

# Sunčani kolektori

---

**Nefat, Marin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*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:186:139573>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-02**



*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**

**Marin Nefat**

**Sunčani kolektori**  
**(završni rad)**

**Rijeka, 2016. godine**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**

Studijski program: sveučilišni preddiplomski studij politehnike

**Marin Nefat**

mat. broj: 0009066845

# **Sunčani kolektori**

- završni rad -

**Mentor : mr. sc. Gordan Đurović**

**Rijeka, 2016. godine**

# FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI

## Odsjek za Politehniku

U Rijeci, 17. veljače 2016. godine

# ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Marin Nefat**

Studij: **Sveučilišni preddiplomski studij politehnike**

Naslov završnog rada: **Sunčani kolektori / Solar collectors**

Znanstveno područje: **2. Tehničke znanosti;**

Znanstveno polje: **2.03. Elektrotehnika;**

Znanstvena grana: **2.03.01. Elektroenergetika**

Kratak opis zadatka: Objasniti princip rada sunčanih kolektora, njihovu podjelu prema načinu korištenja (koncentrirani i nekoncentrirani sustavi) te specifičnosti unutar tih podjela. Detaljno opisati sve elemente toplinskog sustava koji koristi sunčane kolektore kao izvor topline, navesti njihove nazive, prikazati njihovu međusobnu povezanost i detaljno opisati funkciju svakog od elemenata.

Na primjeru privatne kuće prikazati implementaciju sustava sunčanih kolektora.

Zadatak uručen pristupniku: **23. ožujka 2016. godine**

Ovjera prihvaćanja završnog rada od strane mentora: \_\_\_\_\_

Završni rad predan: \_\_\_\_\_

Datum obrane završnog rada: \_\_\_\_\_

Članovi ispitnog povjerenstva: 1. predsjednik - \_\_\_\_\_

2. mentor - \_\_\_\_\_

3. član - \_\_\_\_\_

Konačna ocjena: \_\_\_\_\_

Mentor

\_\_\_\_\_  
mr. sc. Gordan Đurović

# SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	1
SAŽETAK .....	3
SUMMARY .....	4
POPIS SLIKA.....	5
POPIS TABLICA .....	5
1. UVOD .....	6
2. OSNOVNI POJMOVI .....	7
2.1. SUNCE .....	7
2.2. PODJELA SUNČEVIH ZRAČENJA.....	7
2.3. SUNČEVA ENERGIJA.....	8
2.4. KONDUKCIJA, KONVEKCIJA I ZRAČENJE.....	8
2.4.1. KONDUKCIJA .....	8
2.4.2. KONVEKCIJA.....	9
2.4.3. ZRAČENJE.....	9
2.5. TLAK, TEMPERATURA I EKSPANZIJA .....	9
3. PODJELA SUNČANIH KOLEKTORA .....	10
3.1. NEKONCENTRIRANI SUNČEVI SUSTAVI.....	10
3.1.1. SUNČEV KOLEKTOR BEZ OSTAKLJENJA .....	10
3.1.2. PLOČASTI SUNČEV KOLEKTOR .....	10
3.1.3. VAKUUMSKI SUNČEV KOLEKTOR.....	11
3.2. KONCENTRIRANI SUNČEVI SUSTAVI .....	13
3.2.1. PARABOLIČNI KOLEKTORI .....	14
3.2.2. FRESNELOVI KOLEKTORI .....	15
3.2.3. SUNČEVI TORNEJVI .....	17
3.2.4. SUNČEVI TANJURI .....	18
3.2.5. OVISNOST CSP SUSTAVA O SUNČEVOM OZRAČENJU .....	20
3.2.6. POVEĆANJE EFIKASNOSTI CSP SUSTAVA .....	20
3.2.7. USPOREDBA CSP TEHNOLOGIJA .....	21
4. DIJELOVI SUNČANIH KOLEKTORA .....	22
4.1. APSORPCIJSKA PLOČICA ILI KOLEKTOR.....	22
4.2. SPREMNIK TOPLINSKE ENERGIJE .....	22

4.3. FLUID ZA PRIJENOS TOPLINE .....	24
4.3.1. ZRAK.....	24
4.3.2. VODA .....	24
4.3.3. MJEŠAVINA VODA/GLIKOL .....	25
4.3.4. UGLJIKOVODIČNA ULJA .....	25
4.4. PUMPA ZA CIRKULACIJU FLUIDA .....	25
4.5. IZMJENJIVAČ TOPLINE .....	26
4.6. TRANSPARENTNA ZAŠTITA KOLEKTORA .....	27
4.7. KOLEKTORSKA KUTIJA.....	27
5. IMPLEMENTACIJA SUNČEVIH KOLEKTORA NA KUĆI.....	28
5.1. UVOD .....	28
5.2. PRORAČUN .....	29
5.3. MATERIJAL ZA IZRADU.....	31
5.4. INSTALACIJA SUNČANIH KOLEKTORA .....	32
6. ZAKLJUČAK.....	33
7. LITERATURA .....	34

## SAŽETAK

U ovom završnom radu upoznat ćemo se s osnovnim pojmovima koji su potrebni za razumijevanje sunčanih kolektora, primjerice, kako dolazi do prijenosa sunčeve energije ili kako ju možemo iskoristiti uz pomoć sunčevih kolektora za dobivanje tople vode ili električne energije. Sunčeva energija te sunčevo zračenje parametri su najveće važnosti kada govorimo o prijenosu toplinske energije na Zemlju te o projektiranju samih sunčevih kolektora, jer o tome ovisi koliko sunčeve energije zapravo možemo iskoristiti za pretvorbu u iskoristivu toplinsku energiju. Nakon toga slijede oblici prijenosa toplinske energije među tvarima da bismo se detaljnije upoznali na koji način možemo najefikasnije projektirati sustave za iskorištavanje sunčeve energije. To su kondukcija, konvekcija i zračenje koji su samo neki od ključnih pojmova za razumijevanje sunčevih kolektora. Osim njih upoznati ćemo se s pojmovima tlaka, temperature i ekspanzije da bismo mogli shvatiti kako će se fluidi za prijenos toplinske energije ili voda ponašati prilikom temperaturnih promjena.

Zatim imamo podjelu Sunčevih kolektora na nekoncentrirane i koncentrirane sustave. Kod nekoncentriranih sustava detaljno ćemo se upoznati s načinom rada sunčevih kolektora za dobivanje tople vode, dok ćemo se kod koncentriranih sunčevih sustava upoznati s pretvorbom Sunčeve energije u električnu energiju. Također upoznati ćemo se s ovisnostima koncentriranih sustava o Sunčevom zračenju te kako povećati efikasnost koncentriranih sustava. Nadalje prikazat ćemo u tablici usporedbu koncentriranih Sunčevih sustava, njihove podatke te karakteristike najpopularnijih koncentriranih tehnologija.

Slijede nam detaljno opisani svi elemente koje koriste sunčevi kolektori te njihovu međusobnu povezanost i utjecaj te ono najvažnije - kako maksimalno povećati efikasnost pojedinih elemenata da bi u konačnosti mogli što više sunčeve energije iskoristiti za zagrijavanje tople vode.

Na kraju se nalazi prikaz implementacije sunčevih kolektora na primjeru privatne kuće, uz shematski prikaz instalacije i detaljan opis implementacije sunčevih kolektora, cijevi i spremnika topline, te njihovu međusobnu povezanost i utjecaj na efektivnost rada cijelog sustava. Osim toga prikazati ćemo jednostavan proračun za određivanje veličine sustava sunčanih kolektora te materijale potrebne za samostalnu izgradnju solarnih panela.

**KLJUČNE RIJEČI:** sunčani kolektori, sunčeva energija

## SUMMARY

In this final paper we are going to familiarize with the basic concepts of how the Sun's energy is transferred and how we can use that energy with solar collectors to produce usable heat or electricity to satisfy our basic needs. Solar energy and direct solar irradiation are some of the most important parameters when it comes to solar collectors, because it determines weather or not it's a good idea to install solar collectors on a certain area. Besides that, it determines the design of solar collectors and how to position them towards the Sun so we can collect the maximum amount of solar energy, which we can use to produce usable heat for either heating up tap water or generating electric power. To further understand how heat is transferred within two systems (between fluids or solids) we are going to introduce the concepts of conduction, convection and radiation. Those three terms are important to understand, and they determine the amount of heat loss between solid material and surrounding air. Key concepts also lie in understanding the terms like pressure, temperature and expansion so we can understand how to use fluid to transfer heat during temperature changes.

After looking at basic concepts to understand the principles how solar collectors work, we are going to take a look into non-concentrating and concentrating solar collectors. Non-concentrating solar collectors are mostly used for heating tap water and air, while concentrating solar collectors are mostly used for generating electricity. Also, we are going to see how we can increase efficiency of solar collectors, and what are the characteristics of certain systems that use concentrating technology.

Then, in next chapter all the elements that use solar collectors are described in detail. Their mutual connection is shown and working principles of each element. The most important thing is how to use all the elements with maximum efficiency to collect the highest amount of solar energy, convert it to heat and use it without having big heat losses.

In the end we have implementation of solar collectors on a private home with detailed information on how to install and maintain different parts of home solar system. We are going to introduce the basic material needed to make solar collectors and explain are they used. Also we are going to show a simple way to calculate the size of solar collector needed to provide hot water for a family of four, consisting of two adults and two children.

**KEYWORDS:** solar collectors, Sun's energy



## POPIS SLIKA

Slika 3.1. Pločasti sunčevi kolektori .....	11
Slika 3.2. Poprečni presjek pločastog sunčevog kolektora .....	11
Slika 3.3. Vrste vakuumskih kolektora .....	12
Slika 3.4. Konstrukcija U-cijevi .....	12
Slika 3.5. Toplinska cijev .....	13
Slika 3.6. Parabolični kolektori.....	14
Slika 3.7. Elementi paraboličnih kolektora .....	14
Slika 3.8. Shema dobivanja električne energije uz pomoć paraboličnih kolektora .....	15
Slika 3.9. Fresnel kolektori.....	15
Slika 3.10. Shema dobivanja električne energije uz pomoć Fresnelovih kolektora .....	16
Slika 3.11. Sunčevi tornjevi.....	17
Slika 3.12. Shema dobivanja električne energije uz pomoć sunčevih tornjeva.....	18
Slika 3.13. Izgled sunčevih tanjura.....	18
Slika 3.14. Elementi sunčevih tanjura.....	19
Slika 3.15. Dijelovi Stirling motora.....	19
Slika 3.16. Količina direktnog zračenja Sunca u kWh/m <sup>2</sup> /god.....	20
Slika 4.1. Spremnik topline sa spiralnim izmjenjivačem topline.....	23
Slika 4.2. Spremnik topline s vanjskim izmjenjivačem topline .....	23
Slika 4.3. Površina za prijenos topline između slojeva kod spremnika .....	24
Slika 4.4. Pumpa za cirkuliranje vode .....	25
Slika 4.5. Mehanizam prijenosa topline kroz jednu stjenku.....	26
Slika 5.1. Implementacija sunčevih kolektora na privatnoj kući .....	28
Slika 5.2. Mjesečna ušteda za zagrijavanje tople vode.....	30
Slika 5.3. Pozicija pojedinog materijala .....	31

## POPIS TABLICA

Tablica 3.1. Usporedba CSP tehnologija .....	21
Tablica 5.1. Određivanje veličine sunčevog sustava .....	29
Tablica 5.2. Ulazni podaci .....	29
Tablica 5.3. Rezultati.....	29
Tablica 5.4. Smanjenje emisije plinova korištenjem sunčeve energije .....	30

# 1. UVOD

Povećanim korištenjem fosilnih goriva čovjek je nepovratno zagadio okoliš i ošteti atmosferu u kojoj živimo. Zbog toga današnji obnovljivi izvori energije imaju sve veće značenje za poboljšanje kvalitete života zemlji. Sunčeva energija jedna je od obnovljivih izvora energije koju možemo iskorištavati umjesto fosilnih goriva, da bismo mogli proizvoditi električnu energiju, toplu vodu ili pak grijati svoje domove. Sve je to moguće uz pomoć moderne tehnologije sunčanih kolektora koji kolektiraju sunčeve zrake i pretvaraju ih u toplinsku energiju, iskoristivu za naše potrebe.

