

Energija



ISSN br. 0354-8651

List Saveza energetičara
Broj 2 / Godina XII / Mart 2010.
UDC 620.9

■ ekonomija ■ ekologija

ENERGETIKA 2010

ENERGETIKA 2010

Zlatibor, 23.03. – 26.03.2010.

Međunarodno savetovanje

u organizaciji Saveza energetičara



pod pokroviteljstvom

**Ministarstva rudarstva i energetike,
Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja,
Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja,
Ministarstva ekonomije i regionalnog razvoja,
PKS, JP EPS, NIS a.d. Novi Sad, JP EMS, JP Srbijagas**

Savetovanje su pomogli

Ministarstvo rudarstva i energetike
Ministarstvo nauke i tehnološkog razvoja
Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja

PD Termoelektrane „Nikola Tesla“
PD Hidroelektrane „Đerdap“
PD Elektrovojvodina
PD Distribucija Beograd
PD RB Kolubara
PD TE KO Kostolac
Goša Montaža
Rolling World
Kirka Suri
Exor – Esi
ATB Sever

eee energija

eee ekonomija

eee ekologija

Savez energetičara

ekonomija ekologija

Energija/Ekonomija/Ekologija

Broj 2; mart 2010.

Osnivač i izdavač
Savez energetičara

Predsednik SE
Prof. dr Nikola Rajaković

Sekretar SE
Nada Negovanović

Glavni i odgovorni urednik
Prof. dr Nenad Đajić

Adresa Redakcije
Savez energetičara
11000 Beograd
Knez Mihailova 33
tel. 011/2183-315
faks 011/2639-368
E-mail: savezenergeticara@EUnet.rs
www.savezenergeticara.org.rs

Komputerski prelom EKOMARK
Dragoslav Ješić

Štampa
„Akademска изданја“,
Beograd

Godišnja pretplata
- 8.000,00 dinara
- za inostranstvo 16.000,00
dinara

Tekući račun SE
broj 355-1006850-61

IZDAVAČKI SAVET

Dr Petar Škundrić, ministar
rudarstva i energetike

Mr Božidar Đelić, ministar za
nauku i tehnološki razvoj

Mr Mladen Dinkić, ministar
ekonomije i regionalnog
razvoja

Dr Oliver Dulic, ministar životne
sredine i prostornog planiranja

Dr Kiril Kravčenko, gen.
direktor NIS ad

Miloš Bugarin, predsednik PKS

Dragomir Marković, gen.dir.

JP EPS-a

Dr Dimitrij Mališev, predsednik
UO NIS a.d.

Dr Aca Marković, predsednik
UO EPS

Prof. dr Miloš Nedeljković,
državni sekretar

Dušan Mrakić, državni sekretar

Prof.dr Ivica Radović, državni
sekretar

Dr Slobodan Ilić, državni
sekretar

Nebojša Ćirić, državni sekretar

Ljubo Mačić, direktor Agencije
za energetiku Srbije

Dr Miloš Milanković, gen.dir.

JP Elektromreža Srbije

Dušan Bajatović, gen.dir.

JP Srbijagas

Srđan Mihajlović, gen.dir.

JP Transnafta

Mr Zlatko Dragosavljević, gen.
dir. JP PEU

Branislava Miletić, gen.dir.

EP Republike Srpske

Drago Davidović, predsednik
SE Republike Srpske

Dr Tomislav Simović, gen.dir.
Montinvest ad

Dr Vladan Pirivatrić, gen.dir.
Energoprojekt Holding

Zoran Predić, gen.dir.

JKP Beogradске elektrane

Dr Bratislav Čepešković,
predsednik UO JP Transnafta

Stevan Miličević, direktor

PD EDB, doo

Petar Knežević, dir.

PD TENT, d.o.o.

Dragan Stanković, direktor
PD HE Đerdap, d.o.o.

Mijodrag Čitaković, dir.

PD Drinsko-Limske HE

Dragan Jovanović, dir.

TE-KO Kostolac

Predrag Radanović, iz.direktor
NIS Naftagas

Arkadij Jerizarjan, iz.direktor
NIS Petrol

Saša Ilić, iz.direktor

NIS TNG

Slobodan Mihajlović, direktor
PD ElektroSRBIJA, d.o.o.

Nebojša Ceran, direktor

PD RB Kolubara, d.o.o.

Tomislav Papić, direktor

PD Elektrovojvodina, doo

Miloš Samardžić, direktor

PD Panonske TE-TO

Janko Čobrda, direktor

Novosadske toplane

Dragoljub Zdravković, direktor

PD Jugostok, d.o.o.

Boban Milanović, direktor

PD Centar, doo

Raša Babić, direktor

Termoelektr, ad

Dr Nenad Popović,

ABS Holding

Milorad Marković, predsednik
HK Minel

Marko Pejović, potpredsednik
SE

Dr Dragan Kovačević, gen.dir.
El „Nikola Tesla“

Dr Vladan Batanović, gen.dir.
Institut „Mihailo Pupin“

Dr Zlatko Rakočević, gen.dir.
Instituta Vinča

Prof.dr Miodrag Popović,
dekan Elektrotehničkog
fakulteta Beograd

Prof.dr Dušan Gvoždenac,
Tehnički fakultet Novi Sad

Prof.dr Milun Babić, Mašinski
fakultet u Kragujevcu

Dr Svetislav Bulatović,
EFT Group

Slobodan Babić,
Rudnap Group

Dr Vladimir Živanović, SE

Dragođa Bažalac, SE

REDAKCIJONI ODBOR

Slobodan Petrović, sekretar
Odbora za energetiku PKS

Prof. dr Ozren Ocić

Prof.dr Petar Đukić, TMF

Dragan Nedeljković, novinar

Dr Vojslav Vučetić, gen.sek.

Udruženje za gas

Radiša Kostić, direktor
Elektroistok izgradnja

Savo Mitrović, direktor
Sever Subotica

Dr Branislava Lepotić, dir.
JP Transnafta

Momčilo Cebalović, dir.za
odnose s javnošću EPS

Dr Predrag Stefanović,
Institut Vinča

Dr Dušan Unković, NIS a.d.

Jelica Putniković, novinar

Miroslav Sofronić,
PD TENT d.d.

Mile Danilović, dir.
Termoelektr Enei

Prof.dr Vojin Čokorilo, RGF

Krstajić Sekula, novinar

Roman Mulić, SE

Rade Borojević,
Privredna komora Beograda

Nikola Petrović, dir.

