



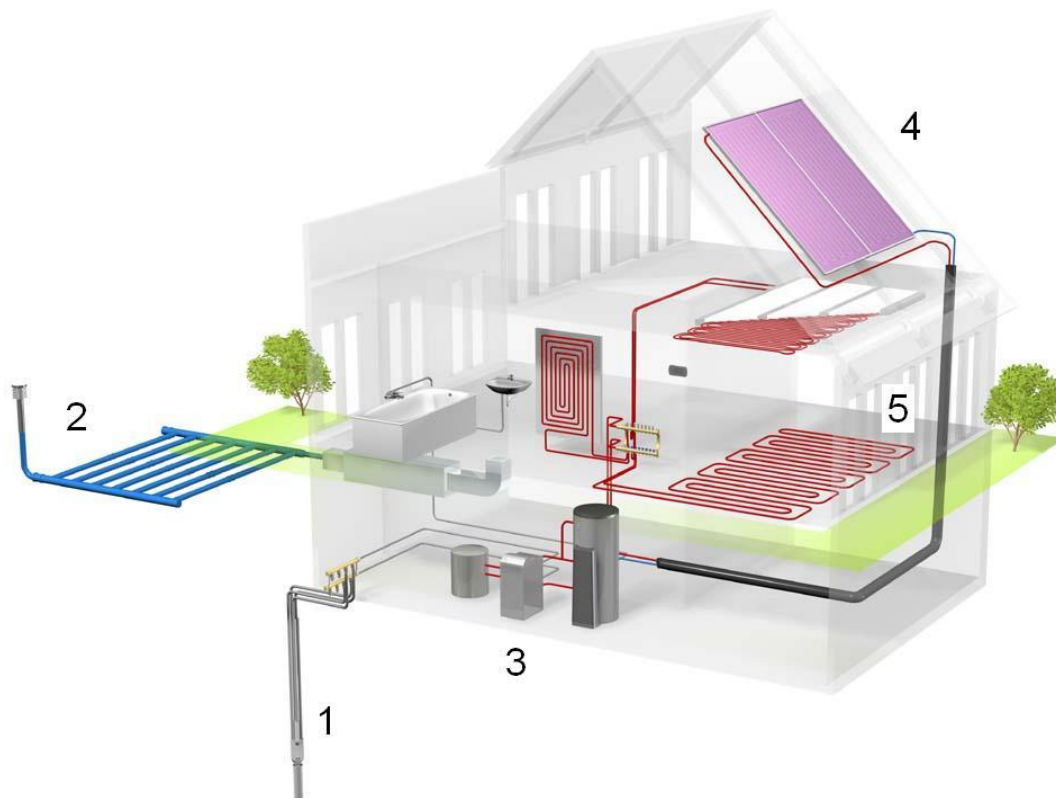
Republika Srbija  
AP Vojvodina  
Pokrajinski sekretarijat  
za energetiku i mineralne sirovine  
Novi Sad



Univerzitet u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
Trg Dositeja Obradovića 6  
21000 Novi Sad  
www.ftn.uns.ac.rs

**STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI  
NA TERITORIJI AP VOJVODINE, KAKO ZA INDIVIDUALNE  
I KOMERCIJALNE OBJEKTE POJEDINAČNO, TAKO I ZA  
DALJINSKE SISTEME GREJANJA PO UGLEDU NA EU,  
A U SKLADU SA AKTUELNOM DIREKTIVOM**

– Skraćena verzija Studije –



Novi Sad, jun 2012. godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA  
NOVI SAD

NASLOV STUDIJE:

STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI  
NA TERITORIJI AP VOJVODINE, KAKO ZA INDIVIDUALNE  
I KOMERCIJALNE OBJEKTE POJEDINAČNO, TAKO I ZA  
DALJINSKE SISTEME GREJANJA PO UGLEDU NA EU,  
A U SKLADU SA AKTUELNOM DIREKTIVOM

– Skraćena verzija Studije –

Novi Sad, jun 2012. godine

Naručilac: AP Vojvodina  
Pokrajinski Sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine  
Novi Sad

Izvršilac: Fakultet tehničkih nauka  
Novi Sad

Naslov Studije: STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA PRIMENE TOPLOTNIH  
PUMPI NA TERITORIJI AP VOJVODINE, KAKO ZA  
INDIVIDUALNE I KOMERCIJALNE OBJEKTE  
POJEDINAČNO, TAKO I ZA DALJINSKE SISTEME  
GREJANJA PO UGLEDU NA EU, A U SKLADU SA  
AKTUELNOM DIREKTIVOM

Autor Studije: mr Aleksandra Čenejac, dipl.inž.  
doktorant Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu

Saradnici na Studiji: dr Radivoje Bjelaković, red.prof.  
Slobodan Petrović, dipl.inž.  
Miloš Čenejac, dipl.inž.

Slika naslovne strane: [www.rehau.rs](http://www.rehau.rs)

Rukovodilac Studije:

Dekan:

dr Radivoje Bjelaković, red.prof:

dr Ilija Čosić, red.prof.

Novi Sad, jun 2012. godine

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	5
2. TRŽIŠTE TOPLOTNIH PUMPI.....	6
3. ZAKONSKA REGULATIVA.....	12
4. ENERGETSKE PERFORMANSE GRAĐEVINSKIH OBJEKATA U AP VOJVODINI.....	16
5. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE ZA TOPLOTNE PUMPE.....	21
6. GRAĐEVINSKI OBJEKTI I TOPLOTNE PUMPE.....	33
7. SISTEMI SA TOPLOTNIM PUMPAMA.....	38
8. INVESTICIONA ULAGANJA I EKONOMSKA OPRAVDANOST.....	41
LITERATURA.....	42

## 1. UVOD

Energija je sastavni deo i svakodnevica čovekovog života, čiji se uticaj različito oseća u pojedinim delovima sveta. Savremeni svet teži sve većem ekonomskom rastu i povećanju životnog standarda, pri čemu se suočava sa problemom u sve manje raspoloživim energetske resursima, neophodnim za ostvarivanje tog cilja. Zbog toga su racionalna upotreba i štednja energije postale nezaobilazne teme u najvećem broju energetske politika u svetu.

U traženju rešenja za smanjenjem potrošnje energije sektor zgradarstva ima veliku ulogu, s obzirom na to da su zgrade jedan od najznačajnijih potrošača energije. Smanjenje potrošnje energije u zgradarstvu predstavlja veliki potencijal u energetske ekonomici te time daje značajan doprinos energetske bilansu jedne zemlje.

Najveći deo potrošnje energije u zgradama u Evropi odlazi na grejanje prostora, od 50-60%, sa dodatnih 10-25% za grejanje sanitarne vode.

Udeo zgradarstva u ukupnoj potrošnji finalne energije u Republici Srbiji u 2005. godini iznosio je 48%, od toga 65% u stambenom sektoru.

Smanjenje potrošnje primarne energije za potrebe grejanja u zgradama ostvaruje se:

- smanjenjem potreba za toplotnom energijom i
- upotrebom obnovljivih izvora energije.

Obnovljivi izvori energije ne samo da sada već izvesno predstavljaju pravu alternativu za smanjenje potrošnje primarne energije i održivi razvoj društva, već su i pravi izbor kada je reč o energetske uticaju na ekologiju, zaštitu životne sredine, smanjenje emisija ugljen-dioksida i globalno zagrevanje planete.

„Pristupačnost obnovljivim izvorima energije, njihova raspoloživost na mnogim područjima sveta i prihvatljivost za lokalne namene predstavljaju koncepte koji se međusobno prožimaju. Kako na lokalnom tako i na globalnom nivou, samo ispunjavanjem sva tri zahteva, obnovljivi energetske izvori mogu da obezbede koncept održivog razvoja sveta. Samim tim, oni omogućavaju usklađenost četiri e (energija, ekologija, ekonomija i efikasnost) u daljem razvoju čovečanstva” [23].

## 2. TRŽIŠTE TOPLOTNIH PUMPI

### Svet

Toplotne pumpe se danas smatraju najproduktivnijim (najkorisnijim) uređajima za dobijanje toplotne energije, a njihova primena je počela pre 140 godina u zemlji porekla, Austrija. Najviše se koriste u razvijenim zemljama, s visokom svešću stanovništva, kao i državnim podsticajem za korišćenje obnovljivih izvora energije, gde se koriste za sisteme grejanja svih veličina, od onih malih za stanove, do velikih toplotnih sistema za čitava naselja.

Tržište toplotnih pumpi u svetu, u najvećoj meri, zasniva se na toplotnim pumpama proizvedenim u SAD, Kini i Japanu. Ove zemlje prednjače u razvoju, proizvodnji, ugradnji i prodaji toplotnih pumpi. Poslednjih godina se to naročito odnosi na Kinu.

Procenjuje se da je u svetu 2010. godine bilo preko 130 miliona toplotnih pumpi, instaliranih i u pogonu, koje su opsluživale industriju, domaćinstva i trgovinu. Te godine je približno 15 miliona toplotnih pumpi prodato u Aziji, 2 miliona u Severnoj Americi i nekoliko stotina hiljada u Evropi i u drugim delovima sveta.

Prodaja geotermalnih toplotnih pumpi će doživeti znatan porast u sledećih nekoliko godina, pri čemu će godišnja isporuka u SAD da poraste sa nešto iznad 150.000 u 2011, na više od 326.000 uređaja do 2017. godine.

Klimatska situacija u Kini i drugim jugoistočnim azijskim zemljama, pored velike gustine gradskog stanovništva, pospešuje klimatizaciju. Prodaja je dostigla 18 miliona jedinica godišnje, od kojih su 60% reverzibilne toplotne pumpe. Brzi rast energetske potreba i snažan ekonomski razvoj, zahtevaju da zgrade i industrijski sistemi budu energetski efikasni. Tehnologije toplotnih pumpi bi trebalo da imaju veoma svetlu budućnost u ovim regionima, olakšavajući društveni i ekonomski napredak.

Očekuje se da će celokupno tržište toplotnih pumpi u Japanu porasti za oko 8,1%, od 17,2 milijarde evra u 2009. godini, do 18,7 milijardi evra do 2015. godine. Toplotne pumpe sa rekuperacijom viška toplote imale su udeo na tržištu od 8,4 miliona evra 2009. godine. Očekuje se da će ovaj udeo porasti na 29 miliona evra do 2015. godine, da bi do 2020. godine dostigao 60,7 miliona evra (porast od 622% od 2009. godine).

Broj prodatih toplotnih pumpi za grejanje u Švajcarskoj 2008. godine izosio je preko 20.000 jedinica, što odgovara porastu od preko 23% u odnosu na prethodnu godinu. Od tog broja preko 500 postrojenja ima veći kapacitet od 50kW. Sa kapacitetom

od 50kW do 100kW povećanje je sa 213 na 350 jedinica, a sa kapacitetom od 100kW do 300kW sa 43 na 115. Ovakav razvoj pokazuje značaj i potencijal velikih toplotnih pumpi, što se vidi i u drugim zemljama.

## EU

Evropsko udruženje za toplotne pumpe (EHPA) objavilo je ažuriranu verziju svog izveštaja za evropsko tržište toplotnih pumpi. Izveštaj pokazuje da se posle 2 godine izuzetno teške ekonomske situacije, pad na tržištu zaustavlja i očekuje se da je prodaja toplotnih pumpi u 2010. godini dostigla isti nivo kao u 2009. godini. Faktori koji su negativno uticali na prodaju toplotnih pumpi tokom poslednjih nekoliko godina su sledeći:

- kriza u sektoru građevinarstva kao posledicu ima veliki pad u prodaji toplotnih pumpi u sektoru novih zgrada;
- smanjenje ili postepeno ukidanje finansijskih podsticaja u određenim zemljama.