U drugom poglavlju upoznat ćemo se s nekim osnovnim pojmovima za razumijevanje sunčanih kolektora. Jedno od tih pojmova zasigurno je Sunce kao glavni izvor obnovljive Sunčeve energije koju koristimo za naše potrebe, osim toga saznat ćemo kako dolazi do nastajanja Sunčevih zraka u samoj jezgri Sunca te od čega se sastoji Sunce. Sunčevo zračenje može se podijeliti na tri vrste, a to su: direktno, raspršeno i reflektirano zračenje. U našoj atmosferi zbog raznih okolnosti i pojava, poput oblaka, vode, i raznih čestica nečistoće, javljaju se sva tri oblika Sunčevih zračenja. Bez Sunčeve energije život na Zemlji ne bi bio moguć, a ona ujedno predstavlja i glavni izvor energije na čijem principu rade sunčani kolektori. Da bismo mogli znati na koji način rade sunčani kolektori, trebamo znati osnovne načine prijenosa topline, a to su: kondukcija, konvekcija, i zračenje. Osim toga, da bi znali kako prenositi toplinu kroz određene fluide, moramo poznavati kako se određeni fluidi ponašaju kroz promjene tlaka, temperature i ekspanzije samoga fluida.

U trećem poglavlju prikazat ćemo nekoncentrirane i koncentrirane sunčeve kolektore. Kod nekoncentriranih sunčevih kolektora upoznat ćemo se s osnovnim principom rada sunčevih pločastih kolektora bez ostakljenja, sa ostakljenjem i vakuumskih sunčevih kolektora. Nekoncentrirani sunčevi kolektori najčešće se koriste za dobivanje tople vode u privatnim i komercijalnim uporabama. Kod koncentriranih sunčevih kolektora baviti ćemo se s glavnim izvedbama sunčanih kolektora za dobivanje električne energije. Vidjet ćemo koje su ovisnosti koncentriranih sustava o sunčevu zračenju i kako možemo povećati njihovu efikasnost. I na kraju ovoga poglavlja uvidjet ćemo usporedbe koncentriranih sustava te se upoznati s nekim njihovim karakteristikama.

U četvrtom poglavlju detaljno ćemo obraditi sve dijelove sunčanih kolektora koje oni koriste. Navesti ćemo njihove nazive, prikazati njihovu međusobnu ovisnost te opisati detaljno funkciju svakog elementa. Upoznat ćemo se s načinom rada apsorpcijske pločice za kolektiranje sunčeve energije, spremnikom rada za pohranu toplinske energije, fluidom za prijenos toplinske energije te njihovom podjelom, pumpom za cirkulaciju fluida, izmjenjivačem topline, transparentnom zaštitom kolektora i zadaćom kolektorske kutije.

U zadnjem poglavlju pokazat ćemo implementaciju sunčevih kolektora na privatnoj kući te koje materijale je potrebno nabaviti da bi ih mogli samostalno izraditi. Na temelju jednostavnog proračuna prikazat ćemo kako odrediti veličinu samog sustava za četveročlanu obitelj. Detaljno ćemo upoznati s materijalima i njihovom primjenom pri samostalnoj izradi sunčanih kolektora. Na kraju ćemo vidjeti kako instalirati sunčane kolektore te na koje ključne elemente se mora paziti da bi postigli maksimalnu efektivnost.

## 2. OSNOVNI POJMOVI

### 2.1. Sunce

Sunce je najvažnija zvijezda u našem solarnom sustavu jer je toplinska energija, koju zrači i prenosi u obliku svjetlosti, važna za ljudski život. Sunce se većim dijelom sastoji od vodika i helija, te u manjim količinama kisika, ugljika, neona i željeza. Promjer sunčeve kugle iznosi 1,391 milijuna km što je 109 puta veće od promjera Zemljine kugle. U našem solarnom sustavu Sunce je središnja zvijezda te se svi planeti vrte oko sunčeve kugle prema svojim eliptičnim putanjama. Ovisno o dobu godine, Sunce je za vrijeme ljetnog perioda bliže Zemlji pri čemu Zemlja dobiva više Sunčeve energije nego u zimskom periodu, kada je Sunce udaljenije od zemljine kugle u našim krajevima. Sunce se sastoji od jezgre, u kojoj dolazi do pretvaranja vodika u helij uz pomoć nuklearnih reakcija odnosno nuklearne fuzije, zone zračenja topline jer u tom području temperature nisu dovoljno velike za nastanak nuklearne fuzije, zone konvekcije u kojoj se uz pomoć konvekcije toplina prenosi gotovo do površine, fotosfere koja je vidljiva površina sunca i kromosfere koja nastaje kada Mjesec potpuno zakloni Sunce tijekom pomrčine Sunca. Sunce je G2V zvijezda, gdje G2 govori da je temperatura površine oko 5,778 K, dok V govori da je glavna zvijezda u nizu jer proizvodi sunčevu energiju nuklearnom fuzijom. Sunčeva konstanta je količina sunčeve energije po metru kvadratnom i iznosi oko 1,368 W/m<sup>2</sup>. Sunčevo zračenje se sastoji od vidljivog i nevidljivog dijela spektra. Nevidljivi spektar tvori ultraljubičasto i infracrveno zračenje.

### 2.2. Podjela sunčevih zračenja

Sunčevo zračenje koje popunjava našu atmosferu može biti direktno, raspršeno i reflektirano, ali najčešće se javlja u obliku mješavine navedenih vrsta zračenja. Postotak pojedinih vrsta zračenja znatno ovisi o vremenskim uvjetima i lokaciji na kojoj se nalazimo.

Direktno zračenje prema Zemlji smatra se izravnim pravolinijskim dolaženjem svjetlosnih zraka od trenutnog položaja Sunca prema Zemlji. Na putu prema zemlji zrake nailaze na razne predmete te zbog ravnog direktnog zračenja sunčevih zraka nastaju sjene.

Raspršeno zračenje u usporedbi sa direktnim zračenjem nema fiksirano zračenje sunčevih zraka. Kada su sunčeve zrake raspršene kroz molekule i čestice atmosfere javlja se pojava tzv. raspršenog zračenja. Kod ovog tipa zračenja, ako nema prisutnog direktnog zračenja, nemamo pojavu sjene predmeta. Povećanjem zagađenja raste količina raspršenog zračenja jer se povećava broj molekula i čestica prljavštine u atmosferi. U brdovitim područjima i tijekom zimskih perioda također raste količina raspršenog zračenja. Maksimalan iznos raspršenog zračenja moguće je apsorbirati uz pomoć horizontalno postavljenih sunčanih kolektora jer raspršeno zračenje, koje je podjednako raspodijeljeno cijelim nebom, pokriva veću površinu neba. Za razliku od gore navedenog, kod sunčanih kolektora postavljenih pod kutom moguće je apsorbirati najveći iznos direktnog zračenja Sunca. Povećanjem kuta solarnog panela raste količina direktnog apsorbiranog sunčevog zračenja, a smanjuje se količina apsorbiranog raspršenog zračenja jer je pokrivena manja površina neba.

Reflektirano zračenje opisuje količinu odbijene sunčeve svjetlosti od tla ili vodene površine. Asfalt odbija otprilike oko 4% sunčevih zraka dok livade odbijaju oko 25%. Sunčani kolektori najčešće su okrenuti od mjesta gdje se reflektiraju sunčeve zrake, jer nema velikog utjecaja, zbog jako male količine reflektiranih zraka. Jedina iznimka su jako snježna područja koja mogu znatno povećati količine reflektiranog zračenja. Snijeg reflektira oko 80 do 90% sunčevog zračenja, a u jako snježnim područjima poput Aljaske količina reflektiranog zračenja može doseći do 25%.

Globalnim zračenjem se smatra ukupna količina direktnog, raspršenog i reflektiranog zračenja.

## 2.3. Sunčeva energija

Sunce milijardama godina proizvodi sunčevu energiju koje je jedno od najvažnijih izvora energija za čovječanstvo. Bez Sunca, život na Zemlji ne bi bio moguć. Sunčeva energija je obnovljiv izvor energije, za razliku od fosilnih goriva koji spadaju u kategoriju neobnovljivih izvora energije. Pomoću tehnologija koje koriste sunčevu energiju moguće je zagrijavati vodu i koristiti ju kao energiju za grijanje ili dobivanje električne energije. Glavna prednost sunčeve energije je što ne proizvodi nikakve zagađivače koji su štetni za okoliš i zbog toga je jedan od najčišćih izvora energije. Osim toga sunčeva energija je besplatan izvor energije koje ima u nedogled. Jedino ograničenje je to što se sunčeva energija ne može koristiti preko noći, te što ovisi o tome na kojem dijelu zemlje se nalazimo jer nisu svi dijelovi zemlje jednako osvijetljeni. Sunce je udaljeno od zemlje 149,60 milijuna kilometara i potrebno je manje od 10 minuta da sunčeva svjetlost prijeđe tu udaljenost. Sunčeva energija se sastoji od zračenja topline i svjetlosti koja putuje od Sunca prema Zemlji. Može se iskoristavati pomoću moderne tehnologije koje koriste sunčevu energiju, a to su sunčevi kolektori koji mogu biti koncentrirani ili nekoncentrirani sustavi za proizvodnju električne struje ili tople vode. Zemlja je svaki dan ozračena sunčevom energijom od 174 PW u gornjem dijelu atmosfere, gdje je oko 30% sunčeve energije reflektirano nazad u svemir ili je apsorbirano od strane oceana, oblaka ili kopna.

## 2.4. Kondukcija, konvekcija i zračenje

Toplina je drugi naziv za termalnu energiju koju mjerimo temperaturom. Postoje tri načina na temelju kojih se toplina može prenositi, a to su: kondukcija, konvekcija i zračenje. Ti procesi određuju količinu prijenosa i gubitka topline koji se događaju tijekom prijenosa između sunčevih kolektora, spremnika topline, cijevi i okolnog zraka. Na temelju tih procesa moguće je predvidjeti gdje će se gubitci topline događati i kako će to utjecaj imati na efektivnost rada sunčanih kolektora. Na primjer, ako kolektor lošije upija toplinu pomoću apsorpcijske pločice, povratna veza je takva da se manje toplinske energije prenosi na cijevi te se ne iskorištava sva potencijalna sunčeva energija čime se javlja pad efikasnosti samog sustava. Također ako imamo lošu izolaciju elemenata koji provode toplinu, imat ćemo gubitke topline s okružujućim zrakom. Ova dva faktora znatno bi pogoršala efektivnost sunčanih kolektora za zagrijavanje vode. Da bi se moglo kompenzirati gubitke kroz kondukciju, konvekciju i zračenje, trebali bismo imati puno veći sustav i upijati puno više sunčeve energije ili jako dobro izolirati cijevi i sunčani kolektor da bi se minimizirali gubitci toplinske energije koji se javljaju.

