOVA

1. Pre svega, potrebno je odrediti za koju namenu vam je potreban sistem sa toplotnom pumpom, za porodičnu kuću ili za stan u stambenoj zgradi i na kom je spratu. Za kuću, pa čak i za stan u prizemlju su teoretskim moguće sve tehnologije prenosa toplotne energije, dok za stan u stambenoj zgradi na spratu opcije ograničene na vazduh-voda ili na konvencionalni split klima sistem.
2. Drugi korak je da procenite potrebe, odnosno kolika je površina koju želite da grejete i hladite, kakva je izolacija, odnosno kakvi su gubici i da li ćete i u kojoj meri koristiti sanitarnu vodu.

3. Treći korak je da odaberete tehnologiju prenosa toplote, odnosno koji sistem rada toplotne pumpe možete i želite da koristite.

Ako imate dvorište ili imanje oko kuće, možete uzeti u obzir sistem zemlja-voda ili vazduh-voda a ako na zemljištu inate bunar, odnosno relativno dostupne podzemne vode ili je u neposrednoj blizini neka veća vodena masa (manje jezero ili velika bara, čak i mirna reka), možete ugraditi i sistem voda-voda. Ako je površina zemljišta oko kuće barem dva do tri puta veća od površine koju želite da grejete a želite sistem zemlja-voda, možete razmatrati opciju površinskih kolektora, u suprotnom vam preostaju dubinske geo-sonde.

Izbor nekog od ovih sistema zavisi kako od prethodno navedenih preduslova i od toga koliki vam je budžet, na koji način ćete finansirati projekat (od sopstvenih sredstava ili na kredit), da li imate pristup nekim podsticajnim merama, koliki su troškovi redovnog korišćenja i održavanja sistema i u kom vremenu očekujete povraćaj investicije, odnosno njegovu isplativost s obzirom na raspoložive izvore finansiranja.

4. Na osnovu prethodnih podataka određujete vrstu željenog sistema.
5. Kada ste definisali sve prethodne korake, pristupa se izradi grube kalkulacije troškova i provere njihove isplativosti u zavisnosti od načina finansiranja. Ovaj korak može usloviti povratne korekcije u izboru tipa sistema i njegovog kapaciteta, ali su to fina podešavanja potreba i mogućnosti koje vas konačno dovode do optimalnog rešenja.

### **Izbor tipa toplotne pumpe**

Za prikaz male studije slučaja, odnosno jednostavnog biznis plana, daćemo uporedne troškove izgradnje tri sistema, jednog sa tehnologijom voda-voda, drugog po tehnologiji zemlja-voda i treći po tehnologiji vazduh-voda.

Sistem vazduh-vazduh neće biti predmet kalkulacija pošto su takvi sistemi već duboko komercijalno prisutni i o njima se dosta zna a ne mogu pružiti iste načine korišćenja toplote kao prethodna tri. Radi lakšeg upoređenja, prepostavljamo da će dva slučaja imati koristiti podnu instalaciju za grejanje/hlađenje kao najefikasniju i koja se može primeniti i u rekonstrukciji prostora i čija će cena biti deo proračuna a jedan fan-coilere radi sagledavanja razlike u investiciji i efektima takvog rešenja.

Isto tako, za dve tehnologije (voda-voda i zemlja-voda) posmatrali smo malu porodičnu kuću sa  $150\text{m}^2$  grejne površine, a za tehnologiju vazduh-voda, predmet analize je bio stan u zgradi sa grejnom površinom od  $100\text{m}^2$ . Naprednija verzija bi bilo zidna instalacija, ali to zahteva masivniji građevinski zahvat koji ovde nećemo razmatrati.

Studija slučaja se odnosi na individualnu potrošnju, ali su princip i kalkulacija troškova isti i za veće instalacije, s tim što se relativni trošak unekoliko smanjuje sa veličinom toplotne pumpe. Pri izradi ovih proračuna treba imati u vidu da su oni sačinjeni sa pretpostavkom da se u sva tri slučaja radi o zgradi koja je solidne gradnje, sa normalnom toplotnom izolacijom i prosečnim gubicima od  $55 \text{ W/m}^2$ , odnosno  $50\text{W/m}^2$  za stan i da je visina tavanice  $2,6\text{m}$ .

## **Procena potrošnje**

Status objekta ćemo uzeti kao parametar koji se ne menja u sva tri slučaja, odnosno prepostaviti da su gubici isti. Za prostoriju koja ima plafone od betonske ploče uz izolaciju ekvivalentnu onoj sa 5 cm stiropora, zidove od pune opeke sa slojem maltera i izolacionim osobinama kao da imamo zid sa stiroporom od 5 cm, sa podnom izolacijom istog tipa, sa PVC ili drvenim prozorima sa dvostrukim staklom, ima proračunate ukupne gubitke od 8,25 kW od čega na zidove otpada 38%, na prozore 31%, na tavanicu 22% i na podove 9%. Iz ovoga proizilazi da nam je potrebna toplotna pumpa od najmanje 9kW toplotne snage za kuću i 5,5kW toplotne snage za stan koji ima nešto manje gubitke kroz pod i tavanicu. Ovde treba napomenuti da se boljom izolacijom, pre svega zidova može postići značajna ušteda.

## **Toplotna pumpa voda-voda**

Prvi faktor značajan za donošenje ispravne odluke jeste kapacitet i funkcija objekta koji će se zagrevati. Za objekte veće kvadrature, kao što su hoteli, stambene ili poslovne zgrade, izložbeni ili sajamski prostori, skladišta, restorani, poljoprivredna gazdinstva, privredni i industrijski objekti, toplotne pumpe voda - voda su, svakako, najbolji izbor.

