

# Dizalica topline

---

**Turčić, Matej**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:537975>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-28**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**  
**Odsjek za politehniku**

**Matej Turcic**

**DIZALICA TOPLINE**

**(završni rad)**

**Rijeka, 2018. godine**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**

Studijski program: sveučilišni preddiplomski studij politehnike

Matej Turcic

mat. broj: 0069060652

# **DIZALICA TOPLINE**

- završni rad -

**Mentor : prof. dr. sc. Vinko Tomas**

**Rijeka, 2018. godine**

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad s naslovom „Dizalica topline“ izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Vinka Tomasa. Koristio sam se literaturom i znanjem stečenim tijekom studija na Filozofskom fakultetu u Rijeci, Odsjeku za Politehniku.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Vinku Tomasu na svim savjetima i iskazanom povjerenju tijekom izrade ovog završnog rada.

Zahvalio bi se svojim prijateljima koji su mi najteže dane studiranja učinili lakšima.

Na kraju bih se zahvalio svojoj obitelji na potpori, strpljenju i razumijevanju tijekom ovog studija.

## SAŽETAK

Dizalice topline koriste toplinu iz okoline i jedna su od najučinkovitijih i ekološki prihvatljivijih metoda za pripremu tople vode za stanovanje, grijanje i hlađenje. Ovi uređaji koriste temperaturu okoliša, tj. tla, zraka ili podzemne vode i podižu ih na višu razinu energije. Na primjer, ako je temperatura tla  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a temperatura sobe koju želite rashladiti je  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dizalice topline će iskoristiti energiju iz zemlje uz minimalnu potrošnju električne energije do ohladite sobu na ugodan  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ovo je način korištenja besplatne energije dostupne svima.

Načelo dizalice topline razvijeno je još u 18. stoljeću. Ono što je izvorno nastalo zbog potrebe za hlađenjem hrane sada se koristi u grijanju i klimatizaciji zgrada. Za praćenje parametara mjerenja tlaka i temperature u krugovima toplinske crpke mogu se primijeniti različita načela mjerenja. U slučaju mjerenja tlaka, ovaj se program proteže od ispitivanog mjernog mjerača tlaka Bourdon cijevi, sa ili bez električnog izlaznog signala (PGT) ili prekidača (PGS), odmah do elektronskog mjerenja tlaka.

Za nadzor temperature dizalice topline, dostupne su više inačica vijaka, utikača i kontaktnih senzora. S osjetnikom temperature TF41 također stvorite pouzdanu vezu između upravljačke jedinice i temperature okoline.

Ključne riječi: dizalice topline, grijanje, hlađenje, faktor dizalice

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. OPĆENITO O DIZALICAMA TOPLINE</b> .....	2
<b>2.1. Termodinamičke osnove dizalica topline</b> .....	2
<b>2.2. Osnovni dijelovi dizalica topline</b> .....	3
2.2.1. Kompresori .....	4
2.2.2. Termo ekspanzijski ventil.....	6
2.2.3. Izmjenjivač .....	7
2.2.4. Kondenzator .....	7
2.2.5. Rashladni mediji (plinovi).....	8
<b>2.3. Kako radi dizalica topline u sobama</b> .....	8
<b>2.4. Učinkovitost rada dizalica topline</b> .....	10
<b>2.5. Vrste dizalica toplina</b> .....	15
2.5.1. Dizalica topline sa zračnim izvorima .....	15
2.5.2. Geotermalne dizalice topline.....	19
2.5.3. Dizalice topline za apsorpciju .....	20
<b>2.6. Napredne značajke koje treba tražiti u toplinskoj pumpi</b> .....	22
<b>2.7. Prednosti i nedostaci dizalica topline</b> .....	23
<b>2.8. Održavanje dizalice topline</b> .....	26
<b>3. ZAKLJUČAK</b> .....	28
<b>LITERATURA</b> .....	29
<b>POPIS SLIKA</b> .....	30
<b>POPIS TABLICA</b> .....	30

# 1. UVOD

Dizalica topline je uređaj koji prima toplinu iz jednog izvora i pomiče ga na drugo mjesto električnim ili mehaničkim sredstvima. Dizalice topline se mogu koristiti za zagrijavanje ili hlađenje. Dizalica topline je električni uređaj koji ekstrahira toplinu s jednog mjesta i prenosi ga na drugu. Toplinska pumpa nije nova tehnologija; koristi se već desetljećima diljem svijeta. Hladnjaci i klima uređaji su uobičajeni primjeri ove tehnologije. Dizalice topline prenose toplinu cirkulacijom tvari koja se naziva rashladno sredstvo kroz ciklus isparavanja i kondenzacije. Kompresor pumpa rashladnu tekućinu između dva izmjenjivača topline. U jednom zavoju rashladno sredstvo se isparava pri niskom tlaku i apsorbira toplinu iz okoline. Rashladno sredstvo se zatim komprimira na putu do druge zavojnice, gdje se kondenzira pod visokim pritiskom. U ovom trenutku oslobađa toplinu koja je apsorbirana ranije u ciklusu. Hladnjaci i klima uređaji su oba primjera toplinskih crpki koje djeluju samo u načinu hlađenja. Hladnjak je u suštini izolirana kutija s priključenim sustavom toplinske pumpe. Zavojnica isparivača nalazi se unutar kutije, obično u odjeljku za zamrzavanje. Toplina se apsorbira s tog mjesta i prenosi se van, obično iza ili ispod jedinice gdje se nalazi spirala kondenzatora. Slično tome, klima uređaj prenosi toplinu iz kuće unutar kuće. Ciklus toplinske crpke je potpuno reverzibilan, a toplinske pumpe mogu tijekom cijele godine osigurati klimatsku kontrolu vašeg kućnog grijanja zimi i rashlađivanjem i sušenjem tijekom ljeta. Budući da tlo i vanjski zrak uvijek sadrže neku toplinu, toplinska pumpa može isporučivati toplinu kući čak i na hladnim zimskim danima. U stvari, zrak na  $-18^{\circ}\text{C}$  sadrži oko 85 posto topline koju je sadržavao na  $21^{\circ}\text{C}$ . Toplinska pumpa s zračnim izvorom apsorbira toplinu iz vanjskog zraka zimi i ljeti gubi toplinu u vanjski zrak. To je najčešći tip toplinske pumpe u kućanstvima u ovom trenutku. Ipak, toplinske pumpe, koje nazivaju zemaljska energija, geotermalna geoekspresija, koje crpe toplinu iz zemlje ili podzemne vode, sve se više koriste.



## 2. OPĆENITO O DIZALICAMA TOPLINE

### 2.1. Termodinamičke osnove dizalica topline

Dizalice topline (eng. heat pumps), koje se u našem jeziku nazivaju još i toplinskim pumpama ili toplinskim crpkama su toplinski uređaji koji „pumpaju“, odnosno prenose toplinu sa niže temperaturne razine na višu temperaturnu razinu s ciljem korisne primjene toplinske energije. Rad dizalice se zasniva na jevokretnom kružnom procesu. Kako je prema Clausiusovoj formuli II. zakona termodinamike nemoguće konstruirati uređaj koji radi ciklički, transferirajući toplinu od tijela niže na tijelo više temperature, a da taj prijelaz ujedno nema efekta na okoliš, sasvim jasno je da i dizalica topline za obavljanje svoje zadaće mora koristiti kompenzacijsku energiju, odnosno kompenzacijski rad. Upravo je stoga jedna od mogućih klasifikacija dizalica topline podjela prema vrsti kompenzacijske energije koju one troše za svoj rad. Dizalica topline je električni uređaj koji ekstrahira toplinu s jednog mjesta i prenosi ga na drugu. Toplinska pumpa nije nova tehnologija; koristi se već desetljećima diljem svijeta. Hladnjaci i klima uređaji zajednički su primjeri ove tehnologije.

Tako se razlikuju:

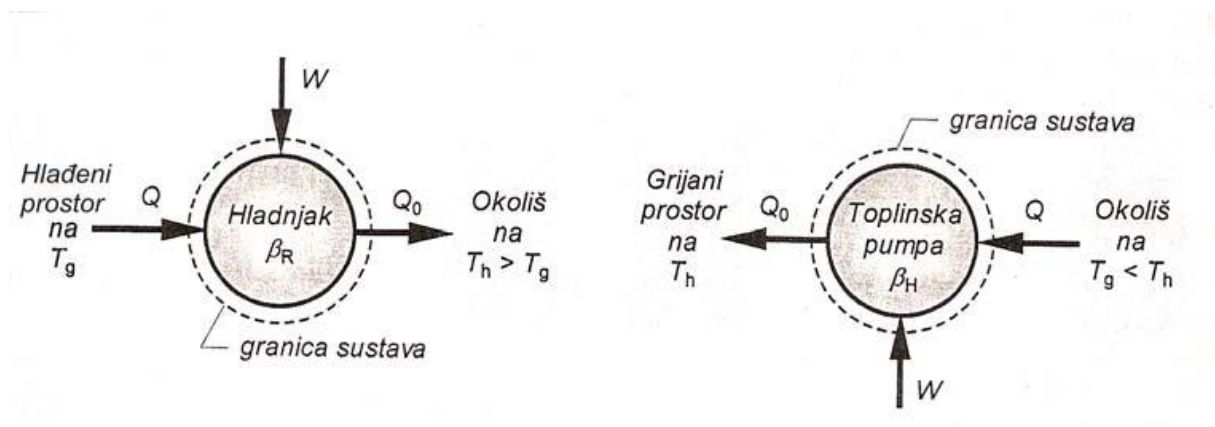
- kompresijske dizalice topline gdje je kompenzacijska energija mehanički rad kompresora ili pumpi kojima se ostvaruje strujanje radne tvari,
- difuzijsko-apsorpcijske dizalice topline koje koriste toplinu kao kompenzacijsku energiju potrebnu za strujanje radne tvari.