### 2.4.1. Kondukcija

Kondukcija je način prijenosa topline uz pomoć okom nevidljivih atomskih čestica, koje vibriraju unutar materijala i sudaraju se jedna u drugu, te sudarom prenose energiju na susjedne čestice. Što je temperatura materijala veća, čestice brže vibriraju prema Brownovom gibanju. Ovo je osnovni način na koji se toplina prenosi u čvrstim tvarima, i do određene granice u tekućim tvarima. Toplina se ne prenosi lako kroz plinove, procesom kondukcije, jer su kod plinova molekule jako raširene u usporedbi s česticama molekula u tekućinama i čvrstim tvarima. Neki materijali su bolji vodiči topline, poput bakara i aluminijska, dok su neki materijali, poput plastike, slabiji vodiči topline. Razlog tome jest njihova različita struktura atoma. Kako kondukcija pomaže kod zagrijavanja vode uz pomoć sunčevih kolektora? Kondukcija pomaže tako što se toplina, koja se apsorbira kroz kolektor, brzo prenosi vodi u cijevima koje su u direktnom dodiru s apsorpcijskom pločicom. Da bi to bilo moguće potrebni su nam materijali koji dobro provode toplinu, poput bakra. Bakar dva puta bolje provodi toplinu za razliku od aluminijska. Osim toga moramo koristiti materijale koji imaju lošija svojstva za provođenje topline, na stranama i pozadini kolektora. Na ovaj se način smanjuju gubitci topline s okolnim zrakom na stranama i pozadini kolektora.

## 2.4.2. Konvekcija

Konvekcija je prijenos topline unutar tekućine ili plina zbog masovnog kretanja toplijeg fluida prema hladnijem fluidu. Kao primjer konvekcije može nam poslužiti lonac s vodom kojeg zagrijavamo. Zagrijana voda putuje s dna lonca prema vrhu, na površinu, te prenosi toplinu na hladnije čestice i na taj način ih zagrijava. Kod sunčevih kolektora konvekcija se javlja na dva glavna mjesta. Prvo se javlja između apsorbera i stakla kod pločastog sunčevog kolektora. Zrak se odmah zagrijava iznad apsorpcijske pločice i time se smanjuje gustoća zraka te se diže do staklene zaštite na vrhu, gdje dolazi do zagrijavanja stakla. Zrak se zatim hladi te se vraća na apsorpcijsku pločicu. Ovaj proces javlja se i na vanjskim površinama kolektorskog kućišta i stakla. Kao rezultat, toplina se gubi u zraku koji ga okružuje jer prelazi s toplijeg zraka na hladniji zrak.

## 2.4.3. Zračenje

Zračenje je proces prijenosa topline direktno uz pomoć elektromagnetskih zraka. Glavni način prijenosa odvija se uz pomoć elektromagnetskih zraka ili vakuuma. Ovaj proces prijenosa topline možemo osjetiti kada stojimo na suncu ili blizu električnog radijatora. Na suncu osjetimo elektromagnetske zrake koje apsorbira naša koža i toplinu koja se prenosi zračenjem. Ovo uključuje ultraljubičaste i infracrvene zrake koje ne možemo vidjeti kao i svjetlosni spektar koji možemo vidjeti. Kod sunčevih kolektora, sunčeva energija prenosi se kroz kratke valove elektromagnetskog zračenja prema apsorpcijskoj pločici. Toplina se uvijek kreće od toplijih površina prema hladnijim površinama, a konačna količina toplinske energije u sustavu ostaje ista. Na primjer, ako jednu litru tople vode od 60 °C spojimo s jednom litrom hladne vode od 20 °C dobit ćemo dvije litre tople vode od 40 °C. Toplina koja je sakupljena od strane našeg sunčanog kolektora i predana našem spremniku vode, uvijek će zagrijavati okolni zrak koji je na nižoj temperaturi. Prilikom dobrog dizajniranja moguće je zadržati oko 40% sunčeve energije i prenijeti ju do izvora kao toplu vodu.

## 2.5. Tlak, temperatura i ekspanzija

Voda se može koristiti kao glavno sredstvo za prijenos topline kod sunčanih kolektora. Ona ima određena, bitna svojstva koja utječu na izvedbu sunčanih sustava. Kada se voda zagrijava javlja se nekoliko promjena: povećanje temperature, volumena i tlaka ako je volumen konstantan. Na primjer, jedna litra vode na 20 °C ekspandirat će na 1.006 litara vode na temperaturi od 40°C. Na 100 °C ista će količina doseći 1.042 litara vode prije nego voda zakuha. Ako se voda nalazi u spremniku koji čuva toplu vodu, povećanjem temperature rast će tlak unutar tog spremnika. Spremnik mora podnijeti promjene tlaka i mora sadržavati ventil za smanjenje pritiska jer bi moglo doći do eksplozije. Da bi se spremnik mogao nositi s velikim pritiskom, mora biti izrađen prema standardiziranim propisima tako da može raditi na najvećem pritisku. Kod sunčevih kolektora koji koriste prirodni ciklus za pumpanje vode, cirkulacija se odvija zbog ekspanzije vode koja poprima manju gustoću s povećanjem temperature. Zbog toga zagrijana voda postaje „lakša“ pa putuje na vrh dok hladna voda ima veću gustoću pa se spušta na dno, što uzrokuje prirodnu cirkulaciju.

### 3. PODJELA SUNČANIH KOLEKTORA

Sunčani kolektor je uređaj koji apsorbira sunčevu energiju i omogućuje pretvorbu u toplinsku energiju, iskoristivu najčešće za grijanje vode ili zraka. Toplina se proizvodi onda kada je apsorbirana kroz neki materijal. Stoga je ključno da kolektor apsorbira što više sunčeve energije i da ju efektivno bez velikih gubitaka pretvori u toplinu koja se može iskoristi. Postoji više vrsta sunčevih kolektora koji imaju primjenu na različitim temperaturama i koji koriste određene fluide za prijenos topline. Dijelimo ih na nekoncentrirane i koncentrirane sustave.

#### 3.1. Nekoncentrirani sunčevi sustavi

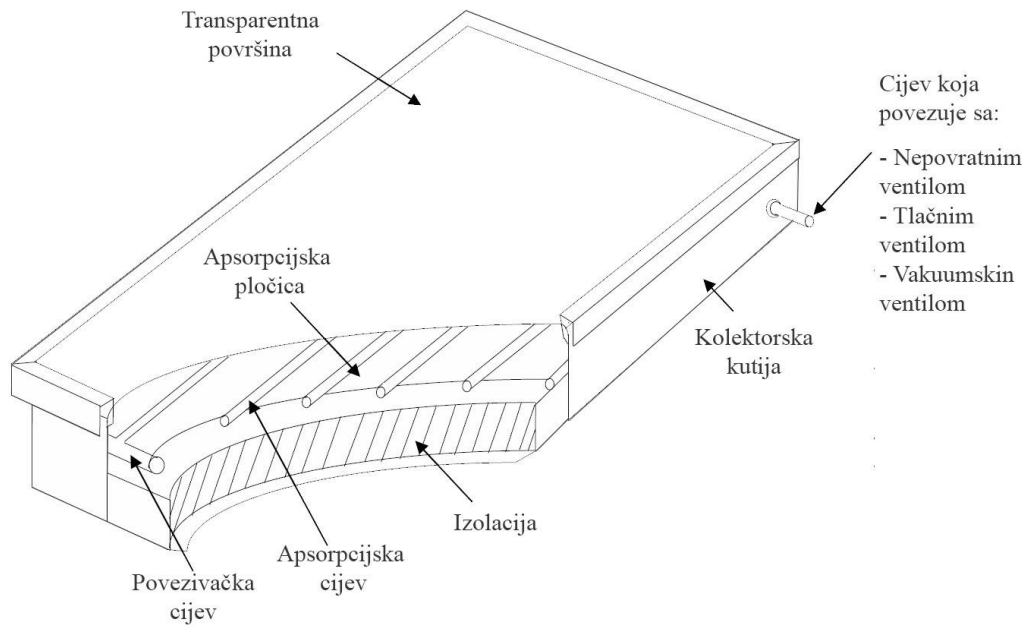
Nekoncentrirani sunčevi sustavi najčešće se pojavljuju kao pločasti sunčani kolektori koji se uglavnom koriste za zagrijavanje potrošne vode ili za grijanje zraka. Na površini imaju apsorpcijsku pločicu koja se koristi za sakupljanje topline koju zrači sunce, zatim se sastoji od fluida za prijenos topline, spremnika topline i kućišta.

##### 3.1.1. Sunčev kolektor bez ostakljenja

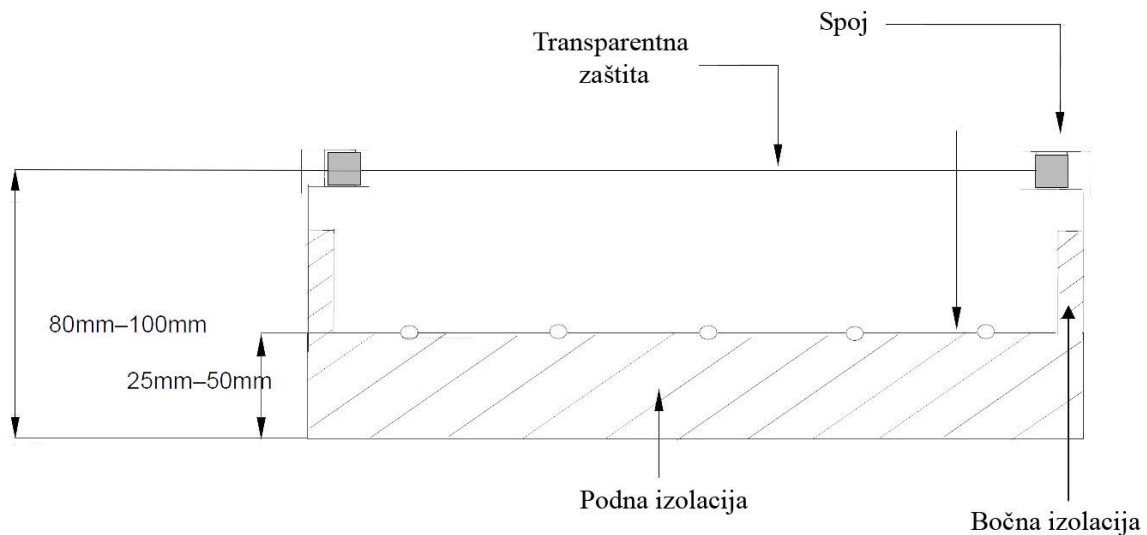
Sunčev kolektor bez ostakljenja je najjednostavniji tip kolektora koji postoji. Ovakav tip kolektora je bez ostakljenja i nema izoliranu kutiju od kolektora, što znači da se sastoji samo od apsorbera topline. Primjer ovakvog kolektora je spremnik tople vode koji je obojan u tamnu boju (crnu) te je okrenut, tako da sunčeve zrake padaju na njega tijekom cijeloga dana i tako griju vodu u njemu. Crna boja se najčešće koristi jer je dobar kolektor sunčevih zraka i topline. Nedostaci ovakvog sustava su veliki gubitci topline pogotovo preko noći ili kada nema Sunca, a postoje i mogućnosti da se zamrzne preko zime.