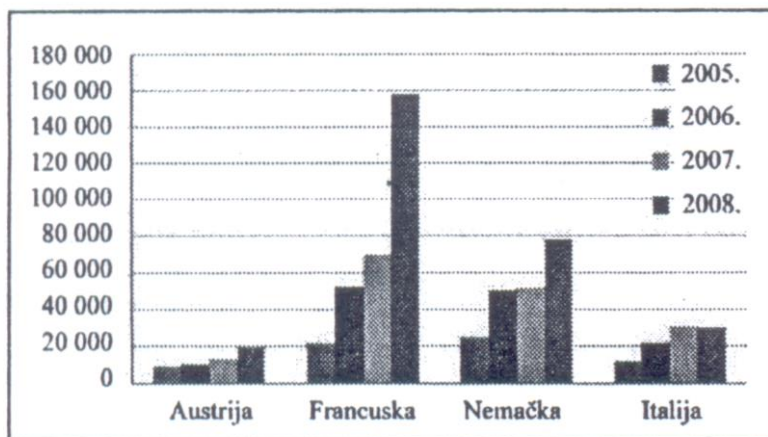
Statistika EHPA koja obuhvata 9 zemalja (Austrija, Finska, Francuska, Nemačka, Italija, Norveška, Švedska, Švajcarska i Engleska) pokazuje da je u 2009. godini tržište doživelo pad od 9,9% odnosno na 526.263 komada u odnosu na 2008. godinu. Statistika šireg obima, koja obuhvata 17 zemalja, pokazuje da je 2009. godine prodato 592.322 toplotnih pumpi. Izveštaj za 2010. godinu predviđa da će prodaja u 2010. godini verovatno biti slična onoj u 2009. godini.

Na nekim ustaljenim tržištima, kao što je tržište u Švedskoj, zamena starih toplotnih pumpi predstavlja tržište u ekspanziji i Švedsko udruženje za toplotne pumpe (SVEP) procenjuje da ono čini 8% tržišta. Prodaja je u Švedskoj u 2009. godini pala za 9%, ali je industrija toplotnih pumpi učvrstila svoj položaj na tržištu grejanja, sa prodajom od preko 80% u sektoru porodičnih kuća.

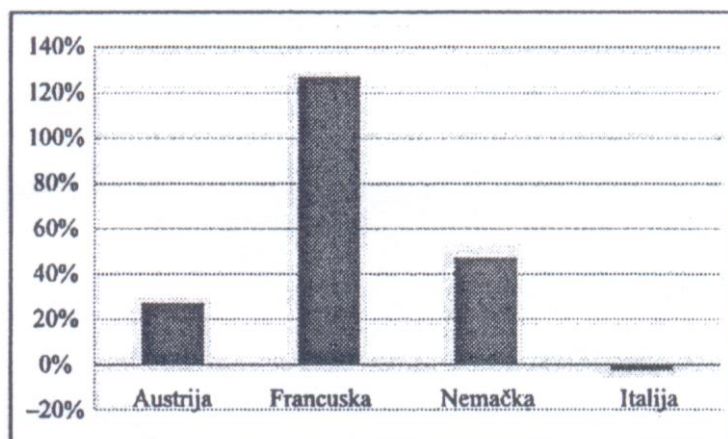
Prema EHPA-u, u periodu od 2005. godine do 2009. godine, ukupno je prodato 2.129.929 toplotni pumpi u 9 zemalja EU. Ove toplotne pumpe godišnje daju doprinos od ukupno 25,96TWh obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije u sektoru grejanja i uštedele su sličnu količinu finalne energije.'

Prema EHPA-u [25], u periodu od 2005. godine do 2009. godine, ukupno je prodato 2.129.929 toplotni pumpi u 9 zemalja EU. Ove toplotne pumpe godišnje daju doprinos od ukupno 25,96TWh obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije u sektoru grejanja i uštedele su sličnu količinu finalne energije.

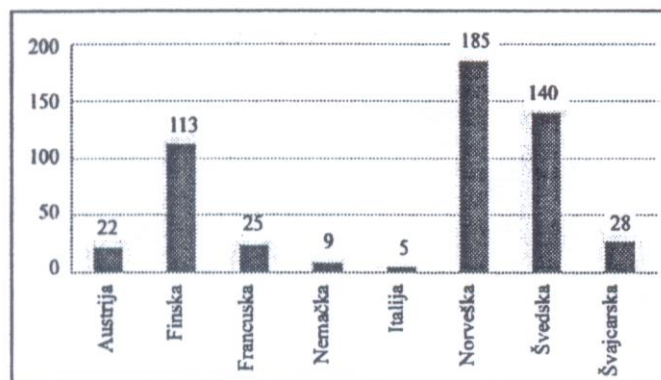
Na sl.2.1., 2.2. i 2.3. prikazani su karakteristični grafikoni u vezi sa prodajom toplotnih pumpi u EU. Izvor: EHPA (Evropsko udruženje toplotnih pumpi) [25].



Sl.2.1. Ukupna prodaja toplotnih pumpi  
(toplotne pumpe vazduh/vazduh nisu uključene)



Sl.2.2. Porast tržišta toplotnih pumpi u 2008. u odnosu na 2007.  
(toplotne pumpe vazduh/vazduh nisu uključene)



Sl.2.3. Prodaja toplotnih pumpi u 2008. godini na 10.000 stanovnika  
(toplotne pumpe vazduh/vazduh nisu uključene)



Na tržištu toplotnih pumpi u EU u najvećoj meri su zastupljene kompresione toplotne pumpe. One su najčešće u upotrebi, sa više od 90% svih instalisanih postrojenja, i trenutno imaju najveći značaj u rashladnoj i grejnoj tehnici.

Sredinom decembra 2008. godine Evropski parlament je usvojio direktivu EU o podržavanju upotrebe energije iz obnovljivih izvora. Konačan tekst po prvi put obuhvata aerotermalne i hidrotermalne izvore energije, čime se u okviru tehnologije obnovljive energije prihvataju toplotne pumpe sa vazduhom odnosno vodom kao izvorom energije, a ne samo toplotne pumpe sa zemljom kao izvorom energije.

Budući da su se države članice EU saglasile da do 2020. godine ostvare cilj od 20% obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije u Evropskoj zajednici, to bi trebalo da podstakne tržište toplotnih pumpi koje se znatno povećalo poslednjih godina.

### **AP Vojvodina**

Tržište toplotnih pumpi u AP Vojvodini, u najvećoj meri, zasniva se na toplotnim pumpama renomiranih proizvođača iz Evrope i sveta: Rehau (Nemačka), Bosch (Nemačka), Vaillant(Nemačka), Hoval (Švajcarska), Blue Box (Italija) i Daikin (Japan).

Od firmi iz AP Vojvodine, koje se bave proizvodnjom toplotnih pumpi, prisutne su firme Tehnomag-Teco iz Novog Sada i Tera Term iz Subotice.

Tržište toplotnih pumpi u AP Vojvodini zasniva se na kompresionim toplotnim pumpama.

Na sl.2.4.a-b, 2.5.a-b i 2.6. prikazani su objekti u AP Vojvodini koji su izvedeni sa toplotnim pumpama. Sisteme sa toplotnim pumpama izvela je firma ENERGY NET iz Kaća.



a)



b)

Površina: 2.600 m<sup>2</sup>

Toplotna pumpa voda/voda

Blue Box Sigma 8.2

Kapacitet: 170kW

SI.2.4.a-b Manastir Vaskrsenje Hristova–Kač



a)



b)

Toplotna pumpa voda/voda

DAIKIN WWD240MBYNN

Kapacitet: 240kW

Sl.2.5.a-b Poslovni objekt Pin computers – put Novi Sad – Zrenjanin



Površina objekta: 1200 m<sup>2</sup>

Toplotna pumpa voda/voda

Blue Box Sigma 4.2

Kapacitet: 45kW

Sl.2.6. Poslovni objekt Domena – Novi Sad, Rumenački put bb

### 3. ZAKONSKA REGULATIVA

#### EU

Politika obnovljivih izvora energije novijeg je datuma i usvojena je okvirno 1997. godine. Od tada su institucije Evropske unije načinile važne korake u pravcu pozicioniranja Evrope ka efikasnim resursima kao primarnog cilja. Glavni elementi ove strategije podrazumevaju promovisanje proizvodnje obnovljive energije kao i njeno efikasno korišćenje. U tom smislu, poslednjih nekoliko godina postignut je veliki napredak.

U najznačajnije dokumente koje je donela i usvojila Evropska unija ubrajaju se: Direktiva iz 2002. godine – Directive 2002/91/EC (EPBD – The Energy Performance of Buildings Directive), Direktiva iz 2010. godine – Directive 2010/10/EU (EPBD recast – The Energy Performance of Buildings Directive recast) i Direktiva o obnovljivoj energiji – Directive 2009/28/EC.

Primena Direktive iz 2002. godine o energetskim karakteristikama zgrada osigurava da standardi za ove objekte širom Evrope postave u prvi plan minimiziranje potrošnje energije, što doprinosi smanjenju potrošnje energije u zgradama u Evropi.

Primena Direktive iz 2010. godine nalaže da zemlje članice do 2012. godine prilagode svoje zakone i nacionalne propise zahtevima Direktive, uzimajući u obzir specifičnosti svoga podneblja. Direktivom je, takođe, predviđeno da zemlje članice do 2020. godine sve nove objekte svedu na približno nulte energetske objekte, s obzirom na usvojen koncept „nulte energetske zgrade – zero energy building (ZEB)” i „približno nulte energetske zgrade – nearly zero energy building (nZEB)”.

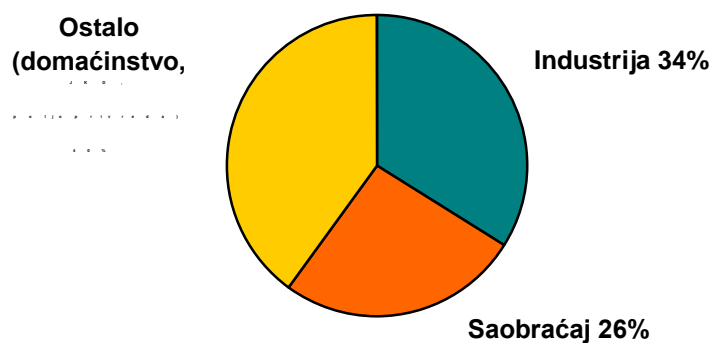
Cilj Direktive o obnovljivoj energiji 2009/28/EC jeste povećanje upotrebe obnovljive energije u Evropi. Ona obavezuje članice Evropske unije da upotrebom obnovljive energije u sektorima električne energije, grejanja i hlađenja, kao i u sektoru transporta obezbede da do 2020. godine obnovljiva energija čini bar 20% ukupne potrošnje energije u Evropskoj uniji.

Evropska unija je 2008. godine usvojila akcioni plan energetske efikasnosti do 2020. godine, nazvan „20-20-20”, što podrazumeva:

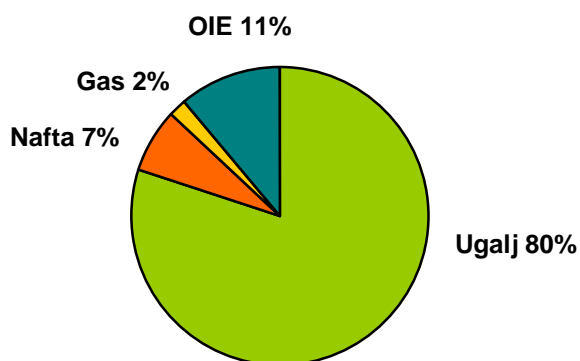
- smanjenje potrošnje energije za 20%,
- povećanje upotrebe obnovljivih izvora energije za 20%,
- smanjenje emisija ugljen-dioksida i ostalih gasova sa efektom staklene bašte za 20%.

## Republika Srbija

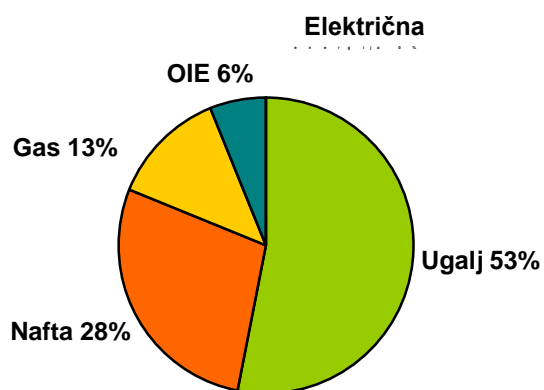
Zakonom o planiranju i izgradnji od septembra 2009. godine u Republici Srbiji prvi put je definisano da unapređenje energetske efikasnosti jeste smanjenje potrošnje svih vrsta energije, ušteda energije i obezbeđenje održive gradnje primenom tehničkih mera, standarda i uslova planiranja, projektovanja, izgradnje i upotrebe objekata.



