

Toplinske pumpe kao obnovljiv izvor grijanja kućanstava

Pavlović, Monika

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:434726>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Ekonomika energije i okoliša

**TOPLINSKE PUMPE KAO OBNOVLJIV IZVOR GRIJANJA
KUĆANSTAVA**

Diplomski rad

Monika Pavlović

Zagreb, srpanj, 2021.

**Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Ekonomika energije i okoliša**

**TOPLINSKE PUMPE KAO OBNOVLJIV IZVOR GRIJANJA
KUĆANSTAVA**

**HEAT PUMPS AS A RENEWABLE SOURCE OF HOUSEHOLD
HEATING**

Diplomski rad

Monika Pavlović, 0067447007

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Gelo

Zagreb, srpanj, 2021.

**TOPLINSKE PUMPE KAO OBNOVLJIV IZVOR
GRIJANJA KUĆANSTAVA**

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni/diplomski/specijalistički rad, odnosno doktorska disertacija isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Zagrebu, 28.01.2021

Studentica:

Monika Paulović

(potpis)

Sažetak

Obnovljivi izvori ključni su za smanjenje emisije stakleničkih plinova. Kako bi smanjili njihovu emisiju, radi održivosti našeg planeta koji je već na rubu, poželjno je iskoristiti sve benefite novih tehnologija koje su već sad u velikoj mjeri neutralne, te na taj način direktno smanjuju utjecaj na okoliš. Obzirom na brojnost kućanstava, ugradnja toplinskih pumpi u što većem broju uvelike bi pridonijela toliko željenom smanjenju stakleničkih plinova, te bi se uz to povećao komfor krajnim korisnicima što predstavlja dobitnu kombinaciju kako za čovjeka tako i za naš planet.

Postoji više oblika toplinskih pumpi, te se razvojem tehnologije njihova učinkovitost sve brže povećava i time ujedno postaje dostupnija širem broju korisnika. U ovom diplomskom radu prikazana je ugradnja geotermalne toplinske pumpe, odnosno pumpa koja crpi energiju zemlje, koristi njezinu konstantnu temperaturu kako bi putem prijenosnika, glikola, prenijela energiju do pumpe koja zatim tu energiju koristi za grijanje tople vode i sustava podnog grijanja.

Usporedno s ostalim načinima grijanja, toplinska pumpa ima najveću učinkovitost i jedini je oblik grijanja koji uopće ne zagađuje okoliš. Investicija je visoka, ali isplativa kroz nekoliko godina te ne zagađuje okoliš.

Tema ovog diplomskog rada je „Toplinske pumpe kao obnovljiv izvor grijanja kućanstva. Obnovljivi izvori energije sve su važniji. U radu je analizirana ugradnja i troškovi korištenja toplinske pumpe na obiteljskoj kući veličine 180 m². Cilj rada bio je prikazati koliko je stvarno toplinska pumpa isplativa, te koji su troškovi ugradnje i korištenja usporedno sa ostalim načinima grijanja poput peleta, drva i prirodnog plina. Obiteljska kuća u vlasništvu je autorice diplomskog rada te su korišteni je vlastiti izvori podataka.

Ključne riječi: toplinska pumpa, obnovljivi izvori energije, očuvanje okoliša

Summary

Renewable sources are very important in reduction of greenhouse gas emissions. In order to reduce their emissions, for the sustainability of our planet which is already in danger, it is desirable to take full advantage of new technologies that are already mostly neutral, thus directly reducing the impact on the environment. Looking at the constantly increasing number of households, more installations of heat pumps would contribute to the much desired reduction of greenhouse gases, increasing comfort to end users, which is a winning combination for both users and our planet. There are several forms of heat pumps, and with the development of technology, their efficiency is increasing faster and there for also becomes more accessible to a higher number of users. This thesis presents the installation of a geothermal heat pump, a pump that draws energy from the ground, uses its constant temperature to transfer energy to the pump through a transmitter, glycol, which then uses that energy to heat hot water and underfloor heating systems.

Compared to other heating methods, the heat pump has the highest efficiency and is the only form of heating that does not pollute the environment at all. The investment is high, but profitable in a few years, and it doesn't pollute the environment.

The topic of this thesis is "Heat pumps as a renewable source of household heating." Renewable energy sources are becoming increasingly important. Here is presented the construction and costs of using a heat pump on a family house of 180 m². The goal of this thesis was to show how cost-effective a heat pump really is, and what are the costs of installation and use compared to other heating methods such as pellets, wood and natural gas. Since the mentioned family house is owned by the author of the diploma thesis, a lot of own data sources were used.

Keywords: heat pump, renewable energy sources, environmental protection

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja	1
1.3. Sadržaj i struktura rada	2
2. Toplinske pumpe.....	3
2.1. Dijelovi toplinske pumpe	7
2.2. Povijesni razvoj.....	8
2.3. Tehničke karakteristike i način rada	12
2.4. Vrste toplinskih pumpi.....	15
2.4.1. Zračne toplinske pumpe	15
2.4.2. Geotermalne toplinske pumpe	16
2.5. Toplinske pumpe kao obnovljiv izvor energije.....	19
3. Cost benefit analiza na primjeru grijanja jednog kućanstva	24
3.1. Investicije i njihova struktura.....	28
3.2. Troškovi održavanja sustava.....	30
3.3. Poticanje ugradnje toplinskih pumpi	30
4. Komparativna analiza prednosti i nedostataka različitih oblika grijanja	33
4.1. Grijanje na prirodni plin	33
4.2. Grijanje na drva.....	35
4.3. Grijanje na toplinsku pumpu.....	40
4.4. Grijanje na pelete.....	42
5. Usporedba troškova na temelju različitih načina grijanja.....	44
6. Zaključak.....	47
Popis literature.....	49
7. Popis slika.....	51
8. Popis tablica	52
9. Popis grafova.....	52
10. Životopis studentice.....	53

1.Uvod

U današnje vrijeme sve je izraženija potreba za obnovljivim izvorima energije. Raspoloživost fosilnih goriva plina i nafte sve je više ograničena, a istodobno raste potreba za zaštitom okoliša. Kao jedno od rješenja za grijanje nudi se toplinska pumpa ili dizalica topline. Iako počeci razvitka toplinske pumpe sežu još u 18. stoljeće, u komercijalnoj uporabi je tek od 1940-tih godina, dok se u Hrvatskoj počinju primjenjivati početkom 21. stoljeća. Glavni faktor koji utječe na širu primjenu ovakvog modela u Hrvatskoj je cijena ugradnje i slaba informiranost. U razvijenijim zemljama poput Švicarske, Švedske, Njemačke i Islanda, u prosjeku više od polovice novogradnji opremljeno je ovim sustavom grijanja. Kao i ostala tehnologija, toplinske pumpe također napreduju, te su sve pristupačnije prosječnom građaninu kao ekološki način grijanja.

Toplinska pumpa je isplativa investicija jer se može primijeniti u svim područjima, iskorištavajući jedan od obnovljivih izvora energije (zrak, zemlju ili vodu). Smanjuje potrošnju električne energije za tri puta, što smanjuje razinu emisije CO₂ u svijetu. Iako su cjenovno još uvijek manje pristupačne zbog velike početne investicije, dugoročno gledano su isplative jer se povrat uložениh sredstava očekuje kroz 10 godina. Tehnički educiranija populacija može prepoznati isplativost ulaganja te iskoristiti mogućnost da budu neovisni o fosilnim izvorim za grijanje.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog seminarskog rada je toplinska pumpa i prikaz njezine primjene u stvarnom kućanstvu. Cilj rada je pokazati koliko je ugradnja toplinske pumpe dugoročno isplativa investicija te prikazati stvarne troškove kućanstva te usporedbu troškova sa drugim načinima grijanja.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Pri pisanju ovoga rada korištena je dostupna relevantna stručna literatura iz knjiga članaka i internetskih izvora, te su obrađeni podaci iz vlastitih izvora. Pri obradi nađenih podataka korištene su metoda indukcije i metoda studije slučaja. Metodom studije slučaja proučena je teorija toplinske pumpe, njezine karakteristike i prodajne tehnike. Zapažanjem načina na koji se određuje koji

obnovljivi resurs koristiti i prateći činjenice o postojećim toplinskim pumpama u uporabi u Hrvatskoj i u svijetu korištena je induktivna metoda.

1.3. Sadržaj i struktura rada

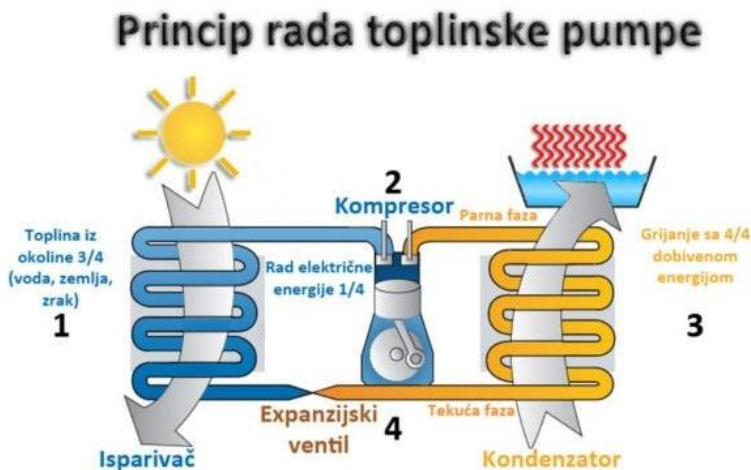
Ovaj diplomski rad sastoji se od 6 poglavlja koja čine uvod, toplinske pumpe, cost benefit analiza na primjeru jednog kućanstva, komparativna analiza prednosti i nedostataka različitih oblika grijanja, usporedba troškova na temelju različitih načina grijanja te zaključak. U trećem poglavlju, cost benefit analiza na primjeru jednog kućanstva, opisan je cijeli postupak ugradnje toplinske pumpe i iskopa kolektora u vlastitoj kući, te su prikazani svi troškovi ugradnje i održavanja sustava. U četvrtom poglavlju, komparativna analiza prednosti i nedostataka različitih oblika grijanja, opisani su ostali načini grijanja, njihove prednosti i nedostaci, te je prikazan trošak koji bi predstavljala ugradnja i održavanje sustava na istom kućanstvu u koje je ugrađena toplinska pumpa koja je prikazana u trećem poglavlju. Tako su u 5. poglavlju prikazani troškovi svih navedenih oblika grijanja na istom kućanstvu kako bi se mogla napraviti usporedba isplativosti svakog pojedinog sustava grijanja.

2. Toplinske pumpe

Toplinska pumpa je uređaj koji omogućuje prijenos toplinske energije iz sustava niže temperaturne razine (zemlja, voda ili zrak) u sustav više toplinske razine (centralno grijanje) korištenjem dodatne energije rada, poput struje za pokretanje kompresora pomoću kružnog procesa u obliku određenog radnog medija, poput freona ili glikola. Princip rada toplinske pumpe je zapravo jako jednostavan, može se usporediti sa radom hladnjaka u obrnutoj funkciji, grijanje umjesto hlađenja. Princip rada toplinske pumpe bazira se na lijevokretnom Carnotovom kružnom procesu, koji toplinu u stroju pretvara u rad pri čemu se koristi idealan plin, ovisno o željenim temperaturama. Cartonov ciklus je osmislio Nicolas Leronard Carnof, 1824. godine, a nadogrudio ga je Paul Emile Clapeyron 1830-ih godina. To je kružni proces s najvišim stupnjem korisnosti koji pokreće toplinski motor. Toplinski motor prenosi energiju iz toplijeg u hladniji spremnik te pri tome dio energije pretvara u mehanički rad. (Elimea , 2020)

Glavne komponente toplinske pumpe su isparivač, kompresor, kondenzator i termo ekspanzijski ventil. Rashladni medij koji prenosi toplinu kruži sustavom toplinske pumpe i pri tome prolazi kroz dvije izotermne i dvije adijabatske promjene. Izotermne promjene odvijaju se na isparivaču i kondenzatoru tako da isparivač uzima toplinu iz okoline i zagrijani rashladni medij u parnoj fazi vraća natrag na kompresor čime se zaokružuje jedan ciklus. U toj fazi temperatura ostaje konstantna. Adijabatske promjene odvijaju se na kompresoru i taj proces izvodi termo ekspanzijski ventil unutar kojeg rashladni medij gubi tlak i opada mu temperatura. Grafički prikaz funkcioniranja cijelog sustava prikazan je na slici 1.

Slika 1. Princip rada toplinske pumpe



Izvor: (Elimea , 2020), preuzeto 03.05.2021.

Slika 1. prikazuje dvije izotermne i dvije adijabatske faze. Prva izotermna promjena odvija se u kondenzatoru kada isparivač preuzima toplinu iz okoliša, taj zagrijani rashladni medij šalje prema kompresoru gdje taj medij prelazi u tekuću fazu. Potom sljede adijabatska promjena na kompresoru, točnije termo-ekspanzijski ventil unutar kojeg rashladnom mediju tlak raste, a time raste i temperatura. Takav rashladni medij odlazi u kondenzator. U trećoj fazi, drugoj izotermnoj promjeni, kondenzator prikupljenu toplinu šalje prema prostoru kojeg je potrebno zagrijati i tako rashladni medij prelazi iz parne u tekuću fazu. Četvrta faza, druga adijabatska ekspanzija, događa se u termo ekspanzijskom ventilu kada rashladni medij gubi tlak, a time i temperaturu te tako rashlađen započinje novi ciklus. Što je veća razlika u temperaturi između prve i četvrte faze, to je više energije potrebno za kompresiju tekućine što znači da pumpa treba puno više energije kako bi postigla željenu temperaturu. (Elimea , 2020)

Toplinske pumpe su jedan od najefektivnijih sustava grijanja upravo zato što iskorištavaju obnovljive izvore energije koji su dostupni tokom cijele godine. Više od četvrtine potrebne energije za rad toplinska pumpa na taj način besplatno koristi, dok ostali dio mora dobiti putem struje. Također, ovaj sustav grijanja nema tzv. „nus produkata“ svoga rada, ne zagađuje okoliš, ne traži dodatna ulaganja poput dimnjaka i zato je ekološki prihvatljiva.

Slika 2. Prikaz rada zračne toplinske pumpe u obiteljskoj kući



Izvor: (Elimea , 2020), preuzeto 03.05.2021

„Koeficijent performansi toplinske pumpe ili COP (coefficient of performance, eng.) je podatak koji nam govori koliko smo topline dobili u odnosu na količinu uložene električne energije. Drugim riječima, to je omjer dobivene energije u odnosu na uloženi rad. Veći COP znači manje operativne troškove. Kad govorimo o 100%-noj učinkovitosti, odnosno jednostavnom pretvaranju rada u toplinu, tada COP iznosi 1. No, kod toplinskih pumpi on iznosi višestruko više te se kreće otprilike između 3.5 do čak 5, što znači da za 1 kW struje, pumpa proizvede 3.5 odnosno 5 kW topline.“ (Elimea , 2020)

Toplinske pumpe su još uvijek relativno skupi uređaji te je prije ulaganja potrebno napraviti izračun isplativosti ulaganja te odrediti koja vrsta toplinske pumpe pruža najbolje rješenje za određeni objekt.

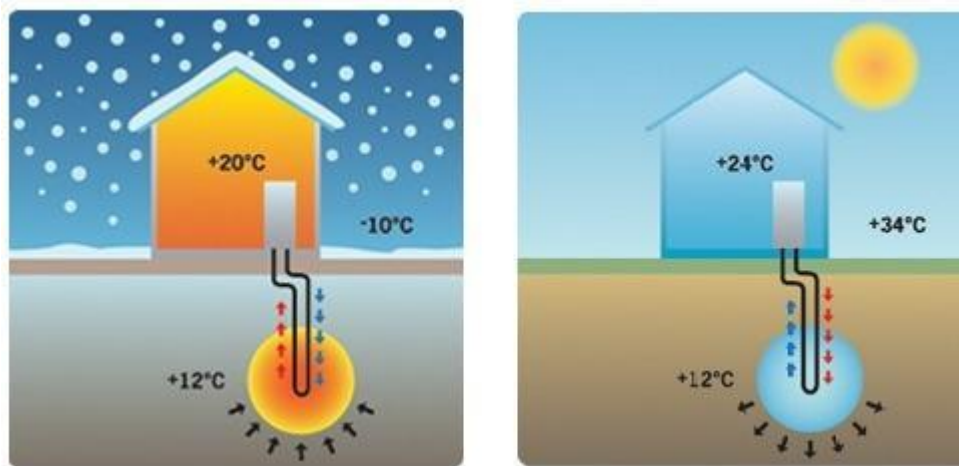
“Geotermalne toplinske pumpe su uspostavljena tehnologija, sposobna uspostaviti visoku učinkovitost grijanja i hlađenja iskorištavajući goleme kapacitete obnovljivosti tla. Sve se više prepoznaje kao alternativa sustavima fosilnih goriva i u mnogim zemljama mogu značiti značajno smanjenje ukupne emisije CO₂ povezane s grijanjem i hlađenjem kućanstva.“ (R. Curtis, 2005)

Hlađenje prostora putem toplinske pumpe može se odvijati na dva načina. Prvi način je tzv. prirodni ili pasivni jer funkcionira na isti način kao i grijanje. Putem rashlađene radne tvari, uglavnom glikola, prenosi se hladni zrak u objekt. Ovaj način hlađenja je idealan u slučaju da je

na objekt ugrađena zračna toplinska pumpa jer se na taj način dobiva prirodno hlađenje putem zraka. Kada je riječ o geotermalnim toplinskim pumpama isto postoji mogućnost hlađenja ugradnjom dodatnog chillera, ali nije ugodno osjetiti hladnoću kroz podni sustav unutar objekta pa se kao takav slabije koristi.