##### 3.1.2. Pločasti sunčev kolektor

Pločasti sunčevi kolektori prvi su se put počeli koristiti 1950. godine u Australiji. Tipični primjer pločastog sunčevog kolektora je tanka metalna kutija obložena staklom ili plastikom na vrhu sa tamno obojanom apsorpcijskom pločicom na dnu kolektora. Strane i dno kolektora su dobro izolirani da bi se minimizirali gubitci topline. Najčešće se montiraju na krov kuće, a koriste za zagrijavanje vode uz pomoć sunčeve energije. Princip rada pločastog kolektora jest takav da sunčeva svjetlost prolazi kroz staklo i pada na apsorpcijsku pločicu koja se zagrijava te na taj način dolazi do pretvaranja sunčeve energije u toplinsku energiju. Zatim se toplina prenosi do fluida, kroz cijevi, koje su spojene na apsorpcijsku pločicu. Toplina uvijek putuje s toplijeg područja prema hladnijem te ga zagrijava. Na taj način dolazi do gubljenja topline kroz transparentnu zaštitu koja nije dobar izolator jer propušta toplinu. Uostalom, toplina se gubi kroz sve vanjske površine kolektora, kroz konvekciju, kondukciju i zračenje. Apsorpcijska pločica je obojana s posebno odabranim prevlakama koje bolje zadržavaju toplinu od klasične crne boje. Apsorpcijske pločice su najčešće napravljene od bakra ili aluminijske zato jer metali dobro provode toplinu. Bakar je skuplji od aluminijske, ali zato bakar bolje provodi toplinu u usporedbi s aluminijem te su manje šanse da bakar korodira.



Slika 3.1. Pločasti sunčevi kolektori



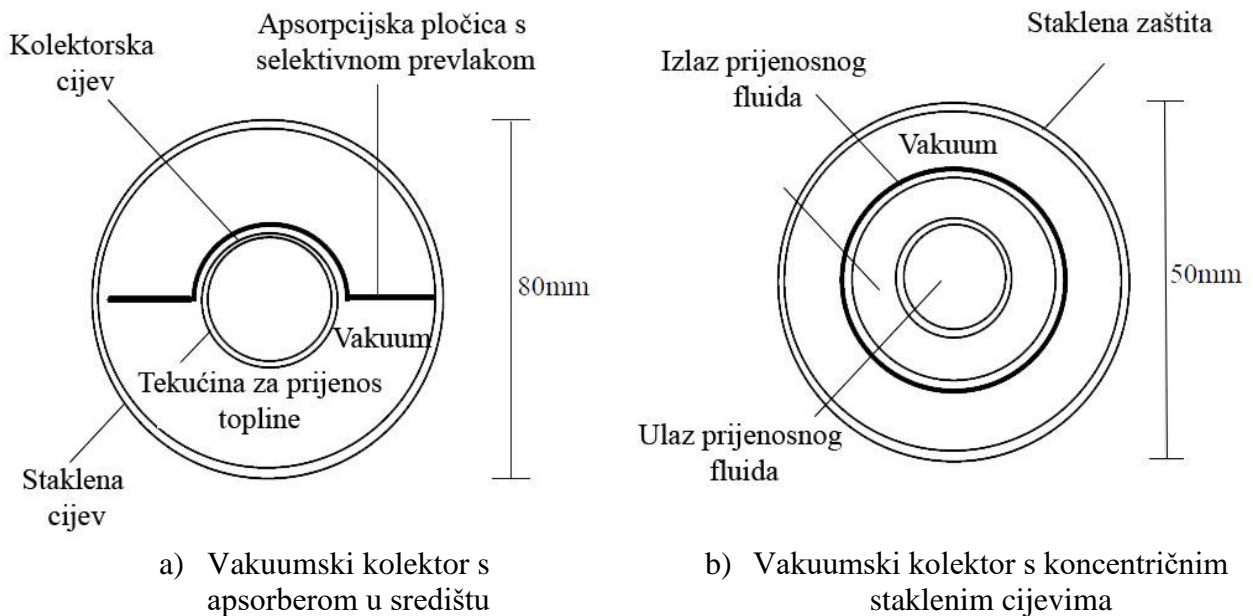
Slika 3.2. Poprečni presjek pločastog sunčevog kolektora

Primjene ove tehnologije nalazimo kod stambenih zgrada ili privatnih kuća, gdje je velika potreba za toplom vodom i gdje su velike uštede energije od klasičnog zagrijavanja vode, uz pomoć električne struje. Komercijalne primjene nalazimo u praonicama rublja, vozila, vojnih ili prehrambenih ustanova. Također, pločasti sunčev kolektor može se koristiti za zagrijavanje prostora. Grijanje vode uz pomoć pločastih kolektora dugotrajna je investicija te može uštediti od 50 do 85% novca, u odnosu na grijanje na struju.

### 3.1.3. Vakuumski sunčev kolektor

Vakuumski sunčevi kolektori, za razliku od pločastih sunčanih kolektora, eliminiraju sve gubitke topline koji se javljaju kroz kondukciju i konvekciju. To je moguće zato jer je apsorber izoliran u staklenim cilindrima u kojima se nalazi vakuum. Gubici zračenja toplinske energije s površine apsorbera smanjeni su uz pomoć selektivnih prevlaka koje su slične kao kod pločastih kolektora. Rezultat toga jest činjenica da vakuumski sunčevi kolektori mogu raditi i na temperaturama većoj od 100 °C u usporedbi s pločastim sunčevim kolektorima koji rade na temperaturi do 100 °C. Princip rada je sličan kao kod pločastih sunčanih kolektora jer sunčeve zrake

prolaze kroz staklenu zaštitu te bivaju apsorbirani uz pomoć apsorpcijske pločice, koja zatim toplinu prenosi na fluid unutar cijevi. Fluid koji prenosi toplinu (u ovom slučaju najčešće se koristi antifriz) može se prenositi na jedan od sljedeća tri načina: prvi način je prijenos u jednom smjeru od vrha prema dnu cijevi, drugi način je prijenos kroz koncentričnu cijev ili cijev U-oblika dok je kod trećeg načina prijenos topline moguć uz pomoć toplinske cijevi od bakra koji je dobar vodič topline.



Slika 3.3. Vrste vakuumskih kolektora

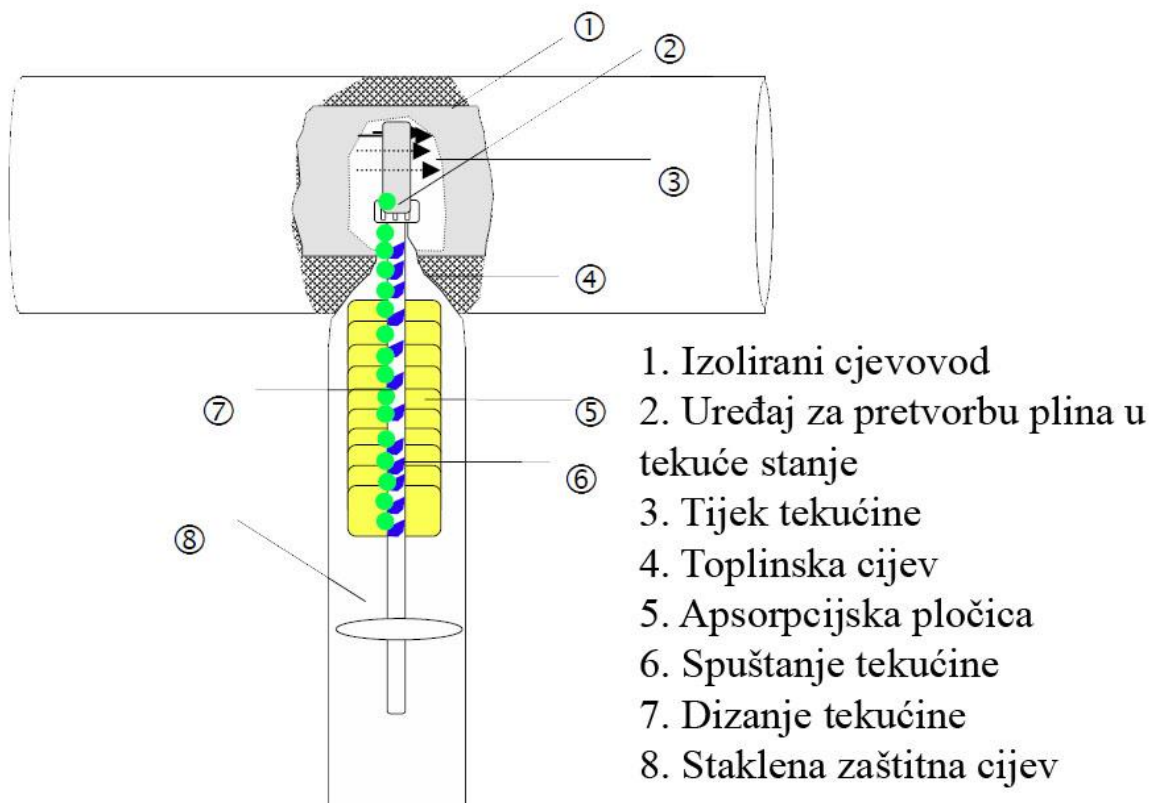
Konstrukcija U-cijevi je prikazana na sljedećoj slici. Slika pokazuje bakrenu U-cijev koja je montirana s aluminijem da bi dobila cilindričan oblik. Nakon toga U-cijev stavlja se u staklenu cijev što možemo vidjeti na lijevoj strani slike. Svaka cijev je stavljena u izolirani cjevovod koji upija toplinu i prenosi ga do spremnika.



Slika 3.4. Konstrukcija U-cijevi



Slika ispod pokazuje princip rada toplinske cijevi. Toplinska cijev sadrži vodu na sniženom tlaku koja će, ovisno o tlaku, zakuhati na određenoj temperaturi. Kada voda zakuha počinje stvarati paru koja popunjava cijev i brzo se kreće prema vrhu cijevi. Para se kondenzira u tekućinu i teče nazad u cijev gdje se opet grijeje. Toplinska cijev je konstruirana tako da prenosi toplinu prema vrhu cijevi. Toplinska cijev se ponaša poput diode u elektronici zato što propušta toplinu prema vrhu, a ne prema dnu cijevi.