ENERGETIKA d.o.o.

Radovi su štampani u izvornom
obliku uz neophodnu tehničku
obradu.

Nijedan deo ove publikacije
ne može biti reproducovan,
presimavan ili prenošen bez
prethodne saglasnosti Izdavača.

energija

ekonomija ekologija

ENERGETIKA 2010

ORGANIZACIONO – PROGRAMSKI ODBOR

Predsednik: Milun Babić

Sekretar: Nada Negovanović

Članovi: Miloš Nedeljković, Kanevče Gligor, Adriana Sida Manea,
Jovica Milanović, Đordji Biljanovski, Miroslav Bosančić,
Tomislav Papić, Ljubo Mačić, Radiša Kostić, Dešan Ivanović,
Milenko Nikolić, Tomislav Simović, Milorad Marković



Sadržaj

- [005] Dž. Sinanović, A. Jahić, A. Botalić
Energetska strategija Evropske Unije i neki aspekti primene obnovljivih izvora energije u regiji jugoistočne Europe
- [010] D. Djurdjević, M. Jevtić
Fotonaponski uredaji i sistemi - prošlost, savremena tehnologija i budući pravci razvoja
- [017] M. Đedović, I. Aleksić, Ž. Đurišić
Analiza iskorišćenja mrežno povezanih fotonaponskih sistema u Srbiji
- [023] M. Jevtić, N. Stojnić
Originalna pionirska istraživanja elektrohidrodinamike
- [035] D. Nikolić, Z. Nikolić, M. Janković
Efikasan regulator napona fotonaponskog napajanja
- [039] S. Đukanović
Ekonomski ishodi primene podsticajnih mera za solarne ćelije i vetrogeneratore u Nemačkoj, Španiji i Italiji
- [044] D. Komarov, S. Stupar, A. Simonović, S. Trivković, M. Stanojević
Trendovi u industriji vetroturbina u svetu i mogući pravci razvoja domaće vetroenergetike
- [051] A. Savić, Ž. Đurišić, N. Rajaković
Optimalno pozicioniranje vetrogeneratora u okviru farme vetrogeneratora uz uvažavanje "WAKE" efekata
- [055] D. Romanić, M. Banjaljić
Metodi modelovanja anemometra na krovu meteorološke stanice pri određivanju potencijala veta
- [058] A. Sida Manea, L. Mircea, D. Pavlov
Documentation on the current state of harnessing wind energy, wind potential in Romania
- [062] M. Čalasan, M. Ostojić
Ispitivanje limitera pobudne struje statičkog pobudnog sistema sinhronih generatora iz HE "Perućica"
- [068] A. Bojković, Đ. Janković, B. Bajalica, S. Bulatović, D. Jovović
Revitalizacija hidroelektrana - primer HE „Piva”
- [074] M. Jevtić, Lj. Andelković, J. Radosavljević, M. Ćirić
Merenje stepena iskorišćenja mikro hidroelektrane i ugrađene turbine
- [078] I. Todorović, R. Jovanović, Z. Kukobat
Izvedba petopolnog rastavljača 245 kV U RHE „Bajina Bašta”
- [082] N. Maričić, Dj. Novković, Dj. Marković, Lj. Andjelković
Opis postupka i razvoj softvera za proračun banki turbine
- [087] A. Sida Manea, D. Cătălin Stroīă
Efficient hydro energy using in Romania
- [091] V. Šušteršić, V. Stevanović, M. Babić, D. Gordić
Tehno - ekonomska analiza primene geotermalne toplotne pumpe za grejanje poslovno - stambenog objekta
- [096] G. Dražić, S. Sekulić, J. Milovanović, J. Aleksić
Master plan plantaže energetskog useva *Misanthus giganteus*
- [100] P. Hadžić, Lj. Janjušević, M. Radosavljević, D. Stojiljković, V. Jovanović, N. Manić
Biodizel iz malih šaržnih reaktora - eksperimentalni podaci usaglašenosti kvaliteta sa zahtevima standarda SRPS EN14214:2005
- [103] R. Penjin
Producija biogasa iz biološkog otpada- Ekonomski opravdanost -
- [108] D. Gordić, M. Babić, V. Šušteršić, D. Končalović, D. Jelić
Mogućnosti uštede energije u industriji drvenog nameštaja
- [113] M. Jovanović, S. Miletić, N. Šaranović, M. Filipović, N. Janković, M. Babić
Razvoj apsorpcionog suda za prečišćavanje biogasa
- [119] G. Sentić, D. Vranić, V. Vukašinović, B. Savić, N. Vranić, M. Babić
Razvoj postrojenja na biogas za sušenje mesa i mesnih prerađevina

e» energija

mr. sc. Dževad Sinanović, dipl.ing.el.

Ministarstvo odbrane BiH

mr. sc. Adamir Jahić, dipl.ing.el.

JP Elektroprivreda BiH

Admir Botalić, dipl.ing.el.

JP Elektroprivreda BiH

UDC:620.92 : 332.14. EU

Energetska strategija Evropske Unije i neki aspekti primene obnovljivih izvora energije u regiji jugoistočne Evrope

1. Uvod

Nema razvoja bilo koje oblasti, pa tako i energetike, bez jasne i realne strategije, koja će uzeti u obzir sve raspoložive resurse jedne zemlje, regije ili lokalne zajednice, i trenutne tendencije razvoja tehnologije u Svetu. Energetske tendencije u EU i Svetu pokazuju da će se u budućnosti sve više pažnje poklanjati održivom razvoju, odnosno ekološkom aspektu u eksploataciji energije, te konkurentnosti cena proizvodnje energije i sigurnosti snabdevanja energijom. Nadalje, današnju upotrebu energije karakteriše porast potrošnje plina i sve veće učešće obnovljivih izvora energije ili kako ih drugim rečima zovu "zelena energija". Uprkos tome, energetska strategija ne sme biti sama po sebi cilj. Iskustva zemalja EU pokazuju da problemi nastaju tek po doноšenju energetske strategije.

Evidentno je, da je mnogo veći problem implementirati, nego doneti strategiju. Nadalje, energetska strategija nije statična kategorija. Ona je podložna promenama koje nastaju kao posledica stanja sirovina, stanja tržišta energije, stepena tehnološkog razvoja, tendencije razvoja energetike i privrede u celini,... Neke zemlje koje su energetsku strategiju donele pre nekoliko godina danas istu menjaju, jer je već zastarela.