“Drugi način hlađenja je aktivno hlađenje koje se koristi na prostorima gdje su ljeti zaista velike temperature, a pasivno hlađenje nije dostatno. Smjer kretanja radne tekućine u sustavu toplinske pumpe se mijenja pomoću prekidača, odnosno ventila na pumpi. Radna tekućina tako skuplja toplinu iz kuće te ju, ovisno o sustavu, koristi za grijanje vode ili vraća u zemlju. Dakle, toplinska pumpa ne samo da hladi dom, nego u isto vrijeme i grije vodu za sanitarne potrebe. Za aktivno hlađenje potrebno je korištenje kompresora, kao i kod procesa grijanja, zbog čega ovaj način hlađenja troši nešto više energije nego pasivno hlađenje, ali svejedno predstavlja puno efikasniji način hlađenja od konvencionalnih klimatizacijskih uređaja.” (Dražen, 2011)

Slika 3. Proces grijanja i hlađenja



Izvor: (Dražen, 2011). preuzeto 29.07.2021

Na slici 3. prikazan je proces grijanja i hlađenja putem toplinske pumpe na zrak/vodu. Bez obzira na vanjsku temperaturu, temperatura polaza je uvijek konstantna te ovisno o postavkama na toplinskoj pumpi grije ili hladi rashladnu stvar u svom sistemu. Na taj način je moguće održavati istu temperaturu unutar objekta bez obzira na vanjke kolimatske uvijete.

2.1. Dijelovi toplinske pumpe

Na slici 4. prikazani su glavni dijelovi toplinske pumpe. To su kondenzator, kompresor, isparivač te termoekspanzijski ventil.

Slika 4. Dijelovi toplinske pumpe



Izvor: (MC Solar, n.d.), preuzeto 10.05.2021

Kondenzator se u sustavu toplinske pumpe koristi da bi hlađenjem kondenzirao tvari od plinovitog do tekućeg stanja. Kondenzatori koji se koriste u toplinskoj pumpi mogu biti pločasti, napravljeni od nehrđajućeg čelika ili u obliku dvostruke koaksijalne bakrene cijevi.

Kompresor je glavni dio toplinske pumpe. Bez njega pumpa ne može raditi, nema grijanja niti hlađenja prostora. Iako postoji više vrsta kompresora, toplinske pumpe najčešće koriste spiralni. Jedan dio kompresora je fiksiran, a drugi kruži oko njega, gurajući rashladno sredstvo na sve manje područje. Spiralni kompresori za razliku od drugih modela traju duže i tiši su prilikom rada. On ima dvije osnovne funkcije, a to su održavanje rashladnog sredstva koje teče unutar dizalice topline (u prikazanom slučaju radi se o glikolu) te povećanje tlaka kada se rashladno sredstvo pretvara u plin. **Znakovi kvara kompresora su čudni zvukovi lupanja te jake vibracije.**

“Isparivač je niskotemperaturni izmjenjivač topline gdje rashladno sredstvo ulazi kao tekućina niske temperature, apsorbira toplinu iz izvora topline isparivanjem pri niskom tlaku i ostavlja kao niskotemperaturnu paru.“ (Technology Collaboration Programme, n.d.)

Termoekspanzijski ventil je poznat kao uređaj za ograničavanje. Po povratku u isparivač iz kondenzatora visokotemperaturno, visokotlačno tekuće rashladno sredstvo mora se promijeniti u niskotemperaturnu tekućinu niskog tlaka koja ulazi u isparivač. Kada vruća tekućina prođe kroz

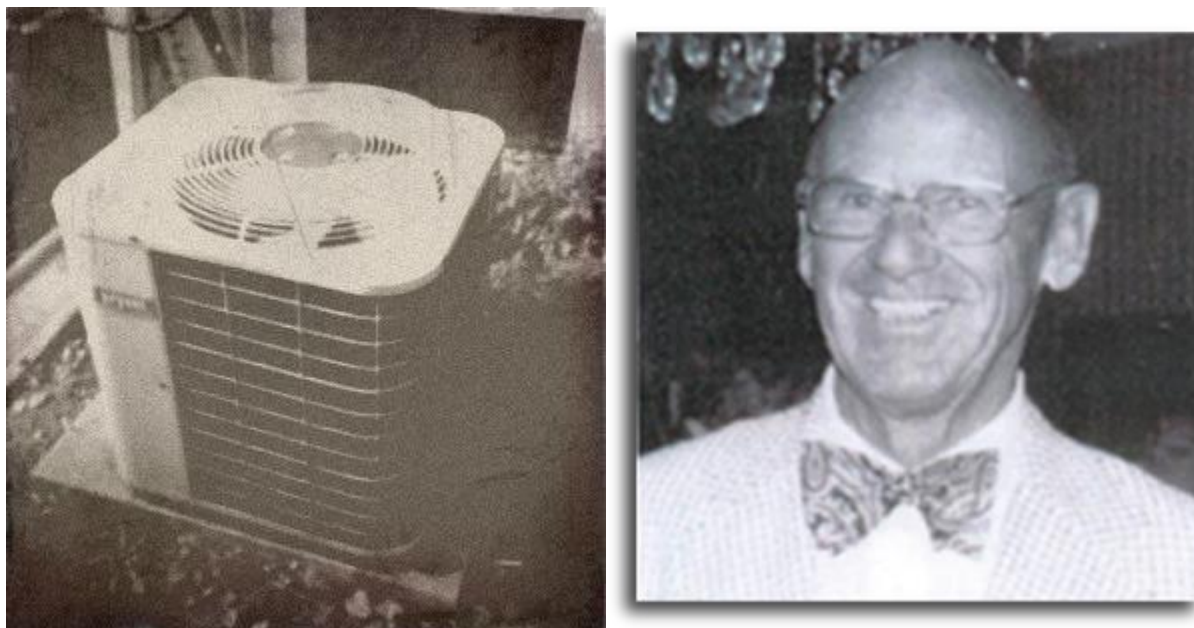
ovaj ventil, ne samo da će se smanjiti tlak, već će se istovremeno i temperatura smanjiti. Kako tlak pada, rashladno sredstvo počinje isparavati u ventilu, a toplina isparavanja uzima se iz samog rashladnog sredstva što uzrokuje pad njegove temperature, a rezultat je niskotemperaturna, niskotlačna mješavina tekućine i pare. (Technology Collaboration Programme, n.d.)

2.2. Povijesni razvoj

Iako su toplinske pumpe tek nedavno zaživjele u komercijalnoj uporabi, njihova povijest seže daleko još od 1700.ih godina. Prvi pisani trag vodi do škotskog profesora Williama Cullena, koji je 1748. godine dizajnirao mali rashladni stroj koji je koristio pumpu kojom je stvarao vakum preko etil etera, što je dovelo do prokuhavanja etera i apsorpcije topline iz okolnog zraka. To se smatra začetkom ideje toplinske pumpe, koju je kasnije, 1852. godine razvio lord Kelvin, irsko-škotski fizičar i inženjer. On je izgradio prvi poznati sustav toplinskih crpki. (The renewable Energy Hub)

Robert C. Webber zaslužan je za razvoj prve toplinske pumpe kojoj je izvor tlo. Slučajno je opekao ruku kada je dodirnuo izlaznu cijev zamrzivača, pa ga je zanimalo da li je moguće obrnuti mehaniku. Spojio je izlazne cijevi iz zamrzivača na grijač tople vode i budući da je zamrzivač proizvodio stalni višak topline, spojio je zagrijanu vodu na cjevovodnu petlju. Zatim je malim ventilatorom potaknuo topli zrak u dom. Nakon toga izgradio je toplinsku pumpu koja je uspješno zagrijavala cijeli njegov dom. Koristio je bakrene cijevi zakopane u zemlju kroz koju je tekao plin Freon kako bi prikupio topline tla. (The renewable Energy Hub)

Slika 5. Prva toplinska pumpa Robert C. Webber



Izvor: (The renewable Energy Hub), preuzeto 21.05.2021

Nakon skoro stotinu godina od tog otkrića, prva komercijalna uporaba toplinske pumpe zabilježena je 1946. Godine u Portlandu, u zgradi Commonwealtha. Iako počeci razvoja sežu u daleku povijest, toplinske pumpe kao komercijalna tehnologija započinju u Švedskoj 1973. godine kada je Thermia proizvela svoju prvu komercijalnu toplinsku pumpu koja je imala spremnik sa toplom vodom. "Danas u Švedskoj 90% toplinskih sustava čine toplinske pumpe." (Barišić, 2013)

"Iskustvo tehnologije dizalice topline na području RH potječe još iz vremena bivše Jugoslavije gdje je 80-ih godina prošlog stoljeća u velikom poznatom turističkom kompleksu Babin Kuk u Dubrovniku ugrađen sistem dizalica topline voda-more od 6 MW koji je tada bio jedan od najvećih na svijetu." (Tolić, 2014)

U hrvatskoj su toplinske pumpe još uvijek zastupljene u malom broju. 2013. godine osječanin Velimir Despot, proizveo je vlastitu toplinsku pumpu. Za cijenu od 16.000,00 kn bez PDV-a uspio je prizvesti toplinsku pumpu koja učinkovito zagrijava i hladi prostor od 150 m². „Nakon objave u novinama, obitelj Despot počela je zaprimati narudžbe za izradu pumpi, te se kroz poduzeće Feniks i dalje bave proizvodnjom toplinskih pumpi.“ (Barišić, 2013)

Danas je tržište toplinskih pumpi zastupljeno jednako kao i ostali modeli grijanja. Obnovljivi izvori energije su sve više traženi, i tu su toplinske pumpe najprihvatljivije rješenje za sve koji žele ekološki prihvatljivo energetska rješenje. Kao i u ostalim tehnološkim rješenjima, tehnologija

ovdje napreduje dosta brzo. Stvaraju se novi modeli, jače pumpe koje mogu zagrijavati i veće prostore, te time dovode više potencijalnih kupaca.

U ostalim zemljama EU toplinske pumpe su puno učestalije. Kako je vidljivo u tablicama 1. i 2., Italija prednjači u ugradnji zračnih toplinskih pumpi na zrak dok je Švedska imala najveći broj ugrađenih zemnih toplinskih pumpi u 2018. i 2019. godini. Najveći skok između 2018. i 2019. godine zabilježila je Francuska, koja je 2019.godine imala rast od 73% u odnosu na 2018.godinu zahvaljujući visokim državnim poticajima. Prema ukupnom broju prodanih jedinica zračnih toplinskih pumpi zabilježen je rast od 11,2% 2019.godine u odnosu na 2018. godinu što je zadovoljavajući postotak i dokaz da su korisnici sve više ekološki osvješteni pri odabiru načina grijanja. (Eurobserv"er, 2020)

Tablica 1. Tržište zračnih toplinskih pumpi 2018. i 2019.g. (broj prodanih komada)

	2018.		2019.	
	Zračne toplinske pumpe	Od toga toplinska pumpa na zrak-zrak	Zračne toplinske pumpe	Od toga toplinska pumpa na zrak-zrak
Italija	1 550 000	1 507 000	1 611 560	1 567 280
Francuska	591 700	498 120	815 400	646 870
Španjolska	480 285	454 595	446 926	411 677
Nizozemska	106 267	76 933	153 578	120 761
Belgija	71 069	64 041	103 058	94 380
Švedska	103 672	75 000	97 380	70 000
Finska	67 621	59 395	85 378	79 033
Njemačka	76 720	0	83 270	0
Portugal	60 948	60 308	74 827	74 335
Malta	62 881	62 881	71 933	71 933
Danska	47 508	39 488	57 998	48 640
Slovačka	34 944	31 149	48 593	45 640
Poljska	19 905	9 265	31 314	11 018
Češka	24 542	7 500	29 130	7 500
Austrija	15 157	0	18 175	0
Estonija	15 010	13 700	15 010	13 700
Irska	4 457	0	14 038	6 533
Slovenija	3 200	0	3 200	0
Mađarska	2 850	2 850	2 850	2 850
Litva	3 466	1 911	679	610
Luxemburg	206	0	206	0
Grčka	140	140	133	133
Total EU 27	3 342 548	2 964 276	3 764 636	3 273 106

Izvor: Izrada autora na temelju podataka sa eurostata (Eurobserv"er, 2020)

Tablica 1. Tržište geotermalnih toplinskih pumpi 2018. i 2019. godine (broj prodanih komada)

	2018	2019	%
Švedska	24 162	25 343	4,66
Njemačka	21 137	19 000	-11,24
Nizozemska	6 504	12 112	46,30
Finska	7 995	8 988	11,04
Poljska	5 831	6 710	13,09
Austrija	5 513	4 699	-17,32
Francuska	3 080	3 300	6,66
Ujedinjeno Kraljevstvo	2 310	3 026	23,66
Belgija	1 872	2 595	27,86
(Eurobserv"er, 2020)Danska	2 310	2 251	-2,62
Estonija	1 750	1 750	0
Češka	1 647	1 417	-16,23
Italija	775	753	-2,92
Grčka	n.a.	571	/
Mađarska	300	335	10,44
Irska	291	316	7,91
Španjolska	219	198	-10,60
Slovačka	332	149	-122,81
Luksemburg	89	89	0
Litva	615	43	-1330,23
Portugal	47	28	-67,85
Slovenija	0	0	0
TOTAL EU 28	86 779	93 673	7,35
TOTAL EU 27 (nakon 31. siječnja 2020)	84 469	90 647	6,81

Izvor: izrada autora prema podacima sa EurObservER, članak Heat pumps Barometer (Eurobserv"er, 2020)

Najveći rast prodaje geotermalnih toplinskih pumpi zabilježen je u Nizozemskoj, gdje je 2019. godine rast prodaje od 53,7% u odnosu na 2018. godinu. Rast je velik zahvaljujući državnim poticajima za koje je osigurano 100 milijuna eura godišnje te je poticaj iznosio između 1.100,00 i 2.500,00 eura i povećavao se još ovisno o jačini i energetske oznaki toplinske pumpe.

„Podaci s talijanskog, francuskog, španjolskog i portugalskog tržišta zračne toplinske pumpe nisu izravno usporedivi s drugima, jer uključuju toplinske pumpe čija je glavna funkcija hlađenje.“ (Euroserv"er, 2020)

2.3. Tehničke karakteristike i način rada

Tehničke karakteristike toplinskih pumpi razlikuju se ovisno o modelu. U tablici 3. prikazani su tehnički podaci toplinske pumpe Viessmann Vitocal 222 G koja je korištena u obiteljskoj kući čija je ugradnja opisana u točki 3. U tablici treba obratiti pozornost na zadnji stupac jer je tip 221.A10 ugrađen u obiteljsku kuću. Najvažniji podatak u tablici je učinski koeficijent odnosno COP te je vidljivo da on iznosi 4.3 pri rasponu temperature od 5 K dok za raspon temperature od 10 K on iznosi 4.6. Dalje su prikazani podaci za protočni grijač tople vode, električne vrijednosti same pumpe, krug hlađenja te kapacitet spremnika tople vode od 170 litara.