Inicijalni troškovi za postavljanje sistema sa toplotnom pumpom voda - voda su veći u odnosu na sisteme sa pumpama vazduh - voda, ali se uz pomoć njih postiže veći koeficijent učinka, odnosno bolja efikasnost potrošnje tokom cele godine. U praksi se rezultati vide u manjoj potrošnji struje od 75 do 86 % u odnosu na druge grejne sisteme, pri čemu se ostvaruje i veća ušteda novca.

Prvi uslov je da na zemljištu pored objekta postoji podzemna voda i da se mogu postaviti sonde za eksploracioni i upojni bunar. Prepostaviti da se podzemna voda nalazi već na 30 metara dubine i da bunari imaju dovoljan kapacitet koji iznosi 200l/h po kW snage pumpe. U ovom konkretnom slučaju, potrebni su bunari koji imaju kapacitet od 1800 litara na sat, odnosno 30l/min. Cena bušenja je između 20-60 EUR/m ali ćemo usvojiti srednju vrednost od 40 EUR/m. Cena nisko temperaturne pumpe se kreće od oko 4,000 EUR za pomenuti kapacitet. Fen koiler su oko 400EUR a rezervoar za usklađivanje protoka oko 500 EUR.

Cena postavljanja podnog grejanja je između 15-60 EUR/m<sup>2</sup>, ali ćemo usvojiti da je prosečna cena 50 EUR/m<sup>2</sup> koja uključuje postavljenje podne instalacije i odgovarajuće izolacije kao i završne obrade poda.

Cena sondi, razvoda i dodatnih radova je oko 5-10% ukupnih troškova, tako da možemo računati da je toplotna pumpa voda-voda, sa bunarima, po principu "ključ u ruke" **iznosi oko 15.000EUR**, odnosno oko 100 EUR po m<sup>2</sup> za kuću veličine od 150 m<sup>2</sup>, zajedno sa ugradnjom podnog grejanja, pratećih instalacija i zanatskih radova na podnim oblogama.

Cene uređaja i instalacija se ne razlikuju mnogo između Srbije i Bugarske, ali s obzirom na višu cenu struje, u Bugarskoj se sistemi brže isplaćuju.

Toplotne pumpe voda-voda imaju COP između 5,4 i 6,2 i mi ćemo za ovu malu studiju slučaja izabrati sistem sa koeficijentom učinka 6. To znači da je električna snaga, odnosno njena potrošnja toplotne pumpe 1,500 W, dakle šest puta manja od toplotne snage. Kako je vreme prosečnog rada toplotne pumpe 1,800 sati godišnje, znači da sistem za korišćenje geotermalne energije pomoću voda-voda tehnologije prenosa toplote godišnje potroši 2,700 kWh, zajedno sa potrošnjom energije za topalu sanitarnu vodu. Za zagrevanje ovog prostora klasičnim sistemom grejanja na struju, bilo bi potrošeno 6 puta više energije, dakle 16,200 kWh. Iz ovoga proističe da je **godišnja ušteda u električnoj energiji 13,500 kWh**. Pri tome treba imati u vidu da toplotna pumpa ima mogućnost hlađenja tokom leta, što sistem za konvencionalno grejanje, nema.

### Toplotna pumpa zemlja-voda

Ukoliko se kuća od 150 m<sup>2</sup> nalazi na placu koji ima najmanje 400m<sup>2</sup> (4 ara), a nema podzemnih voda niti pristup nekoj relativno velikoj površinskoj vodi, odlično rešenje je tehnologija zemlja-voda. Ovaj način eksploatacije energije zemlje je moguće izvesti i na manjem prostoru ako on nije bar 2,5 puta veći od površine koju želimo da grejemo, uz pomoć geotermalnih sondi. Okvirna potrebna dubina sonde u metrima se izračunava tako što se grejna snaga toplotne pumpe (kW) x 14 = dubina sonde (m), što bi za naš slučaj iznosilo 126 m. U slučaju veoma vlažne zemlje, ta se dubina može skratiti i na ispod sto metara pošto je toplotna provodljivost takvog tla veća pa je bolja izmena toplote, ali je i dalje zahtevan posao. Međutim, ovde ćemo kao primer uzeti slučaj horizontalnih kolektora s obzirom da je primer bušotina razmatran za tehnologiju voda-voda. Energiju iz zemlje razmenjujemo preko ukopanog kolektora koji se polaže na odgovarajućoj površini koja zavisi od vrste zemljišta i grejne površine objekta. Za optimalno delovanje, površina kolektora mora da bude približno dva puta veća od površine za grejanje. Važno je da površina ispod koje je položen kolektor nije blokirana nekom građevinom, nije prekrivena asfaltom ili nisu izvedeni nikakvi radovi koji bi sprečili prodiranje atmosferskih voda jer one održavaju vlažnost zemlje. Okvirni proračun za površinu kolektora koji se izrađuje od zmijasto postavljenih PE cevi, prečnika 1", ukopanih na dubinu od 1,2-1,5 m i sa razmakom od 70-80 cm, je: toplotna moć pumpe (kW) x 40. Iz ovoga proističe da bi u našem slučaju bilo potrebno oko 3,5 ari placa iako površina može biti i znatno manja ako je vlažnost zemljišta visoka. Postoji mogućnost i spiralnog postavljanja kolektora, pri čemu treba voditi računa da dužina cevi mora imati kapacitet predaje toplote u skladu sa toplotnom moći pumpe.

Polazni parametre ćemo uzeti iste, grejnu površinu kuće i izolaciju, odnosno toplotne gubitke od 55W/m<sup>2</sup>. Kako će se videti, cene spoljnih instalacija su slične sa sistemom voda-voda iako sa manjim COP, pa ćemo kao način distribucije u prostoru odabrati fan-coiler-e koji mogu da greju i da hlađe prostor. Ovo je manje komforna ali zato jeftinija varijanta. Međutim, visina investicije i vreme povraćaja kapitala su relevantni za procenu svrshishodnosti upotrebe ovih sistema.