Treba ovdje spomenuti da je realizacija ljevokretnog kružnog procesa u dizalicama topline moguća samo ako nam na raspolaganju stoje dva toplinska spremnika različitih temperatura:

- toplinski izvor (toplinski spremnik niže temperature): niskotemperaturni toplinski spremnik koji predaje toplinu dizalici topline; najprikladniji toplinski izvori su: tlo, voda (riječna, jezerska, morska ili podzemne vode), sunce, okolišnji zrak, istrošeni zrak iz prostorija i otpadna toplina u industrijskim procesima,
- toplinski ponor (toplinski spremnik više temperature): visokotemperaturni toplinski spremnik kojemu dizalica topline predaje toplinu; toplinski ponori mogu biti: voda (riječna, jezerska, morska), zrak u grijanim prostorima, ogrjevni medij sustava grijanja, potrošna topla voda, voda koja se koristi u industrijskim procesima i drugo.

Isti princip rada se osim kod dizalica topline nalazi i kod rashladnih uređaja u kojima se također odvijaju ljevokretni kružni procesi. Ljevokretni kužni procesi nazivaju se još i rashladnim procesima, ogrjevnim procesima te rashladno-ogrjevnim procesima, ovisno o tome koja je osnovna namjena njihove primjene. U načelu su dizalice topline i rashladni uređaji isti uređaji (osnovni dijelovi su im isti), samo je njihova namjena bitno različita. Ta razlika se vidi na shematskom prikazu dizalice topline i hladnjaka na slici 1. Treba spomenuti da se dizalice topline koriste radi zagrijavanja prostora ili nekog medija koji se primjerice koristi u industrijskim procesima na temperaturu višu od okolišne. Rashladni uređaji se s druge strane koriste za održavanje temperature nekog prostora ispod temperature okoliša.

Slika 1. Shematski prikaz rada rashladnog uređaja i toplinske pumpe



Izvor: Galović, A.: Termodinamika I, II prerađeno izdanje, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2002.

## 2.2. Osnovni dijelovi dizalica topline

Osnovni dijelovi toplinske pumpe su sljedeći:

- kompresor,
- termo ekspanzijski ventil,
- isparivač,
- kondenzator,
- rashladni medij (plinovi).

Slika 2. Osnovni dijelovi dizalice topline



Izvor: Labudović, B. dipl.ing.: Osnove primjene dizalica topline, Zagreb, Energetika marketing d.o.o. 2009.

### 2.2.1. Kompresori

Kompresor, uređaj za povećanje tlaka plina mehaničkim smanjenjem volumena. Zrak je najčešće komprimirani plin, ali prirodni plin, kisik, dušik i drugi industrijski važni plinovi također su komprimirani. Tri glavna tipa kompresora su pozitivni pomak, centrifugalni i aksijalni. Kompresori s pozitivnim pomakom obično su tipa koji se mijenjaju, pri čemu se plin izvuče tijekom usisnog hoda klipa, komprimiranog smanjivanjem volumena plina premještanjem klipa u suprotnom smjeru, i naposljetku, ispuštanjem kada je tlak plina prelazi tlak koji djeluje na izlazni ventil. Komprimirani kompresori korisni su za dobavu male količine plina pri relativno visokim tlakovima.

Centrifugalni kompresori povećavaju kinetičku energiju plina s rotorom velike brzine i zatim pretvaraju ovu energiju u povećani tlak u divergentnom izlazu koji se naziva difuzor. Centrifugalni kompresori su posebno prikladni za komprimiranje velikih količina plina na umjerene tlakove. U aksijalnim kompresorima plin teče paralelno s rotacijskom osi rotora, koji ima mnogo redova aerodinamički oblikovanih lopatica koje se pružaju radijalno prema van. Rotor je okružen stacionarnim kućištem koja sadrži sličan broj nizova noža koji se protežu

prema unutra i koji se priliježu između redaka lopatica rotora. Kako plin prolazi kroz kompresor, njegova brzina se naizmjenično povećava i smanjuje. Tijekom svakog povećanja brzine povećava se kinetička energija plina, a tijekom svakog smanjenja brzine ova kinetička energija se pretvara u povećanje tlaka. Ova vrsta kompresora se koristi za motore mlaznog zrakoplova i plinske turbine.

Rane plinske turbine koristile su centrifugalne kompresore, koje su relativno jednostavne i jeftine. Oni su međutim ograničeni na niske omjere pritiska i ne mogu se podudarati s učinkovitosti suvremenih aksijalnih kompresora. Sukladno tome, centrifugalni kompresori se danas koriste prvenstveno u malim industrijskim jedinicama.

Aksijalni kompresor je obrnuta reakcijska turbina. Prolaznice noža, koje izgledaju poput upletenih, visoko zakrivljenih leta, moraju tangencijalno djelovati na tekućinu s pritiscima na jednoj strani noža više nego na drugoj. Za podzonski protok, povećanje tlaka zahtijeva i povećanje područja protoka čime se smanjuje brzina strujanja između prolaza lopatica i difuziranja protoka. Niz komada kompresora mora se promatrati kao skup blisko razmaknutih, visoko zakrivljenih oblika nosača zrakoplova s kojima se strujanje zraka snažno komunicira. Ne samo da će doći do porasta tlaka duž lopatica, već i između njih. Trenje strujanja, propuštanje, brizganje proizvedene prethodnim skupovima lopatica, a sekundarna cirkulacija ili vrtložni tokovi pridonose gubitku u stvarnoj jedinici. Ispitivanja stacionarnih sklopova oštrica, poznatih kao kaskade, mogu se obavljati u posebnim tunelskim tunelima, ali stvarni uređaji noža u rotirajućoj montaži zahtijevaju posebna ispitna postrojenja ili platforme.

Lopatice moraju biti dizajnirane ne samo da imaju ispravan aerodinamički oblik, nego i da budu lagane i nisu sklone kritičnim vibracijama. Nedavni napredak u dizajnu komada kompresora (i turbine) potpomognut je velikim računalnim programima.

Dok se umjereno veliki omjeri ekspanzija i tlaka mogu postići u reakcijskoj turbinskoj fazi, relativno mali porast tlaka može se upravljati kompresorskim stupnjem - tipičnim omjerima tlaka po stupnju od 1,35 ili 1,4 do 1 u modernom dizajnu. Dakle, kompresori zahtijevaju više stupnjeva od turbina. Ako se pokušaju veći stupanj pritiskog tlaka, protok će se odvajati od lopatica, što dovodi do turbulencije, smanjenog porasta tlaka i "zaustavljanja" kompresora istodobnim gubitkom snage motora. Nažalost, kompresori su najučinkovitiji u blizini takozvanog surge uvjeta, gdje mali poremećaji mogu poremetiti rad. Ostaje glavni izazov dizajneru da održi visoku učinkovitost bez zaustavljanja kompresora.

### 2.2.2. Termo ekspanzijski ventil

Ventil za toplinsku ekspanziju (često skraćeno kao TEV, TXV ili TX ventil) komponenta je u rashladnim i klimatizacijskim sustavima koji kontroliraju količinu rashladnog sredstva koja se oslobađa u isparivač i time kontrolira pregrijavanje. Ventili za toplinsku ekspanziju često se nazivaju općenito kao "mjerni uređaji".

Kontrola protoka ili mjerenje rashladnog sredstva postiže se korištenjem žarulje za mjerenje temperature, napunjene sličnim plinom kao u sustavu, što uzrokuje da se ventil otvori protiv opružnog tlaka u tijelu ventila, kako se povećava temperatura na žarulji, kako se temperatura usisnog voda smanjuje, tako i tlak u žarulji, a time i na opruzi, uzrokujući zatvaranje ventila. Sustav klimatizacije s TX ventilom često je učinkovitiji od ostalih dizajna koji ga ne koriste.

Termalni ventil je ključni element toplinske pumpe; to je ciklus koji omogućuje klimatizaciju ili hlađenje zrakom. Osnovni rashladni ciklus sastoji se od četiri glavna elementa, kompresora, kondenzatora, mjernog uređaja i isparivača. Kako rashladno sredstvo prolazi kroz krug koji sadrži ta četiri elementa, dolazi do klimatizacije. Ciklus počinje kada rashladna tekućina ulazi u kompresor u niskotlačnom, srednje temperaturnom, plinovitom obliku. Kompresor komprimira rashladno sredstvo na visokotlačni i visokotemperaturni plinoviti status. Visoki tlak i visokotemperaturni plin zatim ulaze u kondenzator. Kondenzator hladi visokotlačni i visokotemperaturni plin na tekućinu pod visokim tlakom prenoseći toplinu na niži temperaturni medij, obično okolni zrak.