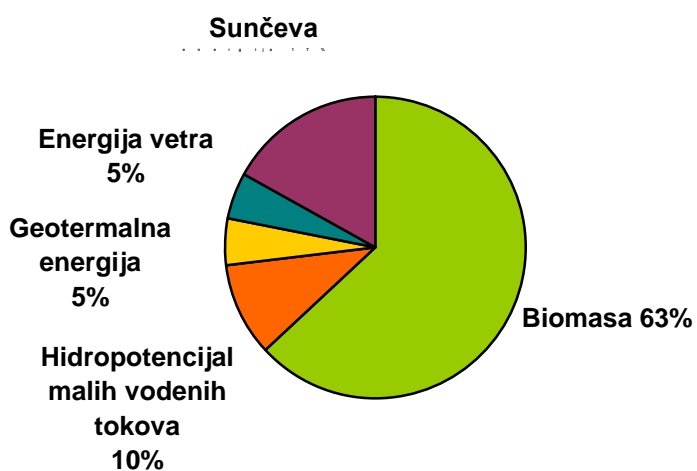
Sl.3.1. Učešće pojedinih sektora u finalnoj potrošnji energije u



Sl.3.2. Struktura energenata u proizvodnji primarne energije u 2008. godini u RS [30]



Sl.3.3. Struktura energenata u ukupnoj potrošnji primarne energije u 2008. godini u RS [30]



Sl.3.4. Učešće pojedinih OIE u energetske potencijalu u

Prema Strategiji razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine definisane su aktivnosti i mere koje je potrebno realizovati do 2012. godine radi smanjenja potrošnje energije za grejanje.

Republika Srbija je 2011. godinu proglasila godinom energetske efikasnosti i iste godine usvojila je dva vrlo važna zakonska akta:

- Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada i
- Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada,

kojima će se obezbediti izgradnja i korišćenje energetske efikasne zgrade. Stupanjem na snagu primene ovih pravilnika od septembra 2012. godine, Srbija, a time i AP Vojvodina, više se neće nalaziti na niskom nivou energetske efikasnosti u zgradarstvu.

Pored toga, 2011. godine donet je i Zakon o energetici Republike Srbije u okviru koga je definisan Nacionalni akcioni plan, kojim se utvrđuju ciljevi za korišćenje obnovljivih izvora energije za period od najmanje 10 godina.

#### 4. ENERGETSKE PERFORMANSE GRAĐEVINSKIH OBJEKATA U AP VOJVODINI.

Kod primene toplotnih pumpi i upotrebe OIE za potrebe grejanja objekata, a sa stanovišta ekonomske opravdanosti, od suštinskog značaja su energetske performanse građevinskih objekata. U tom smislu najbitnije energetske performanse objekata su:

- specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta  $q$  ( $W/m^2$ ),
- specifična godišnja potrošnja toplote grejanja objekta  $q_{god}$  ( $kWh/m^2god$ ).

Pri upotrebi OIE, specifično projektno toplotno opterećenje grejanja je najvažnija energetska karakteristika objekta, od koje zavisi energetska ravnoteža između objekta i OIE, odnosno ocena o podobnosti objekta za korišćenje ovih oblika energije.

Na osnovu istraživanja, konstatuje se da je objekat podoban za primenu toplotnih pumpi i upotrebu OIE, ako specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta ne prelazi  $50W/m^2$ . Ovom vrednošću specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja  $q(W/m^2)$ , obezbeđeno je da se objekat može grejati niskotemperaturnom instalacijom (najpovoljnija podna), i da polazna voda od toplotne pumpe prema kućnoj instalaciji grejanja ne prelazi  $40^{\circ}C$ .

##### Postojeći objekti

Na osnovu istraživanja u Studiji [53], u tabelama 4.1. i 4.2. date su vrednosti specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja za postojeće stambene, javne i poslovne objekte u AP Vojvodini.

Tabela 4.1. Vrednosti specifičnog toplotnog opterećenja grejanja  $q$  ( $W/m^2$ ) postojećih stambenih objekata u AP Vojvodini

Namena objekta	Period		
	do 1985.	1985.–1995.	1995.–2005.
	$q$ ( $W/m^2$ )		
Stambeni tip I	146	104	83
Stambeni tip II	149	93	70
Stambeni tip III	194	194	140



U tabeli 4.1. pojedini tipovi stambenih objekata su:

tip I – stambeni objekti u blokovima,

tip II – ulični tip, zgrade u nizu,

tip III – jednospratne porodične kuće.

Tabela 4.2. Vrednosti specifičnog toplotnog opterećenja grejanja  $q$  ( $W/m^2$ )  
postojećih javnih i poslovnih objekata u AP Vojvodini

Namena objekta	Period		
	do 1985.	1985.–1995.	1995.–2005.
	$q$ ( $W/m^2$ )		
Obrazovne ustanove	180	112	90
Administrativne zgrade	173	135	108
Trgovine male, robne kuće	234	210	168
Restorani	380	280	224

Na osnovu iznetih podataka o specifičnim projektnim toplotnim opterećenjima grejanja  $q(W/m^2)$ , postojećih stambenih, javnih i poslovnih objekata u AP Vojvodini, konstatuje se da postojeći objekti u AP Vojvodini nisu podobni za primenu toplotne pumpe i upotrebu obnovljivih izvora energije.

Za primenu toplotne pumpe i upotrebu obnovljivih izvora energije za postojeće objekte, neophodno je prethodno izvesti energetska revitalizaciju tih objekata. Mere energetske revitalizacije obuhvatile bi dodatnu toplotnu zaštitu objekata i zamenu spoljnjih prozora i vrata, sa termički kvalitetnijim i sa boljom zaptivenošću.

### **Novi objekti**

Novi stambeni, javni i poslovni objekti u AP Vojvodini koji će biti građeni prema novim pravilnicima:

- Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada,
- Pravilnik o uslovima, sadržaju i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada,

koji su usvojeni u Skupštini Republike Srbije i čija primena počinje od 30. septembra 2012. godine, imaće znatno niža specifična projektna toplotna opterećenja grejanja  $q(W/m^2)$ , nego li što je to slučaj sa postojećim objektima. Ovim je u AP Vojvodini

odklonjena jedna velika barijera za primenu toplotnih pumpi i upotrebu obnovljivih izvora energije.

Prema navedenim pravilnicima, novi objekti moraju zadovoljiti najmanje energatski razred "C", koji u zavisnosti od namene objekta ima različite vrednosti specifičnog projektog toplotnog opterećenja grejanja  $q(W/m^2)$ , gornje i donje granice razreda. Za klimatske uslove u AP Vojvodini, u okviru tih granica, za sve objekte (stambene, javne i poslovne) je i zahtevano specifično projektno toplotno opterećenje grejanja do  $50 W/m^2$  (završna podna obloga parket), odnosno do  $63W/m^2$  (završna podna obloga keramika, mermer). Ostaje samo dobra volja, ili od nekog obaveza, da projektno rešenje i izvedeno stanje objekta, zbog primene toplotnih pumpi i upotrebe obnovljivih izvora energije, ima vrednost specifičnog projektog toplotnog opterećenja grejanja do  $50W/m^2$ , odnosno do  $63W/m^2$ . Ne zahteva se da ima  $0W/m^2$  ("nulti" objekat), ili približno  $0W/m^2$  ("približno nulti" objekat).

Za energetske razrede "C" i "B", daju se tabelarni prikazi sračunatih specifičnih projektih toplotnih opterećenja grejanja novih objekta u AP Vojvodini

Tabela 4.3. Specifično toplotno opterećenje grejanja  $q (W/m^2)$  zgrade sa jednim stanom

Energetski razred			
"C"		"B"	
$q_{god} (kWh/m^2 god)$			
65	33	33	17
$q (W/m^2)$			
61,2	31,1	31,1	16

Tabela 4.4. Specifično toplotno opterećenje grejanja  $q (W/m^2)$  zgrade sa više stanova

Energetski razred			
"C"		"B"	
$q_{god} (kWh/m^2 god)$			
60	30	30	15
$q (W/m^2)$			
56,5	28,3	28,3	14,2

Tabela 4.5. Specifično toplotno opterećenje grejanja  $q$  ( $W/m^2$ )  
za upravne i poslovne zgrade

Energetski razred			
"C"		"B"	
$q_{\text{god}}$ ( $kWh/m^2\text{god}$ )			
55	28	28	14
$q$ ( $W/m^2$ )			
60,7	30,9	30,9	15,5

Tabela 4.6. Specifično toplotno opterećenje grejanja  $q$  ( $W/m^2$ )  
za zgrade namenjene obrazovanju i kulturi

Energetski razred			
"C"		"B"	
$q_{\text{god}}$ ( $kWh/m^2\text{god}$ )			
65	33	33	17
$q$ ( $W/m^2$ )			
71,8	36,4	36,4	18,7

Tabela 4.7. Specifično toplotno opterećenje grejanja  $q$  ( $W/m^2$ ) zgrade namenjene  
zdravstvu i socijalnoj zaštiti

Energetski razred			
"C"		"B"	
$q_{\text{god}}$ ( $kWh/m^2\text{god}$ )			
100	50	50	25
$q$ ( $W/m^2$ )			
89,5	44,7	44,7	22,4

Tabela 4.8. Specifično toplotno opterećenje grejanja  $q$  ( $W/m^2$ ) za zgrade namenjene  
turizmu i ugostiteljstvu

Energetski razred			
"C"		"B"	
$q_{\text{god}}$ ( $kWh/m^2\text{god}$ )			
90	45	45	23
$q$ ( $W/m^2$ )			
76,2	38,1	38,1	19,1

Tabela 4.9. Specifično toplotno opterećenje grejanja  $q$  ( $W/m^2$ ) za zgrade namenjene sportu i rekreaciji

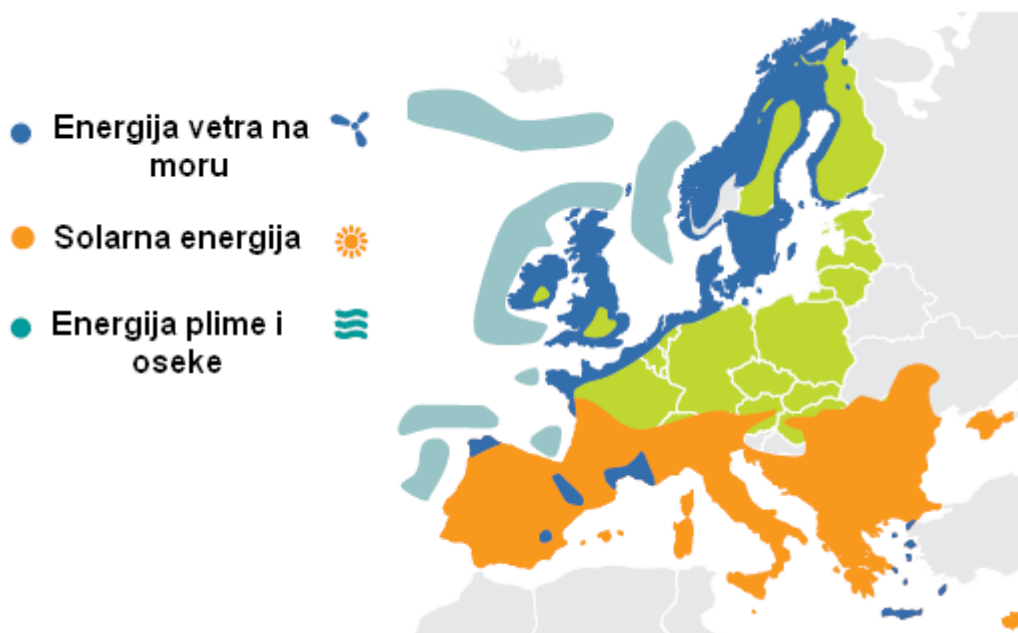
Energetski razred			
"C"		"B"	
$q_{god}$ ( $kWh/m^2 god$ )			
80	40	40	20
$q$ ( $W/m^2$ )			
88,4	44,2	44,2	22,1