Cena iskopa zemljišta, postavljenje PE (polietilentskih) cevi i zasipanje je oko 6-7 EUR/m<sup>3</sup> što bi u našem slučaju iznosilo oko 2,500 EUR uz potrebu rekultivacije površine koja je kopana što je, otprilike upola manje od bušenja bunara od 100m, ali je veoma slično sa troškovima plitkih bunara za vodu, doduše bez velikih naknadnih zemljanih radova.

Cena visoko temperaturne pumpe se kreće od oko 6,000 EUR za topotni kapacitet od 9kW. Fen koiler su oko 400EUR po komadu a rezervoar za usklađivanje protoka oko 500 EUR.

Razmotrićemo opciju u kojoj će u kući biti potrebno 7 fan-coilera za celu kuću.

Cena cevi, razvoda i dodatnih radova je oko 5-10% ukupnih troškova, tako da možemo računati da je ukupan trošak za sistem topotne pumpe po tehnologiji zemlja-voda, topotne snage od 9kW, sa horizontalnim zemnim kolektorima i sa fan-coiler-ima u unutrašnjim prostorijama, za kuću od 150 kvadrata, srednje izolovane, **iznosi oko 13,500 EUR**.

Cene uređaja i instalacija se ne razlikuju mnogo između Srbije i Bugarske, ali s obzirom na višu cenu struje, u Bugarskoj se sistemi brže isplaćuju.

Topotne pumpe zemlja-voda imaju COP između 4,4 i 5 i mi ćemo za ovu malu studiju slučaja izabrati sistem sa koeficijentom učinka 4,7. To znači da nam je potrebna pumpa instalirane električne snage, odnosno potrošnje od 2000W. Kako je vreme prosečnog rada topotne pumpe 1,800 sati godišnje, znači da sistem za korišćenje geotermalne energije pomoću zemlja-voda tehnologije prenosa topote, godišnje potroši 3,600 kWh električne energije, zajedno sa potrošnjom energije za toplu sanitarnu vodu. Za zagrevanje ovog prostora klasičnim sistemom grejanja na struju, bilo bi potrošeno 16,200 kWh. Iz ovoga proističe da je **godišnja ušteda u električnoj energiji 12,600 kWh**. Pri tome treba imati u vidu da topotna pumpa ima mogućnost hlađenja tokom leta, što sistem za konvencionalno grejanje, nema.

### Topotna pumpa vazduh-voda

Najpopularnija tehnologija topotnih pumpi je ubedljivo sistem vazduh-voda koji omogućava zdravu klimatizaciju stambenih i poslovnih prostora uz uštedu energije i do 4 puta u odnosu na neki drugi sistem grejanja i hlađenja i čija instalacija je znatno jeftinija, manje tehnički zahtevna i zauzima i manje prostora.

Međutim, zbog većih varijacija temperature vazduha nego što je to slučaj sa zemljom ili sa geotermalnom vodom, koeficijent učinka se menja tokom različitih godišnjih doba, pri čemu su vrednosti COP-a leti bolji a zimi lošiji, ali je čak i tada, pri relativno niskim temperaturama (do -25°C), učinak tehnologije vazduh-voda bolji u odnosu na druge tipove grejanja. Osim toga, topotne pumpe po tehnologiji vazduh-voda se mogu ugraditi i u etažne stanove u stambenim zgradama sa više stanova, dok to nije slučaj sa topotnim pumpama voda-voda ili zemlja-voda koji se mogu koristiti samo za cele individualne objekte koji imaju oko sebe određeni plac ili teren koji mogu koristiti.

Ovde ćemo posmatrati slučaj stana od 100 m<sup>2</sup> u stambenoj zgradi sa nešto manjim gubicima topote od 50W/m<sup>2</sup>. Kao sistem distribucije topote odabrali smo podno grejanje/hlađenje jer

je najkomformnije i ima sakrivene instalacije tako da ne oduzima prostor i ne narušava estetiku stana. Spoljna jedinica sa kompresorom (kod nekih modela i sa jedinicom za vodu koja se kasnije vodi kroz distributivni sistem u unutrašnjim prostorijama), može se instalirati na spoljni zid ili na balkon/terasu/lođu, ukoliko ona postoji.

Cena nisko temperaturne pumpe se kreće od oko 4,000 EUR za toplotni kapacitet od 5,5 kW, koliko je potrebno za klimatizaciju ovog prostora. Cena postavljanja podnog grejanja je između 15-60 EUR/m<sup>2</sup>, ali ćemo usvojiti da je prosečna cena 50 EUR/m<sup>2</sup> koja uključuje postavljenje podne instalacije i odgovarajuće izolacije kao i završne obrade poda.

Cena razvoda i dodatnih radova je oko 5-10% ukupnih troškova, tako da možemo računati da je toplotna pumpa vazduh-voda, po principu "ključ u ruke" oko **9,500 EUR za stan veličine 100 m<sup>2</sup>**, zajedno sa ugradnjom podnog grejanja, pratećih instalacija i zanatskih radova na podnim oblogama.

Cene uređaja i instalacija se ne razlikuju mnogo između Srbije i Bugarske, ali s obzirom na višu cenu struje, u Bugarskoj se sistemi brže isplaćuju.