Danas u Evropi i Svetu prevladava mišljenje da je probleme deficit energije, i sve veće ovisnosti o nafti i plinu, te problem globalnog zagrevanja moguće rešiti korištenjem obnovljivih izvora energije.

Dva su ključna pitanja na koja treba dati odgovor kako bi se u državama regije JI Evrope popravila ukupna energetska slika. Ta pitanja su:

Rezime

Vreme jeftine energije je iza nas. Evropa želi promeniti energetsku sliku, smanjiti ovisnost od uvoza, povećati sigurnost snabdjevanja, osigurati održivi razvoj, odnosno sprečiti dalju degradaciju okoliša. Postizanje navedenih strateških ciljeva EU namerava postići povećanjem energetske efikasnosti i uvođenjem obnovljivih izvora ili ekološki čistih tehnologija. Rad pojašnjava osnovne principe energetske strategije EU i razvoja energetskog sektora EU u narednom periodu.

Uvođenje obnovljivih izvora u regiji JI Evrope je važno ne samo zbog ispunjenja propisa i direktiva EU, poboljšanja energetske slike, čuvanja ionako ograničenih količina fosilnih goriva i zaštite okoline (zaštite zdravlja), nego i zbog zapošljavanja populacije, koji je možda sada i dominantan motiv, uzme li se u obzir problem nezaposlenosti i ekonomski krize. Stoga u uvođenju obnovljivih izvora energije, država i društvo u celini, trebali bi pronaći svoju šansu razvoja stvarajući energiju i goriva čija će cena u budućnosti još više rasti.

U radu su razmatrani neki aspekti primene potencijalnih obnovljivih izvora energije, te definisani metodologija, način i uslovi, koje država treba ispuniti, kako bi se ostvarili ciljevi koje je EU zacrtala u svojim strateškim dokumentima.

Ključne reči: energetska strategija, obnovljiva energija, održivi razvoj.

The European Union Energy Strategy and Some Aspekts of Applying of Renewable Energy in the Se States Europe

Time of low-cost energy is behind us. Europe wants to change the energy picture, reduce dependency on imports, increase security of supply, to ensure sustainable development, and prevent further environmental degradation. To achieve these strategic goals European Union intends by increasing energy's efficiency and applying renewable energy sources (ecologic clean technologies). Work explains the basic principles of EU energy strategy and development of the EU energy sector in the future.

Applying of renewable energy sources in a country is important not only for implementation of directives and regulations of EU, increasing energy efficiency, keeping limited amounts fossil fuels and protecting environment (protecting of healthy), but also for employing population which is maybe the most important reason, if we know that there is high rate unemployment and economic crisis.

Therefore, the applying of renewable energy, state and society in general, should find his or her chance of development of fuel and energy product whose price in the future to grow.

The article analyzes some aspects of the application potential of renewable energy sources, and defined ways, methodologies or requirements that states must meet in order to achieve the objectives that the EU is outlined in its strategic documents.

Ključne reči: energetska strategija, obnovljivi izvori, održivi razvoj.

energija

- Kakav bi model energetskog sistema u budućnosti trebao biti ?
- Kako države iz okruženja II Evrope mogu izvući benefite iz jednog takvog modela?

Teško je sa sigurnošću tvrditi kako će izgledati model energetskog sistema u budućnosti, ali prema trenutnim tendencijama u energetici u Evropi i Svetu daju se naslutiti izvesne konture jednog takvog modela. Prema njima takav model će biti sve više decentralizovan sa razvojem diverzifikacionih izvora, za razliku od starog modela čiji proizvodni kapaciteti su bili centralizovani na jednom mestu.

Pored toga, model energetskog sistema u budućnosti će biti sve više usmeren kupcima energije, gdje će primarni zahtev biti interes kupca. Nadalje, model će favorizovati primenu čistih tehnologija, koji će osigurati pozitivan odnos prema okolini. Osim toga, model će naglašavati intenzivnu primenu obnovljivih izvora energije, kombinaciju različitih vrsta energetskih izvora sa što većim stepenom energetske efikasnosti i ekološki čistim tehnologijama. Ovo će doprineti smanjenju emisije stakleničkih plinova (posebno CO₂), stabilizaciji klimatskih promena, povećanju energetske efikasnosti i diverzifikaciji energetskih izvora. Mikro i mali energetski izvori obično će biti konektovani na distributivnu mrežu. Dakle, javljaće se jedan novi oblik proizvodnje koji se zove distribuirana proizvodnja, a navedene izvore nazivamo distribuirani izvori. Ovo će dakako smanjiti troškove prenosa i prenosne gubitke, pojednostaviti izgradnju novih energetskih objekata, jer se radi o manjim troškovima, a i lakše je pronaći lokaciju. Tržiste energije će biti liberalizovano i apsolutno konkurentsko, što znači da će biti omogućeno svima da trguju sa energijom kao i sa svakom drugom robom. U takvim uslovima će biti izražen interes proizvođača za smanjenje proizvodnih troškova, ali i kupaca za smanjenje cena. Sve ovo će na neki način optimizirati rad energetskog sistema.

U Evropi i Svetu već dugi niz godina se pokušava pronaći alternativni izvor energije za naftu, među koje spadaju i obnovljivi izvori energije. BiH je kao i neke zemlje njenog okruženja na samom početku u iznalaženju alternativnih izvora energije.

2. Energetska strategija EU

Zašto je važno analizirati energetsku strategiju EU?

Pitanje energije u EU je jedno od najbolje regulisanih pitanja u EU. Države EU zauzimaju lidersku poziciju u primeni obnovljivih izvora energije, a njena energetska strategija jasno pokazuje da će tu poziciju nastojati zadržati i u budućnosti.

Osnovni moto energetske strategije EU je "Energija je od strateškog značaja za Evropu". Ciljevi energetske strategije EU su održivost, konkurentnost i sigurnost snabdevanja energijom. Navedene ciljeve EU namerava postići povećanjem stepena korištenja obnovljivih izvora energije i povećanjem energetske efikasnosti.

Dakle, energetska politika treba da stvori uslove sigurnog i racionalnog snabdevanja i potrošnje energije, otvoriti državno tržište i omogući pristup međunarodnom tržištu energije, zaštiti kupce i aktivira obnovljive izvore energije uz ispunjenje najviših zahteva prema zaštiti okoline. Ciljevi se mogu provesti političkim, ekonomsko-finansijskim, zakonskim i tehničko-organizacionim merama.