Tabela 4.10. Specifično toplotno opterećenje grejanja  $q$  ( $W/m^2$ ) za zgrade namenjene trgovini i uslužnim delatnostima

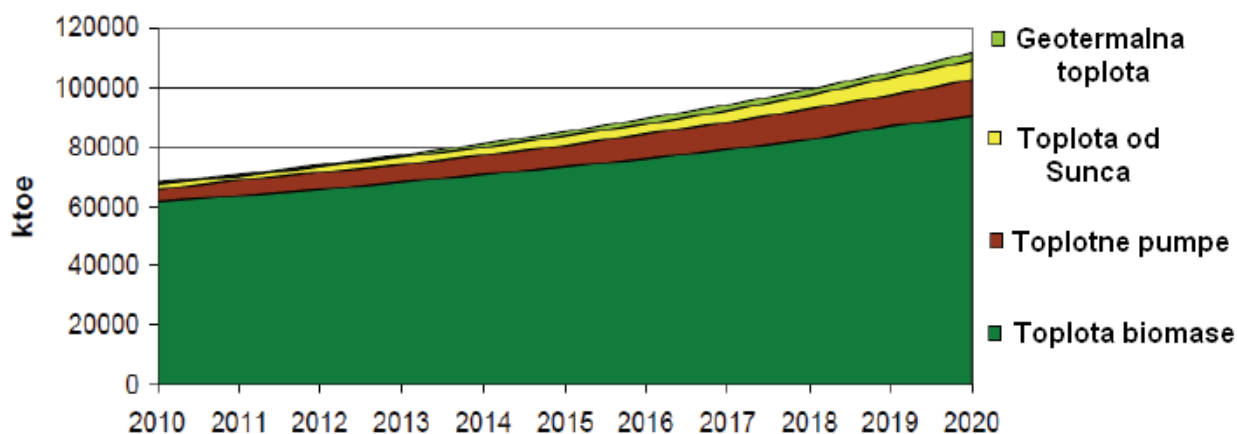
Energetski razred			
"C"		"B"	
$q_{god}$ ( $kWh/m^2 god$ )			
70	35	35	18
$q$ ( $W/m^2$ )			
77,4	38,7	38,7	19,4

## 5. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE ZA TOPLOTNE PUMPE

„Sve u svemu postoje dve kategorije energije: sunčeva energija i njeni produkti (energija biomase, vetra i vode, koje su praktično neiscrpna korist dobijena od Sunca) i druge energije dobijene iz naše Zemlje, koje su nažalost već u velikoj meri iscrpljene.” [6].



SI.5.1. Najveći potencijali varijabilnih OIE u EU [41]



SI.5.2. Razvoj obnovljive energije za potrebe grejanja i hlađenja u EU [41]

## Vrste obnovljivih izvora

Obnovljivi izvori energije se mogu podeliti u nekoliko osnovnih grupa, zavisno o njihovoj srodnosti, ne uzimajući u obzir odakle zapravo potiču:

- sunčeva energija,
- energija vetra,
- energija vodenih tokova,
- energija vodonika,
- energija iz biomase,
- energija iz okoline.

Toplotni izvori za primenu toplotnih pumpi se, s obzirom na poreklo i postojanost temperatura, mogu podeliti u tri osnovne grupe:

1. prirodni izvori sa uglavnom promenljivim temperaturama:
  - spoljašnji vazduh,
2. prirodni izvori sa razmerno konstantnim temperaturama:
  - površinske vode (reke i jezera), mora i okeani,
  - podzemne vode,
  - tlo,
3. veštački izvori:
  - otpadni vazduh iz prostorija i industrijskih procesa,
  - otpadne vode.

Na raspoloživost prirodnih toplotnih izvora uglavnom se ne može uticati, to jest njihove su količine neograničene, ali je kod nekih od njih temperatura tokom godine značajno promenljiva, a kod nekih se menja u vrlo malom rasponu. Za razliku od njih, na raspoloživost (količinsku, vremensku) i temperaturu veštačkih izvora, po pravilu, može se uticati.

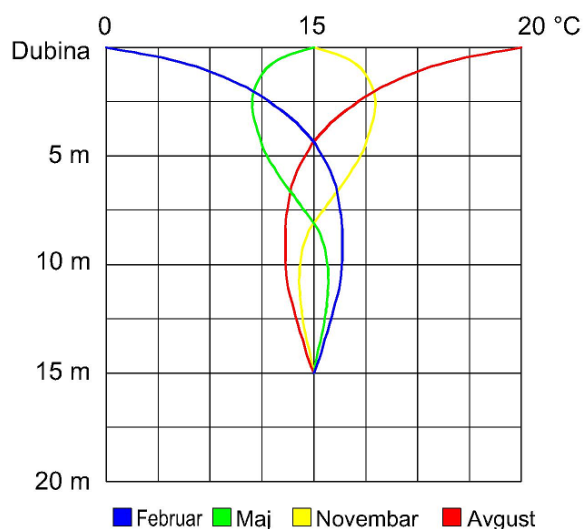
U okviru ove Studije, a prema Projektnom zadatku Studije, za primenu TP razmatraće se sledeći prirodni (energija iz okoline) obnovljivi izvori energije:

- tlo,
- voda (podzemna i površinska),
- spoljašnji vazduh.

Pošto tlo predstavlja površinski sloj Zemlje, u taljem tekstu Studije pojam "dobijanje toplote iz tla", zameniće se sa pojmom "dobijanje toplote iz zemlje".

### Dobijanje toplote iz zemlje

Dobijanje toplote iz zemlje, kao prirodnog regeneracijskog izvora toplote, pogodno je za grejanje objekata pomoću toplotne pumpe, imajući u vidu činjenicu da zemlja već na malim dubinama poseduje konstantnu temperaturu, što je veoma važno prilikom upotrebe ovakve vrste izvora. Temperature koje vladaju u zemlji na dubini od 1m u zimskim mesecima iznose od  $+6^{\circ}\text{C}$  do  $+8^{\circ}\text{C}$ , dok na dubini od 100m njihova vrednost iznosi i do  $+15^{\circ}\text{C}$ . Pored toga, zemlje ima u velikim količinama.



Sl.5.3. Prosečne temperature zemlje

Za dobijanje toplote iz zemlje koriste se horizontalni i vertikalni izmenjivači toplote.

Horizontalni izmenjivači toplote podrazumevaju sistem cevi – cevne zmiije, koje se u zemlju postavljaju na dubini od 1 do 2m, najčešće na dubini 1,5m. Pošto su cevi blizu površine zemlje, da ne bi došlo do zamrzavanja nosioca toplote, kroz cevi struji mešavina glikola i vode. Sistemi cevi za cevne zmiije proizvode se od visokokvalitetnog i za okolinu neškodljivog polietilena.

Toplotni učinak ovog sistema iznosi od 10 do  $40\text{W}/\text{m}^2$  [9,52]. Što je manji specifični gubitak toplote  $q$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) objekta, to je potrebna i manja površina vrta. Na dubini od 1m, 90% toplote se dobija iz okolnog vazduha i od Sunca, dok toplota

dobijena iz zemlje iznosi samo 10%. Ovi sistemi zadovoljavaju potrebe za grejanjem manjih i srednjih objekata, dok su za veće objekte potrebne veće slobodne površine, kao i sastav zemlje koji obezbeđuje veće jedinične toplotne učinke  $W/m^2$ .

Prema [9], a u zavisnosti od svojstva tla daje se tabelarni prikaz specifičnog toplotnog učinka registara u zemlji.

Tabela 5.1. Specifični toplotni učinak registara u zemlji

Svojstva tla	$q (W / m^2)$
peskovito, suvo	10
peskovito, vlažno	15 - 20
glinovito, suvo	20 - 25
glinovito, vlažno	25 - 30
glinovito, zasićeno vodom	35 - 40

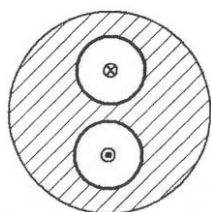
Na sl. 5.4. prikazan je sistem za dobijanje toplote iz zemlje pomoću horizontalnih registara.



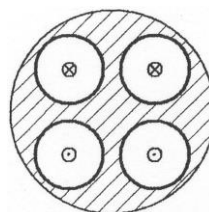
Sl.5.4. Sistem za dobijanje toplote iz zemlje – horizontalni registri

Vertikalni izmenjivači toplote podrazumevaju niz sondi koje se postavljaju u bušotine na dubini od 50 do 150m, najčešće na dubini od 100m [9]. U bušotinama se cevi nalaze u obliku U (sl.5.5) ili UU (sl.5.6) . Cevi su od visokokvalitetnog polietilena. Kao nosilac toplote kroz njih struji mešavina glikola i vode. Nakon postavljanja sondi, bušotine, tj. prostor oko cevi injektira se materijalom kojim se ostvaruje bolji kontakt cevi i zemlje. Treba istaći da kod sistema sa sondom, 90% potrebne toplotne energije dolazi iz zemlje, a samo 10% od Sunca i okolnog vazduha.





Sl. 5.5. U sonda



Sl. 5.6. Dvostruka U sonda

Sistem sa vertikalnim izmenjivačima toplote investiciono je skuplji, ali je zbog više i konstantne temperature zemlje u dubljim slojevima efikasniji te se koristi za pokrivanje većih toplotnih opterećenja. Toplotni učinak ovog sistema zavisi od sastava zemlje i iznosi od 25 do 80W/m[3,52]:

Tabela 5.2. Specifični toplotni učinak sondi u zemlji

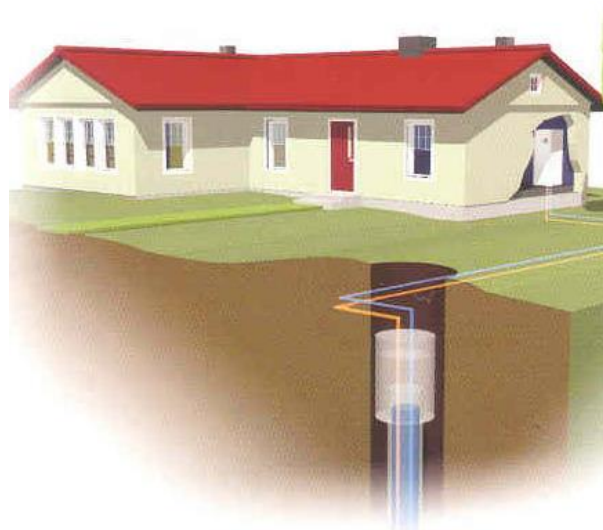
Sastav zemlje	q (W/m)
loše zemljište	25
srednje zemljište	50
veoma dobro zemljište	80

Tačne vrednosti utvrđuju se ispitivanjem na licu mesta, a zavise od geoloških i hidroloških uslova zemlje. Sistem je idealan za male raspoložive prostore okoline objekta.

Pod pojmom loše zemljište podrazumeva se suv šljunak ili pesak ( $\lambda=1,5\text{W/mK}$ ). Srednje zemljište ( $\lambda=1,5-3,0\text{W/mK}$ ) je prosečno stenovita zemlja sa vodom zasićenim slojevima (glina, ilovača). Veoma dobro zemljište je stenovita zemlja sa  $\lambda>3,0\text{W/mK}$  (kamen, granit).

Sistemi sa registrima i sondama u zemlji predstavljaju sisteme sa zatvorenim krugom, s obzirom na to da mešavina cirkuliše kroz cevi i prenosi energiju do toplotne pumpe, koja ovu energiju podiže na viši temperaturni nivo, iskoristiv za kućnu instalaciju grejanja. Za oba sistema, vrsta tla utiče na efikasnost. Poželjan je vlažan teren, dok pesak treba izbegavati.