Tablica 2. Tehničke karakteristike toplinske pumpe Vitocal 222 G

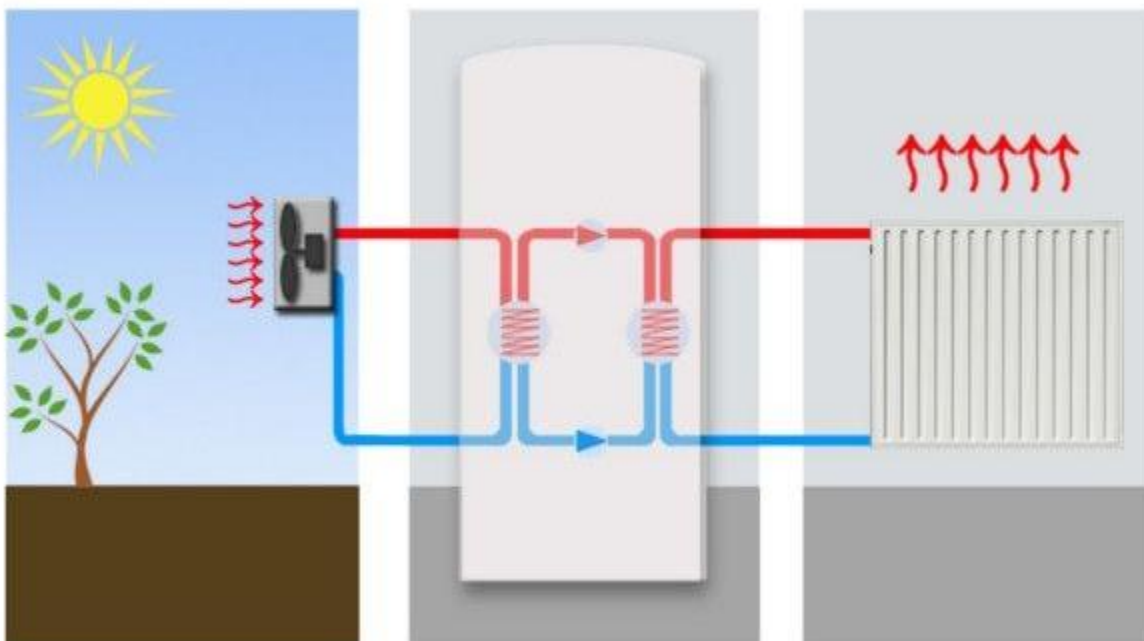
Tip BWT-M	221.A06	221.A08	221.A10
Krug hlađenja Rashladni medij Količina punjenja	R410A 1,8	R410A 1,8	R410A 2,05
Podaci o ogrijevnom učinku pri rasponu temp od 5K Elektr. Primljena snaga Učinski koeficijent (COP)	kW 1,4 4,2	1,87 4,2	2,35 4,3
Podaci o ogrijevnom učinku pri rasponu temp od 10 kW Elektr. Primljena snaga Učinski koeficijent (COP)	kW 1,36 4,5	1,77 4,5	2,23 4,6
Integrirani spremnik Volumen Max.dozvoljena temp. pitke vode	l 170 95	170 95	170 95
Dimenzije Ukupna duljina Ukupna širina Ukupna visina	mm 680 600 1829	680 600 1829	680 600 1829
Ukupna težina	kg 250	250	256
Primarni krug (rasolina) Volumen Max. temp. polaznog voda Min. temp. polaznog voda	l 3,3 15 -5	3,3 15 -5	3,9 15 -5
Sekundarni krug (ogrijevna voda) Volumen ukupni	l 1		

Max. temp. polaznog voda	°C	18,5	18,7	19,0
		60	60	60
Električne vrijednosti toplinske pumpe				
Nazivna struja kompresora	A	5,5	6,0	8,0
Pobudna struja kompresora	A	25	14,0	20,0

Izvor: Izrada autora na temelju podataka sa službene stranice Viessmann (Viessmann)

Način rada toplinskih pumpi ovisi o vrsti toplinske pumpe. U slikama ispod prikazani su principi rada zračne i geotermalne pumpe

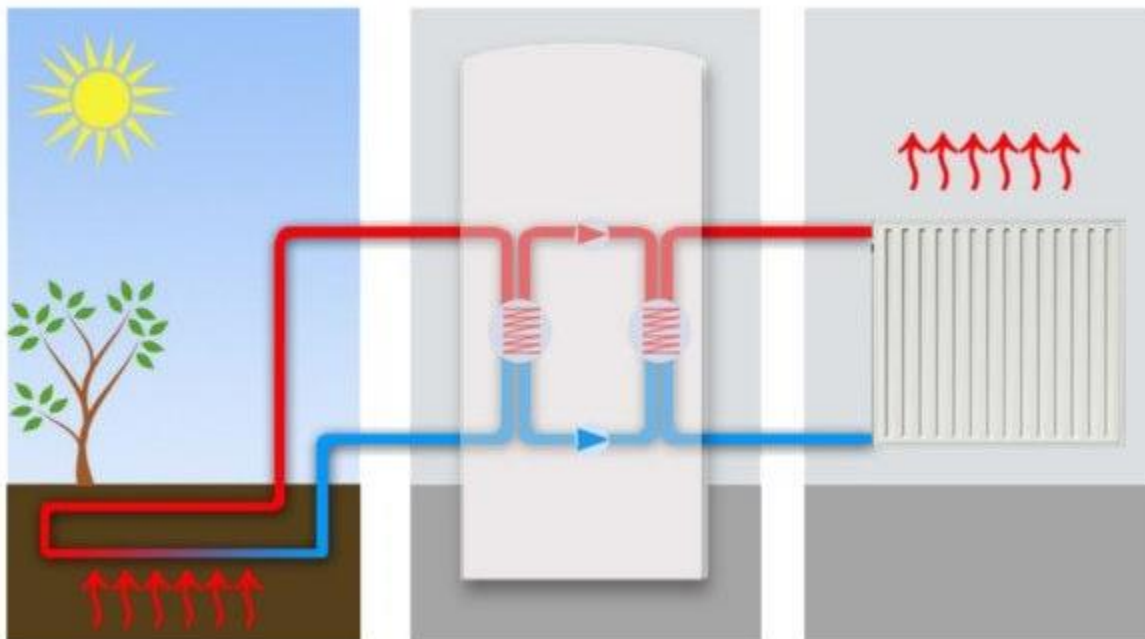
Slika 6. Princip rada zračne pumpe



Izvor: (Elimea , 2020), preuzeto 03.05.2021

Zračna pumpa, odnosno pumpa zrak/voda funkcionira na način da izvan objekta ima usisni ventilator koji usisava vanjski zrak koji putem izmjenjivača topline predaje zrak na radnu tvar pumpe, te se ta toplina provodi u prostor kao grijanje. Mali nedostatak je estetski veliki vanjski ventilator koji ne može biti zatvoren te je time vidljiv. Isto tako, ventilator se pokreće prema potrebi i nije nečujan. Zato je pozitivna strana da unutar objekta nema zvukova pokretanja pumpe. Ova pumpa je dugo bila ograničena postavljanjem u područjima gdje vanjske temperature ne idu u minus te su približno konstantne, ali razvojem tehnologije i to se promijenilo te se sada koristi i u područjima sa hladnijom klimom. (Michael Gartman, 2020)

Slika 7. Princip rada geotermalne pumpe (izvor energije tlo)

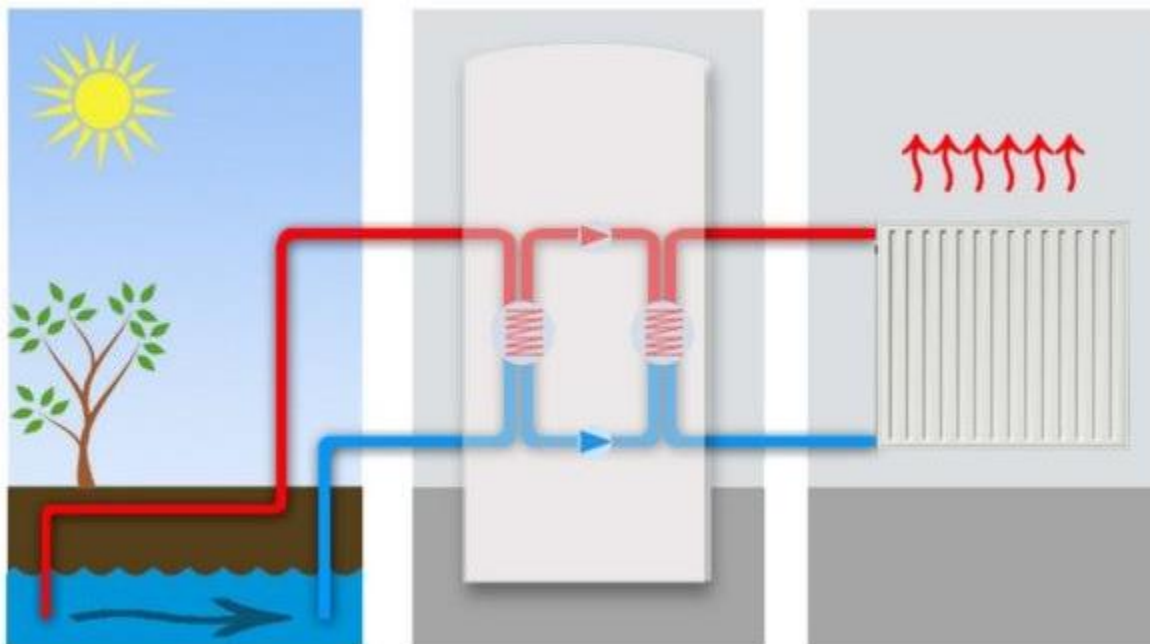


Izvor: (Elimea , 2020), preuzeto 03.05.2021

Ovaj sustav grijanja detaljno je objašnjen u ovom diplomskom radu na primjeru obiteljske kuće. Zemni kolektori posavljani u zemlji crpe toplinu zemlje koja je konstantna na određenoj dubini, te ju provode do toplinske pumpe koja ju još dogrijava te provodi u obliku grijanja. Za ovaj sustav potrebno je imati prostor na koji se mogu ukopati zemni kolektori ili se u područjima sa dovoljnom količinom podzemnih voda koriste duboki bunari te se isti princip odvija putem vode (prikaz na slici 8.). Ovdje nema vanjskih utjecaja, temperatura zemlje je konstantna (8-12 °C) te je time ovaj model namjenjen većem broju kupaca.

Prilikom polaganja kolektora treba paziti i na vrstu tla kako bi se odredila dubina polaganja cijevi da se dobije željena temperatura zemlje. Isto tako potreban je razmak između cijevi, ne smiju se doticati te time ovaj oblik toplinske pumpe zahtijeva veliku površinu za polaganje kolektora. Idealno je kad bi imali mogućnost imati nekih 80 cm razmaka između cijevi.

Slika 8. Princip rada geotermalne pumpe (izvor energije podzemne vode)



Izvor: (Elimea , 2020) preuzeto 03.05.2021

2.4. Vrste toplinskih pumpi

Razvojem tehnologije i sve većom potrebom za korištenjem obnovljivih izvora energije, javljaju se i različite vrste toplinskih pumpi za grijanje i hlađenje, ali najjednostavnije ih možemo podijeliti obzirom na izvor koji koriste:

- zračne
- geotermalne

2.4.1. Zračne toplinske pumpe

Zračne pumpe koriste okolni zrak kao izvor energije. Pri odabiru ove pumpe potrebno je vidjeti koje su temperaturne razlike zimi i ljeti, te se više preporučuje za područja koja nemaju preniske temperature u zimskim mjesecima. Zračna toplinska pumpa ujedno je i cjenovno najpristupačniji model te se i najbrže ugrađuje. Budući da se temperatura zraka mijenja znatno i tijekom jednog dana, ove pumpe se smatraju manje učinkovitim i potrebno im je više snage kako bi se uspješno

prilagođavale stalnim promjenama temperature zraka. Unatoč tome, zračne pumpe imaju veliku učinkovitost. Prosječna temperatura na kojoj zračne pumpe učinkovito funkcioniraju je -15°C , a maksimalna donja granica na kojoj može funkcionirati je -28°C .

„Neke od prednosti zračne pumpe u odnosu na geotermalnu su:

- jeftinije su od drugih toplinskih pumpi,
- jednostavna ugradnja – mogu se instalirati čak i u stanovima,
- energetska efikasnost je znatno veća nego kod uobičajenih načina grijanja koji koriste za okoliš štetne, neobnovljive izvore energije,
- moguće je i grijanje i hlađenje,
- zrak koji koriste je sveprisutan,
- omogućava veliku financijsku uštedu, te brzo opravdava odnos uloženo – dobiveno,
- troši do 75% manje električne energije,
- ove pumpe imaju malo pokretnih dijelova što ih čini izuzetno zahvalnim za održavanje,
- troškovi održavanja su niski,
- ne koristi zapaljive i toksične tvari u svrhu grijanja,
- koristi se i za grijanje vode, te je kod određenih modela moguće i grijanje bazena,
- zračne toplinske pumpe su kompaktne i ne zahtijevaju nikakve spremnike za gorivo,
- ekološki su iznimno prihvatljive – mogu smanjiti ispuštanje ugljičnog dioksida i za 5 tona godišnje,
- odabirom kvalitetne toplinske pumpe biramo uređaj koji će trajati preko 20 godina.“
(Graditeljstvo, n.d.)

2.4.2. Geotermalne toplinske pumpe

Geotermalne toplinske pumpe su one koje koriste temperaturu iz tla kao energiju, što je prikazano na slikama 7. i 8. Za razliku od zračne pumpe gdje se temperatura zraka konstantno mijenja, temperatura tla je konstantna tijekom cijele godine i iznosi u prosjeku između $+8^{\circ}\text{C}$ i $+12^{\circ}\text{C}$. Na dubinu tla do 10 m utječe temperatura zraka, onda temperatura opada do 50 m dubine, te na razini od 50-100 m temperatura tla ponovno raste i na dubini od 100 m temperatura u prosjeku iznosi 15°C .

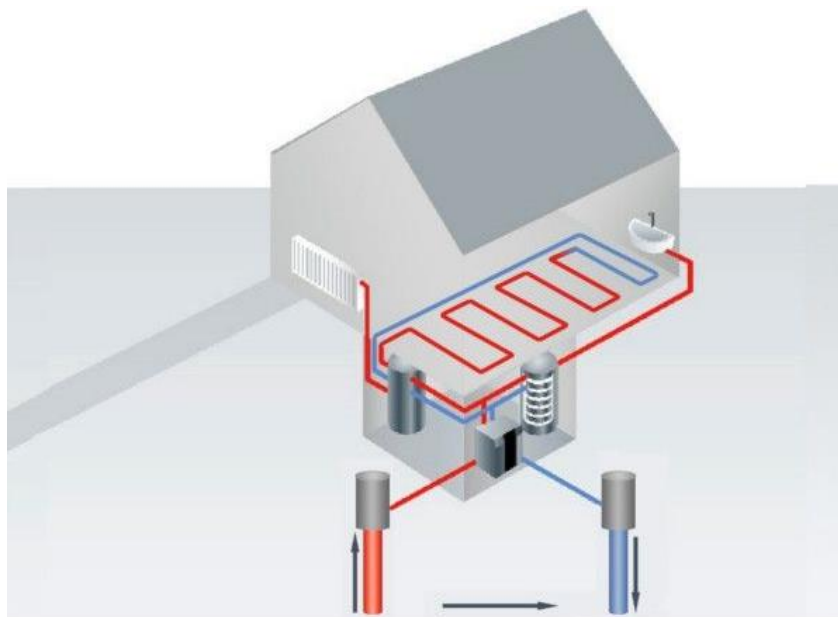
Postoje dvije mogućnosti kod ugradnje geotermalnih pumpi – mogu se postaviti podzemni kolektori na dubinu tla između 1,2 m- 1,8 m, ili se mogu koristiti dubinske sonde u područjima na dubini između 80-200 m ispod tla.

Korištenje podzemnih kolektora kao sredstvo energije je najučinkovitije rješenje grijanja velikih površina jer ima mogućnost zagrijavanja do $+60^{\circ}\text{C}$. Cijevi se mogu polagati na različite načine, ovisno o veličini površine na koju se postavljaju, pa tako imamo vodoravno, kanalno i spiralno polaganje cijevi.

Podzemne vode, kao i tlo, imaju konstantnu temperaturu između $8-12^{\circ}\text{C}$. sustav koji koristi podzemne vode kao sredstvo energije sastoji se od dvije bušotine, odnosno upojnog i usisnog bunara. Usisni bunar crpi dostupnu vodu, crpi njenu energiju tijekom transporta kroz cijevi toplinske pumpe i vraća ju pothlađenu nazad u upojni bunar, što je prikazano na slici 9.

„Usisni bunar ne bi trebao biti dubine veće od 20 m jer s većom dubinom rastu troškovi el. energije za pogon dubinske pumpe. Voda koja se odvodi u upojni bunar temperature je $5 -7^{\circ}\text{C}$ tj. niže je vrijednosti. Kako zbog ovog ne bi došlo do pada temperature na usisu bunare je potrebno razmaknuti na što veću udaljenost ali ne manju od 10 m.” (MC Solar, n.d.)