Energetska strategija EU formalno i pravno zasnovana je na nekoliko ključnih strateških dokumenata, te niza direktiva i odluka. Neki od njih, koji zauzimaju ključnu ulogu, su "Zelena Knjiga", "Bela Knjiga", "Energetska politika za Evropu", "Mapa obnovljive energije", Sporazum o energetskoj listi, Protokol o energetskoj listi o energetskoj efikasnosti itd.

Svi navedeni dokumenti upozoravaju na činjenicu da su uprkos značajnom potencijalu, obnovljivi izvori energije nedovoljno iskorišteni i da je neophodno pronaći najdelotvornije mere kako bi njihov trenutni ideo u ukupnoj potrošnji energije od cca 6 % porastao na 12 % do 2010. Godine (L11). Pored navedenog cilja u Mapi puta primene obnovljivih izvora energije zacrtan je i cilj 20 % učešća obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije do 2020. Godine (L11). Svaka država članica, u tom smislu donosi odluku o izboru i vrsti obnovljivih izvora energije shodno raspoloživim resursima, unutar čega predlaže svoj doprinos ukupnom cilju, te navodi planirane podsticajne mere. Dok jedni pridaju veći značaj biomasi, drugi se fokusiraju na biodizel ili dobijanju energije iz drvenih ostataka, itd.

"Zelena reforma" obuhvata stimulaciju kako proizvođača, tako i kupaca, a cilj je preraspodela tereta izdvajanja (uvodenja novih ekoloških davanja kroz preraspodelu postojećih).

Implementacija evopske politike podrazumeva veliki broj mehanizama (propisi, porezi, grantovi, i subvencije), pri čemu se politika, strategija i projekti moraju planirati ne samo na evropskom, nego i na državnom i regionalnom nivou. Za realizaciju energetske politike potrebna su finansijska sredstva koja se prevashodno moraju bazirati na zakonima tržišta.

Među mehanizme za podsticaj efikasnom korištenju energije i obnovljivih izvora energije mogu se svrstati:

- Pristup korisnika energiji po vlastitom izboru,
- Subvencije,
- Olakšice na davanja i oslobođanje od taksi,
- Fiksne otkupne cene i premije za otkup energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije ili kogeneracije,
- Zeleni certifikati na tržišnom principu, itd.

U nekim državama uvedene su tzv. "zelene etikete" prema kojima se kupcu daje mogućnost izbora nabavke, a proizvođač je obavezan proizvesti određenu količinu energije iz obnovljivih izvora energije.

Postoje ekološki porezi (porezi na energiju i porezi na CO₂, SO₂, NO_x), kojima se želi osigurati konkurentnost obnovljivih izvora energije, posebno biomase.

Podsticaji mogu dolaziti od tržišta, banaka ili privatnih investicionih fondova. Mogu se uglavnom podeliti u dvije grupe: vladine podsticaje i podsticaje iz ostalih finansijskih resursa. U nekim zemljama najveći dio realizacije programa vezan je za parlament i vladu, dok se kod drugih, programi i odluke donose od strane ministarstava, obrazovnih agencija, posredničkih struktura, menadžmenta i naučnih organizacija.

Mapa puta predstavlja način postizanja postavljenih ciljeva u primeni obnovljivih izvora energije i daje procenu koliko će koštati relizacija zacrtanih ciljeva.

Ceni se da će se u ukupnu infrastrukturu uložiti više od 2 triliona dolara do 2030. godine (L11). Dio od ovoga iznosa bit će finansiran od profita, dio od poreza, a nešto će čisto morati doći od kupaca.

Ostvarenjem cilja sačuvat će se okolina od destrukcije stakleničkih plinova, te smanjiti godišnji troškovi fosilnih goriva sa preko 250 Mtoe do 2020.

Tehno – ekonomска анализа примене геотермалне топлотне помпе за грејање пословно – стамбеног објекта

1.0 Увод

Већина земаља широм света сусретава се са озбиљним недостацима енергије или ће се са тим проблемом сусрти у близкој будућности. Велика потрошња и пораст броја становника у свету промираче становнике тих земаља да се сусрећу са проблемом критичног смањења залиха домаћих фосилних енергетских извора. Тренутна енергетска зависност од нафте и њених деривата захтева и знатне економске издатке а у будућности наговештава негативне ефекте на националне економије, као и на међunarodnu безбедносnu ситуацију.

Геотермална енергија је топлотна енергија која се ствара у Земљиној кори лаганим распадањем радиоактивних елемената, хемијским реакцијама, кристализацијом и стврђивањем растојљених материјала или тренjem при кретању текtonских маса. Количина такве енергије је тако велика да се може сматрати скоро неисcrпном.

У природи се геотермална енергија најчешће појављује у форми вулкана, извора вруће воде и гејзира. У многим земљама се геотермална енергија користи већ вековима за потребе банја односно рекреативно – лековитих центара. Но развој науке није се ограничио само на подручје лековитог искоришћења геотермалне енергије већ је искоришћавање геотермалне енергије усмерио и према процесу добијања електричне енергије као и грејању домаћinstava и индустријских постројења. Грејање зграда и искоришћавање геотермалне енергије у процесу добијања електричне енергије, главни су или не и једини начини на који се та енергија може искористити. Такође, може се искористити и у друге сврhe као што су на пример: у производњи

Резиме

Zemlja svakodnevno apsorbuje značajan deo sunčeve energije. Upravo ovu postojeću temperaturu Zemlje koriste geotermalni sistemi kao osnovnu energiju za svoje funkcionisanje. Geotermalni sistemi su univerzalni i funkcionišu kao sistemi za grijanje i hlađenje. Oni u režimu grijanja vrše transfer topote iz Zemlje u prostor, odnosno objekat koji se grijaje, a u režimu hlađenja obrnutim procesom vrše transfer topote iz hlađenog prostora, odnosno objekta u Zemlju.

U radu je analiziran primer poslovno-stambenog objekta ukupne površine korisnog prostora od 2 000 m² u kome je, nasuprot konvencionalnog sistema grijanja kotлом na gas i hlađenja klima uređajem, instalirana geotermalna ttoplotna pumpa (GTP). Predviđeno je da se u poslovno-stambenom objektu postavi sistem podnog grijanja (niskotemperaturno grijanje), ali i sistem prisilne konvekcije za potrebe hlađenja. Na temelju odabrane opreme, klimatoloških prilika grada Kragujevca i energetskih potreba same zgrade, izvršeno je poređenje sistema sa geotermalnom ttoplotnom pumpom i konvencionalnog sistema grijanja, a tehnico – ekonomskom analizom dokazana je moguća isplativost ugradnje.