Tekućina pod visokim tlakom ulazi u ekspanzijski ventil gdje TX ventil dopušta da dio rashladnog sredstva uđe u isparivač. Kako bi se tekućina na višoj temperaturi ohladila, protok mora biti ograničen u isparivač da bi tlak bio nizak i da bi se omogućila ekspanzija u plinsku fazu. TXV ima žarulje osjetljive na usisnu cijev rashladnih cijevi. Tlak plina u osjetilnim žaruljama osigurava sila da otvori TXV, stoga podešava protok rashladnog sredstva i pregrijavanja.

### 2.2.3. Izmjenjivač

Izmjenjivač topline je uređaj izgrađen za učinkovito prenošenje topline iz jednog medija u drugu, jesu li mediji odvojeni čvrstim zidom tako da nikada ne miješaju, ili mediji su u izravnom kontaktu. Oni su naširoko koristi u grijanju prostora, hlađenju, klimatizaciji, elektranama, kemijskim postrojenjima, petrokemijskim postrojenjima, naftnim rafinerijama i obradi prirodnog plina. Jedan od uobičajenih primjera izmjenjivača topline je radiator u automobilu, u kojem vruća tekućina za hlađenje motora, poput antifriz, prenosi toplinu do zraka koji prolazi kroz radiator.

Izmjenjivači topline mogu se klasificirati prema rasporedu protoka. U paralelnim toplinskim izmjenjivačima topline, dvije tekućine ulaze u izmjenjivač na istom kraju i idu paralelno jedna s drugom na drugu stranu. U izmjenjivačima topline protiv protoka, tekućine ulaze u izmjenjivač iz suprotnih krajeva. Kontrola protoka struje je najučinkovitiji, jer može prenijeti najviše topline. U izmjenjivaču topline s unakrsnim protokom, tekućine putuju grubo okomito jedna na drugu kroz izmjenjivač.

Za učinkovitost, izmjenjivači topline su dizajnirani tako da maksimiziraju površinu zida između dviju tekućina, a istovremeno smanjuju otpornost na protok fluida kroz izmjenjivač. Izvedbu izmjenjivača također može utjecati dodavanjem peraja ili rebara u jednom ili oba smjera, što povećava površinu i može kanalizirati tok tekućine ili izazvati turbulenciju.

Temperatura vožnje preko površine za prijenos topline varira s položajem, ali se može odrediti odgovarajuća srednja temperatura. U većini jednostavnih sustava to je log srednja temperatura razlika (LMTD). Ponekad izravno znanje LMTD nije dostupno i koristi se NTU metoda.

### 2.2.4. Kondenzator

U sustavima koji uključuju prijenos topline, kondenzator je uređaj ili jedinica koja se koristi za kondenziranje tvari od plinovitih do tekućeg stanja, hlađenjem. Na taj se način latentna toplina odriče tvari i prenosi se u okruženje. Kondenzatori se mogu izrađivati prema mnogim nacrtima i dolaze u više veličina, od malih (ručnih) do vrlo velikih (industrijske veličine koriste se u procesima postrojenja). Na primjer, hladnjak koristi kondenzator kako bi se oslobodio topline izvučene iz unutrašnjosti jedinice na vanjski zrak. Kondenzatori se koriste

u klimatizaciji, kao što su destilacija, parne elektrane i drugi sustavi izmjene topline. U mnogim kondenzatorima uobičajena je upotreba rashladne vode ili okolnog zraka kao rashladnog sredstva.

#### 2.2.5. Rashladni mediji (plinovi)

Rashladni mediji (plinovi), kao rashladni medij se moraju koristiti isključivo plinovi sa svojstvima da na određenoj temperaturi, ovisno o tlaku, mogu biti u svim agregatnim stanjima. Rashladni medij ne smije reagirati niti s jednim sastavom unutar sustava, gustoća bi mu trebala biti što veća, mogu biti hermetički zatvoren unutar sustava, najčešće u nehrđajućim bakrenim cijevima, mora biti neeksplozivan, tako da u slučaju ispuštanja ne bi došlo do eksplozije.

Mora biti neutrovan i po mogućnosti što manje štetan za okoliš. Rashladni medij se miješa sa mazivim uljem kojem rashladni medij mora osigurati kontinuirano putovanje kroz čitav sustav. Ulje ne smije mijenjati svojstva.

### 2.3. Kako radi dizalica topline u sobama

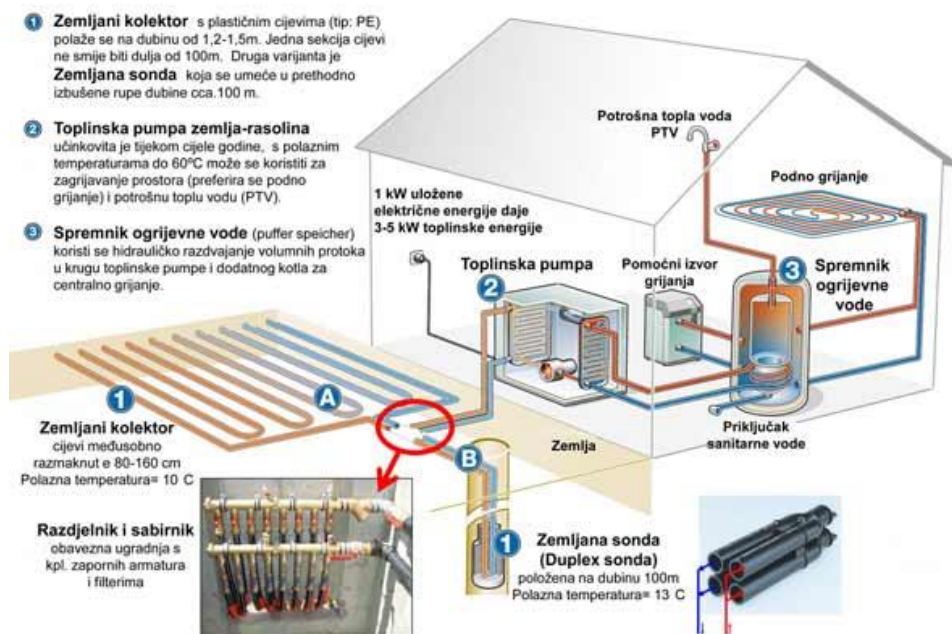
Za razliku od konvencionalnih toplinskih pumpi, ciklus inverterske dizalice topline stalno se kontrolira ovisno o stvarnoj potrebi grijanja. Korištenje kompresora s ritmom s frekvencijskim motorima i elektronskim ekspanzionim ventilima, proizvedena energija grijanja je prilagođena zahtjevima sobe.

Sobe se mogu izravno zagrijati s inverterskim toplinskim crpkama, dok kondenzator otpušta grijanu energiju izravno u unutrašnji zrak. Dakle, nema gubitaka u učinkovitosti zbog prijenosa topline u posrednički krug. Niti postoje gubici distribucije topline, kao što je to slučaj s konvencionalnim toplinskim crpkama od zemlje do vode ili zrak-voda, sustavima daljinskog grijanja ili centralnim grijanjem na plin ili na ulje.

Jednostavnost ove vrste toplinske pumpe rezultira povećanjem učinkovitosti i smanjenim troškovima rada. Instalacija je također jednostavna zahvaljujući iskorištavanju aerotermne obnovljivih izvora energije iz sustava: vanjskog zraka izvan zgrade. Prvo, toplinska pumpa izvlači energiju iz vanjskog zraka preko isparivača. Zatim se ova energija prevozi preko kompresora do kondenzatora unutarnje jedinice grijanja.

Inverterska toplinska pumpa sastoji se od jedinice izvan zgrade i zatvorene grijaće jedinice (kondenzator) u prostoriji koja zahtijeva grijanje. Ova je konfiguracija poznata kao podijeljeni sustav. Vanjska jedinica sadrži isparivač s elektronskim ekspanzijskim ventilom i kompresor za ljuhanje. Unutarnja grijaća jedinica opremljena je integriranim zračnim filtrom koji, ovisno o proizvođaču, također može ukloniti alergene i druge onečišćujuće tvari iz zraka u prostoriji. Neki sustavi također sadrže integrirano otkrivanje kretanja, čime se smanjuje nepotrebna potrošnja energije i doprinose automatskoj uštedi energije. Dobri sustavi također imaju noćni način rada, što omogućuje daljnje uštede energije kada je potražnja za sustavom manja.

Slika 3. Sistem dizalice topline u kući



Izvor: [https://www.klimakoncept.hr/hr/dizalice\\_topline\\_\\_toplinske\\_pumpe-/1129/135](https://www.klimakoncept.hr/hr/dizalice_topline__toplinske_pumpe-/1129/135)

Ciklus na inverterskim toplinskim crpkama je potpuno reverzibilan, što znači da može ponuditi i hlađenje i / ili odvlaživanje. Ovo je osobito dobra vijest za krovove, koji imaju koristi od povećane udobnosti tijekom ljeta.