Na sl. 5.7. prikazan je sistem za dobijanje toplote iz zemlje pomoću vertikalnih sondi.



Sl.5.7. Sistem za dobijanje toplote iz zemlje – vertikalne sonde

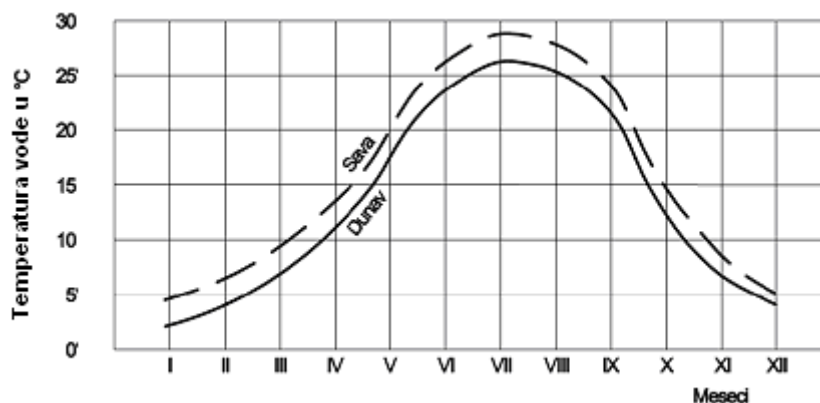
### **Dobijanje toplote iz vode**

Voda se kao regeneracijski izvor može koristiti iz površinskih i podzemnih voda. Sistemi sa vodom rade u otvorenom krugu, što znači da se nakon upotrebe voda vraća u izvor.

Površinske vode su vode reka, jezera i mora. Korišćenje površinskih voda ima dosta nedostataka:

- a) zbog čestog pada temperature vode u toku grejne sezone na oko  $0^{\circ}\text{C}$ , postoji mogućnost zamrzavanja isparivača toplotne pumpe;
- b) potrošnja dodatne energije za odmrzavanje isparivača toplotne pumpe;
- c) pojavom niskih temperatura pogoršava se stepen iskorišćenja toplotne pumpe, što se negativno odražava na ekonomičnost rada sistema;
- d) korišćenje tekućih voda u ove svrhe, kao i izgradnja postrojenja za prečišćavanje, redovno zahteva traženje dozvole nadležnih organa, što znatno povećava investicione troškove.

Upotreba podzemnih voda povoljnija je jer u većini slučajeva ne iziskuje ishodovanje dozvola nadležnih organa, dok je u određenim situacijama njihova upotreba regulisana saglasnostima koje određuju način i obim njihovog korišćenja. Na sl. 5.8. prikazane su temperature vode Save i Dunava kod Beograda u zavisnosti od godišnjeg doba.



Sl.5.8. Temperatura vode Save i Dunava u toku godine

Za dobijanje toplote iz podzemnih voda neophodna su dva bunara: izvorni i potisni. Voda se do toplotne pumpe dovodi iz izvornog bunara, a nakon oduzimanja toplote iz nje, preko potisnog bunara ponovo se vraća u zemlju. Bunari se buše do iste dubine i jedan od drugog su udaljeni najmanje 10m [55]. Ovo je neophodno zbog ponovnog zagrevanja vode koja se vraća u zemlju.

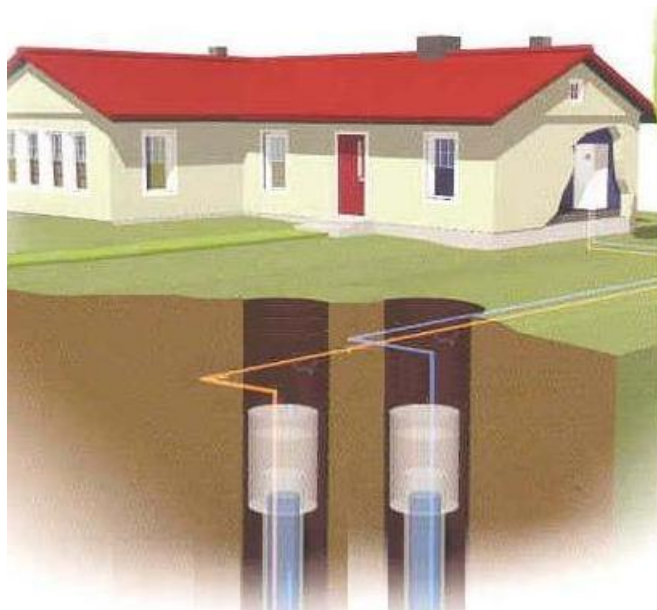
Temperature podzemnih voda do oko 20m dubine kreću se od 5°C do 15°C i više, sa malim kolebanjima u toku godine. Temperatura vode zavisi od dubine sa koje se uzima i ona je viša i stabilnija ukoliko se voda crpi sa veće dubine. Dubine bunara se kreću od 40 do 100m [9].

Za donošenje odluke o korišćenju površinskih i podzemnih voda kao OIE, neophodno je prethodno izvršiti ispitivanja energetskog potencijala izvorišta vode (izdašnost i temperaturni nivo), kao i čistoće i sastava vode. Rečna voda sa sobom obično nosi čvrste predmete (drveće, granje i sl.) te se mora predvideti i grubo prečišćavanje vode. Isto se mora uraditi i sa vodama koje u sebi sadrže pesak i mulj. Posebno je potrebno voditi računa o sastavu vode, s obzirom na to da vode koje sadrže veću količinu kiseonika i minerala uslovljavaju posebnu zaštitu od korozije i stvaranje naslaga u izmenjivačima toplote.

Kvalitet podzemne vode treba da bude u granicama maksimalno dozvoljenih vrednosti [55]:

faktor pH	6-8
oksidi gvožđa	do 1 mg/l
mangan	do 1 mg/l
slobodni CO <sub>2</sub>	do 10 mg/l
sulfat	do 100 mg/l

Na sl. 5.9. prikazan je sistem za dobijanje toplote iz podzemne vode.



Sl.5.9. Sistem za dobijanje toplote iz podzemne vode

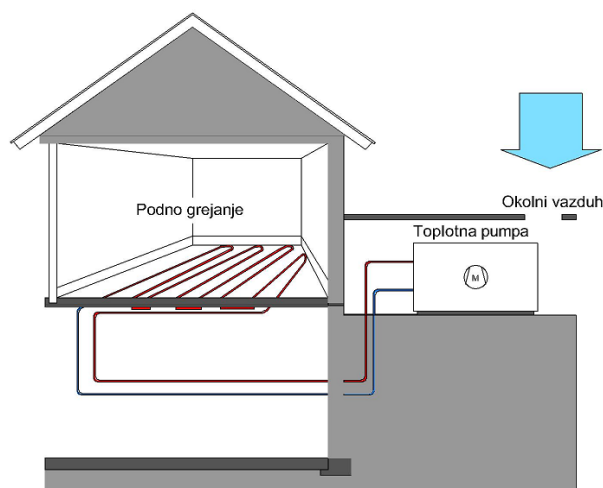
### **Dobijanje toplote iz spoljašnjeg vazduha**

Spoljašnji vazduh je najveći i najpristupačniji regeneracijski toplotni izvor za grejanje objekata posredstvom toplotne pumpe. Njegove najveće prednosti odnose se upravo na pristupačnost, dovoljnu količinu i mogućnost upotrebe bez posebnih odobrenja, što nije slučaj za sve obnovljive izvore. Veliki nedostatak ovog toplotnog izvora jeste taj što mu temperatura varira u toku sezone grejanja, što nepovoljno utiče na stepen iskorišćenja sistema. Korišćenjem vazduha niskih temperatura prisutan je, takođe, problem zamrzavanja isparivača toplotne pumpe, što iziskuje dodatnu energiju za njegovo odmrzavanje.

Primer korišćenja spoljašnjeg vazduha za grejanje prostorija jesu klima uređaji u split-izvedbi, koji se postavljaju na fasadama stambenih i poslovnih objekata. Oni se prevashodno ugrađuju radi rashlađivanja prostorija u letnjem periodu, a ako imaju i funkciju toplotne pumpe, tada mogu i zagrevati prostoriju u zimskom periodu. Sa ovim uređajima prostorije se mogu zagrevati do spoljašnje temperature oko 0°C.

Savremena unapređena tehnologija toplotnih pumpi omogućava korišćenje spoljašnjeg vazduha čak i sa temperaturom sredine do -15°C. Primena ovakvih toplotnih pumpi je retka, jer pri temperaturi sredine od -15°C energetska efikasnost toplotnih pumpi drastično opada i redukovana je 60% [10].

Na sl. 5.10. data je shema sistema za dobijanje toplote iz vazduha.



Sl.5.10. Shema sistema za dobijanje toplote iz spoljašnjeg vazduha

### Potencijali obnovljivih izvora energije u AP Vojvodini

**Prirodni potencijal** obnovljivih izvora energije u AP Vojvodini je ogroman. Sunce svaki dan na teritoriju Pokrajine dozračuje energiju od 79TWh/dan.

Ova ogromna dnevna sunčeva energija, koja zagreva obnovljive izvore energije okoline (tlo, površinska/podzemna voda, spoljni vazduh), može se koristiti direktno (solarni kolektori), ili indirektno povratnim dobijanjem toplote iz obnovljivih izvora energije okoline.

**Tehnički potencijal** obnovljivih izvora energije u AP Vojvodini, koji je deo prirodnog potencijala, zbog raspoložive tehnologije za transformaciju primarne obnovljive energije u druge korisne oblike energije (toplotna, električna), stepena iskorišćenja transformacije, i za isti prirodni potencijal, znatno je manji nego li u drugim razvijenim zemljama.

**Ekonomski potencijal** obnovljivih izvora energije je deo tehnikog potencijala, koji uzima u obzir ekonomske uslove za korišćenje tehničkog potencijala. Najvažniji uslovi od kojih zavise ekonomski potencijali OIE, a time i ekonomska opravdanost njihovog korišćenja su:

- pristupačnost OIE,
- raspoloživost OIE,
- temperaturni nivo OIE,
- stepen ekonomske razvijenosti zemlje (područja).

Generalno se može konstatovati da su ekonomski potencijali obnovljivih izvora energije u AP Vojvodini niski, i da su oni ograničavajući faktor masovnijoj primeni toplotnih pumpi i korišćenju obnovljivih izvora energije u Pokrajini.

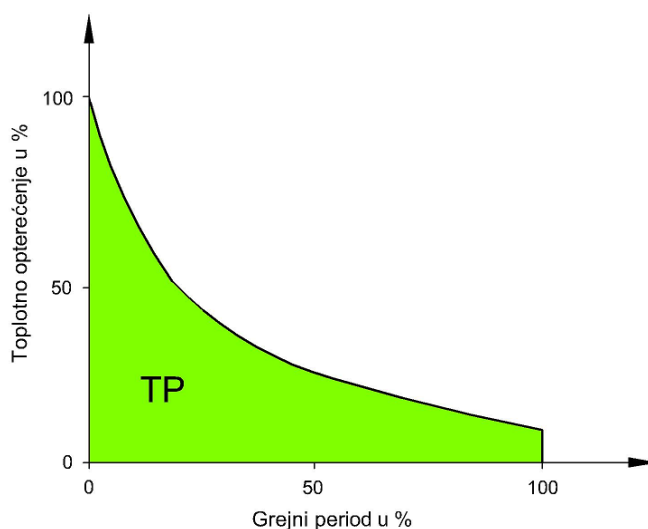
Stepen ekonomske razvijenosti AP Vojvodine nije takav, da obezbedi veću kupovnu moć stanovništva za nabavku skupe opreme za dobijanje toplote iz obnovljivih izvora energije, niti da ima na raspolaganju državni podsticaj (subvencije, povoljne kredite) za ove svrhe.

Gledajući obnovljive izvore energije okoline pojedinačno, za istu pristupačnost i raspoloživost, najveći ekonomski potencijal ima podzemna voda, a zatim tlo.