Abstract

Earth absorbs a significant part of solar energy every day. Geothermal energy systems use the existing Earth's temperature as a base for their operation. Geothermal systems are universal and operate as systems for heating and cooling. In the heating mode, they transfer the heat from the Earth into the space, or to the heated object, and in the cooling mode, they reversely transfer the heat from the cooled space or object into the Earth.

The paper analyzes the example of a business- residential building of the total useful area of 2.000 m² in which, contrary to conventional heating systems with gas boilers and cooling systems with air conditioners, a geothermal heat pump (GTP) is installed. It is predicted that floor heating system (low temperature heating) and system of forced convection for cooling purposes are to be installed in the business-residential building. The system with geothermal heat pump and conventional heating system are compared based on selected equipment, climate conditions of the city of Kragujevac and energy needs of the building itself. Techno-economic analysis proved the possible cost-effectiveness of installation.

папира, пастеризацији млека, пливаčким базенима, у процесу сушења воћа и поврћа, али и за многе друге сврhe.

2.0 Примена топлотних помпи

Топлотне помпе као топлотни извор могу да користе површинске слојеве

тла који су и најдоступнији, а чија је температура константна током године. Нjihova топлота највећим делом потиче од Sunčeve енергије, а тек мањим делом од топлотног тока из дубина Земље. Температура тла, а time и температура радног медија унутар

energija

cevi razmjenjivača toplote zavise od spoljašnje temperature, ali su u kraćim razdobljima (tokom dana ili nedelje) gotovo konstantne. Kao radni fluid se pri tome najčešće koristi smesa etilenglikola ili propilenglikola i vode čija temperatura u uslovima punog opterećenja (neprekidan rad tokom više hladnih zimskih dana) ne bi smela da padne ispod -5°C. Za korišćenje toplote tla, postavlja se odgovarajući razmjenjivač toplote kojim se radni fluid dovodi do isparivača toplotne pumpe, a obzirom na način polaganja cevi, takve toplotne pumpe se mogu podeliti u dve osnovne grupe:

- s vodoravnim razmjenjivačem, kao kolektorsko polje cevi i
- s vertikalnim razmjenjivačem, kao toplotne sonde.

Vodoravni razmjenjivači ili kolektorska polja koriste se kada su na raspolaganju veće površine zemljišta ispod kojeg se mogu postaviti cevi i na kojima se mogu izvoditi radovi (npr. u ruralnim područjima). Procenjuje se da je na pr. za porodičnu kuću potrebno oko 500 m² zemljišta, a važi i pravilo da potrebna površina zemljišta (kolektorskog polja) mora biti veća ili jednaka dvostrukoj površini prostorija koje treba grejati.

Vertikalni razmjenjivači ili toplotne sonde su naročito pogodni, pa i

neophodni, u gusto naseljenim područjima gde nema ili ima veoma malo raspoloživog zemljišta. Sonda se polaže na dubini od 30 do 60 m, a najviše do 100 m, pri čemu je najčešći materijal izrade polietilen koji garantuje dobru razmenu topline i jednostavno rukovanje, a otporan je na uslove koji vladaju unutar zemlje (vlaga, pritisak, mikroorganizmi).

Što se tiče Srbije, geotermalna energija se simbolično koristi, i to samo sa 86 MW ukupno instalisane snage. Od toga je 12 MW za zagrevanje toplotnim pumpama [3], iako po geotermalnom potencijalu Srbija spada u bogatije zemlje. Njeno korišćenje i eksploracija moraju postati intenzivniji, jer na to primoravaju sledeći faktori: tenzije naftno-energetske neravnoteže, neminovna tranzicija na tržišnu ekonomiju, stalni porast deficitosa fosilnih i nuklearnih goriva, pogoršavanje ekološke situacije i porast troškova za zaštitu okoline. Najveći značaj za Srbiju imaće direktno korišćenje geotermalne energije za grejanje i toplifikaciju ruralnih i urbanih naselja i razvoj agrara i turizma.

Takođe, u Srbiji se koristi samo geotermalna energija iz geotermalnih – mineralnih voda, uglavnom na tradicionalan način (*slika 1*), najviše u balneološke i sportsko – rekreativne svrhe.

Korišćenje geotermalne energije za grejanje i druge energetske svrhe je u početnoj fazi i veoma skromno u odnosu na potencijal geotermalnih resursa [2].

3.0 Termodinamički proračun rada toplotne pumpe sa sistemom bušotinskog razmjenjivača topline

U daljem delu ovog rada analiziraćemo primer primene geotermalne toplotne pumpe za grejanje poslovno-stambenog objekta koji ima ukupnu površinu korisnog prostora od 2.000 m². Nasuprot konvencionalnom sistemu grejanja kotлом na gas i hlađenja klima uređajem

predviđeno je da se instalira se sistem bušotinskih razmjenjivača topline, odnosno geotermalna toplotna pumpa. Predviđeno je da se zgrada zagreva uz pomoć sistema podnog grejanja (niskotemperaturno grejanje) ali i da poseduje sistem prisilne konvekcije za potrebe hlađenja. Na temelju odabrane opreme, klimatoloških prilika grada Kragujevca i energetskih potreba same zgrade, izvršeno je poređenje sistema sa geotermalnom toplotnom pumpom i konvencionalnog sistema, a tehnico-ekonomskom analizom dokazana moguća isplativost ugradnje. Cene su izražene u evrima radi lakšeg poređenja srpskog i inostranog tržišta toplotnim pumpama. Na temelju tehničko-tehnoloških podataka proizvođača opreme, za toplotnu pumpu sistema zemlja – voda, izvršen je termodinamički proračun u skladu sa stvarnim režimom rada [5].