Unutarnje i vanjske jedinice povezane su jednim upravljačkim krugom i dvije bakrene cijevi promjera 6 mm i 10 mm za krug dizalice topline. Stoga je montaža jednostavna i čista: dovoljno je bušiti jedan otvora od cca 50 mm za cjevovode i mrežni priključak. Ova se rupa može sakriti iza unutarnje jedinice, koja se obično nalazi ispod prozora i stoga ima koristi od



lokalne cirkulacije zraka. Štoviše, unutarnja jedinica zauzima vrlo malo prostora, zasigurno daleko manje prostora od starijih sustava grijanja za noćno skladištenje.

Jedinstvena toplinska pumpa pretvarača može zadovoljiti zahtjeve grijanja od jedne do pet prostorija. Prema tome, kada se koristi za monovalentno grijanje u višeobiteljskim stambenim jedinicama, potrebno je ugraditi veći broj decentraliziranih toplinskih pumpi. Kao što je navedeno u sljedećem primjeru, to predstavlja niz prednosti u projektima obnove.

## 2.4. Učinkovitost rada dizalica topline

Veličina kojom se na najprikladniji način može ocijeniti ljevokretni proces koji se odvija u dizalicama topline je takozvani koeficijent grijanja koji predstavlja odnos topline grijanja  $Q_g$  (koja se odvodi od radne tvari i predaje mediju koji se pritom grije) i kompenzacijskoga rada  $W_k$  odnosno

$$\varepsilon_g = \frac{Q_g}{W_k}$$

Koeficijent grijanja  $\varepsilon_g$  (eng. coefficient of performance, kratica COP) koji se još naziva i toplinski množitelj i pokazuje nam koliko se topline izraženo u džulima može predati toplinskom ponoru ( primjerice prostoru koji se grije) na račun jednog džula uložene kompenzacijske energije. Za zadane temperature niskotemperaturnog i visokotemperaturnog toplinskog spremnika najveća vrijednost omjera topline grijanja i kompenzacijskoga rada koja se može postići određena je teorijskim *Carnotovim* ljevokretnim kružnim procesom. Iz tog razloga Carnetov kružni proces nam može poslužiti kao etalon prema kojem se onda mogu vrednovati realni kružni procesi u dizalicama topline.

Vrijednosti koeficijenata grijanja koje se u današnje doba mogu postići realnim radnim procesima u dizalicama topline kao i one koje se teoretski mogu ostvariti Carnetovim radnim procesom prikazuje tablica 1.

Tablica 1. Koeficijent grijanja koje danas postižu dizalice topline različitih izvedbi

IZVEDBA DIZALICE TOPLINE I NJEZIN TOPLINSKI IZVOR	UOBIČAJENO PODRUČJE PRIMJENE	PROMJENA VRIJEDNOSTI KOEFICIJENTA GRIJANJA $\epsilon_{gr}$ U OVISNOSTI O TEMPERATURI TOPLINSKOG PONORA					
		35°	45°	55°	65°	75°	85°
Visokoučinska dizalica topline sa okolišnjim zrakom kao toplinskim izvorom. Temperatura zraka je -20 °C		2.2	2.0	-	-	-	-
Dvostupanjska dizalica topline sa okolišnjim zrakom kao izvorom topline. Temperatura zraka je -20 °C	Niskotemp sustavi grijanja	2.4	2.2	1.9	-	-	-
Visokoučinska dizalica topline sa okolišnjim zrakom kao toplinskim izvorom. Temperatura zraka je 0 °C	Niskotemp. sustavi grijanja	3.8	2.8	2.2	2.0	-	
Dizalica topline sa vodom kao toplinskim izvorom. Temperatura vode je 0 °C		5.0	3.7	2.9	2.4	-	-
Dizalica topline sa tлом kao toplinskim izvorom. Temperatura tla je 10 °C	Niskotemp. sustavi grijanja	7.2	5.0	3.7	2.9	2.4	-
Idealni Carnotov ljevokretni kružni proces. Temperatura toplinskog izvora je -20 °C		5.6	4.9	4.4	4.0	3.7	3.4
Idealni Carnotov ljevokretni kružni proces. Temperatura toplinskog izvora je 0 °C		8.8	7.1	6.0	5.2	4.6	4.2
Idealni Carnotov ljevokretni kružni proces. Temperatura toplinskog izvora je 10 °C		12.3	9.1	7.3	6.1	5.4	4.8

Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_pump](https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pump)

Godišnji koeficijent učinkovitosti ili godišnji koeficijent rada još je jedna veličina kojom se iskazuje efikasnost rada dizalice topline. Ova veličina pokazuje omjer ukupno isporučene topline nekoj zgradi i za tu svrhu ukupno potrošene energije (električne energije) tokom godine. Godišnjim koeficijentom rada se uzimaju u obzir promjenljive potrebe zgrade za ogrjevnim i rashladnim učinkom, promjene temperatura toplinskih spremnika tijekom godine te potrošnja energije za potrebe eventualnog odmrzavanja površine isparivača dizalice topline. Vrijednosti godišnjeg koeficijenta rada koje ostvaruju dizalice topline se isto tako mogu upotrijebiti za usporedbu sa konvencionalnim sustavima grijanja zgrada (primjerice s kotlovima na tekuće gorivo) po pitanju smanjenja potrošnje primarnih energenata i redukcije emisije CO<sub>2</sub>. Treba ovdje napomenuti da kada se uspoređuje učinak električnih kompresijskih dizalica topline sa konvencionalnim izvedbama sustava grijanja potrebno je uzeti u obzir učinkovitost rada električne centrale u kojoj se proizvodi električna energija koju koriste dizalice topline.

Efikasnost rada dizalice topline izražena pomoću toplinskog množitelja ili koeficijenta grijanja ponajprije ovisi o svojstvima toplinskog izvora kao jednoga od dvaju toplinskih spremnika potrebnih za realizaciju radnog procesa. Najčešće korišteni toplinski izvori za dizalice topline su prikazani u tablici 2. Ovdje će se navesti i jedno načelno pravilo koje se tiče spomenute efikasnosti: „Dizalica topline radi onoliko dobro koliko je dobar njezin toplinski izvor“.

Dobrota ili kvaliteta nekog toplinskog izvora koja utječe na termodinamičku učinkovitost dizalice topline je izravno povezana sa načinom na koji toplinski izvor ispunjava zahtjeve koji se pred njega postavljaju. Ima nekoliko osnovnih zahtjeva koji trebaju biti ispunjeni kako bi se osigurala učinkovitost rada dizalica topline, a oni su:

- dovoljna količina topline pri što višoj temperaturi dostupna u svako doba (primjerice tijekom cijele sezone grijanja),
- troškovi priključenja dizalice topline na toplinski izvor trebaju biti što manji,
- energija potrebna za transport topline izvora do samog isparivača dizalice topline treba biti što manja.

Tablica 2. Toplinski izvori za dizalice topline

KRITERIJ ZA OCJENU VALJANOSTI	ZRAK		ZEMLJA	VODA					SUNCE
	okolišnji	Povratni iz klimatiz. sustava		podzemna	riječna	jezerska	morska	otpadna, kućanska i industrijska	
Temperaturna (energijska) razina	- 25 + 20 °C	> 22 °C	- 5 ÷ 15 °C	5 ± 5 °C	0 ÷ 10 °C	0 ÷ 10 °C	3 ÷ 8 °C	> 10 °C	
Lokacijska raspoloživost	posvuda	Pri grijanju i/ili hlađenju zrakom	Ponegdje, ovisno o terenu	Ponegdje	ponegdje	ponegdje	ponegdje	ponegdje	posvuda
Vremenska raspoloživost	uvijek	Ponekad, ovisno o radnom režimu	uvijek	uvijek	Ne uvijek, radi niskih temp. < 2C	Ne uvijek, radi niskih temperatura	uvijek	uvijek	Promjenjivo i nedvidljivo
Vremenska podudarnost i potrošnje raspoloživost	Nekohorentno (najviše potrebna – najviša raspoloživost)	kohorentno (najviše potrebna – najviša raspoloživost)	Djelomično kohorentno (raspoloživost opada prema kraju sezone grijanja)	Kohorentno (konstantna raspoloživost tijekom godine)	Djelomično kohorentno ili nekohorentno	Djelomično kohorentno	Djelomično kohorentno	kohorentno	Nekohorentno (najviše potrebna – najviša raspoloživost)
Mogućnost samostalnog korištenja	Da	Djelomično	da	Da	djelomično	djelomično	Da	Da	Jedva moguće
Kemijska ili fizikalna svojstva koja otežavaju uporabu	zaleđivanje	-	Zaleđivanje korozija	korozija	Korozija, prljavština, sol	Prljavština, sol	Prljavština, sol, alge	Prljavštine, korozija	

Utrošak energije za transport nositelja topline	velik	-	velik	velik	raznolik	raznolik	Raznolik, često velik	raznolik	raznolik
Troškovi izvedbe postrojenja	Mali do srednji	mali	velik	velik	Srednje do velik	Srednji do velik	Srednji do velik	Srednje do velik	velik
Utjecaj na energetske ravnoteže okoliša	Nema znatnog utjecaja	Nema nikakva utjecaja	Zanemarivo malen	Nije zanemariv	Zanemarivo malen	Zanemarivo malen	Zanemarivo malen	Nema nikakva utjecaja	Nema nikakva utjecaja
Utjecaj na zagađenje okoliša	nema	nema	neutralno	ima	Djelomično	djelomično	neutralno	Nema	nema
Prikladnost za masovnu proizvodnju	dobra	Dobra	umjerena	dobra	dobra	dobra	dobra	umjerena	umjerena

Izvor: Bupić, M.i Čustović, S.: „Stanje i trendovi uprave dizalice topline“ časopis“ Naše more“ br.53/2006.(str. 213-219)

Osim prethodno spomenutih zahtijeva koji se odnose samo na toplinski izvor, postoje i neki drugi uvjeti koji također biti zadovoljeni u svrhu postizanja većih vrijednosti koeficijenta grijanja, kao primjerice:

- mala udaljenost toplinskog izvora i ponora,
- temperatura toplinskog ponora treba biti umjerena radi manje potrošnje energije potrebne za pogon dizalice topline,
- vrijeme korištenja dizalice topline tokom godine treba biti što veće.