Slika 3.5. Toplinska cijev

### 3.2. Koncentrirani sunčevi sustavi

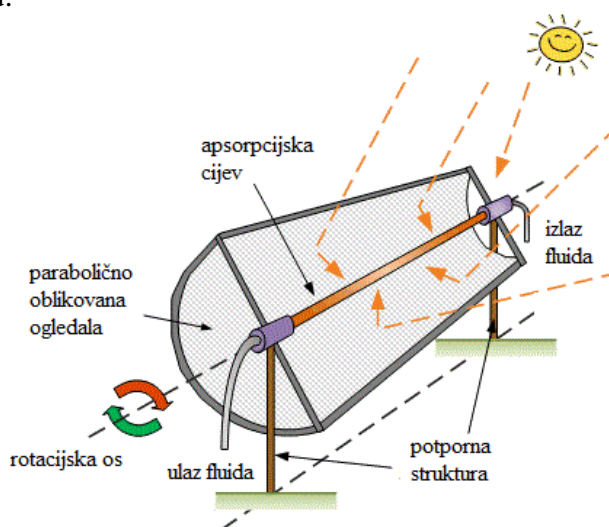
Koncentrirani sunčevi sustavi su tehnologija proizvodnje električne energije koja koristi ogledala i leće za usmjeravanje sunčevih zraka ili sunčeve energije na male površine, odnosno na prijammnik topline (kolektor). On tada pretvara sunčeve zrake u toplinu koja pokreće parnu turbinu te proizvodi električnu energiju poput konvencionalnih elektrana. Inovativni i ekološki pogled na koncentrirane sunčeve sustave jest iskorištavanje sunčeve energije za proizvodnju električne energije, a ne fosilna goriva i nuklearne reakcije koje zagađuju okoliš. Još jedna od mnogih prednosti ovih sustava jest činjenica da oni posjeduju spremnik za čuvanje topline tijekom noći ili oblačnog vremena. U proteklih deset godina povećao se interes za ovakav način dobivanja električne energije. Španjolska je trenutno najveći proizvođač električne energije uz pomoć koncentriranih sunčevih sustava, a postoje i nekoliko elektrana koje se trenutno konstruiraju u Sjedinjenim Američkim Državama. Koncentrirani sunčevi sustavi mogu se podijeliti u dvije grupe. Prva grupa je bazirana na linijski fokusiranim sustavima, poput paraboličnih i Fresnelovih kolektora, koji imaju jednu os za praćenje i koncentriranje sunčeve energije. Druga grupa se bazira na točkastim, fokusiranim sustavima poput sunčevih tornjeva i tanjura koji imaju dvije osi za praćenje te koncentriranje, odnosno usmjeravanje sunčeve energije. Stupanj iskoristivosti koncentriranih sunčevih sustava je oko 20 do 40%. Na sunčanim područjima s visokim iznosima direktnog sunčevog zračenja pogodna je izgradnja ovakvih elektrana (pustinje, polupustinje).

### 3.2.1. Parabolični kolektori



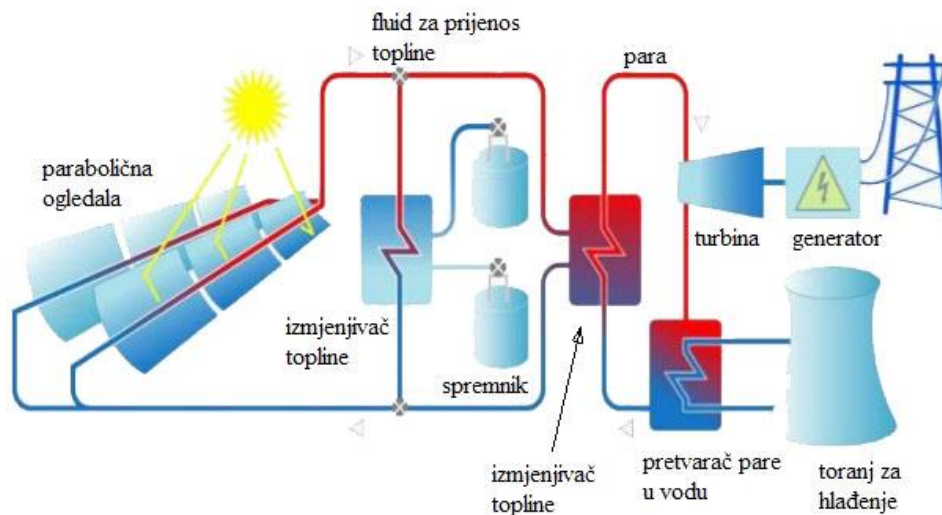
Slika 3.6. Parabolični kolektori

Parabolični kolektori sastoje se od ogledala, koje usmjeravaju sunčevu energiju prema kolektoru, spremnika za pohranjivanje topline i potpornih struktura koje drže cijeli sustav stabilnim. Parabolično oblikovana ogledala konstruirana su tako da se formiraju ploče reflektirajućeg materijala koje usmjeravaju nadolazeće sunčeve zrake u centralnu apsorpcijsku cijev kolektora. Redovi ogledala mogu biti dugački 100 metara ili više, sa zakrivljenjem od 5 do 6 metara. Jednosni mehanizam za pretraživanje koristiti se za orijentaciju sunčevih kolektora te uređaja za primanje topline prema Suncu.



Slika 3.7. Elementi paraboličnih kolektora

Parabolični kolektori usmjereni su prema Suncu, te ga prate kako se kreće, kako bi maksimizirali sunčevu energiju tijekom dana. Pozitivna strana ovoga sustava jest u činjenici da je pomicanje nužno samo ako sustav nije okrenut prema Suncu, a okretanje se odvija pomoću jedne osi. Prijamnik za sakupljanje topline sastoji se od apsorpcijske metalne cijevi unutar staklene cijevi u kojoj imamo vakuum. Apsorpcijska cijev je najčešće napravljena od čelika s premazanom selektivnom prevlakom koja odlično apsorbira sunčevu svjetlost i koja emitira jako malo povratnih infracrvenih zraka, te se time minimiziraju gubici topline s okolnim zrakom. Fluid za prijenos topline je cirkuliran kroz apsorpcijske cijevi da sakupi sunčevu energiju i prenese ju do parnog generatora ili do spremnika topline. Većina paraboličnih kolektora koristi sintetička ulja kao fluid za prijenos topline. Sintetička ulja stabilna su do 400 °C. Modernije parabolične elektrane koriste tekuću sol na 540 °C kao tekućinu za prijenos topline koja tada omogućuje rad na puno većim temperaturama.



Slika 3.8. Shema dobivanja električne energije uz pomoć paraboličnih kolektora

Iz sheme za dobivanje električne energije možemo vidjeti kako dolazi do pretvorbe toplinske energije u električnu energiju. Nakon upijanja sunčevih zraka uz pomoć paraboličnih kolektora dolazi do zagrijavanja fluida za prijenos toplinske energije koji može biti sintetičko ulje ili tekuća sol. Sustav se sastoji od dva spremnika: jedan za vruću tekuću sol, a drugi za hladnu tekuću sol. Korištenjem pumpe se cirkulira fluid za prijenos topline između od hladnog prema toplom spremniku. Time se zagrijava fluid korištenjem paraboličnih kolektora kroz koji prolazi u apsorpcijskoj cijevi. Ako sustav ne može proizvesti dovoljno toplinske energije za pogon turbine, koristi se spremnik vruće tekuće soli te se preko izmjenjivača topline prenosi na hladni fluid te se cirkulira i pomaže pri proizvodnji pare potrebne za pogon parne turbine koja pokreće generator. Izmjenjivači topline služe za prenošenje toplinske energije na vodu da bi se stvorila vruća para za pogon parne turbine i time pogon generatora za proizvodnju električne energije. Također se koriste za prijenos toplinske energije s toplog fluida na hladni fluid za prijenos toplinske energije.

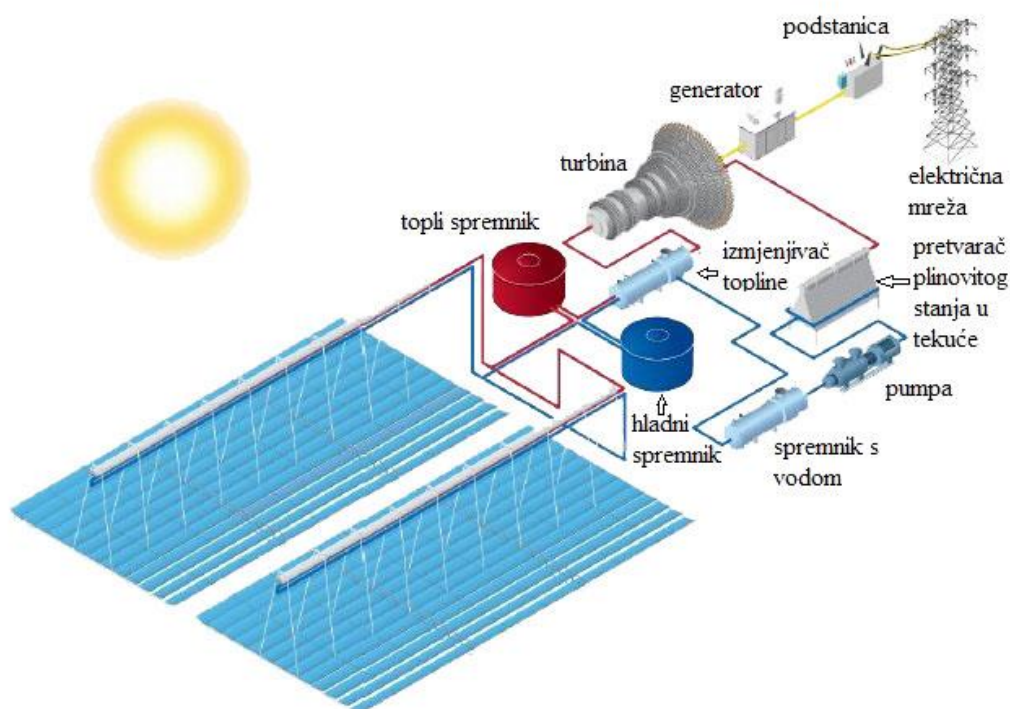
### 3.2.2. Fresnelovi kolektori



Slika 3.9. Fresnel kolektori

Fresnelovi kolektori slični su paraboličnim kolektorima, ali koriste seriju dugačkih, ravnih ili malo zakrivljenih ogledala pod različitim kutovima te koncentriraju sunčevu svjetlost na obje strane fiksiranog apsorbera. Prijamnik ili apsorber nalazi se nekoliko metara iznad primarnog polja ogledala. Svako ogledalo fiksirano je na jedno-osni sustav za praćenje sunca koji osigurava

sunčevim zrakama usmjerenost na prijemnik topline. Prijemnik topline, odnosno apsorber, premazan je selektivno odabranim prevlakom koje služe za izuzetno sakupljanje topline. Sekundarno ogledalo koristi se za reflektiranje zraka koje nisu dobro reflektirane od strane primarnih ogledala. Glavna prednost Fresnelovih sustava, u odnosu na parabolične sustave, jest činjenica da se mogu koristiti i jeftinija ravna ogledala. Dakle nije potrebno korištenje čvrstih materijala za konstrukcije, poput betona i čelika, jer su Fresnelovi kolektori puno lakši u odnosu na parabolične kolektore. Najčešće se koriste jednostavne metalne konstrukcije. Na taj se način ujedno olakšava proces sastavljanja Fresnelovih sustava. Fresnelovi sustav imaju bolju stabilnost, a ujedno su smanjeni i optički gubici te pucanje ogledala. Problemi kod Fresnelovih sustava jesu u tome što su im prijavnici fiksirani, a to rezultira velikim gubitcima u jutarnjim i popodnevnim satima u odnosu na parabolične sustave. Neovisno o tome, relativna jednostavnost ovih sustava omogućuje jednostavniju proizvodnju i montiranje ovih sustava.