Ulagani podaci potrebni za termodinamički proračun su sledeći:

- efektivna površina prostora zgrade za grejanje i hlađenje: 2.000 m²,
- ulazna temperatura vode u razmjenjivač topline toplotne pumpe (izlaz iz bušotinskog razmjenjivača topline): $t_{gu} = 15^\circ\text{C}$,
- temperatura vode na izlazu iz toplotne pumpe: $t_{gi} = 5^\circ\text{C}$,
- ulazna temperatura rashladnog sredstva u kompresor: $t_1 = 10^\circ\text{C}$,
- temperatura nakon kompresije: $t_2 = 70^\circ\text{C}$,
- temperatura kondenzacije: $t_3 = 40^\circ\text{C}$,
- temperatura isparivača: $t_4 = 4^\circ\text{C}$,
- temperatura podnog grejanja (ulaz): $t_{ru} = 35^\circ\text{C}$,
- temperatura podnog grejanja (izlaz): $t_{ri} = 20^\circ\text{C}$.

U radu su posmatrana tri različita slučaja pri kome su korišćena tri različite rashladne tečnosti i to: R-407C, R-134a i R-410A koje, za razliku od prvobitno korišćenog freona 12 (CF2Cl2) ne deluju negativno na ozon.

Za površinu poslovne zgrade od $A_z = 2.000 \text{ m}^2$ (tri toplotne pumpe u sistemu, jedinične površine 666,6 m²) potrebna količina topline za grejanje iznosila bi:

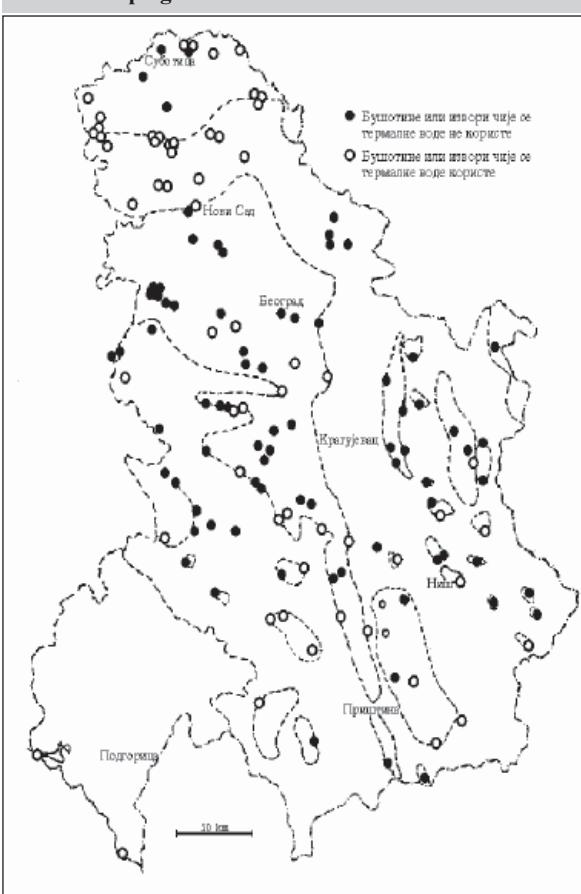
$$Q = f_{og} \cdot A_z Q [\text{kW}_t] \quad (1)$$

gde je $f_{og} = 62 [\text{W}/\text{m}^2]$ - potrebna toplotna snaga.

Topota isparivača se računa na sledeći način:

$$q_0 = h_4 - h_1 [\text{kJ}/\text{kg}] \quad (2)$$

Slika 1 Mapa geotermalnih izvora



» energija

Rad kompresora se računa kao razlika entalpija 1 – 2:

$$W_k = h_2 - h_1 \text{ [kJ/kg]} \quad (3)$$

Količina topote u kondenzatoru se računa kao razlika entalpija 2 – 3:

$$q = h_2 - h_3 \text{ [kJ/kg]} \quad (4)$$

Potrebna količina rashladne tečnosti:

$$[kg/h] \quad (5)$$

Potrebna količina vode u sistemu podnog grejanja:

$$m_{rt} = \frac{Q}{q} \text{ [kg/h]} \quad (6)$$

Toplota isparavanja, ekvivalentno rashladnom učinku u ciklusu hlađenja:

$$Q_o = m_{rt} \cdot q_o \text{ [MJ/h]} \quad (7)$$

Potrebna količina antifriза mešavine/voda (50% voda / 50% etilenglikol):

$$m_{H_2O} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta t_{pod}} \text{ [kg/h]} \quad (8)$$

Snaga kompresora:

$$P_k = \frac{W_k \cdot m_{rt}}{3600} \text{ [kW_e]} \quad (9)$$

Koeficijent efikasnosti toplothe pumpe:

$$\eta_{COPR-407C} = \frac{q}{W_k} = 5,85,$$

$$\eta_{COPR-134a} = \frac{q}{W_k} = 5,97, \quad (10)$$

$$\eta_{COPR-410A} = \frac{q}{W_k} = 5,19.$$

4.0 Tehno-ekonomска analiza primene geotermalne toplothe pumpe (GTP)

Nakon izvršenog termodinamičkog proračuna pristupilo se tehno-ekonomskoj analizi grejanja i hlađenja stambeno-poslovnog objekta geotermalnom toplothe pumpom sa vertikalnim postavljanjem, pri čemu je maksimalna temperatura vode u sistemu $t_{max} = 35^{\circ}\text{C}$.