Treba spomenuti da današnje dizalice topline u manjoj ili većoj mjeri ispunjavaju većinu ovdje navedenih uvjeta. Koliko dobro one to čine najbolje se vidi iz vrijednosti koeficijenta grijanja koje postižu, a što je ponajprije rezultat odabira toplinskog izvora kao onog čimbenika koji najviše utječe na konačnu izvedbu dizalice topline.

## **2.5. Vrste dizalica toplina**

### **2.5.1. Dizalica topline sa zračnim izvorima**

Toplinska crpka iz zraka može pružiti učinkovito grijanje i hlađenje za vaš dom. Kada je ispravno instaliran, toplinska pumpa s zračnim izvorom može isporučiti kućište od jedne do polovine do tri puta više toplinske energije od električne energije koju troši. To je moguće jer toplinska pumpa pomiče toplinu umjesto da ga pretvori iz sustava za grijanje goriva poput izgaranja.

Toplinske pumpe s zračnim izvorima upotrebljavale su već dugi niz godina u gotovo svim dijelovima Sjedinjenih Država, ali do nedavno nisu bile korištene u područjima koja su imala dulje razdoblje temperature zamrzavanja. Međutim, posljednjih godina tehnologija topline zrakoplova napredovala je tako da sada nudi legitimnu alternativu za grijanje prostora u hladnijim regijama.

Na primjer, kada se cijele jedinice zamijene na sjeveroistočnim i srednjoatlantskim područjima, partnerstva Sjeveroistočna energetska učinkovitost otkrila su da godišnja ušteda pri korištenju zračne pumpe za zrak iznosi oko 3.000 kWh (ili 459 dolara) u usporedbi s grijačima električne otpornosti, i 6.200 kWh (ili 948 dolara) u usporedbi s naftnim sustavima.

Prilikom zamjene ulja (tj. Uljni sustav ostaje, ali rjeđe djeluje), prosječna godišnja ušteda je blizu 3000 kWh (ili oko 300 dolara).

Rashladni sustav dizalice topline sastoji se od kompresora i dva svitka izrađena od bakrenih cijevi (jedan unutra i jedan vanjski), koji su okruženi aluminijskim lamelama za pomoć pri prijenosu topline. U modu grijanja, tekućina rashladnog sredstva u vanjskim zavojima ekstrahira toplinu iz zraka i isparava u plin. Zatvoreni zavojnici oslobađaju toplinu od rashladnog sredstva jer se kondenzira natrag u tekućinu. Povratni ventil u blizini kompresora može promijeniti smjer protoka rashladnog sredstva za hlađenje kao i za odmrzavanje vanjskih zavojnica zimi.

Učinkovitost i performanse današnjih zračnih izvora topline pumpe rezultat su tehničkih napora kao što su:

- Termostatski ventili za ekspanziju za precizniju kontrolu protoka rashladnog sredstva u zatvoreni svitak
- Puhalice s promjenjivom brzinom, koje su učinkovitije i mogu nadoknaditi neke od štetnih učinaka ograničenih kanala, prljavih filtera i prljavih zavojnica
- Poboljšani dizajn svitka
- Poboljšani elektromotorni i dvosmjerni kompresori
- Bakrene cijevi, utorene unutra kako bi povećale površinu.

Svaka stambena toplinska pumpa prodana u ovoj zemlji ima EnergyGuide naljepnicu koja prikazuje toplinsku crpku učinkovitost grijanja i učinkovitosti hlađenja, uspoređujući ga s ostalim dostupnim markama i modelima.

Učinkovitost grijanja za električnu toplinsku crpku označava se faktorom godišnjeg grijanja (HSPF), što je ukupni grijanje prostora potrebnih tijekom sezone grijanja, izraženo u Btu, podijeljeno s ukupnom električnom energijom koju potroši sustav toplinske pumpe tijekom iste sezone, izraženo u vatnim satima.

Učinkovitost hlađenja pokazuje sezonski omjer energetske učinkovitosti (SEER), koji je ukupna toplina uklonjena iz uvjetovanog prostora tijekom godišnjeg razdoblja hlađenja, izražena u Btu, podijeljena s ukupnom električnom energijom koju potroši toplinska pumpa tijekom iste sezone, izraženo u vatnim satima. HSPF procjenjuje učinkovitost kompresora i električno otpornih elemenata.

SEER procjenjuje učinkovitost hlađenja dizalice topline. Općenito, što je SEER veća, to je veći trošak. Međutim, ušteda energije može višu početnu investiciju vratiti nekoliko puta tijekom životnog vijeka dizalice topline. Nova centralna toplinska pumpa koja zamjenjuje vintage jedinicu koristit će mnogo manje energije, rezanje troškova klimatizacije značajno.

Za odabir električne dizalice topline iz zraka, potražite oznaku ENERGY STAR®. U toplijim klimatskim uvjetima, SEER je važniji od HSPF-a. U hladnijim klimatskim područjima, usredotočite se na postizanje najvećeg HSPF-a.

Ovo su neki drugi čimbenici koje treba uzeti u obzir kod odabira i ugradnje zračnih izvora toplinske pumpe:

- Izaberite toplinsku crpku s kontrolom odleđivanja potražnje. Time će se smanjiti ciklusi odleđivanja, čime se smanjuje potrošnja energije za dodatnu i toplinsku pumpu.
- Ventilatori i kompresori stvaraju buku. Otvorite vanjsku jedinicu od prozora i susjednih zgrada i odaberite toplinsku crpku s vanjskom šumom od 7,6 belskih ili nižih. Također možete smanjiti buku tako što ćete postaviti jedinicu na bazu koja apsorbira buku.
- Položaj vanjske jedinice može utjecati na njegovu učinkovitost. Vanjske jedinice trebaju biti zaštićene od visokih vjetrova, što može uzrokovati probleme odleđivanja. Strateški možete postaviti grm ili ogradu uz vjetar od zavojnica da biste blokirali jedinicu od jakih vjetrova.

Dizalice topline mogu imati problema s niskim protokom zraka, curilima i nepravilnim punjenjem rashladnog sredstva. Mora biti oko 400 do 500 kubnih metara u minuti (cfm) protok zraka za svaku tonu klimatizacijskog kapaciteta dizalice topline. Učinkovitost i učinkovitost pogoršavaju ako je protok zraka veći od 350 cfm po toni. Tehničari mogu povećati protok zraka čišćenjem spirale isparivača ili povećanjem brzine ventilatora, ali često je potrebna neka preinaka kanala. Pogledajte minimiziranje gubitaka energije u kanalima i izolacijskim kanalima.

Rashladni sustavi trebaju biti provjereni na instalaciji i tijekom svakog servisnog poziva. Sobni toplinski pumpe i zapakirane dizalice topline napunjene su rashladnim sredstvom u tvornici, a rijetko su pogrešno napunjene. S druge strane, toplinske pumpe s razdjelnim sustavom napunjene su u polju, što ponekad može dovesti do previše ili premalo rashladnog sredstva. Toplinske pumpe s razdjelnim sustavom s ispravnim punjenjem rashladnog sredstva i protokom zraka obično se obavljaju vrlo blizu proizvođačevim popisanim SEER i HSPF.



Previše ili premalo rashladnog sredstva, međutim, smanjuje performanse i učinkovitost toplinske pumpe.

Za zadovoljavajuće performanse i učinkovitost, toplinska pumpa s razdjelnim sustavom mora biti unutar nekoliko unci od ispravne napunjenosti koju odredi proizvođač. Tehničar mora mjeriti protok zraka prije provjere napunjenosti rashladnog sredstva, jer mjerenja rashladnog sredstva nisu točna, osim ako je protok zraka točan. Kada je napunjenost točna, određene temperature i tlakovi rashladnog sredstva koje je proizvela proizvođač će odgovarati temperaturi i pritisku koju mjeri vaš servisni tehničar. Provjerite ove mjere s tehničarom. Ako temperature i pritisci proizvođača ne odgovaraju mjerenim, treba dodati ili povući rashladno sredstvo u skladu s normama koje je odredio EPA.

Svaka stambena toplinska pumpa prodana u ovoj zemlji ima Energy Guide naljepnicu koja prikazuje toplinsku crpku učinkovitost grijanja i učinkovitosti hlađenja, uspoređujući ga s ostalim dostupnim markama i modelima.

Učinkovitost grijanja za električnu toplinsku crpku označava se faktorom godišnjeg grijanja (HSPF), što je ukupni grijanje prostora potrebnih tijekom sezone grijanja, izraženo u Btu, podijeljeno s ukupnom električnom energijom koju potroši sustav toplinske pumpe tijekom iste sezone, izraženo u watt satima.