Slika 9. Udaljenost bušotina kod geotermalne pumpe (izvor energije podzemne vode)



Izvor: (Elimea , 2020), preuzeto 03.05.2021

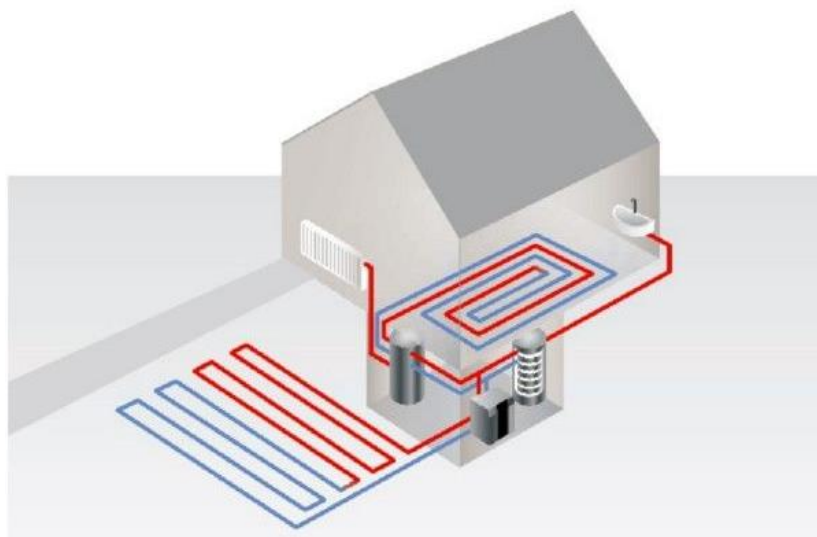
Bušenje zemlje radi polaganja cijevi za crpljenje podzemnih voda je cjenovno najpovoljnija opcija no zbog kako takva izvedba traži relativno veliki protok vode (cca 3 kubika na sat ovisno o snazi same pumpe) najrjeđe se koristi u praksi. Svakom dodatnom cijevi temperatura se može povećati za 1 stupanj te se tako može postići veća efikasnost nego što to imaju podzemni kolektori.

Crpni bunar mora biti izdašno dimenzioniran radi mogućnosti neprekidnog rada dizalice topline, a razmak između crpnog i ponornog bunara mora biti minimalno 10 m te je obavezno postaviti ponorni bunar nizvodno od crpnog da bi se izbjegao negativan efekt miješanja ponorne vode s crpnom čime se mijenja temperatura vode u crpnom bunaru što može imati negativne posljedice na okoliš i efikasnost sustava dizalice topline. (Tremac, 2016)

Glavni nedostaci geotermalnih toplinskih pumpi su cijena i kompleksnost izvedbe. Na primjer, za izvedbu geotermalne pumpe sa podzemnim kolektorom, potreban omjer grijane površine i površine za postavljanje kolektora iznosi 1:2.5, što bi značilo da za 100 m² grijanog prostora trebamo 250 m² površine sa podzemnim kolektorima (slika 10.). (Elimea , 2020)

Podzemnim kolektorima cijenu još povećava i ispitivanje kvalitete tla, koja također može utjecati na količinu energije koju nam tlo pruža.

Slika 10. Primjer podzemnog kolektora za geotermalnu pumpu



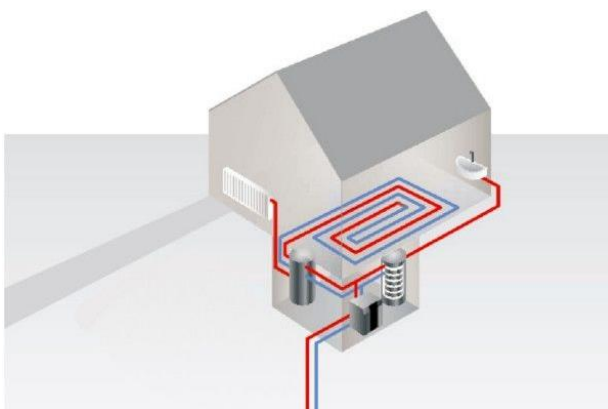
Izvor: (Elimea , 2020), preuzeto 11.05.2021

Na slici 11. prikazano je rješenje za toplinsku pumpu kod malih okućnica. Rješenje za takve prostore je dubinska sonda. Postoje dva načina ugradnje sonde. Prva opcija je da se u tlo rade

bušotine na dubini 100-200 m, u to se polažu cijevi koje se na površini zaliju žitkim betonom. Ako nema mogućnosti da se buši do navedene dubine, rade se više manjih bušotina (20-50 m) tako da ukupna duljina opet čini 100-200 m sonde.

Troškovi su veliki, oko 50.000,00 kn za 3 x 100 metara dubinske sonde što osigurava 15 do 18 kW za potrebe grijanja i pripreme tople vode obiteljske kuće od 250 do 400 m², a prema građevinskim standardima po pitanju izolacije. Zakon o poticajima je pred izglasavanjem no, nakon toga vaš je izvor topline na raspolaganju narednih 100 godina, za dvije generacije. Mjesečna rata za el. energiju ne bi smjela biti viša od 700 kuna za cijelo domaćinstvo (struja, grijanje toplinskom pumpom i topla voda). Računica je jasna. Investicija se u potpunosti isplati u roku od 10 godina. (MC Solar, n.d.)

Slika 11. Primjer geotermalne pumpe sa dubinskom sondom



Izvor: (Elimea , 2020), preuzeto 11.05.2021

2.5. Toplinske pumpe kao obnovljiv izvor energije

Obnovljivim izvorom energije smatraju se oni izvori koji se sami obnavljaju, te se stalnim korištenjem ne mogu iscrpiti. Osim već poznatih tradicionalnih obnovljivih izvora kao što su sunce, vjetar, voda i biomasa, geotermalna energija se smatra novijim oblikom obnovljivih izvora. Najveća prednost geotermalne energije je to da je čista, ne stvara štetne emisije za okolinu, sigurna je za uporabu i predstavlja veliki potencijal.

Toplinske pumpe osim što su učinkovite i donose uštedu novaca pri korištenju toplinskog sustava, ekološki su prihvatljive te ne zagađuju okoliš. Ekološki čist način grijanja sve je prihvatljiviji i zastupljeniji. Potrebno je samo znati na kojoj dubini je temperature tla najidealnija za željene rezultate. Kao što je na slici ispod prikazano, zemljina unutrašnjost jako je zagrijana, čak 4.000 °C

na dubini od 4.000 km. No, do te dubine je skoro nemoguće doći, pa je za toplinsku pumpu dovoljna dubina od 1,5 do 2 m gdje je temperature zemlje 3-10 °C za suho tlo, a kod vlažnog tla ta se temperature diže za nekoliko stupnjeva. Važno je napomenuti da temperature tla na toj dubini nije ovisna o klimatskim uvjetima na tlu i sunčevu zračenju.

Slika 12. Temperaturna raspodjela unutar zemlje



Izvor: (EKO.ZAGREB.HR, n.d.), preuzeto 02.07.2021

Nisu sva područja pogodna za iskorištavanje geotermalne energije. Tako u hrvatskoj, samo u sjevernom dijelu države postoji potencijal jer je temperaturni gradijent oko 50 °C ovisno o lokaciji.

”Na temelju podatka iz stvarnih bušotina (INA ih napravila oko 50) na dubinama od par km poznato je da potencijalni izvori imaju temperature vode od 40 do 170 °C. Prema tome se procjenjuje da je ukupni potencijal za proizvodnju električne energije skoro 50 MWe i direktno korištenje preko 800 MWt. Uz pretpostavku o faktoru opterećenja za proizvodnju električne energije od 80% to predstavlja potencijal za 0,35 TWh godišnje. Za direktno korištenje to je potencijal od oko 7 TJ godišnje.” (EKO.ZAGREB.HR, n.d.)

Svaka od europskih država ima različit razvoj tržišta toplinskih pumpi (slika 13.). Neke države tek počinju sa uvođenjem ovog proizvoda na tržište, a neke su već u fazi održivog rasta. Što je više toplinskih pumpi u uporabi, znači da se smanjuje broj onečišćivača okoliša te se zbog toga ovaj sustav potiče na rast i putem državnih subvencija. Tim putem razne europske zemlje pridonose praćenju zahtjeva tržišta.

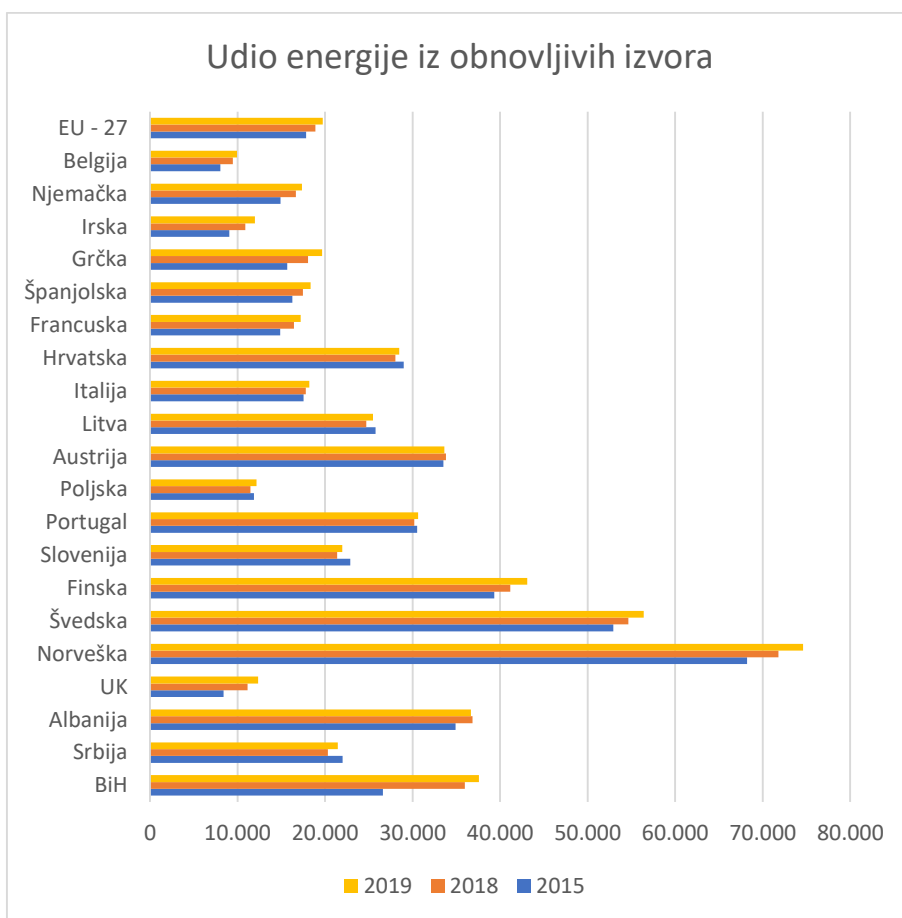
Slika 13. Put održivog i stabilnog rasta u korištenju toplinskih pumpi



Izvor: (EPHA, n.d.),preuzeto 06.07.2021

”Oko 75% energije koja se koristi je obnovljiva, dok 25% energije generiraju drugi izvori (u 99% to je električna energija). Ako se električna energija generira iz obnovljivih izvora (PV, vjetar, hidroelektrane), tada je dizalica topline 100% obnovljiva i CO₂-neutralna. Oni doprinose godišnjem smanjenju emisija CO₂ od 9,16 milijuna tona u EU. Prema IEA, dizalice topline mogu uštedjeti 50% emisije CO₂ u građevinskom sektoru i 5% industrijskog sektora. To znači da bi se pomoću dizalica topline mogle uštedjeti 1,8 milijardi tona CO₂ godišnje.” (EPHA, n.d.)

Slika 14. Energija korištena za grijanje i hlađenje dobivena iz obnovljivih izvora 2015., 2018. i 2019. godine.



Izvor: izrada autora na temelju podataka sa eurostata [Eurostat - Data Explorer \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat)

Na slici 14. prikazan je utrošak energije dobiven iz obnovljivih izvora za grijanje i hlađenje u zemljama EU 27. Prema podacima eurostata, 21,1% ukupne potrošnje energije za grijanje i hlađenje došlo je iz obnovljivih izvora. U podacima su uključene i aerotermalne, geotermalne i hidrotermalne toplinske pumpe prema podacima koji su dobiveni iz državnih zavoda za svaku pojedinu zemlju.

Poticaj države za ugradnju toplinske pumpe provodi se putem novčane subvencije. Zadnja subvencija raspisana je 2021. godine za ugradnju toplinske pumpe u obiteljska kućanstva, za vlastitu uporabu. Poticaji su smanjeni u odnosu na 2020. godinu te više ne ovise o lokaciji kuće i

njezinom energetsom razredu. Novčani iznos sufinanciranja po javnom pozivu je maksimalno 29.250,00 kn. Ukoliko se traži poticaj za dvije mjere, od kojih je barem jedna na vanjskoj ovojnici kuće, onda je stopa sufinanciranja investicije 60%. (Energetska obnova, n.d.)

3. Cost benefit analiza na primjeru grijanja jednog kućanstva

U radu je prikazana cost benefit analiza obiteljske kuće u Zagrebu, netto površine 180 m². Kuća je sagrađena 2013. godine od porobetona, odnosno ytong ploča debljine 30cm, te je prve godine za sustav grijanja korišten kamin. Budući da je kuća od početka zamišljena kao niskoenergetska, sljedeća investicija bila je ugradnja toplinske pumpe.

Nakon odluke o investiciji u toplinsku pumpu prvi korak je odabir same pumpe a velika okućnica nije ograničavala izbor same pumpe. Zbog većeg COP-a i same stabilnosti kompletnog sustava odabrana je geotermalna toplinsku pumpu. Da se danas bira toplinska pumpa i zračna bi svakako bila mogući izbor jer su u međuvremenu dosta unaprijeđene, te imaju približan COP kao i geotermalne, dok su cijenom prihvatljivije. Kako je postojao bunar sa vodom prva namjera je bila instalirati toplinsku pumpu koja bi kao izvor energije koristila vodu. S obzirom na projektiranu snagu pumpe, za takvu pumpu trebao bi bunar sa stalnim protokom vode od 2.3 m³/h, što nije bilo moguće garantirati, jer podzemne vode jako variraju sa razinom vode.

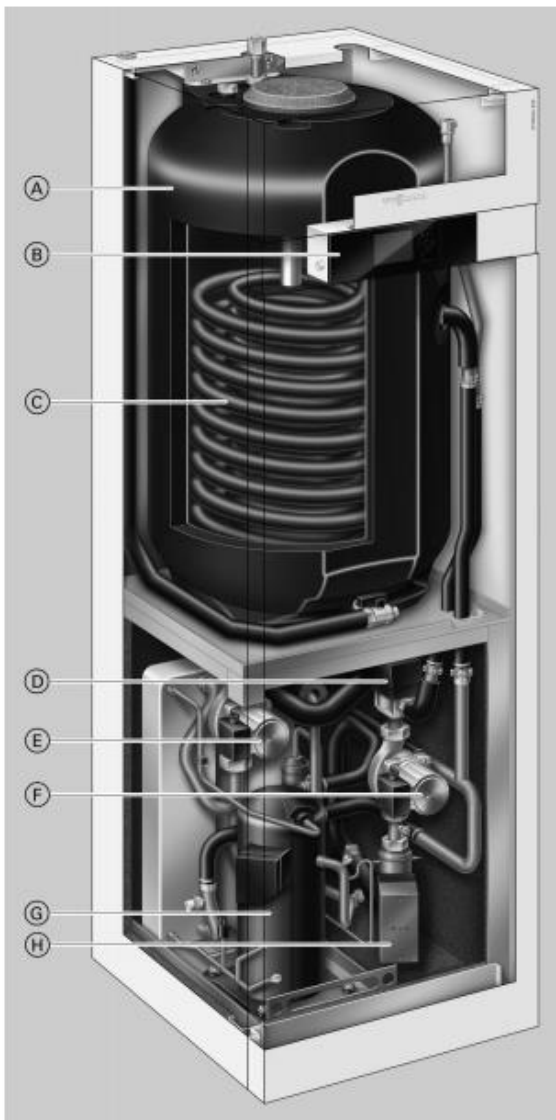
Na kraju je odabrana geotermalna pumpa sa podzemnim kolektorima, Viessmann Vitocal 222-G (slika 15.) model. Toplinska pumpa dolazi sa integriranim 170 litarskim spremnikom tople vode, cirkulacijskim crpkama krugova rasoline (primarni) i grijanja (sekundarni) kao i 3-putnim preklopnim ventilom. Toplinska pumpa crpi toplinu iz zemljanog kolektora koji se sastoji od sustava ukopanih cijevi ispunjenih mješavinom vode i glikola (radi boljeg provođenja topline). Tako dobivena toplinska energija se dovodi do toplinske pumpe i koristi za nisko-energetsko grijanje i grijanje tople vode. Maksimalna temperatura polaznog voda može biti 60 °C, a ogrjevni učinak toplinske pumpe biran je na minimalnoj ulaznoj temperaturi rasoline 0 °C i iznosi 10 kW. Važno je napomenuti da se sama snaga toplinske pumpe računa s obzirom na površinu objekta kojeg želite grijati uz toplinske gubitke. Budući da opisana kuća spada u energetske razred A projektirana snage toplinske pumpe za zadanu kvadraturu iznosi 8,4 Kw, no radi faktora sigurnosti ide na prvi viši razred i on u ovom slučaju iznosi 9,6 Kw uz COP od 4,6. Polazna temperatura sekundarnog kruga odnosno kruga podnog grijanja iznosi 40°C. U praksi ta polazna temperatura je ovisna o kutu krivulje grijanja i vanjskoj temperaturi te se taj programira na licu mjesta. U praksi to znači da biste u kući imali željenu temperaturu od cca 23 °C pri vanjskoj temperaturi – 10 °C

temperatura kruga podnog grijanja iznosi cca 35 °C. Što je vanjska temperatura veća polaz kruga podnog grijanja je manji i pri 0 ° C iznosi cca 28 °C.