Toplotne pumpe zemlja-voda imaju COP između 3,4 i 4 i mi ćemo za ovu malu studiju slučaja izabrati sistem sa koeficijentom učinka 3,7. To znači da nam je potrebna pumpa instalisane električne snage, odnosno potrošnje od 1,500W koja može da nam isporuči 5,500W toplotne snage. Kako je vreme prosečnog rada toplotne pumpe 1,800 sati godišnje, znači da sistem za korišćenje geotermalne energije pomoći zemlja-voda tehnologije prenosa toplote, godišnje potroši 2,700 kWh električne energije, zajedno sa potrošnjom energije za topnu sanitarnu vodu. Za zagrevanje ovog prostora klasičnim sistemom grejanja na struju, bilo bi potrošeno 9,900 kWh. **Iz ovoga proističe da je godišnja ušteda u električnoj energiji 7,200 kWh.** Pri tome treba imati u vidu da toplotna pumpa ima mogućnost hlađenja tokom leta, što sistem za konvencionalno grejanje, nema.

#### **Proračun uštede i vremena povraćaja investicije**

Vrsta toplotne pumpe	Tplotna snaga sistema kW	Cena sistema EUR	Potrošnja TP kWh	Ukupna potrošnja konvencionalnog sistema na električno napajanje MWh	Uštada MWh	Ušteda u novcu EUR/god.		Vreme povraćaja investicije (ROI)-god,	
						Sr	Blg	Sr	Blg
<b>Voda-voda Kuća 55W/m<sup>2</sup></b>	9	15.000	2,700	16,2	13,5	1.350	2.025	<b>11</b>	<b>7,4</b>
<b>Zemlja-voda Kuća 55W/m<sup>2</sup></b>	9	13.500	3,600	16,2	12,6	1.260	1.890	<b>10,7</b>	<b>7,2</b>
<b>Vazduh-voda Stan u kući 50W/m<sup>2</sup></b>	5,5	9.500	2,700	9,9	7,2	720	1.050	<b>13,2</b>	<b>9</b>

*Napomena: kao cena električne energije su usvojene cene iz septembra 2022.god: 0,1 EUR/kWh u Srbiji i 0,15 EUR/kWh u Bugarskoj*

Ukoliko se projekat finansira iz kredita, vreme povraćaja investicije se produžava a ako korisnik ima pristup podsticajnim sredstvima, ono se skraćuje. Osim toga, energija će vremenom poskupljivati pa će povraćaj investicije ubrzati.

Treba napomenuti da su sve tri varijante date sa opcijama koje su nešto skuplje zbog ugradnje podnog grejanja, međutim ukoliko se odabere grejanje uz pomoć radijatora ili fan coiler-a koji imaju mogućnost i grejanja i hlađenja, ceo trošak instalacija je znatno niži uz primedbu da ova dva pomenuta sistema rade sa višim temperaturama vode pa su i toplotne pumpe skuplje zbog potrebe ugradnje dvostrukog kompresora. Osim toga, radijatori nemaju mogućnost hlađenja a fan-coileri rade na principu prinudne cirkulacije vazduha, pa se čuju i manje su ugodni za upotrebu. Instalacije se lakše izvode i nije potrebno rekonstruisati čitav pod, ali su vidljive i to poneka smeta.

Kalkulacija za ugradnju toplotnih pumpi, bez obzira na tehnologiju, uvek se isplati jer je vek opreme 25+ godina i koliko god da je otplatni period, posle njegovog isteka trošak je samo upravljanje sistemom a on je najmanje 4 a najviše 6 puta manji od troškova koje ima oprema za konvencionalna rešenja. Pored toga, moguće je toplotne pumpe kombinovati sa drugim oblicima obnovljivih izvora energije, posebno sunčeve energije za zagrevanje vode ili foto električne panele za pokretanje toplotnih pumpi, čime se postiže još veći stepen efikasnosti i skoro nezavisnosti od spoljnih izvora energije.

## 9. SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE

Skladištenje toplote je poseban izazov koji se rešava sa materijalima koji imaju veliki toplotni kapacitet, voda ili kamen, na primer, ali je za efikasno korišćenje neophodno obezbediti veoma dobru izolaciju kako vremenom uskladištena toplota ne bi "iscurela". U zavisnosti od tehnologije kojom se skladišti, višak toplotne energije se može sačuvati i koristiti satima, danima pa čak i mesecima kasnije za objekte različitih veličina, od pojedinačnih stambenih jedinica, kuće, stambene zgrade, okruga, grada ili regionala. Toplotna energija se skladišti i radi balansiranja potrošnje u periodima kada je potrošnja manja, a kada je potrebnija sačuvana energija se koristi. Na primer raspodela između dana i noći, letnje i zimske sezone (sezonsko skladištenje toplotne energije) a može se izvesti za čuvanje toplote ili hladnoće. Mediji za skladištenje mogu biti rezervoari za vodu ili ledenu kašu, velike količine zemlje ili soli, masivi stena kojima se pristupa izmenjivačima toplote putem bušotina, duboke akvatorijume koji se nalaze između nepropusnih slojeva ili plitke, obložene jame ispunjene šljunkom i vodom i izolovane na vrhu. Toplotni akumulatori mogu čuvati energiju iz kombinovanih termoelektrana (CHP) kao i toplotu proizvedenu iz drugih obnovljivih izvora energije kao i otpadnu toplotu iz industrijskih procesa.

Toplotni rezervoari se mogu koristiti i za "punjenje" energijom uz pomoć toplotnih pumpi u periodima kada je cena električne energije niža a koristiti se kada je skuplja. Ova primena je naročito interesantna za individualnu upotrebu sistema toplotnih, geotermalnih sistema.

U tim slučajevima se najčešće koristi voden rezervoar koji može sačuvati toplotnu energiju i više dana.

Rezervoar vode, odnosno, skladište toplotne energije, omogućava da se prikupljena toplota ravnomernije distribuira u prostor koji se greje a omogućava skladištenje energije kada se ona ne koristi. Na primer, rezervoar od 1.000 litara (1m<sup>3</sup>) vode koja je zagrejana na 80°C, ima toplotne energije sa kojom se preko šest sati može samostalno grejati stambeni prostor od oko 100m<sup>2</sup>. Tačnu zapreminu računa projektant, ali se po nepisanom pravilu usvaja da je dovoljno oko 55 litara vode po svakom kW fabrički deklarisane snage toplotne pumpe ili drugog grejnog uređaja. Postoji nekoliko tipova rezervoara: bez izmenjivača toplote i sa njim, sa dva izmenjivača za solarno grejanje, sa ili bez dodatnog grejača.