Slika 3.10. Shema dobivanja električne energije uz pomoć Fresnelovih kolektora

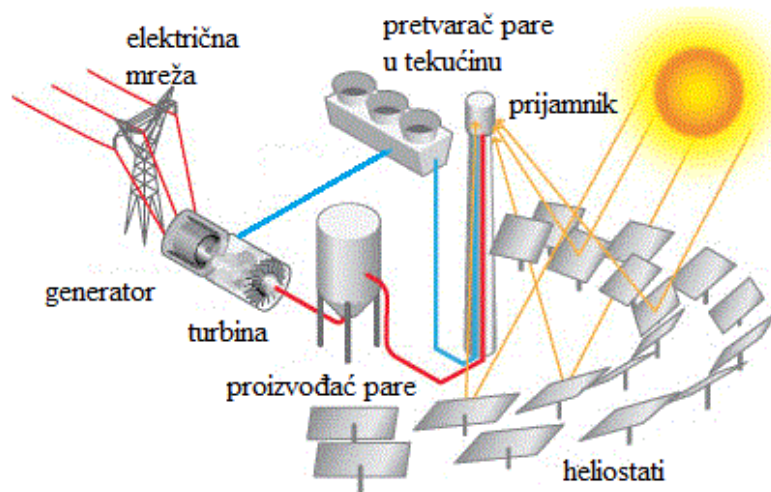
Sustav za dobivanje električne energije uz pomoć Fresnelovih kolektora funkcionira na istom principu kao i parabolični sustav za dobivanje električne energije. Iz sheme možemo vidjeti da je izvedba više-manje ista osim što se koriste Fresnelovi kolektori za apsorpciju sunčeve energije koji prenose toplinsku energiju na fluid za prijenos toplinske energije. Fluid teče od hladnog spremnika prema toplom spremniku. Spremnici se koriste za čuvanje topline tijekom noći ili oblačnog vremena. Inače se automatski cirkulira prema izmjenjivaču topline koji predaje toplinu vodi te ju pretvara u paru koja se koristi za pogon parne turbine, koja pokreće generator i tako dobivamo pretvorbu toplinske energije u električnu energiju koja se onda dalje distribuira pomoću električne mreže.

### 3.2.3. Sunčevi tornjevi



Slika 3.11. Sunčevi tornjevi

Sunčevi tornjevi koriste osnovu, koja se temelji na velikom polju ogledala na tlu, koja fokusira sunčevu svjetlost na prijammnik ili kolektor koji je montiran na visokom centralnom tornju, gdje se svjetlost apsorbira i pretvara u toplinu. Toplina omogućuje termodinamički ciklus koji je u većini slučaja pretvorba vode u vodenu paru i obrnuto, da bi se generirala električna energija. Solarno polje sastoji se od velikog broja računalno upravljanih ogledala koji se još nazivaju heliostati, koji mogu pratiti sunce pojedinačno u dvije osi. Ta ogledala mogu reflektirati sunčevu svjetlost u centralni prijammnik gdje se fluid zagrijava. Sunčevi tornjevi mogu ostvariti puno veće temperature, u usporedbi sa parabolničnim i Fresnelovim kolektorima, zato što se puno više sunčeve svjetlosti može koncentrirati na jedan prijammnik. Ovim načinom se minimiziraju gubitci topline. Trenutni sunčevi sustavi koriste vodu/paru, zrak ili tekuću sol da bi transportirali toplinu do izmjenjivača topline ili parno-turbinskog sustava. Ovisno o dizajnu prijammnika i fluidu koji se koristi za prijenos topline, radne temperature mogu biti od 250 °C do 1000 °C. Veličina solarnih polja ovisi o tome koliko električne struje želimo proizvesti. Što su solarna polja veća, to imamo veće optičke gubitke, jer su ogledala više udaljena od prijammnika. Osim toga uvijek imamo prisutna odstupanja zbog nepravilnost kutova ogledala. Sunčevi tornjevi najčešće koriste sintetička ulja ili tekuću sol kao fluid za prijenos topline. Sintetička ulja ograničavaju radnu temperaturu na 390 °C. Tekuća sol povećava radnu temperaturu od 550 do 650 °C, pri čemu omogućuju veću efektivnost parnog ciklusa. Sunčevi tornjevi u tome imaju nekoliko prednosti zbog kojih bi mogli uskoro postati preferirana tehnologija koncentriranih sunčevih sustava. Glavne prednosti su u tome što veće temperature mogu omogućiti veću efektivnost parnog ciklusa, i time maksimizirati količinu proizvedene električne energije. Također se mogu izgraditi u brdovitim područjima i koristiti kada je oblačno vrijeme. Nedostaci su povećana cijena zato jer koriste dvije osi za rotaciju i praćenje položaja Sunca što rezultira potrebom za češćim održavanjem. Potreban je veliki prostor za instalaciju ovog tipa elektrane jer zahtijevaju velik broj heliostata oko tornja koji reflektiraju sunčevu svjetlost prema prijammniku.



Slika 3.12. Shema dobivanja električne energije uz pomoć sunčevih tornjeva

Iz sheme možemo vidjeti da je princip dobivanja električne energije drugačiji s obzirom na prethodne načine dobivanja električne energije. Sunčevi tornjevi koriste takozvane heliostate koji su računalno upravljana ogledala koja se koriste za usmjeravanje sunčeve svjetlosti na prijamnik. Ovaj način pretvorbe sunčeve energije direktno zagrijava tekućinu za prijenos topline koja se zatim koristi za zagrijavanje vode uz pomoć izmjenjivača topline kako bi dobili vruću paru za pokretanje turbine koja pogoni generator koji proizvodi električnu energiju koja je distribuirana prema električne mreže. Termalni spremnik se koristi za pohranu i korištenje toplinske energije za vrijeme oblačnih sati i preko noći.

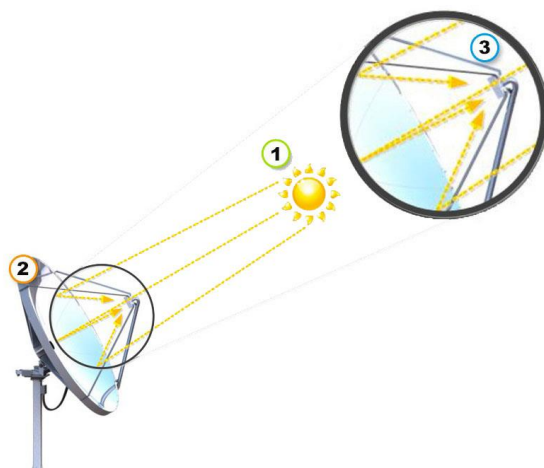
### 3.2.4. Sunčevi tanjuri



Slika 3.13. Izgled sunčevih tanjura

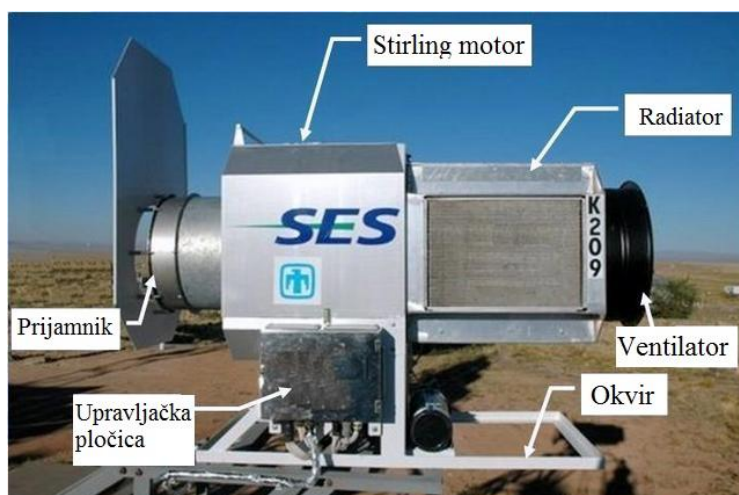
Sustav sunčevih tanjura sastoji se od parabolično oblikovanog koncentratora koji reflektira svjetlost u žarište prijemnika ili kolektora. Prijemnik može biti Stirlingov motor ili mikro-turbina. Stirlingovi sunčevi tanjuri zahtijevaju da se Sunce prati u dvije osi, pri tome velika količina sunčeve energije koncentrirana u jednu točku, može davati poprilično visoke temperature. Trenutno je najbolji način pretvorbe toplinske energije u električnu energiju. Promjer sunčevog tanjura iznosi oko 10 metara. Istraživanja danas, fokusiraju se na korištenje Stirlingovog motora u kombinaciji s generatorom koji je lociran na žarištu tanjura, a služi za pretvorbu termalne energiju u električnu.

Trenutno postoje dvije izvedbe Stirlingovih motora: kinematički i motor sa slobodnim klipom. Kinematički motori funkcioniraju s vodikom kao radnim fluidom. Dok motori sa slobodnim klipom rade s helijem i nema pojave trenja tijekom rada. Moguća je izvedba s jednim Braytonovim ciklusom, gdje zrak, helij ili neki drugi medij je kompresiran, zagrijan i ekspaniran u mikro-turbinu. Glavne prednosti Stirling sunčevih tanjura jest u tome što lokacija generatora unutar prijammnika smanjuje gubitke topline, a dizajn je modularan što je primjereno za distribuiranu proizvodnju električne struje. Mogu postići najveću efikasnost i može proizvesti najjeftiniju električnu energiju od svih navedenih koncentriranih sustava. Nedostaci su što nema spremnika topline što znači da se toplina mora odmah iskoristiti za proizvodnju električne energije.



Slika 3.14. Elementi sunčevih tanjura

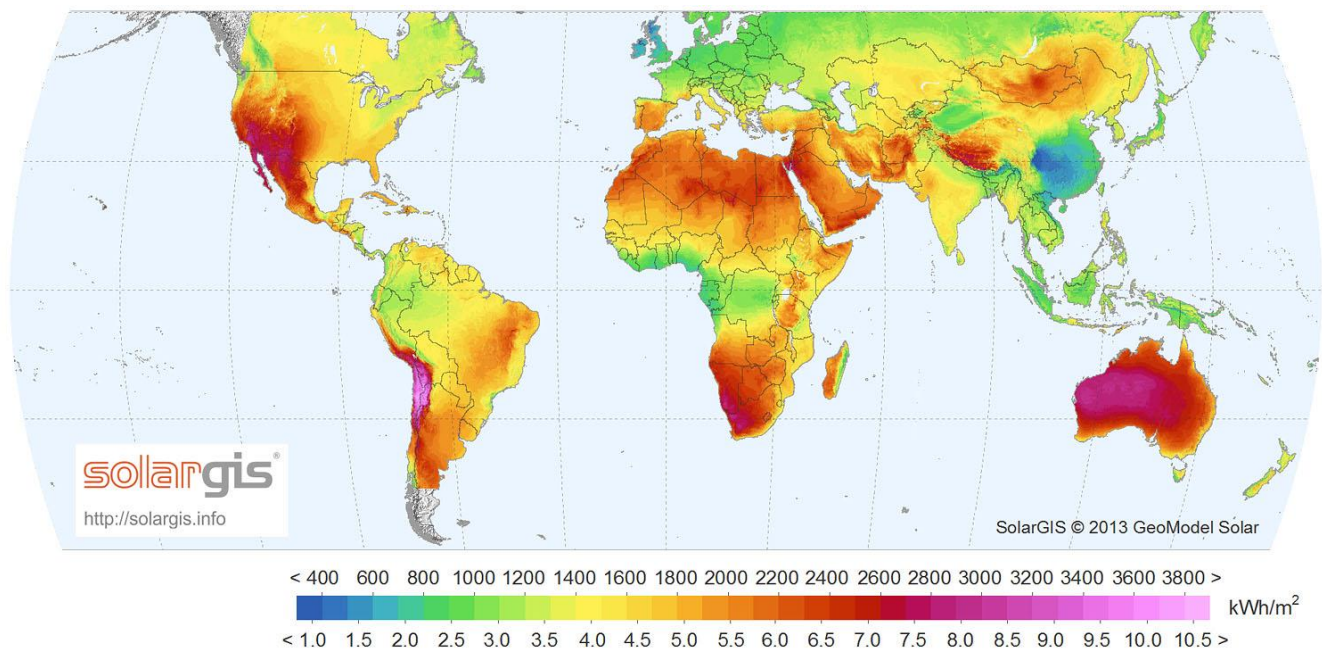
- (1) Sunce zrači prema reflektirajućem staklu (koncentratoru)
- (2) Sunčeva energija je reflektirana od strane ogledala koji se još naziva koncentrator sunčeve energije
- (3) Sunčeva energija je koncentrirana tisuću puta u prijammnik toplinske energije



Slika 3.15. Dijelovi Stirling motora

Stirling motor se koristi kod sunčevih tanjura kao prijammnik za proizvodnju električne energije uz pomoć direktno apsorbirane toplinske energije. Stirling motor se sastoji od četiri cilindra.