Slika 15. Unutrašnjost toplinske pumpe Viessmann Vitocal 222-G

Vitocal 222-G, tip BWT 221.A06 do A10

6.1 Opis proizvoda



- (A) Spremnik PTV-a s volumenom od 170 litara
- (B) Digitalna regulacija toplinske crpke Vitotronic 200 vođena vremenskim prilikama
- (C) Izmjenjivač topline za zagrijavanje spremnika PTV-a
- (D) 3-putni preklopni ventil »grijanje/zagrijavanje pitke vode«
- (E) Primarna crpka (rasolina)
- (F) Sekundarna crpka (ogrjevna voda)
- (G) Hermetički kompresor Compliant Scroll
- (H) Protočni grijač ogrjevne vode

Izvor: (Viessmann) ,preuzeto 17.06.2021

Na 15. prikazana je toplinska pumpa Viessmann Vitocal 222-G. Jednostavnog je i elegantnog izgleda, tihog načina rada, ne zauzima previše prostora te se može uskladiti kako bi privlačila manje pažnje ukoliko je u nekoj otvorenoj prostoriji. Također, vrlo je jednostavna za rukovanje, sa preglednim grafičkim prikazima. Na slici 15. vidi se unutrašnjost pumpe, odnosno njezine glavne komponente. Uz spremnik vode od 170 litara, može komotno opskrbiti peteročlanu obitelj dovoljnom količinom potrebne tople vode.

Kako prvu zimu još nisu bili ugrađeni zemni kolektori, toplinska pumpa je radila isključivo na struju što znači da njen COP nije imao nikakvog utjecaja te je samim time trošila i znatno više struje jer je radila isključivo preko grijača. U periodu od 01.11.2017 do 01.04.2018 sveukupna potrošnja električne energije toplinske pumpe bila je 8300 kW što nam daje prosječnu mjesečnu potrošnju od cca 1660 kW.

Kako su tokom noći temperature dosta niže nego preko dana velika većina potrošnje (cca 2/3) se odnosi na noćni tarifni model koji je dosta jeftiniji nego dnevni što donosi velike uštede u samoj cijeni struje koju plaćate.

Iduće jeseni ugrađeni su zemni kolektori (slika 16.) što je relativno velik zahvat, ali ni približno kompliciran kako to ljudi često zamišljaju. S obzirom na snagu toplinske pumpe od 9,6 kW proračunom je izračunata potrebna površina za polaganje zemnih kolektora i ona iznosi 350 m². Kako oko kuće postoji i više nego dovoljno prostora za takav iskop u dvorištu, dogovoreno je da se ta površina iskopa još malo poveća kako bi se što bolje iskoristila energija tla. Na taj način je na većoj površini (cca 450 m²) dodan još jedan krug cijevi i time su omogućene maksimalne performanse toplinske pumpe i za vrijeme ekstremno dugih hladnih zimskih dana. Odabrane su cijevi PE promjera 32 mm koje su međusobno udaljene 80 cm te su podijeljene u 6 jednakih krugova. Svaki od tih 6 krugova je imao 90 m duljine. Dubina na kojoj su te cijevi polagale iznosila je 180 cm. Cijevi su ispunjene vodom koja je pomiješana sa koncentracijom glikola kako bi se toplina tla lakše i brže akumulirala te kako bi se omogućilo strujanje sustava i pri temperaturama ispod 0 °C Najveći posao kod polaganja zemnih kolektora je sami iskop dok je montaža cijevi i njihovo spajanje sa razdjelnikom koji se nalazi u sabirnom šahtu identično kao i kod polaganja cijevi podnog grijanja. Dakle, tu nema nikakvih specijalnih tehnologija koje se moraju koristiti prilikom montaže i što je najbitnije od svega sustav je poprilično primitivan, te se na taj način zapravo niti nema što pokvariti. Prije puštanja u pogon ispita se tlak u cijevima da budete sigurni

da su svi spojevi dobro zavareni te da neće doći do curenja glikola u tlo i sve je spremno za zatrpavanje zemljom i puštanje u pogon. Kad je jednom sustav testiran i pušten u pogon nema dalje potrebe za servisima niti bilo kakvim intervencijama, takav je spreman za uporabu tokom cijelog niza godina.

U periodu od 01.11.2018 do 01.04.2019 godine toplinska pumpa je radila uz pomoć zemnih kolektora i tu su se odmah vidjele velike razlike u potrošnji struje. Dakle u tom periodu je potrošeno sveukupno 1770 kW struje što nam daje mjesečnu potrošnju od cca 354 kW (isto 2/3 potrošnje otpada na jeftinu noćnu struju). Iz svega ovog se vidi direktni učinak toplinske pumpe na potrošnju električne energije te da je smanjuje za nekih 4 puta ovisno o samom COP-u toplinske pumpe.

Slika 16. Postavljanje zemnih kolektora za geotermalnu pumpu



Izvor: Pavlović, M., privatna galerija slika (preuzeto 17.06.2021)

Važno je također za napomenuti da u trenutku izračuna ove potrošnje kuća nije imala fasadu. Nakon što je napravljena fasada od 20 cm debele Weberove mineralne vune, izolacija je dodatno poboljšana te su se troškovi grijanja dodatno smanjili.

3.1. Investicije i njihova struktura

Krajem 2013. godine, kada je toplinska pumpa ugrađena, cijena samog uređaja bila je 63.280,00 kn. Dodaci koji su potrebni da bi pumpa radila optimalno, poput hidraulične skretnice, cirkulacijske pumpe i dr., iznosili su dodatnih 6.500,00 kn. Ugradnja i pokretanje obavljeno je za 5.000,00 kn, što zajedno donosi iznos od 74.780,00 kn za toplinsku pumpu. Budući da je tu godinu za pokretanje toplinske pumpe korištena samo struja, troškovi su grijanja su bili iznimno visoki, prosječno 1.600,00 kn mjesečno (tijekom ljetnih mjeseci prosječan trošak struje bio je oko 650,00 kn a u zimskim mjesecima 1.800,00 kn). U ljeto 2016.godine iskopana je površina od 450 m² zemlje u dvorištu te su postavljeni kolektori napunjeni glikolom. Ugradnja kolektora je iznosila još dodatnih 25.000,00 kn, od čega su sami kolektori 13.800,00 kn, a radovi iskopa zemlje 10.000,00 kn. Također, među vanjskim troškovima nalazi se i šaht, koji je kupljen u Betonu Lučko, a njegova cijena iznosila je 1.500,00 kn. Ugradnja samih kolektora donijela je velike uštede, te se tada počela nazirati isplativost projekta. Rekapitulacijom troškova ugradnje toplinske pumpe skupa sa kolektorima i vanjskim šahtom dolazimo do iznosa od 101.280,00 kn.

U tablici 4. prikazana je srednja vrijednost temperature polazna toplinske pumpe u odnosu na vanjsku temperaturu i pripadajuću potrošnju struje. Bitan podatak je da je kroz cijelo to razdoblje zadana temperatura bila 21 stupanj °C, dok je stvarna temperatura u kući na centralnom termostatu uvijek bila stupanj, stupanj i pol veća (prosjek negdje 22,2 °C). Prva dva tjedna je grijana cijela kuća (cca 175 kvadrata) a od tada je grijanje isključeno u dvije sobe koje se nisu koristile, skupa imaju 30 kvadrata, što znači da se konstantno grije nekih 145 kvadrata. Potrošnja struje se odnosi na sveukupnu struju u kući, u koju su osim toplinske pumpe, uključeni i troškovi kuhanja na struju, korištenje osvjetljenja, te svi ostali potrošači struje u kućanstvu.

Tablica 3. Potrošnja struje topline pumpe i temperature polaza

DATUM	SREDNJA DNEVNA TEMPERATURA (°C)	OČITANJE STRUJE NA SAT	VIŠA TARIFA (kW)	NIŽA TARIFA (kW)	SREDNJA TEMPERATURA POLAZA
28.01.2014	-5	20:00	2280	752	33
29.01.2014	-4	20:00	2383	843	31
30.01.2014	-2	12:00	2422	904	30
31.01.2014	0	12:00	2489	962	29
01.02.2014	-1	12:00	2551	997	29
02.02.2014	-2	12:00	2612	1046	30
03.02.2014	-2	21:00	2716	1088	29
04.02.2014	-4	21:00	2777	1133	31
05.02.2014	-1	20:30	2831	1191	29
06.02.2014	0	21:30	2888	1226	28
07.02.2014	4	21:00	2930	1270	26
08.02.2014	6	20:00	2970	1300	25
09.02.2014	6	20:45	3014	1334	25
10.02.2014	5	21:00	3070	1370	25
11.02.2014	8	24:00	3111	1420	24
12.02.2014	2	22:00	3177	1450	27
13.02.2014	7	21:00	3217	1497	26
14.02.2014	6	21:00	3252	1530	26
15.02.2014	7	22:00	3295	1570	25
16.02.2014	10	21:00	3311	1598	24
17.02.2014	8	21:00	3347	1631	25
18.02.2014	5	21:00	3398	1665	27
19.02.2014	8	21:00	3448	1698	26
20.02.2014	7	21:00	3484	1733	26
21.02.2014	7	21:00	3545	1761	26
22.02.2014	6	21:00	3592	1809	27
23.02.2014	5	18:00	3634	1852	27
24.02.2014	6	21:00	3671	1889	27
25.02.2014	7	21:00	3709	1921	26
26.02.2014		07:30	3711	1959	

Izvor: Pavlović, M., vlastiti izračun na temelju podataka sa strujnog brojača kuće

Toplinska pumpa je namijenjena za grijanje i hlađenje prostora, ali pumpa u ovom prikazanom objektu korištena je samo za grijanje, budući da u trenutku kupnje nije bilo boljeg izbora, te bi troškovi dodatno rasli ugradnjom dodatnih pumpi – chillera, potrebnog za hlađenje. Osim toga, budući da pumpa prenosi temperaturu kroz pod, razmišljanje je da nebi bilo ugodno osjetiti

hladnoću samo putem poda, te je radi toga ugrađen klima uređaj cijene 9.600,00 kn kako bi se omogućilo hlađenje zrakom.

Također, pripremni uvjeti bez kojih je nemoguće koristiti toplinsku pumpu je i ugradnja podnog grijanja, što je na kući od 180m² u tom periodu koštalo 30.000,00kn. osim ugradnje cijevi za podno grijanje, potrebno je pripaziti i na kvalitetu podnih pločica i njihovu podobnost za provođenje topline.

Ukoliko se prijavite za ostvarivanje državnih poticaja, ova investicija može biti puno brže isplativa i dostupnija većem broju ljudi. Više o poticajima opisano je u točki 3.3.

3.2. Troškovi održavanja sustava

U periodu od ugradnje do sada nije bilo nikakvih dodatnih troškova. Dva puta je provjeravana i izmijenjena razina pritiska glikola u cijevima kako bi se podesila optimalno potrebna razina .

Za razliku od ostalih vrsta grijanja prostora, ovaj oblik zahtjeva najmanje održavanja što također donosi znatnu uštedu na godišnjoj razini.

Svakih 5 godina bi bilo dobro napraviti pregled kompresora, ali trošak održavanja je u pravilu 0,00 kn godišnje

3.3. Poticanje ugradnje toplinskih pumpi

„Republika Hrvatska se, kao članica Europske unije, obvezala na prihvaćanje europskog klimatsko-energetskog paketa koji podrazumijeva i Direktivu 2009/28/EZ o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora. Prihvaćanjem direktive, Hrvatska je preuzela obvezu povećanja uporabe energije iz obnovljivih izvora, pri čemu je u 2020. godini udio energije iz obnovljivih izvora u bruto neposrednoj potrošnji trebao iznositi najmanje 20%, promatrano na razini EU.“ (Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, 2021)

Sada, za razliku od trenutka kada je građen objekt spomenut u točki 3., postoje i državni poticaju za ugradnju toplinskih pumpi. Poticaji su ostvarivi putem Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Poticaju su aktivni od 2014.godine.

“Obiteljske kuće čine 65% stambenog fonda u Hrvatskoj koji je odgovoran za 40% od ukupne potrošnje energije na nacionalnoj razini. Najviše obiteljskih kuća u Hrvatskoj je izgrađeno prije

1987. godine te nemaju gotovo nikakvu ili samo minimalnu toplinsku izolaciju (energetski razred E i lošiji). Takve kuće troše 70% energije za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode, a mjere energetske učinkovitosti mogu značajno smanjiti njihovu potrošnju, u nekim slučajevima i do 60% u odnosu na trenutnu.“ (Ministarstvo prostornog uređenja ,graditeljstva i državne imovine, 2020)

Poticaji iz zadnjeg javnog poziva su ispunjeni, te su raspisani uvjeti za javni poziv 2021.godine koji će biti aktivni nakon ljeta,a za njega je osigurno 400 milijuna kuna. Za toplinske pumpe maksimalni iznos opravdanog troška iznosi 48.750,00 kn, a maksimalni iznos sufinanciranja je 29.250,00 kn. Poticaji su na 60% stope sufinanciranja što nije zanemariv iznos.

„Uvjeti za dobivanje poticaja za energetske obnovu obiteljskih kuća su slijedeći (Energetska obnova, n.d.):

- Obiteljska kuća mora biti zakonito izgrađena, s pravomoćnim dokumentima kojima se dokazuje legalnost
- Vlasnik, ili barem jedan od suvlasnika obiteljske kuće mora imati prijavljeno prebivalište na toj adresi
- Vlasnik, niti suvlasnik ne smije biti pravna osoba
- Obiteljska kuća mora biti do 600 m² bruto podne površine (BPP)
- Najmanje 50% BPP obiteljske kuće mora biti namijenjeno za stanovanje
- Obiteljska kuća smije imati najviše tri stambene jedinice
- Energetski razred kuće (prema energetske certifikatu, vrijednost QH,nd) mora biti D, ili niži za kontinentalni dio Hrvatske, tj. C, ili niži za primorski dio Hrvatske.
- Obnovom se ne smije promijeniti neto građevinska površina
- Obiteljska kuća ne smije imati narušenu mehaničku otpornost i stabilnost konstrukcijskih elemenata
- Morate na vrijeme predati kompletnu i urednu dokumentaciju koja se traži natječajem (tj. javnim pozivom).
- Podnositelj zahtjeva mora biti fizička osoba i ujedno vlasnik, ili suvlasnik“

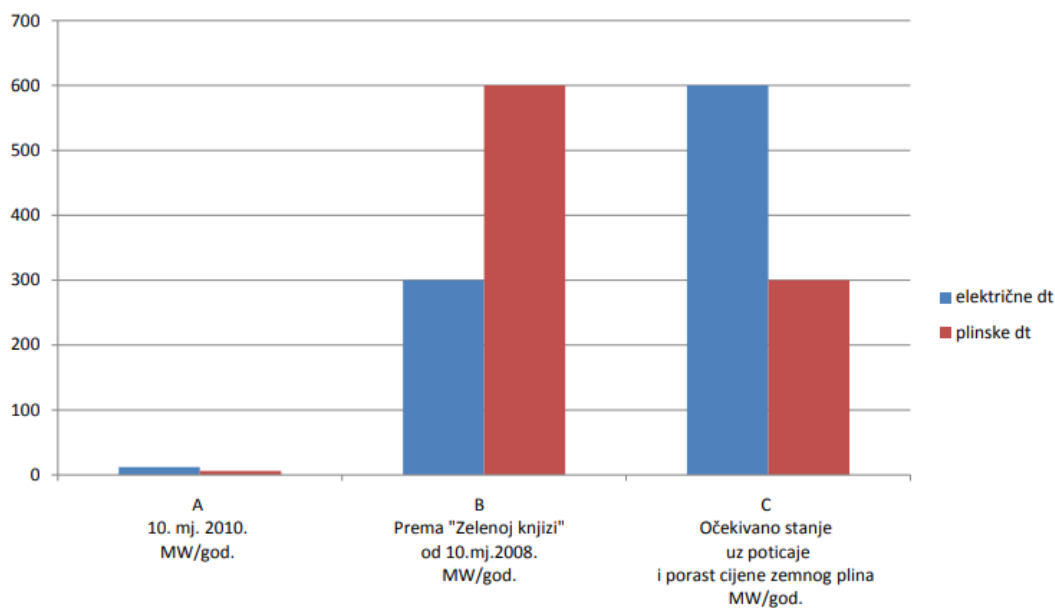
Budući da je riječ o javnom pozivu, poticaje dobivaju najbrži po redu predaje zahtjeva (ukoliko zadovoljavaju uvijete) dok se ne potroši predviđeni iznos. Postupak je takav da se putem maila

zatraže dokumenti za slanje zahtjeva za sufinanciranje. Nakon što se svi dokumenti popune, šalju se natrag te nakon njihove provjere kreće energetske pregled objekta. Time se određuje kolika je potrošnja energije te se sa tom dokumentacijom čeka odgovor fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, nakon čega sljede isplata, ukoliko su svi dokumenti ispravni.