Čak i uz sve nesavršenosti, to je ipak način da se energija sačuva umesto da se nepovratno izgubi, pri čemu se pomenuta tehnologija stalno poboljšava a postupak usavršava.

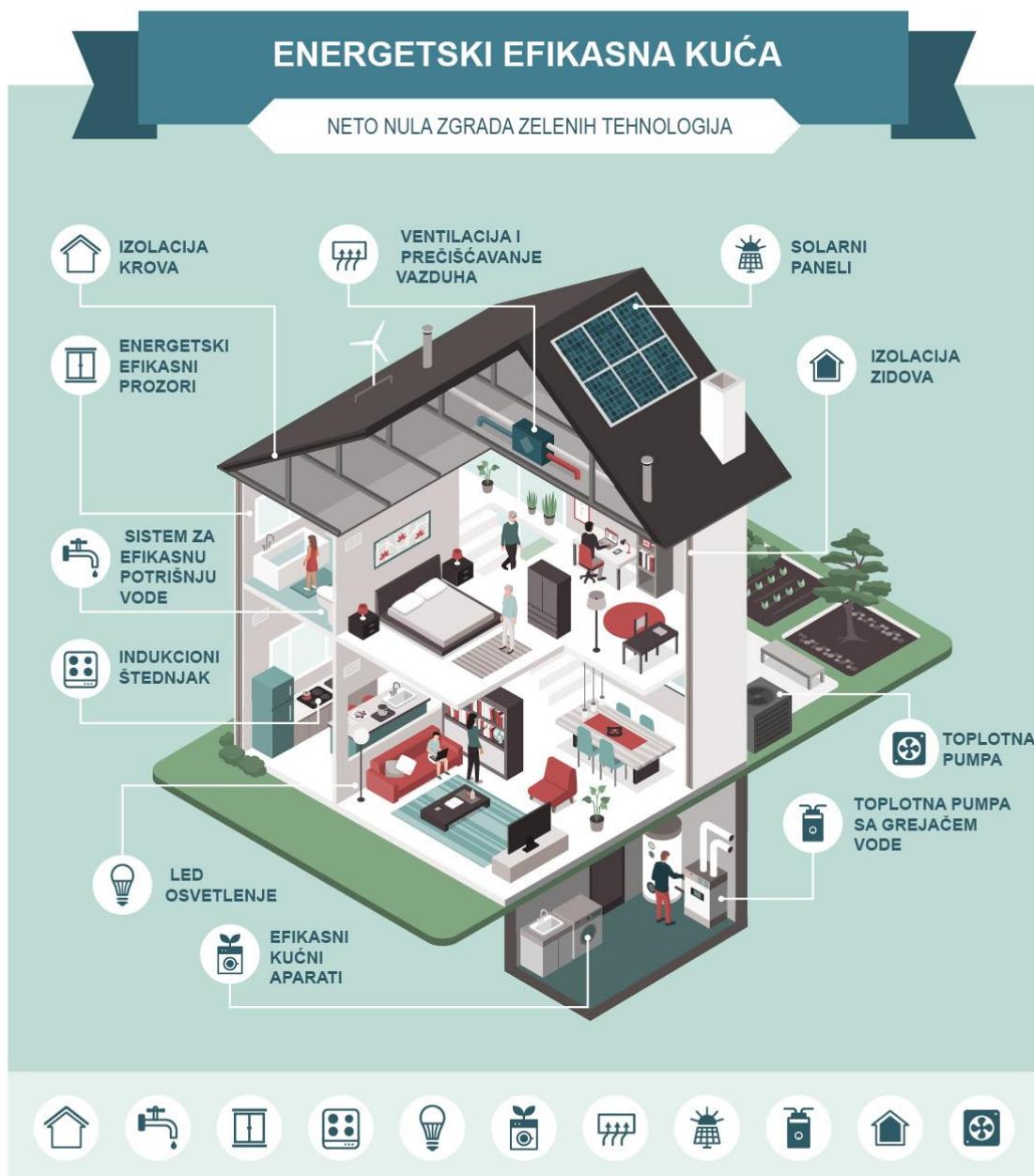


Kao akumulator se koriste veliki rezervoari sa gelom ili sa peskom (na slici) koji može sačuvati toplotu i nekoliko meseci, i tada se može koristiti za zagrevanje prostorija ili za industriju.

Skladištenje toplote, i sezonsko i kratkoročno, smatra se važnim sredstvom za jeftino balansiranje visokih udela varijabilne proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora i integraciju sektora električne energije i grejanja u energetske sisteme koji se skoro ili u potpunosti napajaju obnovljivom energijom.

## 10. PAMETNE KUĆE

Pametne kuće/zgrade predstavljaju objekte sa sistemima praćenja i upravljanja savremenim tehnologijama koje su u njih integrisane u svrhu postizanja maksimalne efikasnosti i samodovoljnosti u funkcionisanju svih sistema.