Učinkovitost hlađenja pokazuje sezonski omjer energetske učinkovitosti (SEER), koji je ukupna toplina uklonjena iz uvjetovanog prostora tijekom godišnjeg razdoblja hlađenja, izražena u Btu, podijeljena s ukupnom električnom energijom koju potroši toplinska pumpa tijekom iste sezone, izraženo u watt satima. HSPF procjenjuje učinkovitost kompresora i električno otpornih elemenata.

SEER procjenjuje učinkovitost hlađenja dizalice topline. Općenito, što je SEER veća, to je veći trošak. Međutim, ušteda energije može višu početnu investiciju vratiti nekoliko puta tijekom životnog vijeka dizalice topline. Nova centralna toplinska pumpa koja zamjenjuje vintage jedinicu koristit će mnogo manje energije, rezanje troškova klimatizacije značajno.

Za odabir električne dizalice topline iz zraka, potražite oznaku ENERGY STAR®. U toplijim klimatskim uvjetima, SEER je važniji od HSPF-a. U hladnijim klimatskim područjima, usredotočite se na postizanje najvećeg HSPF-a. Ovo su neki drugi čimbenici koje treba uzeti u obzir kod odabira i ugradnje zračnih izvora toplinske pumpe:

Izaberite toplinsku crpku s kontrolom odleživanja potražnje. Time će se smanjiti ciklusi odleživanja, čime se smanjuje potrošnja energije za dodatnu i toplinsku pumpu.

Ventilatori i kompresori stvaraju buku. Otvorite vanjsku jedinicu od prozora i susjednih zgrada i odaberite toplinsku crpku s vanjskom šumom od 7,6 bels ili nižih. Također možete smanjiti buku tako što ćete postaviti jedinicu na bazu koja apsorbira buku.

Položaj vanjske jedinice može utjecati na njegovu učinkovitost. Vanjske jedinice trebaju biti zaštićene od visokih vjetrova, što može uzrokovati probleme odleživanja. Strateški možete postaviti grm ili ogradu uz vjetar od zavojnica da biste blokirali jedinicu od jakih vjetrova.

### 2.5.2. Geotermalne dizalice topline

Geotermalne toplinske pumpe (GHP), koje se ponekad naziva GeoExchange, zemaljske cijevi, izvor tla ili izvor topline, koriste se još od kasnih šezdesetih godina prošlog stoljeća. Oni koriste stalnu temperaturu zemlje kao sredstvo za izmjenu umjesto vanjske temperature zraka.

Iako mnogi dijelovi zemlje doživljavaju ekstremne sezonske temperature - od onečišćenja topline u ljeto do zimske hladne temperature - nekoliko metara ispod površine zemlje, tlo ostaje na relativno konstantnoj temperaturi. Ovisno o geografskoj širini, temperatura tla se kreće od 7 ° C do 21 ° C. Poput pećine, ta zemaljska temperatura je toplija od zraka iznad njega tijekom zime i hladnija od zraka ljeti. GHP iskorištava to izmjenom topline sa zemljom kroz izmjenjivač topline.

Kao i kod bilo koje dizalice topline, toplinske pumpe geotermalne i vodene pare mogu zagrijavati, hladiti i, ako su tako opremljene, isporučuju kuću toplom vodom. Neki modeli geotermalnih sustava dostupni su s dvosmjernim kompresorima i varijabilnim ventilatorima za veću udobnost i uštedu energije. U odnosu na zrakoplovne toplinske pumpe, one su tiše, traju duže, trebaju malo održavanja i ne ovise o temperaturi vanjskog zraka.

Toplinska pumpa s dvostrukim izvorom kombinira jednu toplinsku crpku sa zračnim izvorom s geotermalnom toplinskom pumpom. Ovi uređaji kombiniraju najbolje od oba sustava. Dizalice topline s dvostrukim izvorima imaju veću ocjenu učinkovitosti od jedinica zračnog izvora, ali nisu tako učinkovite kao geotermalne jedinice. Glavna prednost sustava s dvostrukim izvorima je da oni troše mnogo manje za instalaciju od jedne geotermalne jedinice i gotovo rade.

Iako cijena instalacije geotermalnog sustava može biti više puta veća od sustava zračnog izvora istog kapaciteta grijanja i hlađenja, dodatne se troškove vraća u uštedu energije u 5 do 10 godina. Životni vijek sustava procjenjuje se na 25 godina za unutarnje komponente i 50 godina za petlju na zemlji. U Sjedinjenim Državama svake se godine nalazi oko 50.000 geotermalnih pumpi za grijanje. Više informacija potražite na adresi:

Postoje četiri osnovne vrste sustava petlje. Tri od ovih - vodoravna, vertikalna i ribnjak / jezero - su sustavi zatvorene petlje. Četvrta vrsta sustava je opcija otvorene petlje. Koji od njih najbolje ovisi o klimi, uvjetima tla, raspoloživom zemljištu i lokalnim troškovima instalacije na web-mjestu. Svi ti pristupi mogu se koristiti za stambene i poslovne zgrade.

Većina geotermalnih toplinskih pumpi zatvorene petlje cirkuliraju otopinu protiv smrzavanja kroz zatvorenu petlju - obično izrađenu od plastičnih cijevi - koja je zakopana u zemlju ili uronjena u vodu. Izmjenjivač topline prenosi toplinu između rashladnog sredstva u toplinskoj crpki i otopine za zamrzavanje u zatvorenoj petlji. Petlja može biti u vodoravnoj, vertikalnoj ili konfiguraciji jezera / jezera.

Jedna varijanta ovog pristupa, nazvana izravna razmjena, ne koristi izmjenjivač topline i umjesto toga pumpa rashladno sredstvo kroz bakrenu cijev koja je zakopana u tlu u vodoravnoj ili vertikalnoj konfiguraciji. Sustavi direktne izmjene zahtijevaju veći kompresor i najbolje rade na vlažnim tlima (ponekad zahtijevaju dodatno navodnjavanje kako bi vlažne zemlje ostale), ali biste trebali izbjegavati postavljanje u tlo koje korozijski na bakrenoj cijevi. Budući da ti sustavi cirkuliraju rashladno sredstvo kroz zemlju, lokalni propisi o zaštiti okoliša mogu zabraniti njihovu upotrebu na nekim lokacijama.

### 2.5.3. Dizalice topline za apsorpciju

Toplinske pumpe za apsorpciju su u suštini zrakoplovne dizalice topline koje ne utiču na električnu energiju, nego na izvor topline kao što su prirodni plin, propan, solarno grijana voda ili geotermalna grijana voda. Budući da je prirodni plin najčešći izvor topline za apsorpcijske toplinske pumpe, oni se također nazivaju i plinske pumpe s plinom. Također postoje apsorpcijski (ili plinski) rashladnici koji rade na istom principu. Za razliku od nekih apsorpcijskih toplinskih crpki, međutim, one nisu reverzibilne i ne mogu poslužiti kao izvor topline.

Toplinske pumpe za stambenu apsorpciju koriste ciklus apsorpcije vode amonijaka kako bi se omogućilo zagrijavanje i hlađenje. Kao u standardnoj toplinskoj crpki, rashladna tekućina (u ovom slučaju, amonijak) kondenzirana je u jednoj zavojnici kako bi se oslobodila toplina; tada se njegov tlak smanjuje, a rashladno sredstvo se upari da apsorbira toplinu. Ako sustav apsorbira toplinu iz unutrašnjosti vašeg doma, pruža hlađenje; ako oslobađa toplinu u unutrašnjosti vašeg doma, pruža grijanje.

Razlika u apsorpcijskim toplinskim crpkama je u tome što ispareni amonijak nije pumpao pod pritiskom u kompresoru, već se umjesto toga apsorbira u vodu. Pumpa relativno niske snage može potom pumpati otopinu do većeg tlaka. Problem je uklanjanja amonijaka iz vode, a tu dolazi izvor topline. Toplina u biti upija amonijak iz vode, ponovno započinje ciklus.

Ključna komponenta u sadašnjim postrojenjima je tehnologija izmjenjivača topline apsorbira generatora, odnosno GAX, koja pojačava učinkovitost jedinice vraćanjem topline koja se oslobađa kada se amonijak apsorbira u vodu. Druge inovacije uključuju visokoučinkovitu odvajanja pare, varijabilne količine protoka amonijaka i izgaranje prirodnog plina s niskim emisijama, s promjenjivom kapacitetom.

Iako se uglavnom koriste u industrijskim ili trgovačkim ambijentima, apsorpcijski hladnjaci sada su komercijalno dostupni za velike stambene kuće, a apsorpcijske toplinske pumpe su u razvoju. Trenutno dostupni 5-tonni rezidualni sustavi hladnjaka prikladni su samo za domove na skali od 4000 četvornih stopa ili više.

Apsorpcijski rashladnici i toplinske pumpe obično imaju smisla samo u kućama bez izvora struje, ali imaju dodatnu prednost u tome što mogu iskoristiti bilo koji izvor topline, uključujući sunčevu energiju, geotermalnu toplovodnu vodu ili druge izvore topline. Oni su također podložni zoniranim sustavima, u kojima se različiti dijelovi kuće drže na različitim temperaturama.