U sljedećoj tablici prikazan je grafički rast tržišta toplinskih pumpi u RH nakon uvođenja poticaja i istovremenog poskupljenja cijene zemnog plina.

Tablica 4. Stanja godišnjeg rasta tržišta dizalica topline u RH za razdoblje od 2010. Do 2020. U MW/god

Grafički prikaz stanja godišnjeg rasta tržišta dizalica topline u RH za razdoblje od 2010. do 2020. u MW/god.



Izvor: Tolić, V.:Potencijali dizalice topline u Republici Hrvatskoj, te koncept primjena raznih tehnologija dizalice topline u projektu "Sveučilišni Kampus Borongaj", KOMFOR KLIMA GRUPA (preuzeto 04.07.2021)

Svaki poticaj je dobar, treba ih iskoristiti koliko se to može. Kao reklamni materijal, na Youtube-u je moguće pogledati reklamu za sufinanciranje putem linka: <https://youtu.be/gyI4g4LBa4Q>.

4. Komparativna analiza prednosti i nedostataka različitih oblika grijanja

Svaka vrste grijanja ima svoje prednosti i nedostatke, a što će od toga presuditi u odabiru odlučuje svaki kupac za sebe. U tablici prikazane su osnovne prednosti i nedostaci grijanja na prirodni plin, drva, toplinsku pumpu te pelete. Ono što su za nekoga prednosti, netko može smatrati i nedostacima pa stoga je svaki izbor individualan.

Tablica 5. Prednosti i nedostaci različitih oblika grijanja

Prednosti i nedostaci	Prirodni plin	Drva	Toplinska pumpa	Peleti
Zagađenje okoliša	Ne	Ne	Ne	Ne
Potreban svakodnevni rad	Ne	Da	Ne	Da
Omogućuje i hlađenje	Ne	Ne	Da	Ne
Koristi obnovljiv izvor energije	Ne	Da	Da	Ne
Zahtijeva dodatnu opremu u grijanom prostoru (radijator, peć)	Da	Da	Ne	Da
Čišćenje	Da	Da	Ne	Da
Održavanje	Da	Da	Ne	Da
Poticaji	Ne	Ne	Da	Da
Moguća opasnost (požar, udisanje plina)	Da	Da	Ne	Da

Izvor: vlastita izrada autora na temelju činjenica iz različitih izvora navedenih u ovom diplomskom radu

4.1. Grijanje na prirodni plin

Prirodni plin je fosilno gorivo koje nalazimo ispod zemljine površine i poznat je već tisućama godina. Ekološki je prihvatljiv, nema puno troškova održavanja te je relativno siguran. Zbog sve većeg broja stanovnika i već iscrpljenih nalazišta plina, procjenjuje se da ovom stopom korištenja plina neće biti na raspolaganju za buduće naraštaje.

Najveći izvor plina u hrvatskoj nalazi se u Molvama, tamo se proizvede 70% plina za RH. Unatoč proizvodnji plina, moramo ga i uvoziti jer su potrebe plina veće od njegove proizvodnje.

Prirodni plin danas je energent s najboljom kombinacijom dobrih karakteristika: gorivo se dovodi na mjesto potrošnje spremno za upotrebu, jednostavna je regulacija rada plamenika, koeficijent iskoristivosti je iznad 90%, najmanje zagađuje okoliš od svih fosilnih goriva te je moguća izvedba na fasadu ili krov, bez zidanja dimnjaka. (Hum plin)

Do nedavno su postojali državni poticaji za ugradnju kondenzacijskog plinskog bojlera koji je smanjivao ukupni trošak ugradnje, ali ti poticaji više nisu dostupni. Iznimka su poticaji fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, koji su objavili poticaje ukupne vrijednosti 41 milijun kuna za sufinanciranje kupnje kondenzacijskih bojlera za potresom pogođena područja. Građani grada Zagreba, Zagrebačke, Krapinsko-zagorske, Sisačko-Moslavačke, i Karlovačke županije, čije su kuće i stanovi stradali u potresu, ovim poticajem mogu dobiti do 8.000,00 kn po bojleru. (Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, 2021)

Ako se na spomenuti objekt umjesto toplinske pumpe ugradi grijanje na plin, osim nabrojenog dimanjaka mora se uračunati trošak samog plinskog bojlera, priključka, puštanja u pogon te daljnjih servisa. Kod odabira plinskog bojlera cilj je uzeti neki što efikasniji bojler koji bi imao najveću iskoristivosti izgaranja plina. Unatoč velikom broju različitih vrsta bojlera, kondenzacijski bojler (slika 17.) je najzastupljeniji kod plina.

Slika 17. Kondenzacijski plinski bojler



Izvor: Vitodens 200-W (Viessmann), preuzeto 10.09.2021

Cijena kondenzacijskog bojlera sa spremnikom tople vode koji bi bio odgovarao opisanom objektu bila bi 27.000,00 kn plus ugradnja i puštanje upogon. (Viessmann, 2020) Ugradnja i puštanje u pogon su otprilike iste cijene kao i za pumpu, znači između 5.000,00 i 6.000,00 kn. Zatim slijedi priključak koji je kod nas bio najsporniji faktor za ugradnju plina jer je dosta skup. Znači sam priključak, odnosno papirnati dio za navedeni objekt koštao bi oko 11.500,00 kn plus trošak kopanja od 500 kn po dužnom metru (HEP Plin, n.d.) .Kako je objekt udaljen 55 m od ceste i dijela gdje se nalazi plinovod tu se dolazi do ogromne cifre od 27.500 kn samo za kopanje i polaganje plinskih cijevi. Kad se sve zbroji varijanta za plin nosi fiksnih 11.500 kn za sam priključak plus 33.000 kn (bojler, montaža i puštanje u pogon). Dakle fiksni dio za svaku kuću veličine nekih 200 m² je 44.500 kn. Ovisno o visini objekta i udaljenosti od plinovoda taj trošak se uvećava za 1000 kn po svakom metru visine dimnjaka i 500 kn po svakom dužnom metru udaljanosti kuće od plinovoda. Kod nas je to 8.500 + 27.000 kn odnosno 36.000 kn sveukupno. Znači da je na opisanom objektu isla varijanta grijanja na prirodni plin, to bi koštalo fiksnih 80.500 kn plus godišnji/dvogodišnji servisi bojlera i dimanjka koji u prosjeku skupa koštaju nekih 1.000 kn godišnje.

1 m² plina trenutno košta 2,90 kn.(podaci preuzeti sa mjesečne uplatnice za plin za kuću iste kvadrature) Kako je procjenjena potrošnja plina za navedeni objekat nekih 350 m² mjesečno u sezoni grijanja, dolazimo do polugodišnje potrošnje od 2100 m² plina. Tome treba pridodati potrošnju plina za grijanje tople vode van sezone grijanja i ona iznosi 300 m². Znači da bi na godišnjoj razini trošili 2400 m² plina što po trenutnoj cijeni iznosi 6.960,00 kn.

4.2. Grijanje na drva

Grijanje na drva najstariji je poznati način grijanja. Drva su uvijek bila dostupna i iskoristiva. Međutim, rastom broja stanovnika, konstantnim širenjem naselja, čestim požarima uzrokovanim ljudskim nemarom, te prevelikom eksploatacijom drveta bez dostatnog pošumljavanja dolazi do naglog smanjenja šumskih površina. Slijedom toga drva postaju ograničen resurs.

Tradicionalni način grijanja obično je uključivao peć ili kamin u kojeg bi se ložila drva te na taj način zagrijavala prostorija u kojoj se živi. Često su se koristile peći koje su imale integriranu ploču za kuhanje (slika 18). Na taj način bi se energija dobivena izgaranjem drva osim za grijanje

ujedno koristila i za kuhanje te zagrijavanje tople vode. Takav način grijanja danas polako odumire i koristi se samo u pojedinim selima. Glavni nedostatak, svake peći ili kamina je taj što ne može adekvatno zagrijati sve prostorije u kući, te još bitnije, što s njim ne možete dobiti automatiziranu toplu vodu. Zbog svega toga navedenog danas se u pravilu koriste samo kamini i peći kao sekundarni izvor grijanja. Dakle uz neki postojeći automatizirani sustav i često kao dekoracija, onako radi ugođaja koji daje vatra.

Slika 18. Peć za kuhanje na drva i kamin



Izvor: Pavlović Monika, privatna galerija slika

Ako se želimo grijati pomoću drva, a uz to u isto vrijeme imati toplu vodu i sve ostale prostorije adekvatno zagrijane onda je jedina opcija kamin/peć za centralno grijanje (Slika 19.). Na taj način jedino možemo dobiti iskoristivost i svestranost koju nam nude drugi sustavi grijanja poput plina, peleta ili toplinske pumpe.

Slika 19. Kamin za centralno grijanje na drva



Izvor: (Driver20hr, 2017), preuzeto 08.07.2021

Princip rada kamina za centralno grijanje je poprilično jednostavan. Prva faza je priključivanje kamina na vodovodnu instalaciju kao i na sustav centralnog grijanja. Također kotao mora biti napunjen vodom te kompletan sustav odzračen. Nakon toga se toplina dobivena sagorijevanjem drva koristi za zagrijavanje cijelog sustava. Drvo spaljeno u kaminu daje puno topline za okoliš. Iznad kamina nalaze se cijevi koje su oblikovane tako da preuzimaju maksimalnu količinu topline te na taj način zagrijavaju vodu za centralno grijanje kao i spremnik tople vode koje se koristi za kućanstvo. Kod ovakvog sustava treba posebno paziti da je dimnjak adekvatne veličine kao i na to da imamo stalan dotok svježeg zraka u ložiste. Obavezno se mora pridržavati svih navedenih sigurnosnih mjera te imati instalirane sve sigurnosne i termičke ventile kako slučajno se kotao nebi pregrijao ili ostao bez vode što može dovesti do velikih oštećenja.

Protok vode mora biti stalan kako bi istovremeno održavao temperaturu centralnog grijanja i tople vode te da se uz to nebi slučajno pregrijao. Također tom sustavu se treba pridodati neki sekundarni sustav grijanja vode (najčešće električni grijač) jer u slučaju da vas par dana nema kući uslijed jako niskih temperatura može doći do smrzavanja vode u sustavu te pucanja cijevi. Isto tako taj električni grijač ujedno služi i za grijanje tople vode ljeti jer nema smisla u toplijim danima ložit vatru samo da bi dobili toplu vodu.

U principu taj sustav je efikasan jedino u zimskim danima i nije pogodan za korištenje tokom cijele godine. To je ujedno i najveći nedostatak takvog sustava grijanja jer se ne može automatizirati i zahtjeva stalni nadzor. Svakih par sati mora se dodati drvo u kamin kako se vatra ne bi ugasila. Osim toga problem je i nusprodukt drva jer osim CO₂ tu je i pepeo kojeg moramo svako par dana čistiti i negdje prosut. Kod pepela je jako nezgodno to što je to zapravo prah i teško ga je očistiti a da se ne isprljate ili da dio ne završi po podu okolo kamina. Dobra stvar kod pepela je što nije štetan (osim ako se slučajno ne udahne) i što se može posut po zemlji ako je imate. Pogotovo je to zgodno raditi prije kiše kako biste bili sigurni da vjetar neće taj pepeo raznijeti okolo.

Iako su drva tradicionalan način grijanja i kod nas još dosta zastupljen vidljiv je pad zanimanja za taj način grijanja. Prije svega ljudi danas žele komociju i s te strane drva su najnepovoljnija. Drugi razlog je sama cijena drva koja iz godine u godinu raste. Tako je metar kubni drva 2010. godine koštao 250,00 kn dok je danas na nekih 350,00 kn s tim da ta cijena u pojedinim razdobljima lako skoči i za 100,00 kn po metru kubnom. (Sućec, 2018) Naime, usred teže dobavljalivosti drva u zimskom periodu cijena nerijetko skoči jer rijetko tko ima veću količinu drva na zalihama. Bitna stavka kod drva je da ona moraju biti suha i da je potrebno planiranje njihove nabavke na vrijeme. Idealno je kupovati drva koja su sječena u proljeće jer tad je drvo u punom cvatu te je kalorijski najbogatije. Tako kupljena drva treba ostaviti par tjedana na zraku kako bi se dobro osušila te ih onda skladištiti za iduću zimu. Zapravo bi bilo idealno da se drva pripremaju najmanje sezonu ili dvije prije i da odstoje najmanje godinu i pol dana. Tada je njihova iskoristivost maksimalna. Pored toga bitno je i koju vrstu drva kupujete jer nisu sve jednako kalorične. Kod nas je najpopularnija kombinacija bukve i graba jer ona daje najbolji omjer cijene i kvalitete. Dosta ljudi uvijek kupi količinu drva koja je granična sa njihovim potrebama i u slučaju malo duže zime redovito se pojavi pojačana potražnja za drva uslijed sezone grijanja, te tada posljedično dolazi do povećanja cijene. Također kod drva je bitno napomenuti da je navedena cijena bez pilanja istih te je 2010. godine cijena pilanja drva po metru kubnom iznosila 25,00 kn, dok je sada ta cijena 40,00 kn.

Pored svega toga upravo sada smo svjedoci velike drvne krize u svijetu gdje je općenito manjak drva kao sirovine prije svega za namještaj i građevinu. U tom dijelu cijena je već skočila za 30 % pa je relano očekivati da će se bar dio tog trenda prebaciti i na drva za ogrijev.

Kod kalkulacije cijene kamina za centralno grijanje treba uzeti u obzir slijedeće stvari:

1. Sam kamin na drva sa integriranim spremnikom vode sa mogućnošću spajanja na centralno grijanje (podno ili radijatorsko) košta nekih 30.000,00 kn sa ugradnjom. Taj dio je malo teže precizno izračunati jer u biti ovdje je riječ o osnovnoj cijeni, a kako je riječ o kaminu koji ima dosta varijacija nadogradnje s mogućnošću ukrašavanja taj se iznos može znatno povećati. Dovoljno je samo da uzmete termo staklo, mogućnost otvorenog plamena te integraciju sa nekim ukrasnim kamenom i ta cijena može narasti i za duplo.
2. Osim toga treba ukalkulirati cijenu dimnjaka koja je u ovom slučaju malo veća nego kod cijene za pelete ili plin jer je potreban dimnjak s većim promjerom. Ovdje dolazimo do cijene od nekih 1250,00 kn po dužnom metru i ukupne cijene koja je 9500,00 kn
3. Dalje, samo centralno grijanje cijena je ista kao i za sve ostale sustave, cca 5-6.000,00 kn
4. Jednom godišnje treba napraviti servis peći kao i očistiti dimnjak, cijena tih usluga je cca 1000,00 kn/godišnje

Shodno svemu sve su indikacije da će se grijanje na drva u budućnosti znatno smanjit, odnosno da će taj resurs koji je oduvijek slovio kao najdostupniji i najjeftiniji u budućnosti postat nešto sasvim suprotno. Već sad vidimo da je trend poskupljenja drva stalan te da je njihova dobavlјivost sve teža te da shodno tome većina ljudi drva više niti ne uzima kao opcije za grijanje. Posebno se to odnosi na novogradnju gdje se u pravilu nitko ne odlučuje za grijanje na drva osim eventualno neke ugradnje kamina koji primarno služi samo kao dekoracija.