To su domovi koji imaju autonomnu energetiku rešenu korišćenjem obnovljivih izvora energije, od solarne, za proizvodnju električne i toplotne energije, do toplotnih pumpi koje omogućavaju klimatizaciju prostora tokom čitave godine a uz minimalnu potrošnju energije za svoj rad. Digitalnim sistemima se prati potrošnja vode i njena prerada u tehničku vodu, osvetljenje kuće, ventilacija, pa sve do programiranog zalivanja dvorišta i korišćenja kišnice za tehničku upotrebu. Osim toga, može se kontrolisati bezbednost kuće nadzorom kamera, ali i protivpožarnim i/ili protiv poplavnim senzorima. Sistemima za kontrolu se mogu čak pružiti podrška u planiranju aktivnosti stanara, sa podsetnicima i upravljanju uređajima za zabavu i slobodno vreme, dinamiku punjenja električnih uređaja koji rade na struju i potrebno je optimizovati njihovu potrošnju tako što će ona preusmeriti na periode jeftinije energije. Obim automatizacije tekućih procesa je samo pitanje zahteva, mogućnosti investiranja i opravdanosti takvih sistema jer ne postoji ograničenja u tehnološkom smislu. Takvi objekti se često približavaju idealu potpuno samodovoljnih i nezavisnih jedinica u energetskom smislu kao i sa visokim stepenom nezavisnosti, kada je voda u pitanju, pri čemu je njihov ekološki otisak, odnosno uticaj na životnu sredinu i na klimatske promene kroz emisiju CO<sub>2</sub>, zanemarljiv.

## 11. DOBRI PRIMERI IZ PRAKSE

### **Projekat: Barredo Colliery District Heating**

Kada: 2019.godina

Ovaj projekat je transformisao stari rudnik uglja Barredo (Mieres, Asturija) u najveće geotermalno daljinsko grejanje u Španiji. Voda iz zatvorenih rudnika, kao što je Barredo Collieri, morala je da se ispumpava kako bi se sprečile poplave. To je podrazumevalo veoma visoke troškove za Hunosu, državnu kompaniju koja upravlja objektom. Sa novim geotermalnim sistemom daljinskog grejanja, ovaj problem je pretvoren u obnovljivi resurs. Sistem koristi toplotnu energiju vode i, zahvaljujući upotrebi toplotnih pumpi voda-voda, obezbeđuje grejanje i toplu vodu za građane Mieresu.

Projekat je stvorio značajan ekološki i društveni uticaj na svoju zajednicu. Mieres je tradicionalno bio grad povezan sa iskopavanjem uglja, sa nekoliko rudnika koji se nalaze duž doline reke Kaudal. Poslednjih decenija odluka o prekidu vađenja uglja značila je gubitak ogromnog broja radnih mesta. Transformacija rudnika donosi nove mogućnosti za rad i diversifikaciju privrednih aktivnosti ovog područja. Štaviše, ukupno procenjeno smanjenje emisije CO<sub>2</sub> je značajno i iznosi oko 650 tona godišnje u poređenju sa prethodnim sistemom grejanja na prirodni gas. Pored toga, električna energija za geotermalni objekat dolazi iz 100% obnovljivih izvora. Ovaj projekat je pretvorio trajni trošak u neograničen obnovljivi resurs, omogućavajući energetsku i ekonomsku tranziciju regiona.

Nagrađen je 2019. godine od strane Međunarodne agencije za energiju (6th Global District Energi Climate Awards) u kategoriji „Tržišta u razvoju“ sa „Nagradom za izvrsnost“.

## **Projekat: EBox Geoenergy Solar Hybrid Solution**

Kada: 2020. godina

Sa motom „Uključite se u budućnost bez ugljenika“, švedska kompanija MegaVatt Solutions je razvila pametno integrisano rešenje toplotne pumpe, nastojeći da unapredi geotermalne toplotne pumpe i tržište daljinskog grejanja. MegaVatt Solutions veruje u geotermalnu energiju kao alternativno rešenje za zamenu fosilnih goriva u velikim stambenim i poslovnim zgradama kao i za zamenu malih i srednjih energana u mrežama daljinskog grejanja. EBok (Energi-in-a-Bok) je kreiran da odgovori narastajućim zahtevima za brzim i pouzdanim instalacijama kako bi se ispunili nacionalni i globalni ciljevi dekarbonizacije. Ebok integriše 3 osnovne tehnologije:

1. Njihove sopstvene dizajnirane toplotne pumpe visoke efikasnosti i velike snage,
2. Racionalizovani proces: industrijalizacija
3. Digitalni kontrolni sistem EBok je unapred sastavljen, upakovani i prethodno testiran kao industrijalizovano, digitalizovano i racionalizovano „plug-and-play“ rešenje bez CO<sub>2</sub>, za grejanje, hlađenje i toplu vodu u velikim objektima.

Činjenica da je prethodno testiran u fabrici znači da se može brzo i praktično instalirati na licu mesta povezivanjem EBok-a na prethodno izbušene bušotine, čime se štedi vreme, transport, a obezbeđuje rad i siguran kvalitet projekta. Instalacija se može povećati dodavanjem više toplotnih pumpi u modularnom obliku ili povezivanjem više EBok-ova međusobno. Revolucionarni, modularni „Lego“ dizajn ovog projekta takođe omogućava laku zamenu važnih komponenti za nekoliko minuta u toku rada postojanja.

EBok stvara lokalnu mrežu koja je lako dostupna za održavanje koja je u velikoj meri pojednostavljena modularnim dizajnom. Korišćenjem potpuno integrisanog SCADA sistema unutar EBok aplikacije koja je povezana sa MegaVatt Cloud serverom kompanije, EBok korisnici mogu optimizovati snabdevanje energijom i povećati energetske performanse. Kada se kombinuje sa električnom energijom koju generišu solarni paneli, energijom vetra ili hidroelektrana, EBok postaje potpuno energetsko rešenje bez CO<sub>2</sub>. Dakle, ova instalacija toplotne pumpe je znatno ekološki prihvatljivija od običnih toplotnih pumpi jer generiše samo 3 grama CO<sub>2</sub> ekvivalenta po kWh grejanja.