### 3.2.5. Ovisnost CSP sustava o sunčevom ozračenju



Slika 3.16. Količina direktnog zračenja Sunca u kWh/m<sup>2</sup>/god

CSP (eng. Concentrated Solar Power) sustavi ili koncentrirani sustavi zahtijevaju velike količine direktnog sunčevog zračenja da bi mogli proizvoditi električnu energiju. Na temelju toga, CSP sustavi ograničeni su samo na suha i vruća područja, poput pustinja i polupustinja, gdje nastaju velike količine direktnog sunčevog zračenja na godišnjoj razini. To znači da bi se CSP sustave isplatilo koristiti samo ako je područje ozračeno više od 2000 kWh/m<sup>2</sup> godišnje. U protivnom, ne bi se isplatilo graditi CSP sustave zato što su im cijene još uvijek relativno visoke. Globalno postoji nekoliko regija koje su pogodne za izgradnju CSP sustava zbog visokog, direktnog zračenja sunca na godišnjoj razini. To su područja Sjeverne Afrike, Bliskog Istoka, Južne Afrike, Australije, zapadnog dijela Amerike i nekih dijelova Južne Amerike. Cijene CSP sustava još su uvijek veoma visoke da bi ih bilo isplativo graditi i u drugim područjima, s manjom količinom direktnog sunčevog zračenja godišnje.

### 3.2.6. Povećanje efikasnosti CSP sustava

Određeni dijelovi koncentriranih sustava određuju konačnu efikasnost sustava. Pri tome važna je uloga spremnika termalne energije. Njegovim povećanjem raste i cijena s kojom se onda povećava ukupni kapacitet toplinske energije, koja se može koristiti kada je noć ili kada je oblačno. Također, efikasnost koncentriranih sustava može se povećati tako da se proširi polje s koncentriranim sunčanim kolektorima, gdje se zatim povećava kapacitet toplinske energije koji se tada kolektira tijekom dana, ako se pri tome investira novca u proširenje. Veličina sunčevog polja važan je parametar koji se mora dobro optimizirati da bi se sustav efektivno koristio kroz cijelu godinu. Veličina sunčevog polja stvarna je veličina polja koja je potrebna da bi se ostvarila proizvodnja određene količine električne energije. Veličine sunčevog polja moraju se dobro optimizirati i odrediti da bi se maksimalno mogla iskorištavati sunčeva energija koju to područje dobije tijekom cijele godine.



### 3.2.7. Usporedba CSP tehnologija

U tablici ispod nalazi se kratka usporedba najbitnijih svojstava koncentriranih tehnologija. Svi sustavi međusobno se razlikuju jedni od drugih po načinu i izvedbi te tehničkim i ekonomskim aspektima. Većina CSP tehnologija bazirana je na paraboličnim kolektorima. Parabolični kolektori danas su komercijalno najkorišteniji CSP sustavi, ali još uvijek se očekuju dodatna poboljšanja po pitanju efikasnosti i smanjenju cijena. Sunčani tornjevi i Fresnelovi kolektori se danas počinu sve više razvijati i koristiti zbog pada cijena, ali je rizik razvoja puno veći. Veliki je interes pokazan prema tehnologiji Sunčanih tornjeva koji rade na visokim temperaturama uz pomoć tekuće soli koja to omogućuje jer se povećava efikasnost cijelog sustava i time smanjuje cijena. Sunčevi tornjevi su budućnost CSP tehnologija. Kod sunčevih tanjura nemamo spremnike topline što ih čine jednim od najboljih rješenja za direktno dobivanje električne energije.

	Parabolični kolektori	Sunčani toranj	Fresnelovi kolektori	Sunčevi tanjuri
Kapacitet (MW)	10-300	10-200	10-200	0.01-0.025
Rizik razvoja	Nizak	Srednji	Srednji	Srednji
Radna temperatura (°C)	350-550	250-565	390	550-750
Efikasnost (%)	14-20	23-35	18	30
Efikasnost pretvorbe (toplinska->električna energija) (%)	11-16	7-20	13	12-25
Prijamnik/apsorber	Ugrađen na kolektor, pomiče se s kolektorom	Fiksiran, nepomičan	Fiksiran, nepomičan	Ugrađen na kolektor, pomiče se s kolektorom
Spremnik	Indirektni dvospremnik tekuće soli na 380 °C Direktni dvospremnik tekuće soli na 550 °C	Direktni dvospremnik tekuće soli na 550 °C	Spremnik pare pod tlakom	Nema spremnika
Ciklus	Rankinov parni ciklus	Rankinov parni ciklus	Rankinov parni ciklus	Stirling
Temperatura pare (°C)	380 do 540	540	260	/
Tlak pare (bar)	100	100-160	50	/
Maksimalan nagib (%)	<1-2	<2-4	<4	10% ili više

Tablica 3.1. Usporedba CSP tehnologija

Izvor: Baziran na Fichtneru, 2010.

## 4. DIJELOVI SUNČANIH KOLEKTORA

### 4.1. Apsorpcijska pločica ili kolektor

- Apsorpcijska pločica da bi bila efikasna mora imati sljedeća svojstva:
- visoko apsorbirajuću površinu za upijanje sunčevih zraka, tamnu boju ili posebne prevlake koje imaju visoki faktor apsorpiranja od 0.95 ili 95%
  - nizak faktor povratnog emitiranja toplinske energije mora biti 0.05, odnosno 5%
  - odličan prijenos topline na fluid za prijenos topline
  - visoku mehaničku čvrstoću
  - otpornost prema koroziji

Postoje tri načina na koji je moguće povezati apsorpcijsku pločicu s fluidom koji prenosi toplinu (voda, voda/glikol ili antifriz). Ovisno o načinu povezivanja apsorpcijske pločice s fluidom ovisi efikasnost prijenosa topline. Prvi način prijenosa topline jest prijenos uz pomoć cijevi. Ulazna dovodna cijev i izlazna odvodna cijev povezane su pomoću cijevi apsorbera i međusobno su u direktnom kontaktu s apsorpcijskom pločicom te na taj način dolazi do direktnog prijenosa topline uz pomoć kondukcije. Drugi način prijenosa topline je uz pomoć dvije metalne apsorpcijske pločice zavarene u tzv. sendvič spoj pomoću kojega omogućavamo da tekućina teče preko cijele pločice. Na ovaj način omogućeno je direktno zagrijavanje tekućine uz pomoć sunčeve energije. Zbog direktnog zagrijavanja povećana je efikasnost cijelog sustava. Treći način prijenosa topline je pomoću vijugavog kolektora kod kojega je cijev namotana naprijed-nazad preko apsorpcijske pločice. Cijev je u direktnom dodiru povezana s apsorpcijskom pločicom. Kada voda teče kroz cijev, ona apsorpira toplinu s apsorpcijske pločice uz pomoć pojave koje je poznata pod nazivom kondukcija.

Jednostavne prevlake poput crne boje funkcioniraju zadovoljavajuće kada je potrebno apsorbirati sunčeve zrake, ali zbog toga, što je temperatura veća, crna boja povratno emitira velike količine topline sa apsorbirane površine. Toplina se povratno emitira kao infracrveno zračenje te prelazi na zaštitno staklo koje predaje toplinu okružujućem zraku niže temperature i tako se javljaju gubitci topline. Zbog tih gubitaka topline sunčani kolektor gubi efikasnost kod zagrijavanja vode. Da bi uspjeli poboljšati efikasnost apsorpcijske pločice razvijene su specijalne prevlake koje se nazivaju selektivne prevlake. Česte selektivne površine uključuju kromosome, bakrove, niklove ili titanijeve okside koji su elektrokemijski ili kemijski nanoseni na apsorpcijsku površinu. Oni pružaju skoro idealne karakteristike koje apsorpcijska pločica mora imati, kao što su visoke količine upijanja sunčevih zraka i mali iznos emitiranja infracrvenih zraka sa vruće površine apsorpcijske pločice. Selektivne površine poboljšavaju efikasnost upijanja sunčevih zraka i smanjuju gubitke topline s okružujućim zrakom. Najviše su korisne u područjima koje imaju hladniju klimu. Osim toga mogu se koristiti kod komercijalnih sustava gdje su potrebne velike količine tople vode.

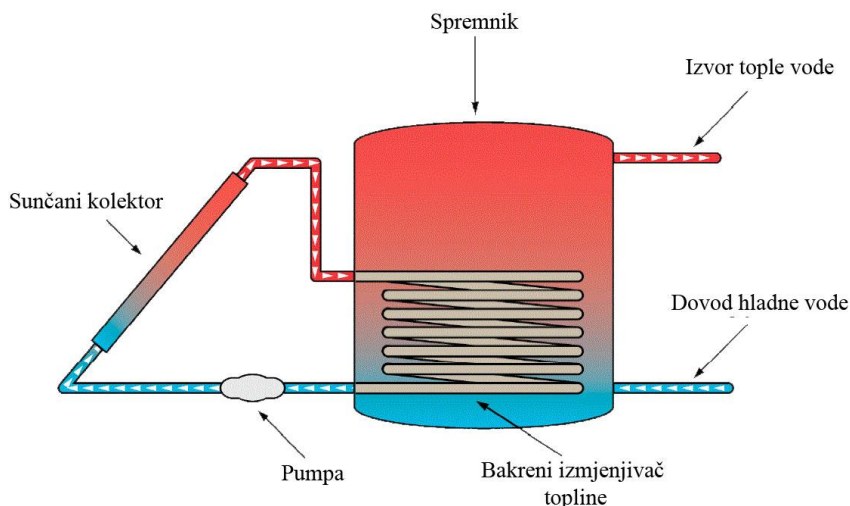
### 4.2. Spremnik toplinske energije

Spremnik toplinske energije služi za pohranu toplinske energije koju uz pomoć sunčanih kolektora prikupimo tijekom sunčanih dana. Spremnici omogućuju korištenje toplinske energije tijekom noći i oblačnih dana kada nema Sunca. Spremnici topline imaju volumen od otprilike 300 litara. Volumen spremnika može varirati od 150 do 440 litara u prosijeku. Spremnik toplinske energije sastoji se od izmjenjivača topline uz pomoću kojih se dovodi toplina s izvora do spremnika. Glavni izvor je sunčani kolektor, a dodatni izvori za pripomaganje pripreme fluida za prijenos topline mogu biti električni grijač, kotao na lož ulje ili plin. Spremnici moraju biti jako dobro izolirani da se minimiziraju gubitci toplinske energije s okolnim zrakom. Za izolaciju koristi se poliuretanska pjena visoke gustoće koja se postavlja s unutrašnje strane spremnika. Materijali

korišteni za izradu spremnika pod niskim tlakom jesu bakar, ABS plastika i poli-etilen, dok su glavni spremnici pod tlakom izrađuju od nehrđajućeg čelika.