Učinkovitost rashladnika za apsorpciju zraka i topline pumpi označava se njihovim koeficijentom učinkovitosti (COP). COP je omjer uklonjene topline (za hlađenje) ili toplinske energije (za grijanje) u Btu po BTu za ulaz energije.

## 2.6. Napredne značajke koje treba tražiti u toplinskoj pumpi

Broj inovacija poboljšava performanse toplinskih pumpi. Za razliku od standardnih kompresora koji mogu raditi samo pri punoj snazi, kompresori s dva brzina omogućuju da dizalice topline djeluju blizu potrebnog kapaciteta grijanja ili hlađenja u bilo kojem trenutku. To štedi veliku količinu električne energije i smanjuje trošenje kompresora. Dvostupanjske crpke topline također dobro funkcioniraju sa sustavima kontrole zoni. Sustavi upravljanja zonama, koji se često nalaze u većim domovima, koriste automatske zaklopke kako bi toplinska pumpa omogućila održavanje različitih soba na različitim temperaturama.

Neki modeli toplinskih crpki opremljeni su motorima s promjenjivom brzinom ili dvostrukom brzinom na svojim zatvorenim ventilatorima (ventilatorima), vanjskim ventilatorima ili oboje. Regulatori s promjenjivom brzinom za ove ventilatore pokušavaju zadržati da se zrak kreće pri udobnoj brzini, što smanjuje količinu hladnih propuha i povećava električne uštede. To također smanjuje buku puhača koji radi pri punoj brzini.

Mnoge visokoučinkovite dizalice topline opremljene su s dodatnim izmjenjivačem za djelomičnu rekuperaciju topline koji oporavlja otpadnu toplinu iz hlađenja toplinske pumpe i koristi ga za zagrijavanje vode. Toplinska crpka opremljena s dodatnim izmjenjivačem za djelomičnu rekuperaciju topline može zagrijati vodu 2 do 3 puta učinkovitije nego obični električni grijač vode.

Drugi napredak u tehnologiji dizalice topline je kompresor za pomicanje, koji se sastoji od dva spiralno oblikovana svitka. Jedan ostaje stacionaran, a ostale okreće oko njega, komprimiranjem rashladnog sredstva tako što ga prisiljava u sve manje područja. U usporedbi s tipičnim kompresorskim kompresorima, kompresori za pomicanje imaju duži radni vijek i tiši su. Prema nekim izvješćima, toplinske pumpe s kompresorima za pomicanje osiguravaju topliji zrak od 10 ° do 15 ° F (5,6 ° do 8,3 ° C) u zagrijavanju, u usporedbi s postojećim toplinskim crpkama s kompresijskim kompresorima.

Iako većina toplinskih crpki koristi grijače električne otpornosti kao rezervnu za hladno vrijeme, dizalice topline također mogu biti opremljene plamenicima za nadopunu toplinske pumpe. Sigurnosni plamenici olakšavaju rješavanje problema toplinske pumpe koji daje relativno hladan zrak tijekom hladnog vremena i smanjuje njegovu upotrebu električne energije.

Postoji nekoliko proizvođača dizalice topline koja uključuje oba tipa opskrbe toplinom u jednom kutiji, pa su ove konfiguracije često dva manja, paralelna, standardna sustava koji dijele iste kanale. Poluautomatski sustav goriva za gorenje mogao bi biti propan, prirodni plin, ulje, ili čak ugljen i drvo.

U usporedbi s peći za gorivo izgaranjem ili samo standardnom toplinskom pumpom, takav je sustav također ekonomičan. Stvarna ušteda energije ovisi o relativnim troškovima goriva sagorijevanja u odnosu na električnu energiju.

## **2.7. Prednosti i nedostaci dizalica topline**

Dizalice topline mogu pomoći potrošačima uštedjeti na komunalnim uslugama, ali imaju ograničenja. Prvo, oni imaju tendenciju da budu nešto neučinkoviti u bilo kojoj klimi gdje temperatura vanjskog zraka pada blizu ili ispod smrzavanja na redovitoj osnovi, iako inovatori rade na poboljšanju toga. To je zbog toga što premještanje topline iz vrlo hladnog područja na topliji traje više energije od pomicanja topline između dva područja s umjerenom temperaturnom razlikom. Postoji još veća vrućina dostupna vani u umjerenoj klimi nego u hladnoj klimi. Važno je napomenuti da čak i u hladnoj klimi, još uvijek ima vrućine u vanjskom zraku kako bi se pumpalo u zatvorenom prostoru, ali jedinica mora raditi kako bi se izdvojila toplina koja je dostupna. Dopunska energija može biti potrebna kako bi se toplinska pumpa mogla proizvesti dovoljno tople da udobno zagrije vaš dom kad temperatura padne ispod zamrzavanja i to nije dobro.

Toplina proizvedena od strane dizalica topline nije tako intenzivna kao toplina koju proizvodi peć plina ili ulja. Ljudi koji su navikli na tradicionalne peći mogu biti neugodni s blažom toplinom proizvedenom ovim sustavima. Drugi ljudi preferiraju toplinu koju proizvodi toplinska pumpa, jer toplinske pumpe ravnomjerno raspoređuju toplinu u cijeloj kući, što znači da nema hladnih mjesta. Dizalica topline će se također uključiti i isključiti rjeđe od plinske peći, a većina je sustava uklonila pušenje hladnog zraka kroz otvore koji su se dogodili kada se sustav privremeno prebacio u obratni položaj i odmrzava zavojnice.

Prije instaliranja dizalica topline, trebat ćete razmotriti kakvu dodatnu ili pomoćnu grijanje trebate koristiti kada toplinska crpka ne može učinkovito raditi. Mnoge dizalice topline koriste dodatno električno grijanje, ali također možete koristiti neku vrstu uljnog plamenika ili

prilagođenu plinsku peć. Bez obzira kakav je tip sustava za grijanje uobičajen u vašem području, vjerojatno je najučinkovitiji i najisplativiji način rezerviranja. Podatke možete uvijek nazvati lokalnom komunalnom poduzeću.

Podzemne dizalice topline su bolji dehumidificatori od normalnih klimatizacijskih uređaja, jer ti sustavi obično imaju veće, ravne povratne svitke koji uvjetuju i dehumidificiraju više zraka od odgovarajuće zavojnice u klimatizacijskom sustavu. Dizalice topline s zračnim izvorima imaju otprilike iste mogućnosti odvlaživanja zraka od klimatizacijskih sustava. Ako imate bilo kakve potrebe za ovlaživanjem ili odvlaživanjem, uzmite to u obzir.

Dizalica topline s električnim izvorom zraka može biti dobra alternativa sustavu peći na propanu ili loživom ulju. Toplinska crpka je također isplativna alternativa toplini električne otpornosti koja se koristi u električnim pećima i na zidnim pločama i zidnim jedinicama.

Ljeti, jedna toplinska pumpa s zračnim izvorom djeluje kao klima uređaj (AC) koji izvlači toplinu iz zraka vašeg doma i prenosi je vani. Zimi se smjer sustava pomiče tako da se vrućina izvlači iz vanjskog zraka i preseli u vaš dom.

Toplinska pumpa ima dvije glavne komponente: kondenzator (koji se nazivaju i kompresor) koji cirkulira rashladnu tekućinu kroz sustav; i rukovatelj zrakom koji distribuira uvjetovani zrak. Većina toplinskih pumpi su podijeljeni sustavi, s kondenzatorom koji se nalazi van, a rukovatelj zrakom iznutra. Pakirani sustav sadrži obje komponente u jednoj jedinici koja se nalazi izvan vašeg doma. Toplinske crpke obično raspoređuju vrući ili hladan zrak kroz sustav kanala. Mini-djelići bez ductless, koji može služiti čak četiri sobe, bit će pokriveni u stupcu sljedećeg mjeseca.

U prošlosti, toplinske pumpe nisu dovoljno učinkovite za rad u hladnijim klimatskim uvjetima. Posljednjih godina, međutim, tehnologija je napredovala kako bi bila održiva u klimatskim uvjetima s dugim razdobljima temperature zamrzavanja, kao što je sjeveroistok SAD.

Ako vaša stara peć ima klima uređaj (AC), zamjena sustava grijanja i hlađenja sa sve-u-jednom rješenju toplinske pumpe može rezultirati značajnim uštedama. Ako se trenutno hladi s prozorima ili imate stariji centralni izmjenjivač topline, prebacivanje na toplinsku crpku sa zrakom može smanjiti ljetne račune za energiju.

Toplinske pumpe ne samo da smanjuju troškove energije, već i mogu eliminirati rizik od trovanja ugljičnim monoksidom i problema koji se mogu pojaviti pri skladištenju nafte propanom ili toplinskim uljem.

Toplinske crpke moraju raditi sve kako bi se ekstrahirala toplina, kako vanjska temperatura pada. U nekom trenutku toplinska pumpa se prebacuje u način otpora, koji djeluje na isti način na koji radi toster ili električni grijač podnog grijanja. Ako vaše područje ima vrlo hladne zime, trebali biste razmotriti sustav dvostrukog goriva koji koristi toplinsku pumpu uz plin ili propan peč.