## **Projekat: Geotermalni park**

Kada: 2019.godina

Geotermalni park je inovativni geotermalni eko-industrijski park koji se nalazi na Islandu. Povezan je sa geotermalnom energijom za korišćenje/proizvodnju toplotne i električne energije u postrojenju Hellisheidi, jednom od najvećih geotermalnih postrojenja na svetu. Park koristi višak energije Hellisheidija za malu jedinicu za proizvodnju vodonika i postrojenje za hvatanje ugljenika direktno iz vazduha. Na ovaj način, park pretvara izazov stabilne

proizvodnje geotermalne energije koja služi promenljivim tržištima u rešenje koje stvara vrednost od otpada, promovišući tako princip cirkularne ekonomije u energetici.

Višestruka upotreba geotermalnih resursa nije nov koncept. Međutim, svaki geotermalni resurs je drugačiji, a mogućnosti višestrukog korišćenja mogu biti veoma različite od lokacije do lokacije. Originalnost Geotermalnog parka, povezana je sa integracijom energetskog snabdevanja kompanija unutar parka, paralelno sa proizvodnjom elektrana kako bi se povećala fleksibilnost tokova prihoda geotermalnih postrojenja. Mala fabrika vodonika u Geotermalnom parku proizvodi vodonik korišćenjem električne energije iz fabrike Hellisheidi kada je potražnja za električnom energijom niska tokom noći ili posle radnog vremena. Proizvedeni vodonik će se koristiti za snabdevanje gorivom vozila na vodonik na Islandu, čime se promoviše energetski prelazak sa fosilnih goriva u transportnom sektoru.

Postrojenje za hvatanje ugljenika kojim upravlja kompanija Climeworks, koristi višak geotermalne tečnosti visoke temperature u vremenu kada je potreba za toplotom niska, za uklanjanje ugljenika direktno iz ambijentalnog vazduha. U tu svrhu, primenjuje se Carbfik metod za trajnu mineralizaciju i skladištenje CO<sub>2</sub> u kamenu, doprinoseći tako rešavanju klimatske krize. Ovo postrojenje, koje je još u izgradnji, najveći je projekat direktnog zahvatanja i skladištenja vazduha u svetu do sada.

Oba projekta imaju koristi od izuzetno niskog ugljičnog otiska fabrike Hellisheidi. Ovi paralelni projekti poboljšali su ukupnu efikasnost korišćenja geotermalne elektrane, smanjujući time otpad u smislu toplotne ili električne energije i istovremeno povećavajući prihode i stvaranje novih vrednosti.



**STAMBENA ZGRADA – CARA DUŠANA, ZEMUN**





#### KRATAK OPIS PROJEKTA

U ovu stambenu zgradu, površine cca 1000 m<sup>2</sup> ugrađena je instalacija za podno grejanje i hlađenje sa toplotnom pumpom voda-voda, s obzirom na pristup podzemnom vodama. U dvorištu iza kuće su napravljene 4 bušotine od po 60 m. Ukupno vreme potrebno za izvodjenje svih radova je bilo 35 radnih dana podeljeno u 3 etape. Specifinost stambene zgrade je podno hladjenje kompletognog objekta.

Dve toplotnne pumpe imaju snagu od po 20kW i COP 5,4 tako da pokrivaju sve potrebe stanara za grejanje i za toplu vodu.

#### SISTEM KLIMATIZACIJE HALE ZA UZGOJ PEČURKI

Oktobar 2013

##### **OBJEKAT: hala za uzgoj pečurki**

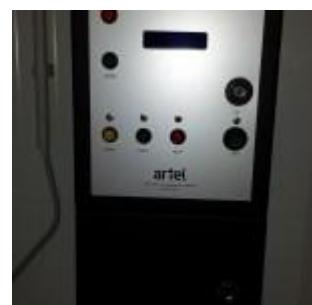
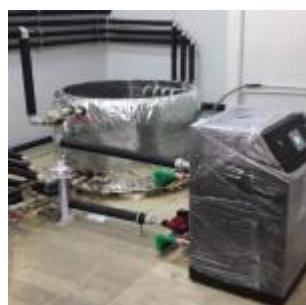
ZAPREMINA OBJEKTA: 3.000 m<sup>3</sup>

ADRESA: Novi Sad, Majke Jugovića bb

##### Opis projekta:

Za osnovno zagrevanje i hlađenje projektovan je i izведен grejno-rashladni agregat, topotna pumpa tipa voda-voda, topotne snage od 25 kW. Za potrebe procesa automatizacije klimatizacije hale za uzgoj pečurki izvedena je i kontrola ventilatora kanalnog FC uređaja cirkulacionih pumpi trokrakih ventila i žaluzina za svež vazduh u zavisnosti od unutrašnje

temperature i vlažnosti hale za uzgoj pečurki. Na ovaj način se mikroprocesorski održava temperaturu i vlažnost u opsegu  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  u odnosu na zadatu temperaturu. Izvor toplote je bunar i bunarska voda, sa potapajućom pumpom. Za grejenje i rashlađivanje objekata u procesu uzgoja pečurki predviđena je jedinstvena instalacija sa akumulacijom tople i hladne vode. Kao elemenat za razmenu toplotne energije instaliran je kanalni fan coil uređaj



Toplotna pumpa      TP povezana na akumulaciju tople i hladne vode      istem za upravljanje

### **Porodična kuća 180 m<sup>2</sup>, Niš, Srbija**

Projekat realizovan 2018. EU-reverzibilna toplotna pumpa (zemlja-voda). Toplotne snage 9.5 kWth/2.2 kWel, Rashladne snage 8.9 kWch/2 kWel, COP 4,5.

Podno grejanje sa radijatorima je ugrađeno tokom gradnje tako da nije bilo naknadnih intervencija. Gubici su projektovani na 50 W/m<sup>2</sup>. Pored kuće su izbušene dve bušotine od po 54 metra dobine u koje su ubaćene dvostrukе U geosonde.