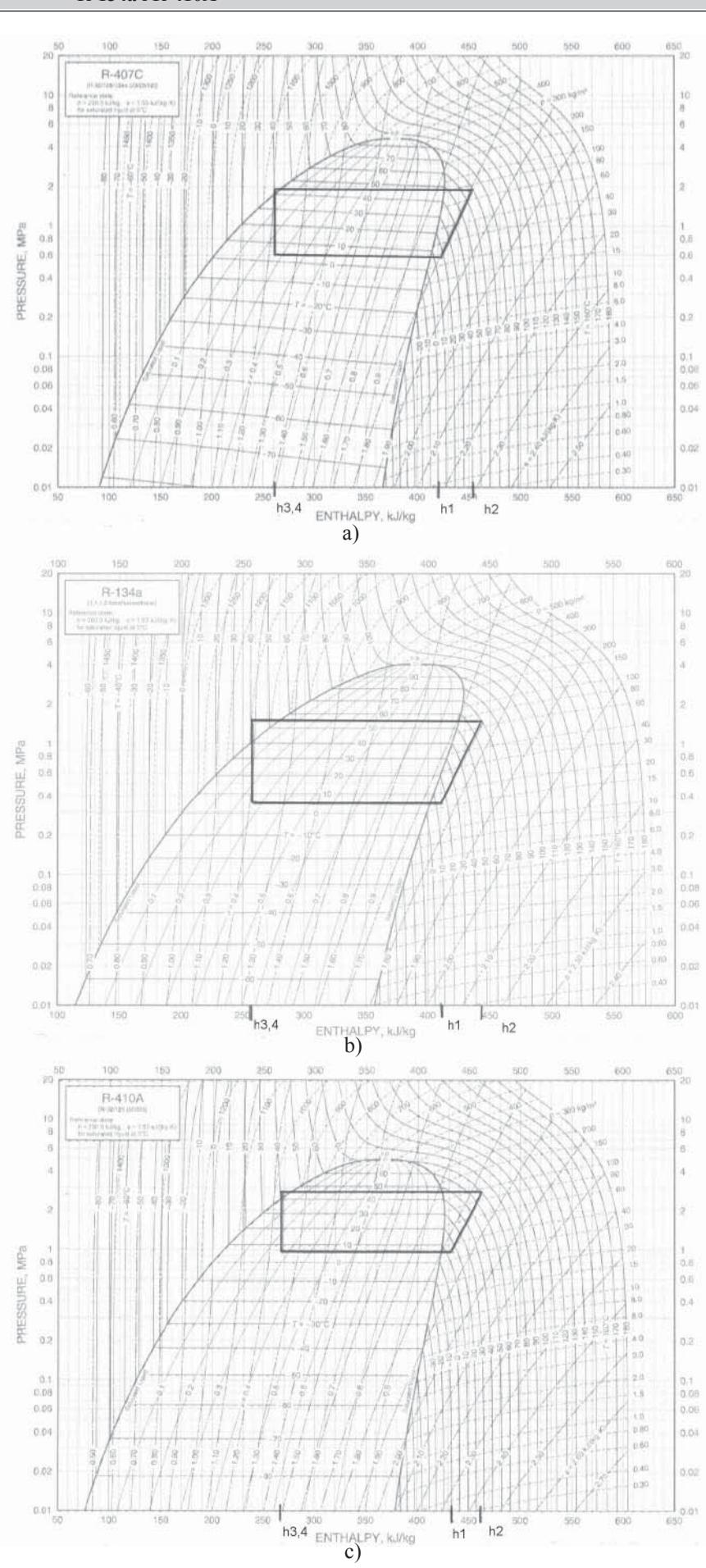
Ukupna potrebna snaga cirkulacione pumpe 9,6 kW.

Usvojeno je da su koeficijenti prolaza topote kroz:

- zidove $k = 0,39 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$,
- krov $k = 0,21 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$,
- prozore $k = 2,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$,
- pod $k = 0,99 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Najniža dnevna temperatura zimi za grad Kragujevac iznosi -14°C , dok bi potrebna temperatura u prostorijama trebalo da iznosi 20°C i zimi i leti.

Slika 2 Ciklus rada toplothe pumpe prikazan na p,i dijagramu za R-407C, R-134a i R-410A



ee energija

Pre ugradnje toplotne pumpe neophodno je prvo izvršiti pribavljanje geološke mape terena, zatim pristupiti izradi projekta i pribaviti potrebne dozvole, kao i izvršiti bušenje rupa dužine 141 m i prečnika 145 mm (15 rupa). Što se tiče opreme, neophodna je reverzibilna toplotna pumpa sistema voda - voda, namenjena grejanju i hlađenju, sa meračem predate toplote i potrošene struje i elektronskom regulacijom rada i temperature vode. Zatim, bojler za sanitarnu vodu sa grejačem od 2 kW koji služi kao rezerva. Takođe, mora se izvršiti montaža toplotne pumpe i povezivanje sa razdelnicima, kao i ugradnja cirkulacione pumpe i testiranje rada toplotne pumpe.

Za pribavljanje dozvola za bušenje neophodno je oko 2 – 3 meseca, dok je za izvođenje radova potrebno i do 20 dana. Početna investicija ovakvog sistema iznosila bi oko 80.100 € (tabela 1).

Posle procene ukupnih troškova instalisanja toplotne pumpe pristupilo se uporednoj analizi troškova grejanja stambeno-poslovnog objekta kada bi se on grejao električnom energijom, prirodnim gasom, lož uljem ili toplotnom pumpom. Aktuelna cena električne energije za široku potrošnju, po izbalansiranoj dnevnoj i noćnoj potrošnji sa pdv-om iznosi:

- za zelenu zonu: 4,06 rsd/kWh,
- za plavu zonu: 6,10 rsd/kWh,
- za crvenu zonu: 12,19 rsd/kWh,

pri čemu se prilikom grejanja na električnu energiju izlazi iz okvira zelene i plave zone, pa se stoga u daljem proračunu te tarife ne razmatraju.

Cena gasa, od oktobra 2008. godine iznosi 34,01 rsd/m³ bez uračunatog poreza. Sa porezom od 8% na gas/energiju, formirana je cena od 36,72 dinara za fizička lica po kubnom metru. Dakle, podatke o kWh električne energije potrebno je podeliti sa 3,6* kako bi ih izrazili u jedinici za energiju i rad, sa ciljem da uporedimo sa energijom koju obezbeđuje gas. Takođe, toplotna moć gasa se dobija deljenjem jedinice kubnog metra sa koeficijentom toplotne moći 33,5.

Postoji još jedan važan aspekt: stepen efikasnosti uređaja koji koriste električnu energiju i koji iznosi 98%, dok se sa uređajima na gas ili lož ulje (uzimajući u obzir gubitak

Tabela 1 Ekonomski pokazatelji

| Troškovi: | Cena: |
|--|-----------------|
| Pribavljanje dokumentacije, informacija o lokaciji (izrada projekta i revizija projekta), pribavljanje rudarskih dozvola | 2.000 € |
| Bušenje rupa za postavljanje cevi | 20.000 € |
| Izvođenje radova | 10.000 € |
| Toplotna pumpa (tri jedinice) | 42.000 € |
| Polietilenske cevi dužine 4.231m | 2.115 € |
| Godišnji utrošak električne energije za rad kompresora: 35,2 MWh <i>(ostvaren u grejnoj sezoni)</i> | 2.780 € |
| Godišnji utrošak električne energije za rad kompresora: 14,5 MWh <i>(potreban za hlađenje prostora)</i> | 1.145 € |
| UKUPNO: | 80.040 € |

kroz dimnjak, gasne kotlove i sl.), u najboljim uslovima dostiže 70%. Obzirom na gore navedene parametre, koristeći jedinicu rsd/MJ, dobijamo sledeću cenu električne energije za dnevnu i noćnu tarifu:

- za plavu zonu: 1,73 rsd,
- za crvenu zonu: 3,45 rsd, kao i
- za prirodni gas: 1,56 rsd.