### Režimi rada toplotnih pumpi

Po značaju u uštedi potrošnje primarne energije, konstatuje se da sistemi grejanja sa TP, sledećim redom učestvuju u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta:

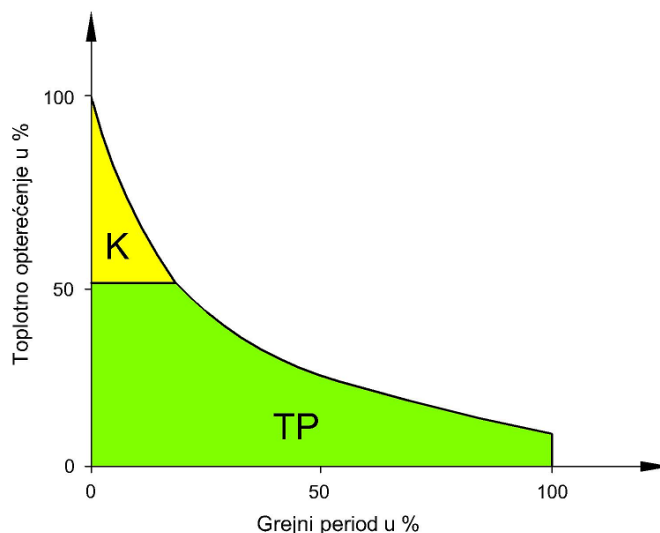
- monovalentni režim rada TP,
- bivalentno-paralelni režim rada TP,
- bivalentno-alternativni režim rada TP.



SI.5.11. Toplotno opterećenje toplotne pumpe u monovalentnom režimu rada

Koji režim je ekonomski najpovoljniji zavisi od investicionih ulaganja u sistem sa TP, ostvarenih energetske ušteda i investicionih ulaganja u dodatni (vršni) toplotni izvor. Za svaki konkretan slučaj potrebno je uraditi tehno-ekonomsku analizu.

Na osnovu sprovedenih proračuna i dobijenih rezultata za klimatske uslove AP Vojvodine, u najčešćem slučaju, najekonomičniji režim rada toplotnih pumpi je bivalentno-paralelni režim.



SI.5.12. Toplotno opterećenje toplotne pumpe u bivalentno-paralelnom režimu rada sa OIE stabilne temperature u sezoni grejanja

U bivalentno-paralelnom režimu rada toplotna pumpa treba da pokriva 50% projektno toplotno opterećenje grejanja:

$$Q_{TP}=0,5 Q \quad (f_{TP}=0,5).$$

U navedenom režimu rada toplotna pumpa učestvuje sa 75% u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta, odnosno ukupnih potreba u toplotnoj energiji za potrebe grejanja objekta:

$$Q_{TP,god}=0,75 Q_{god} \quad (f_{TP,god}=0,75)$$

Kod sistema grejanja sa toplotnim pumpama, gde je za pokrivanje toplotnog opterećenja grejanja objekta uključen i klasični kotao, sa stanovišta ekonomičnosti sistema, od suštinskog je značaja izbor vršnog toplotnog izvora (klasični toplotni izvor).

Na osnovu prikazanih rezultata u Studiji, idealni vršni toplotni izvori u sistemu grejanja sa toplotnim pumpama su klasična kotlarnica objekta, blokovska kotlarnica i toplotna podastanica sistema daljinskog grejanja. Ovu pogodnost je lakše realizovati, ako ovi toplotni izvori, pored potrebne toplote za grejanje, objektima isporučuju toplotnu energiju i za potrebe pripreme tople potrošne vode i ventilacije objekta.

Vrlo bitan dalji podsticaj primeni toplotnih pumpi i upotrebi obnovljivih izvora energije, je razmatranje mogućnosti, da se navedeni klasični toplotni izvori mogu koristiti kao vršni toplotni izvori u sistemima grejanja sa toplotnim pumpama. U tom smislu, na nivou lokalnih samouprava i distributera toplotne energije za grejanje, neophodno je definisati odgovarajuće formalno-pravne odnose.

### **Temperaturni režim sistema sa toplotnim pumpama**

Za postizanje optimalnog nivoa energetske efikasnosti i odgovarajućeg stepena ekonomske opravdanosti izvođenja sistema sa toplotnim pumpama, neophodno je usvojiti sledeće:

- primarnu instalaciju grejanja sa temperaturom vode u razvodu prema unutrašnjoj instalaciji grejanja do 40°C,
- niskotemperaturnu unutrašnju instalaciju grejanja (podna najpovoljnija) sa temperaturama vode u razvodu i povratu 40/30, 40/35, 35/30°C, pri čemu su niže temperature vode u razvodu za objekte sa manjim specifičnim projektnim toplotnim opterećenjem grejanja  $q$  (W/m<sup>2</sup>).



## 6. GRAĐEVINSKI OBJEKTI I TOPLOTNE PUMPE

### Učešće toplotne pumpe u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta

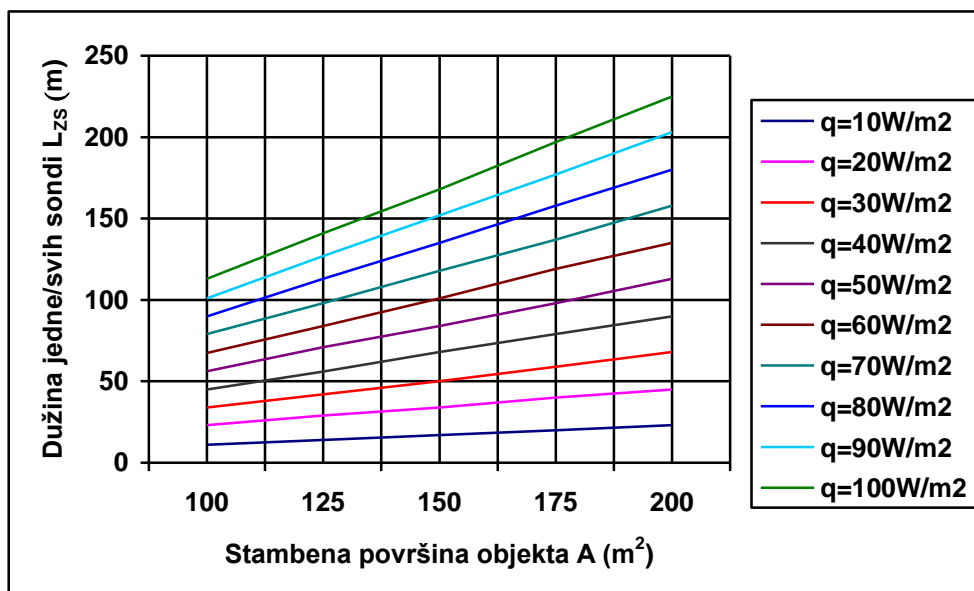
Za klimatske uslove u AP Vojvodini, kao što je već rečeno, u najvećem broju slučajeva, najekonomičniji sistem grejanja sa toplotnom pumpom i obnovljivim izvorom energije okoline, jeste kada toplotna pumpa učestvuje sa 50% ( $f_{TP}=0,5$ ) u pokrivanju projektnog toplotnog opterećenja grejanja, a time i sa 75% ( $f_{TP, god}=0,75$ ) u pokrivanju godišnjih potreba u toplotnoj energiji za grejanje objekta.

Za navedeni slučaj, a u zavisnosti od specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja  $q$  ( $W/m^2$ ) i grejne površine objekta  $A$  ( $m^2$ ), daju se tabelarni i grafički prikazi potrebnih dužina jedne/svih sondi u zemlji, površina registara u zemlji i potrebne izdašnosti izvora podzemne vode.

### Sonde u zemlji

Tabela 6.1. Potrebna dužina jedne/svih sondi za  $q_{zS}=50W/m$ ,  $f_{TP}=0,75$  i  $e_{gr}=4,0$

Stambena površina ( $m^2$ )	Specifično toplotno opterećenje grejanja $q$ ( $W / m^2$ )									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta $q_{OIE}$ ( $W / m^2$ )									
	5,6	11,3	16,9	22,5	28,1	33,8	39,4	45	50,6	56,3
Potrebna dužina jedne/svih sondi $L_{zS}$ (m)										
100	11	23	34	45	56	68	79	90	101	113
125	14	29	42	56	71	84	98	113	127	141
150	17	34	50	68	84	101	118	135	152	168
175	20	40	59	79	98	119	137	158	177	197
200	23	45	68	90	113	135	158	180	203	225

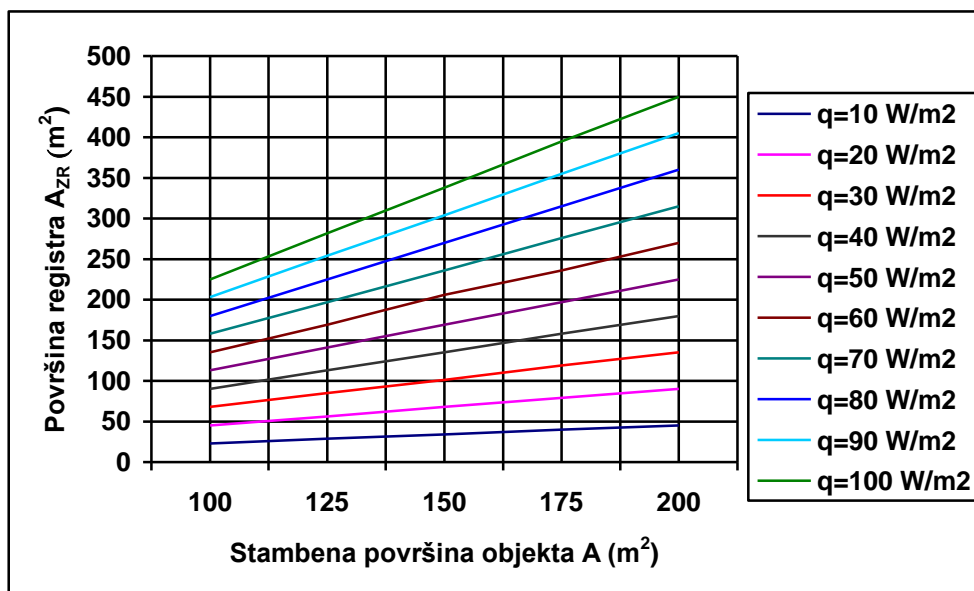


Sl.6.1. Potrebna dužina jedne/svih sondi za  $q_{zS}=50W/m$ ,  $f_{TP}=0,75$  i  $e_{gr}=4,0$

## Registri u zemlji

Tabela 6.2. Potrebna površina registara u zemlji za  $q_{zR}=25W/m^2$ ,  $f_{TP}=0,75$  i  $e_{gr}=4,0$

Stambena površina ( $m^2$ )	Specifično toplotno opterećenje grejanja $q$ ( $W / m^2$ )									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta $q_{OIE}$ ( $W / m^2$ )									
	5,6	11,3	16,9	22,5	28,1	33,8	39,4	45	50,6	56,3
Potrebna površina zemlje $A_{zR}$ ( $m^2$ )										
100	23	45	68	90	113	135	158	180	203	225
125	29	56	85	113	141	169	197	225	254	282
150	34	68	101	135	169	203	236	270	304	338
175	40	79	119	158	197	236	276	315	355	395
200	45	90	135	180	225	270	315	360	405	450