Vrednost projekta je 14.400 EUR

### **Porodična kuća 200 m<sup>2</sup>, Trnava, Srbija**

Za klimatizaciju kuće ugrađen je sistem podnog grejanja i fan-coil parapetnim jedinicama. Za korišćenje geotermalne vode, ugrađena EU-reverzibilna toplotna pumpa (voda-voda), toplotne snage 10 kWth/2.5 kWel, rashladne snage 8.9 kWch/2 kWel i COP 4,5.

Ukopane su dve sonde na duini od 47 metara sa kapacitetom bunara od 30 l/min.





## 12. UMESTO ZAKLJUČKA

Energija je ključna kako za globalni razvoj tako i za svakog pojedinca i rešavanje stabilnog snabdevanja je od prioritetnog značaja.

Korišćenje obnovljivih izvora energije pruža izuzetnu mogućnost da se uz relativno mala ulaganja može rešiti energetska bezbednost i države i njenih građana.

10 najvažnijih prednosti OIE su:

- 1) Svuda je dostupna
- 2) Lako se koristi i pogodna je i za male i za velike potrošače
- 3) Podstiče lokalnu ekonomiju
- 4) Smanjuje zavisnost od uvoza energije i geopolitičkih uticaja
- 5) Mali troškovi eksploatacije
- 6) Postrojenja se mogu lako proširivati.
- 7) Ne zagađuju životnu sredinu.

- 8) Bezbedni su
- 9) Nisu više tako skupi
- 10) Omogućavaju povećanje životnog standarda.

5 najvažnijih izazova u korišćenju OIE su:

- 1) Nema je stalno i svuda u istom obimu
- 2) Veća početna ulaganja
- 3) Nedostatak infrastrukture
- 4) Nedovoljno znanja i prakse
- 5) Čuvanje energije

Ovaj Vodič ima za cilj da objasni prirodu i način korišćenja geotermalne energije i da ukaže na praktična rešenja, uz sve izazove koje se mogu pojaviti na tom putu.

Za sve tehnologije korišćenja nisko temperaturne geotermalne energije koja je pogodna za klimatizaciju prostora (voda-voda, zemlja-voda, vazduh-voda i vazduh-vazduh), investicija se isplati u periodu od 10 do 15 godina za prva tri sistema koji koriste vodu za distribuciju topote unutar objekta, a za sistem vazduh-vazduh i brže, sa napomenom da ovaj poslednji nema mogućnost grejanja sanitарне vode i ima manju efikasnost pa, prema tome i više troši energije da bi postigao željeni efekat te će biti skuplji u eksplotaciji. Međutim, uprkos nedostacima koje svaki od pomenutih sistema sigurno ima, ulaganje u ovaj način klimatizacije (grejanje i hlađenje) se višestruko isplati. Uloženo se sigurno vraća jer je rok trajanje topotnih pumpi 25+ godina. Posle vremena povraćaja investicije, ostaje vam veoma jeftina energija uz relativno male troškove amortizacije i održavanja vašeg sistema za korišćenje geotermalne energije. Ukoliko se ove tehnologije kombinuju sa drugim izvorima obnovljive energije, na primer sa solarnom, može se dobiti izuzetno efikasan, nezavisan od spoljnih uticaja i praktično besplatan sistem za zdravu klimatizaciju stambenih i poslovnih prostorija i za rešavanje pitanja energetiku male, ali i velike industrije.

Ulaganje u geotermalne sisteme za sopstvenu potrošnju svakako se isplati iz nekoliko razloga:

- Postavljanje geotermalnih sistema se može realizovati u relativno kratkom vremenu. Čak i u najsloženijim zahvatima, vreme postavljanja sistema ne prelazi 30 radnih dana.
- Povećava se nivo sopstvene energetske bezbednosti i smanjuje zavisnost od spoljnih izvora energije, pa time i od poremećaja na tržištu energijom.
- Smanjuju se troškovi za energiju jer se posle vremena povratka investicije, energija dobija samo uz operativne troškove rada sistema koji su znatno manji od cene finalne energije

Treba imati u vidu da cena samog sistema nije zanemarljiva za prosečan budžet domaćinstva i važno je dobro isplanirati finansiranje te naći najpogodniji način. Ukoliko se finansiranje vrši bez kredita i bez podsticaja, onda je geotermalni sistem za klimatizaciju finansijski napor iako će se vremenom sigurno isplatiti, posebno imajući u vidu da će cena energije u budućnosti izvesno rasti, što će povećati isplativost sistema i skratiti vreme povraćaja investicije.

### 13. O PROJEKTU

Naziv projekta	Obnovljiva energija za pametan rast i zaštićeno okruženje
Vodeći partner	Privredna komora Vidina, Bugarska
Partner	RARIS, Regionalna agencija za razvoj istočne Srbije, Srbija
Prioritetna osa	Životna sredina
Ciljevi projekta	Glavni cilj projekta je povećanje kapaciteta i poboljšanje svesti o pitanjima životne sredine kao što su obnovljivi izvori energije i energetske efikasnosti ciljnim grupama: MSP, lokalne vlasti, ekološke organizacije i institucije, šira javnost





Trg oslobođenja bb  
19000 Zaječar, Serbia

Tel. +381 (0)19 426 376  
Fax: +381 (0)19 426 377

[office@raris.org](mailto:office@raris.org)  
[www.raris.org](http://www.raris.org)



3700 Vidin, Bulgaria  
19 -21 "Tsar Alexander II" street

[office@vdcci.bg](mailto:office@vdcci.bg)  
[www.vdcci.bg/bg/](http://www.vdcci.bg/bg/)



Ovaj projekat sufinansira Evropska unija kroz Interreg-IPA  
Program prekogranične saradnje Bugarska - Srbija.