Kad je reč o toplotnim pumpama, moramo razumeti pojmom tzv. koeficijenta efikasnosti COP (Coefficient of performance) koji predstavlja količnik uložene energije i dobijene energije za grejanje. Ovaj parametar pokazuje koliko puta veću energiju grejanja dobijamo u odnosu na uloženu električnu energiju. Ovaj koeficijent za različite tipove toplotnih pumpi iznosi:

- COP za vazdušne toplotne pumpe je: 3,3-4,1;
- COP za toplotne pumpe voda/zemlja je: 4,3-6 i

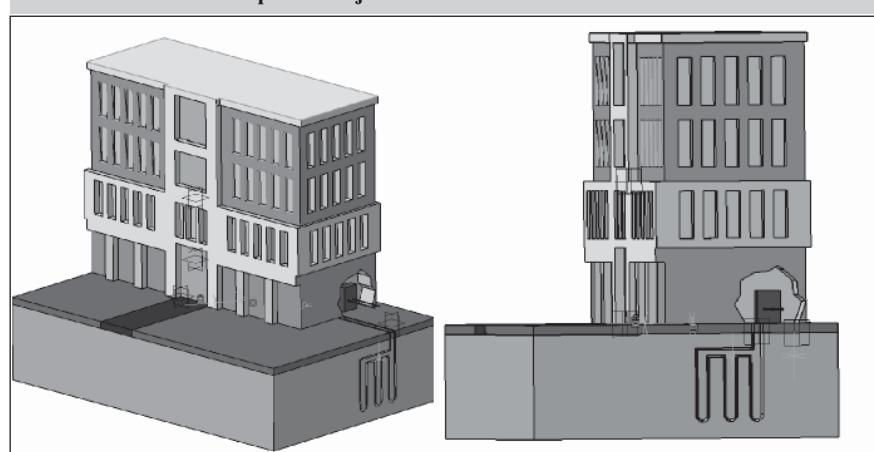
- COP za toplotne pumpe voda/voda je: 5,5-6,1.

Poređenjem cene ostalih vrsta grejanja u odnosu na proizvodnju 1 MJ grejne energije dobijamo:

- Grejanje strujom (kombinovana tarifa, crvena): 3,45 rsd;
- Lož ulje: 1,86 rsd;
- Prirodni gas u zemljama EU: 2,00 rsd;
- Prirodni gas (DP „Novi Sad Gas“): 1,56 rsd;
- Vazdušna toplotna pumpa: 0,47 rsd;
- Toplotna pumpa voda/zemlja: 0,38 rsd;
- Toplotna pumpa voda/voda: 0,29 rsd.

Na osnovu prethodno dobijenih vrednosti za grejanje prosečno izolovanog poslovno – stambenog objekta od 2.000 m² potrebno je 150 kW energije po kvadratom metru. Ako računamo do 2.000 sati grejanja na godišnjem nivou, za grejanje je

Tabela 1 Ekonomski pokazatelji



* 1kWh = 3,6 MJ (1 MJ = 10⁶ J)..

energija

potrebno 300.000 kWh, što iznosi 1.080.000 MJ energije. Sa navedenim proračunima cena potrošnje energije u dinarima na godišnjem nivou iznosi:

- Grejanje strujom (kombinovana tarifa, crvena): 3.726.000 rsd,
- Lož ulje: 2.008.800 rsd,
- Prirodni gas u zemljama EU: 2.160.000 rsd,
- Prirodni gas (DP „Novi Sad Gas“): 1.684.800 rsd,
- Vazdušna topotna pumpa: 507.600 rsd,
- Topotna pumpa voda/zemlja: 410.400 rsd,
- Topotna pumpa voda/voda: 313.200 rsd.

Činjenica je da se ugradnja topotne pumpe isplati i u slučaju da cena gasa ostane ne promenjena. Međutim, cena gasa u zemljama Evropske unije je duplo skuplja i teško je poverovati da za kratko vreme neće i domaće cene gasa postići taj iznos. Poređenjem cena grejanja odnosno rashladivanja prostorija dobijamo da bi, uz:

- ukupnu početnu investiciju: 80.100 €,
- troškove grejanja na godišnjem nivou (gas): 17.925 €,
- troškove grejanja na godišnjem nivou (topotna pumpa): 4.365 €,
- troškove hlađenja na godišnjem nivou (klima uređaj): 2.720 €,
- troškove hlađenja na godišnjem nivou (topotna pumpa): 1.145 €,
- rok otplate jednog ovakvog sistema bio od 5 – 6 godina.

Slika 3. 3D model poslovno-stambenog objekta sa geotermalnom topotnom pumpom

5.0 Zaključak

Korišćenje geotermalne energije i njenih resursa u Srbiji veoma je malo u odnosu na geotermalni potencijal. Na prvi pogled razlozi takvog stanja su nerazumljivi, pogotovo kada se uzme u obzir da su pojedini geotermalni lokaliteti među najboljim u Evropi i da je razvoj geotermalne tehnologije u Srbiji, počeo u isto vreme kao i u zemljama u kojima je danas geotermalna tehnologija na najvišem stepenu razvoja. Sa relativno malim investicionim ulaganjima, u odnosu na ulaganja u klasične ekološki nepovoljne uvozne i domaće energente

í korišćenje stvara ogromne skrivene troškove, geotermalna energija može za nekoliko godina, tj. do 2015-te godine da pokrije 10% topotne

potrošnje. To su realni ciljevi prema iskustvima zemalja koje su imale ili imaju pravilan geotermalni razvoj.

6.0 Literatura

- [1.] J. Hanova: „Environmental and techno-economic analysis of ground source heat systems“, Master thesis, The University of British Columbia, 2008
- [2.] V.Šušteršić, M. Babić: „Geotermalna energija-enegija prirodnih i veštačkih izvora tople vode“, monografija, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2009
- [3.] Milivojević M., Martinović M.: “Geothermal energy possibilities, exploration and future prospects in Serbia”, Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu - Tohoku, Japan, 2000
- [4.] J. Hanova, H. Downlatabadi: „Strategic GHG reduction through the use of ground source heat pump technology“, Environmental Research Letter. 2 (2007) 044001 (8pp)
- [5.] R. Rawlings: „Ground Source Heat Pumps“, Technology review, 1999