Slika 4. Princip rada toplinske pumpe za zrak



Izvor: <http://alabamaliving.coop/article/the-benefits-of-air-source-heat-pumps/>

Ako živite u hladnoj klimi, potražite jedinicu s višom HSPF ocjena koja mjeri učinkovitost grijanja; ako živite u toploj klimi, vjerojatno biste se više trebali usredotočiti na ocjenu SEER, koja mjeri učinkovitost hlađenja. Minimalna standardna toplinska crpka je SEER 14 i HSPF 8.22. Jednostavan način usporedbe opcija je traženje oznake ENERGY STAR®. To znači da je jedinica najmanje 15 SEER i 8.5 HSPF3. Posjetite [www.energystar.gov](http://www.energystar.gov) da biste saznali više o opremi, instalaciji i kvalificiranim izvođačima.

Koliko vam toplinska crpka može smanjiti troškove energije? To ovisi o veličini i učinkovitosti vašeg doma, lokalnim cijenama energije i lokalnoj klimi. Na mrežnim računalima možete pronaći predviđanje uštede energije. Jedan unos s uzorcima podataka pokazao je da je trošak grijanja u Južnoj Karolini, koristeći novu toplinsku crpku i nacionalne prosječne troškove goriva, bio manji od pola cijene grijanja s tipičnom propanom ili električnim otporom.



Energetski revizori mogu predvidjeti uštede energije s većom preciznošću i mogu vam ponuditi savjete o odabiru određene marke i veličine jedinice. Što je još važnije, energetski revizori mogu predložiti druge načine kako poboljšati udobnost ili smanjiti potrošnju energije kao što je brtvljenje kanala ili izoliranje zidne ovojnice.

## **2.8. Održavanje dizalice topline**

Ako redovito koristite svoju toplinsku pumpu, trebali biste promijeniti filter jednom mjesečno. Vjerojatno biste mogli pobjeći samo s promjenom filtera jednom svaka tri mjeseca, ako samo povremeno pokrenete jedinicu. Držite obožavatelje i svitke čistima i bez ostataka, i jednom godišnje ili dva pregledavajte vašu toplinsku pumpu od strane stručnjaka.

Uobičajeni problemi s toplinskim pumpama uključuju slab protok zraka, propusne ili bučne kanale, temperaturne probleme, koristeći pogrešnu napojnu količinu rashladne tekućine, zveckanje, cijepanje i brušenje buke. Ako možete, pokušajte izolirati lokaciju problema. Je li protok zraka nizak iz jednog registra ili da svi registri imaju niski protok zraka? Je li uvredljiva buka iz zračnih kanala ili unutar jedinice za toplinsku pumpu?

Postoji nekoliko stvari koje možete učiniti da biste identificirali i eventualno riješili problem s toplinskom pumpom prije nego što nazovete stručnu pomoć. Prvo, ako uređaj ne radi, pokušajte ponovno postaviti motor. Provjerite ima li problema sa sustavom paljenja crpke i nemojte imati prekidač prekidača ili puhanog osigurača. Provjerite je li termostat pravilno radi. Promijenite filter ako je prljava i provjerite da nema blokada protoka zraka. Ako zračni kanali stvaraju šum kada se šire i ugovore, možete pokušati staviti trag u stranu kanala kako bi površina bila tvrđa. Čekiće mogu biti učvršćene pričvršćivanjem labavih dijelova, a ako čujete cvrčanje unutar jedinice, možda ćete morati zamijeniti ili namjestiti ventilatorski remen koji povezuje motor i ventilator. Buka za brušenje može ukazivati da su ležajevi na motoru istrošeni, što će zahtijevati pomoć stručnjaka za popravak.

Imajte na umu da, ako niste mehanički skloni, onda vjerojatno ne biste trebali pokušati napraviti ovakvu vrstu popravka. Budući da dizalice topline mogu sadržavati opasne materijale, to je još jedan dobar razlog za dobivanje neke stručne pomoći. Kemijska propuštanja su loša vijest i lako možete ozlijediti rukovanje pokvarenim uređajem.

Dizalica topline bi trebala trajati između 10 i 30 godina, a geotermalne jedinice vode put u dugovječnost. Zapravo, neke komponente pumpi topline iz tla mogu trajati još duže. Imajte na umu da se tehnologija može promijeniti prije nego što je pumpa za toplinu iscrpljena, tako da ćete možda naći vašu toplinsku pumpu koja nadmašuje sposobnost tehničara da ga servisira. Nove tehnologije mogu učiniti toplinsku crpku sigurnijom ili učinkovitijom, pa biste možda htjeli paziti na nove vrste toplinskih pumpi.

### 3. ZAKLJUČAK

Toplina struji prirodno od viših do niže temperature. Dizalice topline, međutim, mogu prisiliti protok topline u drugom smjeru, koristeći relativno malu količinu visoko kvalitetne energije pogona (struja, gorivo ili toplo otpadne topline). Na taj način, dizalice topline mogu prenijeti toplinu iz prirodnih izvora topline u okolinu, kao što je zrak, zemlja ili voda, ili od umjetnih izvora topline, kao što su industrijski ili kućni otpad, u zgradu ili industrijsku primjenu. Dizalice topline također se mogu koristiti za hlađenje. Toplina se zatim prenosi u suprotnom smjeru, od aplikacije koja se hladi, do okoline na višoj temperaturi. Ponekad se višak topline hlađenja koristi za istovremenu potrebnu toplinu. Kako bi se transport topline iz izvora topline na hladnjak, potrebna je vanjska energija za pogon dizalice topline. Teoretski, ukupna toplina koju isporučuje toplinska crpka jednaka je toplini koja se ekstrahira iz izvora topline, plus količinu snage pogona. Dizalice topline s električnim pogonom za grijanje zgrada obično opskrbljuju 100 kWh topline sa samo 20-40 kWh električne energije.

U Republici Hrvatskoj ne postoji značajna komercijalna ili privatna uporaba tehnologije grijanja i hlađenja toplinskih crpki s plitkim geotermalnim izvorima kao izvorom topline. Budući da se korištenje geotermalnih toplinskih crpki u EU kontinuirano povećava za gotovo 20% tijekom ovog desetljeća, potrebno je započeti pilot projekt financiran od strane države ili lokalnih zajednica koji je povezan s imperativom korištenja obnovljivih izvora energije. Prvo, zakon se mora donijeti prema njemačkom ili švedskom modelu, na granici dubine bušenja i sigurnosnim postupcima tijekom instalacije, što je najveći problem i prepreka značajnom razvoju ove tehnologije. U Republici Hrvatskoj postoji niz rudarskih i geotehničkih poduzeća koja su spremna uključiti bušenje za instaliranje izmjenjivača topline kao jednu od njihovih aktivnosti.

## LITERATURA

- [1] Galović, A.: *Termodinamika I, II* prerađeno izdanje, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2002.
- [2] Piljek, D. „Mjereni rezultati rada dizalice topline povezane s tlom pri kontinuiranom radu“, diplomski rad, 2013. (04.07.2018.)
- [3] <http://www.gradimo.hr/članak/dizalice-topline/40723> (04.07.2018.)
- [4] Draženović, N. „Primjena dizalice topline s kolektorima u tlu za grijanje i hlađenje obiteljske kuće“, diplomski rad, 2009. (04.07.2018.)
- [5] Labudović, B. dipl.ing.: Osnove primjene dizalica topline, Zagreb, Energetika marketing d.o.o. 2009.
- [6] Whitman, W.C., Johnson, W.M., Tomczyk, J.A., Refrigeration & Air conditioning technology, Thomas, Delmar Learning, United State of America
- [7] <http://www.emersonclimate.com/Documents/FlowControls/pdf/Contractor%20Tip%20Cards/Tip%20Card%2021.pdf> (05.07.2018.)
- [8] [https://www.menea.hr/wp-content/uploads/2013/12/Dizalice-topline-CK\\_Soldo.pdf](https://www.menea.hr/wp-content/uploads/2013/12/Dizalice-topline-CK_Soldo.pdf) (04.07.2018.)
- [9] <https://regulator.hr/zanimljivosti/sto-su-dizalice-topline-kako-rade/>(04.07.2018.)
- [10] [http://www.eko.zagreb.hr/UserDocsImages/Slike/Zagreba%C4%8Dki%20energetski%20tjedan%202017/prezentacije/studenti/U%C4%8Dinkovitost%20dizalice%20topline%20zrak-voda%20i%20njihova%20primjena\\_Matej%20%C4%91uranovi%C4%87%20i%20Franjo%20Novosel.pdf](http://www.eko.zagreb.hr/UserDocsImages/Slike/Zagreba%C4%8Dki%20energetski%20tjedan%202017/prezentacije/studenti/U%C4%8Dinkovitost%20dizalice%20topline%20zrak-voda%20i%20njihova%20primjena_Matej%20%C4%91uranovi%C4%87%20i%20Franjo%20Novosel.pdf) (03.07.2018.)

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Shematski prikaz rada rashladnog uređaja i toplinske pumpe.....	3
Slika 2. Osnovni dijelovi dizalice topline.....	4
Slika 3. Sistem dizalice topline u kući.....	9
Slika 4. Princip rada toplinske pumpe za zrak.....	25

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Koeficijent grijanja koje danas postižu dizalice topline različitih izvedbi.....	11
Tablica 2. Toplinski izvori za dizalice topline.....	13