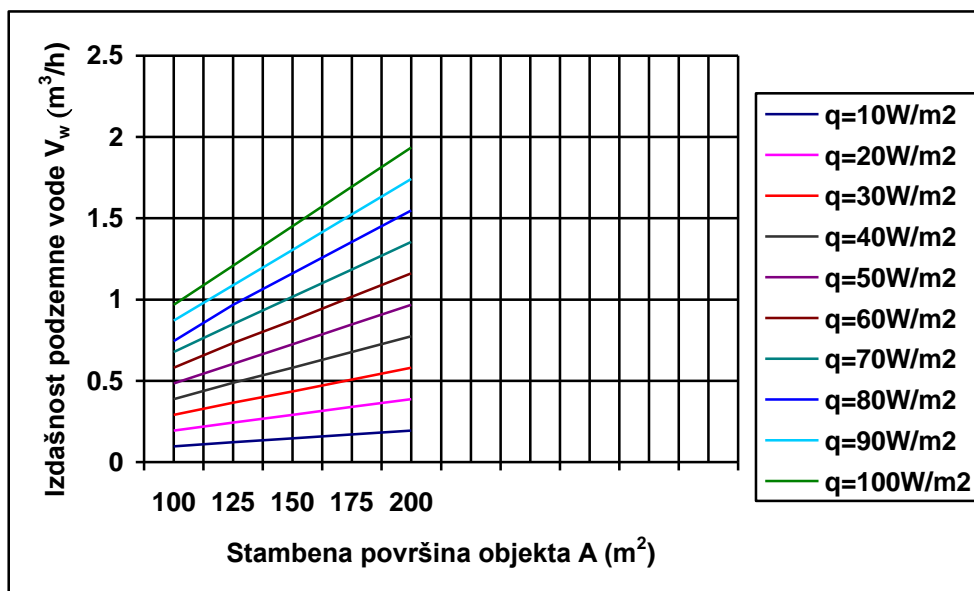


Sl.6.2. Potrebna površina registara u zemlji za  $q_{ZR}=25\text{W/m}^2$ ,  $f_{TP}=0,75$  i  $e_{gr}=4,0$

### Podzemna voda

Tabela 6.3. Potrebna izdašnost izvora podzemne vode za  $\Delta t_W=5^\circ\text{C}$ ,  $f_{TP}=0,75$  i  $e_{gr}=4,0$

Stambena površina (m <sup>2</sup> )	Specifično toplotno opterećenje grejanja $q$ (W / m <sup>2</sup> )									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta $q_{OIE}$ (W / m <sup>2</sup> )									
	5,6	11,3	16,9	22,5	28,1	33,8	39,4	45	50,6	56,3
Potrebna izdašnost podzemne vode $V_W$ (m <sup>3</sup> / h)										
100	0.097	0.194	0.290	0.387	0.484	0.581	0.677	0.774	0.871	0.968
125	0.122	0.242	0.366	0.488	0.605	0.732	0.849	0.967	1.088	1.209
150	0.146	0.290	0.435	0.581	0.725	0.87	1.016	1.161	1.306	1.451
175	0.169	0.339	0.508	0.678	0.847	1.016	1.185	1.355	1.524	1.694
200	0.194	0.387	0.581	0.774	0.968	1.161	1.355	1.548	1.742	1.935



Sl.6.3. Potrebna izdašnost podzemne vode za  $\Delta t_w=5^\circ\text{C}$ ,  $f_{TP}=0,75$  i  $e_{gr}=4.0$

### Energetski zahtevi prema objektu

Za stambene, javne i poslovne objekte, kod kojih je završna podna obloga parket, specifično projektno toplotno opterećenje grejanja treba da ima vrednost do  $50\text{W/m}^2$ , odnosno za završnu podlogu keramika, mermer do  $63\text{W/m}^2$ .

Navedena specifična projektna toplotna opterećenja grejanja obezbeđuju izvođenje najpovoljnijeg sistema grejanja sa toplotnom pumpom i obnovljivim izvorom energije okoline:

- unutrašnja podna instalacija grejanja,
- temperatura vode u razvodu od toplotne pumpe do  $40^\circ\text{C}$ .

Za navedene uslove nije potrebna dodatna klasična instalacija grejanja.

Pokrivanje većih specifičnih projektnih toplotnih opterećenja grejanja sa ventilator konvektorima (javni i poslovni objekti) ima nedostatak, što svaki ventilator ovog uređaja troši dodatnu elektro energiju, pa se smanjuje energetska efikasnost celokupnog sistema.

## **Prostorni zahtevi prema objektu**

### **Sonde u zemlji**

Određivanjem ukupne dužin svih sonde u zemlji (Sl. 6.1.), dužine jedne sonde, ukupnog boja sonde i razmaka između pojedinih sonde od najmanje 6m, za konkretan objekat definiše se i potrebna raspoloživa površina okoline objekta za ugradnju sonde u zemlji.

### **Registri u zemlji**

Ukupno potrebna površina registara u zemlji, a time i raspoloživa površina okoline objekta za ugradnju registara, definisana je na Sl. 6.2.

### **Podzemna voda**

Za potrebnu količinu podzemne vode (Sl. 6.3.), izabrani broj bunara, i poštujući da je rastojanje između izvornog i upojnog bunara najmanje 15m, definišu se i prostorni zahtevi prema okolini objekta.

### **Spoljašnji vazduh**

U odnosu na navedene obnovljive izvore energije okoline, kod upotrebe spoljašnjeg vazduha praktično ne postoje prostorni zahtevi prema objektu. Oni se samo svode za mesto ugradnje toplotne pumpe vazduh-vazduh/vazduh-voda.

## 7. SISTEMI SA TOPLOTNIM PUMPAMA

Sistemi grejanja sa toplotnim pumpama sastoje se iz dva podsistema:

- primarni deo: obnovljivi izvor energije – toplotna pumpa,
- sekundarni deo: toplotna pumpa – unutrašnja instalacija grejanja.

**Lokalni sistemi** grejanja sa toplotnim pumpama su reverzibilne toplotne pumpe vazduh/vazduh, obično proizvedene na Dalekom istoku. Najveći deo ovih toplotnih pumpi ima vrlo mali kapacitet (obično 2kW ili 3kW) i prodaje se i koristi za hlađenje u stanovima, malim kancelarijama i sličnim prostorima, a režim grejanja služi za grejanje u kratkim periodima u međusezoni.

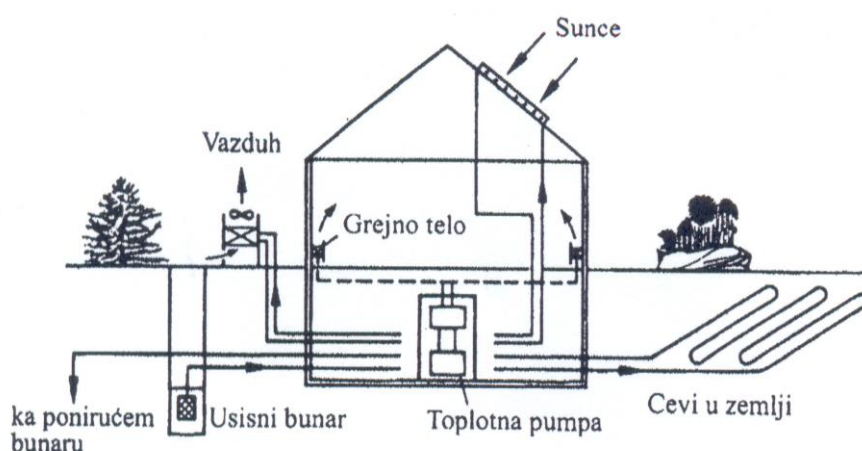
Prodaja ove vrste toplotnih pumpi u AP Vojvodini je daleko najznačajnija na stambenom tržištu, a time je i primena lokalnih sistema grejanja sa toplotnim pumpama najviše našla primenu u stambenim zgradama.

U pojedinačnim slučajevima, reverzibilnim toplotnim pumpama vazduh/vazduh greju se objekti i do  $-15^{\circ}\text{C}$  ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) okoline, npr. objekti naplatnih rampi na autoputevima.

Sa stanovišta ove Studije, lokalni sistemi grejanja sa toplotnim pumpama nemaju značaja.

**Centralni sistemi** grejanja sa toplotnim pumpama danas su realnost i imaju najveći značaj u AP Vojvodini. Oni se primenjuju za grejanje jedne zgrade, ili više zgrada koje su blizu jedna drugoj.

Na sl.7.1. prikazan je centralni sistem grejanja sa toplotnom pumpom i obnovljivim izvorima okoline: sunčeva energija, tlo, podzemna voda i spoljni vazduh.



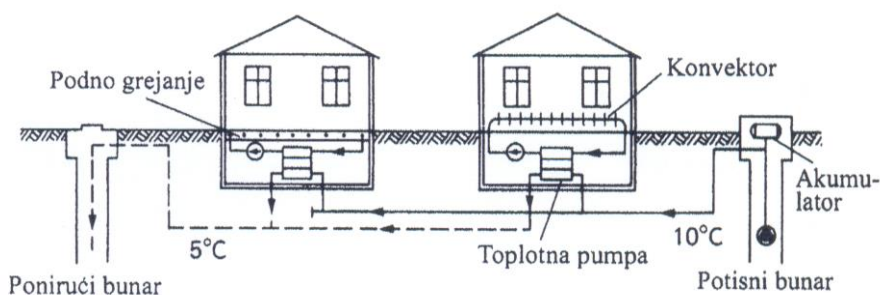
Sl.7.1. Centralni sistem grejanja sa toplotnom pumpom i obnovljivim izvorima energije okoline [51]

**Daljinski sistemi** grejanja sa toplotnim pumpama danas nisu realnost u AP Vojvodini. Za tako nešto, neophodan je takav stepen ekonomske razvijenosti Pokrajine, koji obezbeđuje da obnovljivi izvori energije na daljinu imaju povoljan ekonomski potencijal.

Daljinsko grejanje podrazumeva transport toplotne energije na manje/veće udaljenosti. U odnosu na centralne sisteme sa toplotnom pumpom, daljinski sistemi su opterećeni povećanim investicionim ulaganjima u razvodnu spoljnu mrežu, kao i pogonskom troškovima u potrošnji elektro energije za pogon cirkulacionih pumpi, koje transportuju vodu na daljinu. Ti troškovi su utoliko veći, što je veća i udaljenost potrošača od obnovljivog izvora energije.

Za daljinski sistem sa toplotnom pumpom neophodno je da postoji povoljan obnovljivi izvor energije, za čiju upotrebu su potrebna manja investiciona ulaganja i koji obezbeđuje visoke koeficijente grejanja toplotne pumpe. Kada su u pitanju obnovljivi izvori energije okoline, onda je to podzemna voda. Realno, danas su daljinski sistemi grejanja sa toplotnom pumpom ograničeni na grejanje bloka zgrada, ili manjih naselja.

Na sl.7.2. prikazana je toplotna shema daljinskog sistema sa toplotnom pumpom voda/voda, gde je obnovljivi izvor energije podzemna voda.



Sl.7.2. Toplotna shema daljinskog sistema sa toplotnom pumpom voda/voda [51]

### Uticajni faktori za primenu TP

Primena toplotnih pumpi za dobijanje toplote iz OIE za potrebe grejanja objekata, zavisi od niza relevantnih faktora i njihove međusobne zavisnosti, a najvažniji su:

- specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta,
- pristupačnost, raspoloživost i temperaturni nivo OIE,
- izbor sistema za dobijanje toplote od OIE,

- cene opreme i radova,
- cene primarne i finalne energije,
- vođenje politike prema upotrebi OIE.

**Državni podsticaj** je jedna od najznačajnijih mera za primenu toplotnih pumpi i korišćenje obnovljivih izvora energije za potrebe grejanja objekata, a samim tim i za poboljšanje njihove energetske efikasnosti.

Državni podsticaj sastoji se u davanju subvencija i povoljnih kredita za nabavku opreme za sisteme sa toplotnim pumpama. Ovo je pre svega značajno za države sa manjim stepenom ekonomske razvijenosti, kod kojih je kupovna moć stanovništva za nabavku skupe opreme znatno manja nego u razvijenim zemljama sveta.

Pored toga, državni podsticaj u AP Vojvodini treba da obuhvati i finasijku podršku razvoju i proizvodnji toplotnih pumpi. Ovim bi se u Pokrajini smanjila zavisnost od uvoza skupih toplotnih pumpi iz razvijenih zemalja sveta, i istovremeno stvorili uslovi za otvaranje novih radnih mesta.

Vlade, lokalne samouprave i ono koji štede energiju i žele da ubrazaju razvoj tržišta toplotnih pumpi, moraju obezbediti obrazovne programe i inicijative za rešavanje ovog problema i uklanjanje dugogodišnjih barijera.