Pored toga jako je bitan i ekološki faktor koji kod drva nije dobar. Osim što za nusprodukt ima CO₂, veliki je problem što se mora posjeći šuma da bismo dobili drvo za ogrjev. Čak ni pošumlјavanje koje je nužno nije rješenje, jer mi svake godine trebamo eksploatirati drvo za ogrjev, a da bi to isto drvo naraslo dovoljno veliko da bi ga se moglo koristiti treba proći i više od 10 g.

Što se kalkulacije potrošnje drva tiče tu isto možemo uzeti primjer na istoj kući budući da se prvu zimu grijala isključivo na drva, dok se toplinska pumpa koristila samo za toplu vodu. Dakle, u toj prvoj zimi potrošeno je 14 metara kubnih drva, s tim da su svi članovi kućanstva radili i nije konstantno loženo. Isto tako nisu grijane sve prostorije jer kuća je na kat, pa je samo dio toline odlazio u sobe. Kako kamin za centralno grijanje troši više drva nego obični možemo uzet da bi kamin na centralno grijanje trošio isto kao i obični kamin u istoj kući bez fasade. Dakle fasada bi

anulirala tu višu potrošnju kamina za centralno grijanje u odnosu na obični kamin. U tu kalkulaciju treba dodati i sobe koji bi se u ovom slučaju grijale. Kako je i ranije navedeno, jako je bitno kakva je kvaliteta drva i to je teško usporediti jer ako je drvo loše kvalitete, lako se i 10 do 20 % posto drva više može potrošiti. U kalkulaciji za potrošnju drva u sezoni grijanja svakako treba dodati povećanje potrošnje koje bi uzrokovalo grijanje svih soba putem centralnog grijanja. Dakle na onih 14 metara kubnih treba dodati još nekih 6 metara s kojima bi bili u mogućnosti grijati kompletnu kuću cijelu zimu. Znači da bi za sezonu grijanja potrošili 20 metara kubnih drva.

Tu svakako kao nedostatak treba dodati puno vremena koje se utroši na pripremu drva kao i na svakodnevno loženje. Kod drva još treba dodati da se u mjesecima kad se ne loži topla voda mora grijati elektro grijačima a to je najskuplji način grijanja vode. Dakle, kada se ne lože drva, grijanje tople vode je puno skuplje nego grijanjem iste putem plina, a neusporedivo skuplje nego kod toplinske pumpe. Omjer bi bio okvirno takav da je minimalno duplo skuplje nego grijanje vode putem plina i jedno 4 puta skuplje nego kod toplinske pumpe.

4.3. Grijanje na toplinsku pumpu

Velika prednost kod ugradnje toplinske pumpe u odnosu na druge metode grijanja je u tome što ne treba dimnjak. Posebice je to praktično kod novogradnje gdje se izuzimanjem dimnjaka može uštediti i do 10.000,00 kn ovisno o visini dimnjaka. Cijena dimnjaka je nekih 1000,00 kn po metru visine te u navedenom slučaju ne gradnja dimnjaka je donijela uštedu od 8500,00 kn budući da je bio potreban dimnjak visok 8.5 m.

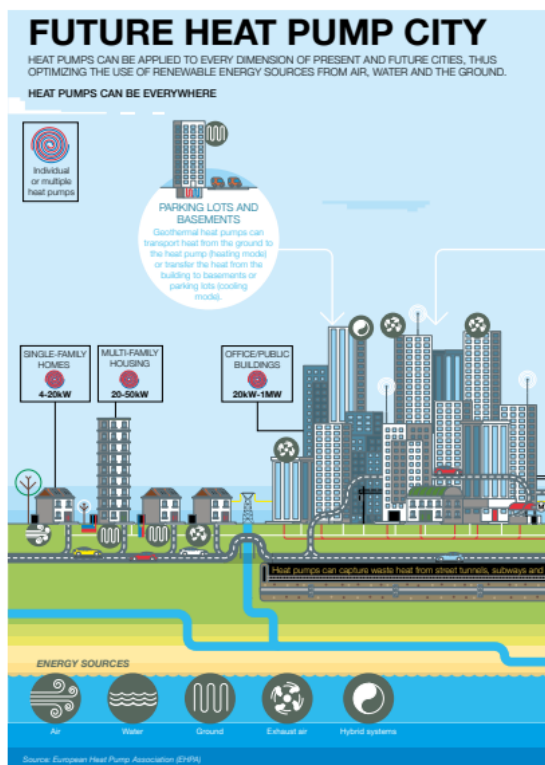
Osim uštede kod ne gradnje dimnjaka dolazi ušteda u atestu dimnjaka koji se inače mora raditi i on košta nekih 1500,00 kn. Isto tako taj dimnjak se onda mora ovisno o propisima svake 2 godine čistiti i atestirati što isto donosi neke dugoročne troškove koji su fiksni.

Ako uzmemo da je želja neki standard kod novogradnje u vidu da je kompletan objekt pod podnim grijanjem, da postoji stalna cirkulacija tople vode, može se zaključiti da je kotlovnica identična za sve vrste grijanja. Razlikuje se samo medij pomoću kojeg će se grijati prostorije i topla voda. Dakle, sve komponente koje se ugrađuju u kotlovnicu i spajaju sa toplinskom pumpom, plinskom peći, peći na pelete ili peći na drva sa mogućnošću grijanja putem vode su apsolutno identični. Znači da taj trošak u svim kalkulacijama možemo izuzeti jer on ne nosi nikakvu razliku. Zbog toga će se u ovom dijelu prikazati samo one komponente koje čine razliku u trošku.

Kao najveća prednost ovog sustava grijanja ističe se ekološka i klimatska prihvatljivost. Bez zagađenja koriste toplinu zemlje ili zraka, te pomoću pumpe tu toplinu prenose u kućanstva ili neki veći objekt. Zahtijevaju veći početni ulog, ali opravdavaju svoje troškove. Nema troška održavanja, nema fizičkog rada, a ušteda je vidljiva odmah. Za razliku od ostalih metoda grijanje, ne zahtjeva dimnjak, kao ni plinski priključak. Zahtjeva samo kotlovnicu, odnosno manji prostor u koji će se smjestiti pumpa. Kao nedostatak je uočljiva neinformiranost starijih građana, investitora, pa i državnih institucija o učincima toplinske pumpe, te za sada u hrvatskoj nije puno zastupljena. Uglavnom ju ugrađuju mlađe obitelji koje prepoznaju ulog za budućnost, pri tome ne onečišćavajući okoliš.

Važno je napomenuti da jedino toplinska pumpa ima mogućnost hlađenja te jedina ima nultu emisiju štetnih plinova te uz to jedina nema nikakvo održavanje što je velika prednost jer ti se troškovi godinama akumuliraju i nisu mali.

Slika 20. Budućnost toplinskih pumpi u gradu



Izvor: (EPHA), preuzeto 09.07.2021

Osim što je toplinska pumpa dobar način grijanja, s ekonomske strane gledišta jako je pozitivno što se većina toplinskih pumpi proizvodi u Europi, te se time potiče i zapošljavanje. Više od 40.000 stanovnika Europe radi u proizvodnji i ugradnji toplinskih pumpi.

EU godišnje uvozi energiju u vrijednosti većoj od 400 milijardi eura. (Europska komisija, 2016) Toplinske pumpe smanjuju uporabu primarne i konačne energije. Dakle, trebalo bi manje energije i zbog toga bi manje trebalo uvoziti. Time se štede troškovi i osigurava opskrba energijom u isto vrijeme: postajemo energetske neovisniji.

4.4. Grijanje na pelete

Peleti su prešani drveni ostaci (piljevina, sječka i sl.) dobiveni mehaničkim prešanjem u posebnim strojevima bez dodavanja ikakvih kemijskih sredstava. Proizvode se od jele, smreke, hrasta, bukve, jasena, graba, topole, lipe i dr. Kao vezivno sredstvo služi lignin koji se kao sastojak nalazi u drvu te se oslobađa pri visokim temperaturama. (Peleti centar Rijeka, n.d.)

Peleti su se na hrvatskom tržištu pojavili 2009. godine kao ekološki prihvatljiva zamjena za grijanje na drva. Početno ulaganje i energent su skuplji od klasičnog grijanja na drva, te peć mora biti priključena na struju. Troškovi ugradnje cijelog sistema približno su jednaki troškovima ugradnje plina, iako je plin je malo skuplji radi cijene priključka. Peć (slika 21.) funkcionira tako da peleti izgaraju unutar peći, te se toplina putem ventilatora raspoređuje po prostoru.

Slika 21. Peć za pelete



Izvor: (Petrokov), preuzeto 10.07.2021

Kao i peć za drva, i peć na pelete treba redovito čistiti i održavati, te jednom godišnje napraviti servis putem ovlaštenog serviseru kako bi zadržali jamstvo na peć. Također, postoje i različite vrste peleta, one sa certifikatom i bez njega, te pri odabiru treba paziti i na kvalitetu peleta. Kvalitetni peleti prepoznaju se po oznaci certifikata ENplus-A1, ENplus-A2 na pakiranju, cilindričnog su oblika dužine 10-25mm, moraju se lomiti, te ne smije biti prašine i puno piljevine unutar pakiranja. (Peleti centar Rijeka, n.d.) Peleti se kupuju u pakiranjima od 15 kg te je potrebno imati neko malo skladište, na suhom i hladnom mjestu, gdje bi to trebalo pohraniti.

Peleti jesu čišći i lakši od klasičnih drva, i peć ima automatsku regulaciju količine, ali je svakako potrebno ručno nadopunjavati spremnik što nije idealno jer opet zahtijeva stalnu kontrolu količine. Kao i kod grijanja na drva i kod peleta je nedostatak mogućnosti grijanja tople vode ljeti pomoću peći, te bi uz peć na pelete svakako trebalo imati i bojler za grijanje tople vode. Na taj način bi u ljetnim mjesecima trošili isključivo struju za toplu vodu u kućanstvu.

U slučaju korištenja peleta na objektu koji smo opisali, morali bi imati provedeno centralno grijanje na pelete, koje bi obzirom na kvadraturu objekta i izoliranost objekta trebalo imati snagu oko 20 kW.

Potrošnja peleta u najvećoj snazi je oko 2,0 kg/sat (kotlovi za centralno grijanje), znači u kunama oko 4,00 kuna/sat. Realna prosječna potrošnja za navedeni objekat bi bila nekih 1.1 kg/sat što znači da bi potrošnja po satu bila 2.20 kn/sat odnosno 50,00 kn po danu. Cijena peleta ne ovisi o svjetskom tržištu, ni nestabilnoj cijeni nafte i plina, zato što su peleti lokalni, domaći proizvod.

Cijena automatske peći na pelete sa spremnikom vode koja bi bila pogodna za opisani objekat je iznosila cca 30.000,00 kn. (Ikoma) Tu treba dodat još nekih 5000,00 kn za ugradnju i montažu i cijenu dimnjaka. Servisi su kao i kod plinskih bojlera i koštaju oko 1.000,00 kn godišnje. Dakle, sustav sa peletima na opisanom objektu koštao bi 35.000,00 kn za ugradnju plus 1.000,00 kn godišnje i u ovom slučaju 8.500,00 kn za dimnjak. Sveukupno 43.500,00 kn plus godišnje održavanje.

Mjesečne potrebe za peletima bile bi 750 kg, što košta 1.500,00 kn.

5. Usporedba troškova na temelju različitih načina grijanja

Cijena je obično presudni faktor pri odabiru neke investicije. U tablici 7. prikazani su izračuni različitih oblika grijanja na istoj obiteljskoj kući kako bi došli do točnih troškova ugradnje i održavanja različitih sustava grijanja. Kao što je odmah vidljivo, toplinska pumpa iziskuje najveći početni trošak, koji je daleko veći od svih drugih sustava grijanja. No, kada se uspoređi ukupni godišnji trošak vidimo da je isplativost vrlo brzo vidljiva. Drva i peleti su u istoj troškovnoj kategoriji, zahtijevaju najveći godišnji trošak i najviše zagađuju okoliš. Tako je godišnji trošak grijanja na drva za 30 % veći nego godišnji trošak grijanja na plin dok je godišnji trošak toplinske pumpe 3.3 puta manji nego kod plina.

Razlika između instalacije toplinske pumpe i kondezacijske plinskog bojlera u ovom slučaju je 20.780,00 kn. Kad na to ukalkuliramo godišnju razliku u potrošnji u iznosu od 5.500,00 kn, vidljivo je da je povrat investicije već kroz 4 godine. Kako je ovo malo ekstreman slučaj gdje je kuća udaljena od ceste 55 m te bi zbog toga kopanje i polaganje plinskih cijevi iznosilo 27.500,00 kn (500 kn po dužnom metru) možemo ukupnom iznosu oduzet cca 25.000,00 ako pretpostavimo da je objekt udaljen samo 5 m od plinovoda. U tom slučaju bi se povrat investicije produljio na još 4 godine što u konačnici daje 8 godina do povrata investicije. To je i dalje prihvatljivo razdoblje.

Razlika između instalacije toplinske pumpe i centralne peći na drva je 56.280,00 kn. Kad na to ukalkuliramo godišnju razliku u potrošnji u iznosu od 8.400,00 kn vidljivo je da je povrat investicije već kroz 6 i pol godina.

Slično kao i kod centralne peći na drva razlika instalacije između toplinske pumpe i peći na pelete je 57.780,00 kn. Kad na to ukalkuliramo godišnju razliku u potrošnji u iznosu od 9.200,00 kn vidljivo je da je povrat investicije već kroz 6 godina.

Jedna od prednosti toplinske pumpe je i ta što jednom postavljena nema nikakvih oscilacija u cijeni, za razliku od svih drugih energenata kojima cijena može varirati i bitno promijeniti kalkulaciju ukoliko neočekivano naraste.

Tablica 6. Troškovi po vrsti grijanja

Vrsta grijanja	Prirodni plin	Drva	Toplinska pumpa	Peleti
Konačna cijena ugradnje	80.500,00 kn	45.000,00 kn	101.280,00 kn	43.500,00 kn
Dnevni trošak zimi	33,00 kn	50,00 kn	10,00 kn	50,00 kn
Dnevni trošak ljeti	5,00 kn	8,00 kn	3,00 kn	8,00 kn
Mjesečni trošak zimi	1000,00 kn	1350,00 kn	300,00 kn	1500,00 kn
Mjesečni trošak ljeti	150,00 kn	280,00 kn	75,00 kn	280,00 kn
Godišnji trošak održavanja	1000,00 kn	1000,00 kn	0,00 kn	1000,00 kn
Sveukupni godišnji trošak	7900,00 kn	10.800,00 kn	2.400,00 kn	11.600,00 kn

Izvor: izrada autora na temelju podataka:

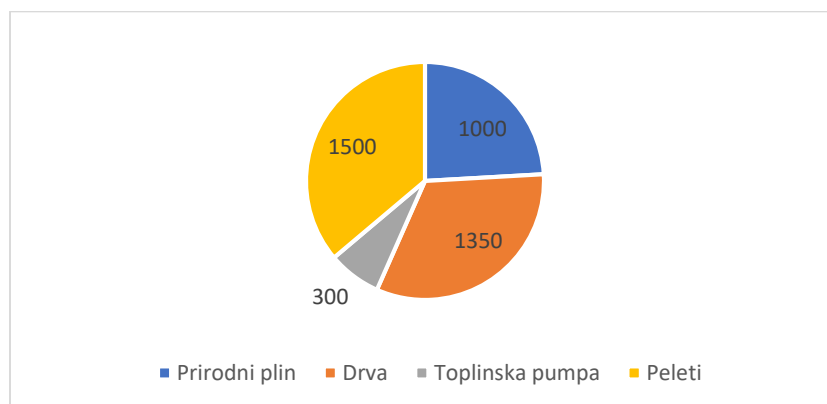
Plin- mjesečne uplatnice za plin u kući iste kvadrature,

Peleti – cijena peleta po kg (Peleti centar Rijeka, n.d.)