## 8. INVESTICIONA ULAGANJA I EKONOMSKA OPRAVDANOST

Nakon sprovedenih proračuna za sisteme grejanja sa toplotnim pumpama, konstatuje se sledeće:

- ekonomski najpovoljniji sistem je sa podzemnom vodom, kada je ima u dovoljnim količinama, na nižim dubinama (manja potrošnja elektro energije za pogon potopnih pumpi) i kada je kvaliteta koji ne zahteva značajne troškove za prethodnu mehaničku i hemijsku pripremu,

- kod upotrebe zemlje za dobijanje toplote, sistem sa sondama u zemlji, i pored većih ulaganja, treba koristiti za objekte sa većim toplotnim opterećenjima, a sistem sa registrima u zemlji, zbog velikih prostornih zahteva, za objekte sa manjim toplotnim opterećenjima,

- za trenutne tržišne uslove u AP Vojvodini, vreme povraćaja investicionih ulaganja, bez podsticaja Pokrajine (subvencije, povoljni krediti), je iznad prihvatljive granice, koja se smatra da je od 5 do 7 godina.

Potpunu ekonomsku opravdanost primene sistema grejanja sa toplotnim pumpama u AP Vojvodini treba očekivati u bliskoj budućnosti, a iz sledećih razloga:

- rast cena primarne energije,
- sadašnji trend izvođenja sistema sa obnovljivim izvorima energije,
- pad cene opreme — novi modeli, veća serijska proizvodnja, novi proizvođači, konkurencija, veća ponuda, drugi uslovi nabavke,
- državni podsticaj — subvencije i povoljniji krediti za nabavku opreme,
- zaštita životne sredine, globalno zagrevanje.

## LITERATURA

- [1] Allard, F., Seppänen, O., *Aktivnosti u Evropi na unapređenju energetske efikasnosti zgrada*, Zbornik radova, str. 427-441, 39. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2008.
- [2] Anđelković, A., Bjelaković, R., Njerž, A., *Tehno-ekonomska analiza primene toplotne pumpe (primer hotela Vinski dvor u Hajdukovu)*, Zbornik radova, str. 159-167, 40. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2009.
- [3] \*\*\* *ASHRAE Handbook HVAC Applications*, ASHRAE Inc., 2007. Chapter 32.
- [4] Bajc, T., Todorović, M., *Energetske potrebe pasivne kuće sa Trombeovim zidom u klimatskom području Beograda*, Zbornik radova, str. 487-496, 40. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2009.
- [5] Benli, H., Durmus, A., *Evaluation of ground-source heat pump combined latent heat storage system performance in greenhouse heating*, Energy and Buildings, February 2008., Vol. 41, No.2, pp. 220-228.
- [6] Bernard, R., *Eloges des vertus du soleil Le Sauvage*, Januar 1975.
- [7] \*\*\* *Biblioteka 2010, BOSCH – Grejna tehnika*, Beograd, 2010.
- [8] Bogner, M. i Miladinović, M., *Površinsko grejanje i hlađenje*, ETA, Beograd, 2009.
- [9] \*\*\* *CAD biblioteka 2010, BOSCH – Grejna tehnika*, Beograd, 2010.
- [10] Casale, C., *Toplotne pumpe – aletka spremna da uštedi energiju i smanji emisije*, Zbornik radova, pp. 119-133, 40. Kongres o klimatizaciji, grejanju i hlađenju, Beograd, 2009.
- [11] Čenejac, A., *Analiza mogućnosti nekonvencionalnih sistema grejanja za poboljšanje energetske efikasnosti građevinskih objekata*, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [12] Čenejac, A., *Određivanje minimalne toplotne zaštite građevinskih objekata prilikom upotrebe obnovljivih izvora energije*, CD-Zbornik radova u studentskom programu, str. 1-6, 41. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2010.
- [13] Čenejac, A., Bjelaković, R., Anđelković, A., *Use of underground water energy for improvement of energy efficiency in civil buldings*, Proceedings, pp. 358-367, Internacional conference, Timisoara-Romania, 2011.
- [14] Čenejac, A., Radonjanin, V., Malešev, M., Bjelaković, R., *Poboljšanje energetske efikasnosti građevinskih objekata upotrebom zemlje kao obnovljivog izvora*, Građevinski materijali i konstrukcije, 1/2011, str. 28-40, Beograd, 2011.

- [15] Čenejac, A., Radonjanin, V., Malešev, M., *Poboljšanje energetske efikasnosti građevinskih objekata upotrebom zemlje kao obnovljivog izvora – sistem sa sondom u zemlji*, Zbornik radova, str. 497-502, Sedmo naučno-stručno savetovanje – Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja, Zlatibor, 2011.
- [16] Čenejac, A., Radonjanin, V., Malešev, M., *Mere za poboljšanje energetske efikasnosti građevinskih objekata*, Zbornik radova, str. 175-188, Konferencija – Savremena građevinska praksa, Andrevlje, 2011.
- [17] Čenejac, A., Radonjanin, V., Malešev, M., Šumarac, D., Bjelaković, R., *Analysis of possibility of using renewable energy sources for heating industrial halls*, CD- Proceedings, pp. 1-8, IEEP'11, Kopaonik, 2011.
- [18] Čenejac, A., Bjelaković, R., Anđelković, A., Đaković, D., *Covering of heating load of object by using ground heat as a renewable energy source*, Thermal Science, Vol. 16, Suppl. 1, pp. S225-S235.
- [19] \*\*\* *Directive 2002/91/EC (EPBD – Energy performance of buildings directive)*, Brussels, 2003, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu).
- [20] \*\*\* *Direktive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (EPBD) recast*.
- [21] \*\*\* *Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources*, Brussels, December, 2008.
- [22] Dolmans, D., *A Change is going to come - A New mandate: nearly zero energy buildings*, REHVA, 6/2011, pp. 34-37.
- [23] Đajić, N., *Obnovljivi izvori energije za održivi razvoj sveta*, Zbornik radova, str. 11-22, 35. Međunarodni kongres o klimatizaciji, grejanju i hlađenju, Beograd, 2004.
- [24] \*\*\* *Energetski bilans 2008*, Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku, <http://www.mem.gov.rs/navigacija.php?IDSP=50>.
- [25] \*\*\* [www.ehpa.org](http://www.ehpa.org)
- [26] Fox, U., *Betriebskosten - und Wirtschaftlichkeitsberechnungen fur Anlagen der technischen Gebaudeausrustung*, VDI -Verlag GmbH, Dusseldorf, 1980.
- [27] Gehlin, S., *Heat pumps - a key to sustainability*, REHVA, 4/2011, pp. 4
- [28] Groff, G., *Kratka istorija toplotnih pumpi-ko ih koristi i zašto*, KGH, 3/2010, str. 59-64.
- [29] Gvozdenac, D., Nakomčić-Smaragdakis, B., Gvozdenac-Urošević, B., *Obnovljivi izvori energije*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [30] Harvey, D., *A Handbook on Low – Energy Buildings and District – Energy Systems*,

- Bath Press, London, 2006.
- [31] Jagermar, L., Schmidt, M., Allard, F., Heiselberg, P., Kurtinski, J., *Towards nZEB - some examples of national requirements and roadmaps*, REHVA, 3/2011, pp. 14-17.
- [32] Kabele, K., *Heating and nearly zero energy buildings*, REHVA, 6/2011, pp. 5
- [33] Kurtinski, J., *REHVA Annual Conference in Tallinn*, REHVA, 4/2011, pp. 46-50
- [34] Kurtinski, J., *Nerly zero buildings nZEB*, REHVA, 3/2011, pp. 4
- [35] Kurtinski, J., Allard, F., Braham, D., et al., *How to define nearly zero energy buildings nZEB*, REHVA, 3/2011, pp. 6-12.
- [36] Kurtinski, J., *How to calculate cost optimal nZEB energy performance*, REHVA, 5/2011, pp. 36-41
- [37] Labudović, B., Barbir, F., Domac, J., i drugi, *Obnovljivi izvori energije*, Energetika marketing, Zagreb, 2002.
- [38] Lazić, S., Antonić, N., *Međuzavisnost infrastrukturnih sistema i uticaja ovih sistema na druge gradske funkcije na području Mišeluka u Novom Sadu, Elaborat: Sistem snabdevanja toplotnom energijom*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1982.
- [39] Lilić, D., *Energetska efikasnost u javnim zgradama*, Agencija za energetska efikasnost Republike Srbije, Beograd, 2007.
- [40] Lundqvist, P., *Napredak tehnologije toplotnih pumpi I razvoj tržišta u Švedskoj*, Zbornik radova sa 39. Međunarodnog kongresa o klimatizaciji, grejanju i hlađenju, str. 83-97, Beograd, 2008.
- [41] Marković, D., Čeperković, B., Vlajčić, A., Resl, S., *Bela knjiga elektroprivrede Srbije*, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd, 2011.
- [42] Nielsen, L., *Heating and cooling challenge in nZEB*, REHVA, 3/2011, pp. 41-46
- [43] Novak, T., *Heat pumps - a renewable energy technology*, REHVA, 4/2011, pp. 10-12
- [44] Oettinger, G., *Energy Strategy for Europe 2010-2020*, REHVA, 6/2010, pp. 7-8.
- [45] Petrović, J., Gvozdenac, D., Đaković, D., *Analiza termodinamičkih I hidrauličkih uslova rada sistema daljinskog grejanja sa TE-TO Novi Sad kao baznim izvorom u grejnoj sezoni 2009/2010. godine i dugoročno predviđanje potrebe za toplotnom energijom grada Novog Sada*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [46] \*\*\* *Površinsko grejanje / hlađenje*, REHAU, Beograd, 2009.
- [47] \*\*\* *Pravilnik o energetska efikasnosti zgrada*, Službeni glasnik RS, br. 61/11
- [48] \*\*\* *Pravilnik o uslovima, sadržinu i načinu izdavanja sertifikata o energetska svojstvima zgrada*, Službeni glasnik RS, br. 61/11
- [49] \*\*\* *Priročnik za podno grejje*, Totra, Ljubljana, 1979.

- [50] Recknagel, Sprenger, *Priručnik za grejanje i klimatizaciju*, Građevinska knjiga, Beograd, 1982.
- [51] Recknagel, Sprenger, Shramek i Čeperkovic, *Grejanje i klimatizacija*, Interklima – Grafika, Vrnjačka Banja, 2004.
- [52] \*\*\* [www.rehau.rs](http://www.rehau.rs)
- [53] Stepanov, Lj., Petrović, J., Bjelaković, R., i dr., *Snabdevanje Novog Sada toplotnom energijom*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1984.
- [54] \*\*\* *Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015.godine*, Službeni glasnik RS, br. 44/05.
- [55] Šamšalović, S., *Toplotna pumpa*, SMEITS, Beograd, 2009. .
- [56] Taylor, M., *The role heat pumps*, REHVA, 4/2011, pp. 13-15.
- [57] *Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada*, SRPS U.J5.600, 1998.
- [58] Todorović, B., *Towards zero energy buildings: New and retrofitted existing buildings-examples around the world*, Internacional conference, pp. 594-606, Timisoara, 2011.
- [59] Todorović, B., *Projektovanje postrojenja za centralno grejanje*, Mašinski fakultet, Beograd, 2009.
- [60] Vanden Borre, A., *Definition of heat pumps and their use of renewable energy sources*, REHVA, 4/2011, pp. 38-39.
- [61] Wahlström, A., *Is it possible to achieve zero energy demand while rebuilding multiple dwelling buildings*, REHVA, 4/2011, pp. 5-9.
- [62] Werner, G., *Low energy building design with sustainable energy end use*, Proceedings of the First Workshop, pp. 2.117, Sustainability of Constructions, Integrated Approach of Life-time Structural Engineering, Lisbon, 2007.
- [63] Yilmaz, Z., *Energy efficiency and renewable energy for building*, Zbornik radova, str. 458-471, 39. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2008.
- [64] \*\*\* *Zakon o energetici Republike Srbije*, Službeni glasnik RS, br. 57/2011 i 80/2011.
- [65] \*\*\* *Zakon o planiranju i izgradnji*, Službeni glasnik RS br. 72/09, 81/09 - ispravka, 64/10 – US i 24/11