Drva i toplinska pumpa – izračun prema vlastitim troškovima

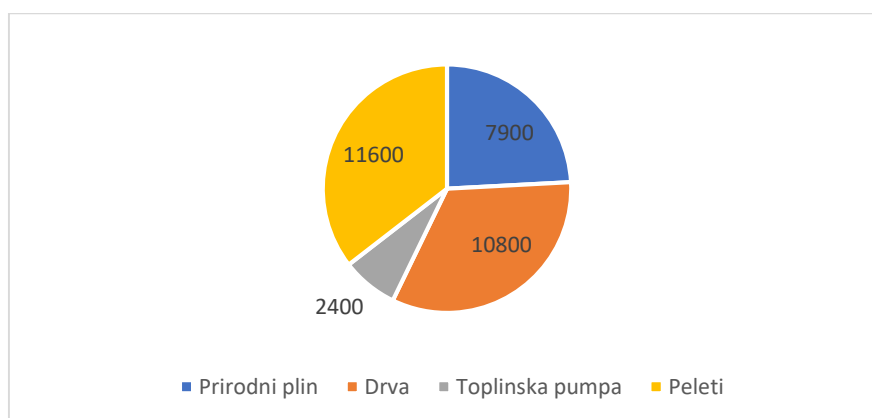
Kako bi razlika u cijeni bila bolje vidljiva napravljen je grafikon mjesečne potrošnje različitih energenata zimi i godišnji trošak različitih energenata prikazani na grafovima 1. i 2.

Graf 1. Mjesečna potrošnja različitih energenata tijekom zime



Izvor: izrada autora

Graf 2. Ukupni godišnji trošak različitih energenata



Izvor: izrada autora

6. Zaključak

Toplinsku pumpu moguće je ugraditi u bilo koji objekat, a ovisno o klimatskim uvjetima, veličini okolne parcele i dostupnosti vode za iskorištenje maksimalne učinkovitosti, bira se najefikasnija između različitih vrsta toplinskih pumpi. Osim što omogućavaju grijanje, toplinske pumpe imaju mogućnost i hlađenja, što niti jedan drugi oblik grijanja ne omogućuje svojim korisnicima. U hrvatskoj je toplinska pumpa još uvijek novost i potrebno je educirati korisnike o njezinoj primjeni i svim benefitima koje pruža. No isto tako svakim danom raste zanimanje za ugradnjom toplinskih pumpi te je primjetno povećanje ugradnje istih. Osobito se to odnosi na novogradnju gdje su investitori mlađi ljudi koji prate svjetske trendove, te su svjesni benefita koje im toplinska pumpa donosi. Ekspanzija toplinskih pumpi u ovom trenutku izgleda kako nešto neminovno, pogotovo ako se uzme u obzir najavljeno poskupljenje plina i drugih energenata. Uz to, mogućnost sufinanciranja ugradnje pumpe od strane države također doprinosi tome da se sve više ljudi odlučuje za ugradnju toplinskih pumpi.

Visoko razvijenih zemalja poput Švicarske, Norveške, Švedske, Danske i Finske koje su među prvima prepoznale dobrobiti koje pruža ovaj sustav grijanja, prve su ga implementirale te postaju sve više energetske neovisne. Njih u stopu prate Njemačka, Austrija, Francuska i Italija koje već godinama daju olakšice za ugradnju toplinskih pumpi. Za očekivati je da će uskoro takav sustav biti i u hrvatskoj, osobito jer Europska Unija potiče korištenje tzv. zelene energije te su dane smjernice i potpisani razni ugovori koji obvezuju njene članice da u dogledno vrijeme podignu razinu korištenja obnovljivih izvora energije.

Toplinska pumpa zahtijeva visoke početne investicije, no isto je tako dugoročno sigurno isplativa. Nakon ugradnje, nema troškova održavanja i korisnik je neovisan o promjenama cijena fosilnih goriva i drugih energenata na tržištu. Kako ne koristi energetske poput plina, loživog ulja ili drva (nema otvorenog plamena) toplinska pumpa je izuzetno sigurna za korištenje što nije zanemariva činjenica. Razvojem tehnologije i povećanjem broja proizvođača usljed povećane potražnje, doći će do smanjenja početnog troška i time će toplinska pumpa biti dostupnija većem broju potrošača.

U ovom radu predstavljeni su stvarni troškovi toplinske pumpe u kućanstvu te njihova usporedba sa ostalim, najzastupljenijim metodama grijanja. Učinjenim kalkulacijama jasno je vidljivo da nakon početnog troška i instalacije toplinske pumpe, troškovi drastično opadaju i uštede su vidljive

odmah. Slijedom toga povrat investicije se može očekivati u razdoblju između 6 i 9 godina, a ukoliko se iskoristi mogućnost sufinanciranja taj povrat se može drastično smanjiti. Važno je napomenuti da je općenito svako ulaganje u kojem je povrat investicije unutar 10 godina okarakterizirano kao dobro ulaganje.

Grijanje na drva i pelete imaju najveće godišnje troškove, zahtijevaju i najveću uključenost krajnjeg korisnika jer bez dodavanja drva ili peleta u sustav grijanja, nema mogućnosti grijanja. Osim toga, zahtijevaju i skladište za pohranu te su ostavljaju ostatke piljevine na prostoru skladištenja. Grijanje na plin je u prosjeku za 30% skuplje na godišnjoj bazi, ali ne zahtijeva prostor skladištenja. Nedostatak plina je taj što je podložan čestim poskupljenjima te su nužni servisi svake godine kako slučajno nebi došlo do nekog kvara koji može dovest do eksplozije. Toplinska pumpa osim smanjenja troškova daje i dozu neovisnosti, jer jedino što trebate imati je priključak struje, dok kod ostalih načina grijanja uz struju morate imati dostupnu sirovinu s kojom se grijete. Isto tako od svih načina grijanja prikazanih u ovom radu je najsigurnija za upotrebu i jedina ne zahtijeva servise. Ništa manje bitan nije komoditet koji imate s toplinskom pumpom jer uz novije pumpe, koje su kompatibilne sa Wi-Fi mrežom možete i u odsutnosti od svog doma regulirati način rada.

Osim malih troškova nakon instalacije i sigurnog povrata investicije, ništa manje bitan razlog za ugradnju toplinskih pumpi je posljedično očuvanje okoliša što je njezina najveća prednost. Na taj način čuvamo okoliš za buduće naraštaje. Na žalost, svi smo svjedoci kako je čovjek svojim pretjeranim korištenjem prirodnih resursa doveo Zemlju na rub održivosti i krajnje je vrijeme da se poduzmu ozbiljni koraci kako bi se barem malo ublažile nastale posljedice. Toplinske pumpe su trenutno jedini sustav grijanja koji ne ispušta CO₂, nema nikakvih zagađivača te su ekološki prihvatljive i kao takve se nameću kao logično rješenje za sve domove. Kako s financijske tako i sa ekološke strane.

Popis literature

- (n.d.). Dohvaćeno iz file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Pregled%20paketa%2008-2020.pdf
- Barišić, I. (2013). Osječanin proizveo prvu hrvatsku toplinsku pumpu. *Večernji list*.
- der, U. v. (10 2020). *Eurostat*. Dohvaćeno iz Energy, transport and :
<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11478276/KS-DK-20-001-EN-N.pdf/06ddaf8d-1745-76b5-838e-013524781340>
- Dražen. (30. 04 2011). *Toplinske pumpe*. Dohvaćeno iz Toplinske pumpe:
<http://www.toplinskepumpe.com/2011/04/toplinske-pumpe-savrsono-rjesenje-i-za-ljetne-dane/>
- Driver20hr. (18. 11 2017). *Auto Izbor*. Dohvaćeno iz <http://auto.ivrep1.ru/kamini-za-centralno-grijanje-senko/>
- EKO.ZAGREB.HR. (n.d.). Dohvaćeno iz EKO.ZAGREB.HR: <https://eko.zagreb.hr/geotermalna-energija/97>
- Elimea . (13. 05 2020). Dohvaćeno iz Elimea: http://grijanje-hladjenje.hr/hr_HR/blog/ukratko-o-dizalicama-topline
- Energetska obnova. (n.d.). Dohvaćeno iz Energetska obnova: <http://energetska-obnova.hr/>
- EPHA. (n.d.). Dohvaćeno iz EPHA: <https://www.epha.org/technology/key-facts-on-heat-pumps/>
- EPHA. (n.d.). Dohvaćeno iz
https://www.epha.org/fileadmin/red/03._Media/03.02_Studies_and_reports/HeatPumpsBooklet2014_second_edition.pdf
- Eurobserv"er. (11 2020). Dohvaćeno iz Eurobserv"er: file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/EurObservER-Heat-Pumps-Barometer-2020-en-20201125%20(1).pdf
- Europska komisija. (05. 12 2016). Dohvaćeno iz
https://ec.europa.eu/croatia/events/energy_investment_conference_hr#:~:text=Europska%20unija%20je%20najve%C4%87i%20uvoznik%20energije%20u%20svijetu,potrebno%20je%20ulo%C5%BEiti%20vi%C5%A1e%20od%201%20milijarde%20eura.
- Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. (2021). Dohvaćeno iz Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost: <https://www.fzoeu.hr/hr/obnovljivi-izvori-energije/7573>
- Graditeljstvo. (n.d.). Dohvaćeno iz Graditeljstvo: <http://www.graditeljstvo.hr/zanimljivo/item/400-zra%C4%8Dne-toplinske-pumpe-%E2%80%93-jednostavne-i-pristupa%C4%8Dne>
- HEP Plin. (n.d.). Dohvaćeno iz <https://www.hep.hr/plin/pristup-mrezi/plinski-prikljucak/izgradnja-prikljucka-i-prikljucenje-na-plinski-distribucijski-sustav/1848>
- Hum plin. (n.d.). Dohvaćeno iz <https://humplin.hr/plin/osnovna-svojstva-plina/>

Ikoma. (n.d.). Dohvaćeno iz <https://www.ikoma.hr/hr/grijanje-na-pelet/kotlovi-na-pelete-za-centralno-grijanje/kotao-na-pelete-24-kw-centrometal-peltec-e-24-270/>

MC Solar. (n.d.). Dohvaćeno iz MC Solar: <https://mcsolar.hr/toplinske-pumpe/izvori-topline/voda/>

Michael Gartman, A. S. (10. 12 2020). *RMI.* Dohvaćeno iz <https://rmi.org/heat-pumps-a-practical-solution-for-cold-climates/>

Ministarstvo prostornog uređenja ,graditeljstva i državne imovine. (15. 06 2020). Dohvaćeno iz *Ministarstvo prostornog uređenja ,graditeljstva i državne imovine:* <https://mpgi.gov.hr/vijesti-8/energetska-obnova-obiteljskih-kuca-poziv-25-lipnja-a-prijave-gradjana-krajem-ljeta/10856>

Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine. (26. 07 2021). Dohvaćeno iz <https://mpgi.gov.hr/vijesti-8/fond-objavio-javni-poziv-za-sufinanciranje-kondenzacijskih-bojlera/13706>

Peleti centar Rijeka. (n.d.). Dohvaćeno iz Peleti centar Rijeka: <https://peleti.hr/hr/>

Petrokov. (n.d.). Dohvaćeno iz <https://petrokov.hr/peci-na-pelete/>

Podaci sa uplatnice iz kućanstva iste kvadrature. (n.d.).

R. Curtis, J. L. (24-29. 4 2005). *Ground Source Heat Pumps - Geothermal Energy for Anyone, Anywhere: . Ground Source Heat Pumps - Geothermal Energy for Anyone, Anywhere: .* Antalya, Turska.

Sučec, N. (29. 11 2018). *T portal.* Dohvaćeno iz <https://www.tportal.hr/biznis/clanak/izracunali-smo-na-sto-se-najvise-isplati-grijati-a-od-kojeg-bi-vam-se-energenta-mogla-slediti-krv-u-zilama-foto-20181129>

Technology Collaboration Programme. (n.d.). Dohvaćeno iz *Technology Collaboration Programme:* <https://heatpumpingtechnologies.org/market-technology/heat-pump-work/>

The renewable Energy Hub. (n.d.). Dohvaćeno iz *The renewable Energy Hub:* <https://www.renewableenergyhub.us/heat-pumps-information/the-history-of-heat-pumps.html>

Tolić, V. (02. 06 2014). *Potencijali dizalice topline u Republici Hrvatskoj, te koncept primjena raznih tehnologija dizalice topline u projektu "Sveučilišni Kampus Borongaj". Potencijali dizalice topline u Republici Hrvatskoj, te koncept primjena raznih tehnologija dizalice topline u projektu "Sveučilišni Kampus Borongaj".* Hrvatska: Komfor klima grupa.

Tremac, F. (01. 12 2016). *Utjecaj svojstava toplinskih spremnika na sezonsku učinkovitost gotermalne dizalice topline. Utjecaj svojstava toplinskih spremnika na sezonsku učinkovitost gotermalne dizalice topline.* Zagreb, Hrvatska: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje.

Viessmann. (n.d.). Dohvaćeno iz Viessmann: [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/IL_Vitocal_222-G_HR_05-2013%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/IL_Vitocal_222-G_HR_05-2013%20(2).pdf)

Viessmann. (n.d.). Dohvaćeno iz Viessmann: <https://www.viessmann.hr/hr/stambene-zgrade/dizalice-topline/dizalice-topline-rasolinavoda/vitocal-222g.html>

Viessmann. (n.d.). Dohvaćeno iz https://www.viessmann.hr/hr/stambene-zgrade/plinski-kotlovi-za-grijanje/plinski-kondenzacijski-kotlovi/vitodens-200-w-typ-b2hf-b2kf_01042020.html

Viessmann. (10 2020). Dohvaćeno iz file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Pregled%20paketa%2008-2020.pdf

7. Popis slika

Slika 1. Princip rada toplinske pumpe	4
Slika 2. Prikaz rada zračne toplinske pumpe u obiteljskoj kući.....	5
Slika 3. Proces grijanja i hlađenja	6
Slika 4. Dijelovi toplinske pumpe.....	7
Slika 5. Prva toplinska pumpa Robert C. Webber	9
Slika 6. Princip rada zračne pumpe.....	13
Slika 7. Princip rada geotermalne pumpe (izvor energije tlo)	14
Slika 8. Princip rada geotermalne pumpe (izvor energije podzemne vode).....	15
Slika 9. Udaljenost bušotina kod geotermalne pumpe (izvor energije podzemne vode)	17
Slika 10. Primjer podzemnog kolektora za geotermalnu pumpu	18
Slika 11. Primjer geotermalne pumpe sa dubinskom sondom	19
Slika 12. Temperaturna raspodjela unutar zemlje.....	20
Slika 13. Put održivog i stabilnog rasta u korištenju toplinskih pumpi	21
Slika 14. Energija koristena za grijanje i hlađenje dobivena iz obnovljivih izvora 2015., 2018. i 2019.godine.....	22
Slika 15. Unutrašnjost toplinske pumpe Viessmann Vitocal 222-G.....	25
Slika 16. Postavljanje zemnih kolektora za geotermalnu pumpu.....	27
Slika 17. Kondenzacijski plinski bojler	34
Slika 18. Peć za kuhanje na drva i kamin	36
Slika 19. Kamin za centralno grijanje na drva	37
Slika 20. Budućnost toplinskih pumpi u gradu	41
Slika 21. Peć za pelete	42

8. Popis tablica

Tablica 1. Tržište geotermalnih toplinskih pumpi 2018. i 2019. godine (broj prodanih komada).....	11
Tablica 2. Tehničke karakteristike toplinske pumpe Vitocal 222 G.....	12
Tablica 3. Potrošnja struje topline pumpe i temperature polaza	29
Tablica 4. Stanja godišnjeg rasta tržišta dizalica topline u RH za razdoblje od 2010. Do 2020. U MW/god	32
Tablica 5. Prednosti i nedostaci različitih oblika grijanja	33
Tablica 6. Troškovi po vrsti grijanja	45

9. Popis grafova

Graf 1. Mjesečna potrošnja različitih energenata tijekom zime.....	46
Graf 2. Ukupni godišnji trošak različitih energenata	46

10. Životopis studentice

Monika Pavlović

Državljanstvo: hrvatsko

 (+385) 911590559

Datum rođenja: 09/12/1990

Spol: Žensko

 **E-adresa:** tolicmonika@yahoo.com

 **Adresa:** Ulica svetog Benedikta 44/C, 10255 Donji Stupnik (Hrvatska)

RADNO ISKUSTVO

Administratorica baze podataka

Miro Tolić poslovne usluge [12/2008 – 10/2010]

Mjesto: Zagreb

Zemlja: Hrvatska

Prodajna savjetnica

Massimo Dutti, Inditex [10/2010 – 04/2012]

Mjesto: Zagreb

Zemlja: Hrvatska

Voditeljica prodavaonice

Oysho, Inditex [04/2012 – 08/2018]

Mjesto: Zagreb

Zemlja: Hrvatska

Bankarska službenica za šaltersko novčano poslovanje

Zagrebačka banka [08/2018 – Trenutačno]

Mjesto: Zagreb

Zemlja: Hrvatska

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

Stručni pristupnik ekonomije

Ekonomski fakultet Zagreb

licencirani prodavatelj osiguranja

Hanfa