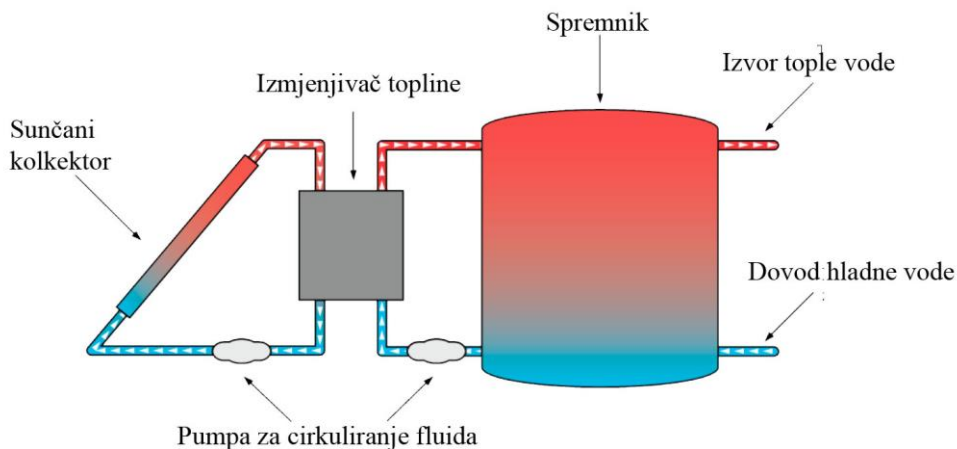
Spremnik mora biti konstruiran tako da je relativno lagan te da ga se može lako prenijeti do određene lokacije bez ikakvih mehaničkih naprava. Mora imati dobra mehanička svojstva prema bilo kakvim udarcima ili pucanjima te prilikom bilo kakvih promjena zbog ekspanzije vode ili toplinskih utjecaja. Također ako je spremnik predviđen da bude izložen vanjskim uvjetima, mora podnijeti ultraljubičaste zrake, raznovrsne vremenske uvjete i koroziju. Ovisno o odabiru materijala od kojeg je napravljen, spremnik ima svoje prednosti i nedostatke. Kod spremnika napravljenih od nehrđajućeg čelika postoji tanki sloj oksida koji je jako otporan na koroziju.

Postoji par izvedbi spremnika za zagrijavanje pitke vode: Prvi primjer jest direktno zagrijavanje vode uz pomoć spiralne bakrene cijevi koja služi kao izmjenjivač topline. Toplina apsorbirana od strane sunčanih kolektora prenosi se uz pomoć fluida, za prijenos topline, kroz izmjenjivač topline na pitku vodu. Pitka voda raspoređuje se u slojevima od toplijeg (vrha) prema hladnijem (dnu). Hladna voda spaja se na dnu spremnika zato što se povećanjem temperature smanjuje njezina gustoća, pa se tada toplija voda kreće prema vrhu spremnika. Sve se to konstruira tako da ne dođe do direktnog miješanja hlade i tople vode, a onda i gubitka topline.



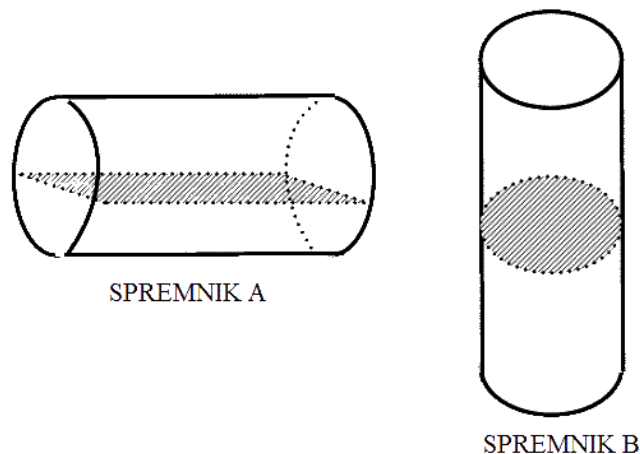
Slika 4.1. Spremnik topline sa spiralnim izmjenjivačem topline

Drugi primjer je spremnik topline s vanjskim izmjenjivačem topline. Izmjenjivač topline je uređaj za prijenos topline s jednog fluida na drugi bez potrebe njihovog međusobnog kontakta uz pomoć kondukcije i konvekcije. Koristi se da ne bi došlo do miješanja otrovnog fluida i pitke vode.



Slika 4.2. Spremnik topline s vanjskim izmjenjivačem topline

Oblik i veličina imaju utjecaj na brzinu kojom se gubi toplinska energija te određuju količinu prijenosa toplinske energije između gornjeg i donjeg sloja. Visoki spremnici imaju puno bolje stvaranje slojeva tople i hladne vode u odnosu na dugačke polegnute spremnike jer je kod visokih spremnika manja površina, kao što se može vidjeti na slici ispod (spremnik B). Pri tome, prijenosi topline između toplog i hladnog sloja su puno manji.



Slika 4.3. Površina za prijenos topline između slojeva kod spremnika

### 4.3. Fluid za prijenos topline

Fluid za prijenos topline služi pri prijenosu apsorbirane toplinske energije kroz sunčeve kolektore do spremnika toplinske energije. Prilikom odabira fluida, za prijenos toplinske energije, treba uzeti u obzir sljedeće karakteristike:

- Koeficijent ekspanzije
- Viskoznost fluida
- Toplinski kapacitet
- Točka smrzavanja
- Točka zakuhavanja

Primjerice, u hladnijim klimatskim uvjetima sunčevi solarni sustavi za zagrijavanje vode zahtijevaju fluide s jako niskim točkama smrzavanja. Fluidi koji rade na visokim temperaturama, npr. u pustinjama, trebaju imati visoku točku zakuhavanja. Viskoznost određuje snagu pumpe koja je potrebna za cirkuliranje fluida u sustavu. Fluid s niskim viskozitetom lakše je pumpati kroz cijevi. Toplinski kapacitet ukazuje na količinu topline koju fluid može preuzeti sa sunčevog kolektora. Vrste fluida za prijenos toplinske energije jesu:

#### 4.3.1. Zrak

Zrak je najjednostavniji medij koji se može koristiti jer se zrak ne može zamrznuti, zakuhati i nije korozivan. Međutim zrak ima jako nizak toplinski kapacitet, ne može prenijeti velike količine topline i lako propušta kroz određena mjesta kolektora i izolacijskih traka i zato nije najbolje rješenje.

#### 4.3.2. Voda

Voda ima neke prednosti kao fluid za prijenos toplinske energije, a to su: voda nije otrovna, skupa i ima dobar specifični toplinski kapacitet za prijenos topline. Osim toga voda ima nizak viskozitet i lako se može cirkulirati uz pomoć pumpi. Nažalost voda ima relativno nisku točku zakuhavanja i visoku točku smrzavanja. Još neki nedostaci vode jesu u tome što ako s voda ne

održava na neutralnoj pH vrijednosti može biti korozivna. Voda s velikim udjelom mineralnih tvari, poznata još kao tvrda voda, može zbog otopljenih minerala začepiti cijevi za prijenos topline uz pomoć fluida kod kolektora.

### 4.3.3. Mješavina voda/glikol

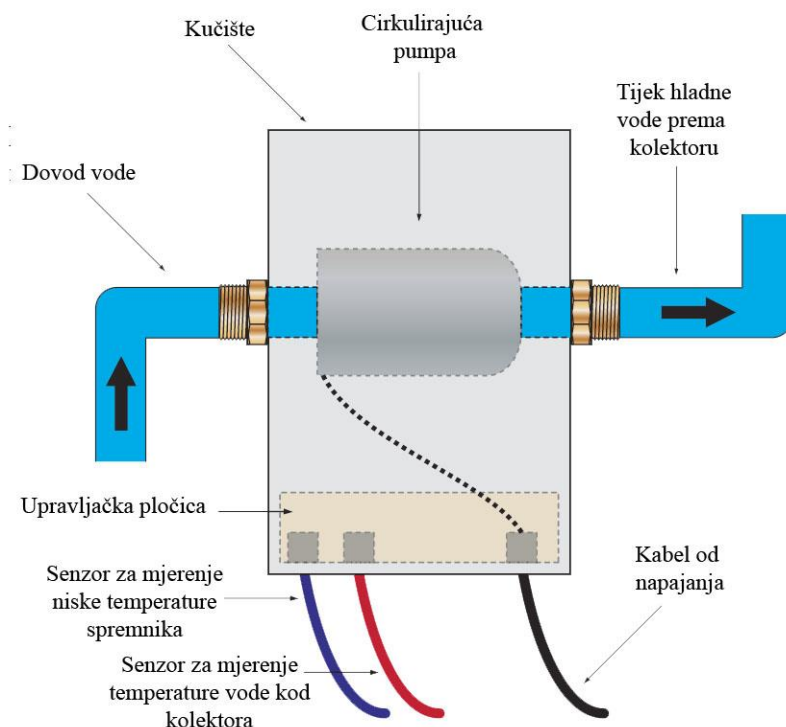
Mješavine voda/glikol imaju omjer 50/50 ili 40/60. Etilen i propilen glikol spadaju u kategoriju antifrizna. Mješavina vode i glikola pruža efektivnu zaštitu protiv smrzavanja vode tijekom zime dok god se održava pogodan omjer. Potrebno je svakih pet godina zamijeniti antifriz jer oni s vremenom degradiraju i gube svoja svojstva. Cirkuliraju se kroz sustav uz pomoć pumpi.

### 4.3.4. Ugljikovodična ulja

Ugljikovodična ulja imaju puno veću viskoznost i manju specifičnu toplinsku vodljivost u usporedbi s vodom. Za cirkulaciju ugljikovodičnih ulja potrebna je puno veća snaga pumpi za cirkulaciju. Ugljikovodična ulja nemaju visoku cijenu te su postojana na niskim temperaturama tijekom zimskih perioda u godini. Postoje tri kategorije ugljikovodičnih ulja: sintetička, ugljikovodična ulja, parafinska ulja, i aromatska ulja. Sintetička ulja relativno su neotrovnna i nije ih potrebno često mijenjati. Parafinska ulja imaju širi opseg temperatura na kojima mogu funkcionirati, u usporedbi s vodom, ali su otrovna i zahtijevaju dvostruko ograđeni izmjenjivač topline za povećanu sigurnost korištenja. Aromatska ulja najbolja su opcija od navedenih ugljikovodičnih ulja, ako se traži ulje koje je najmanje otrovno i štetno.

## 4.4. Pumpa za cirkulaciju fluida

Pumpa za cirkulaciju vode koristi se kod sunčevih sustava za zagrijavanje i dovođenje vode do izvora (slavine). Pumpe za cirkulaciju su naprave koje služe za prijenos fluida s nižeg na viši tlak ili obrnuto.

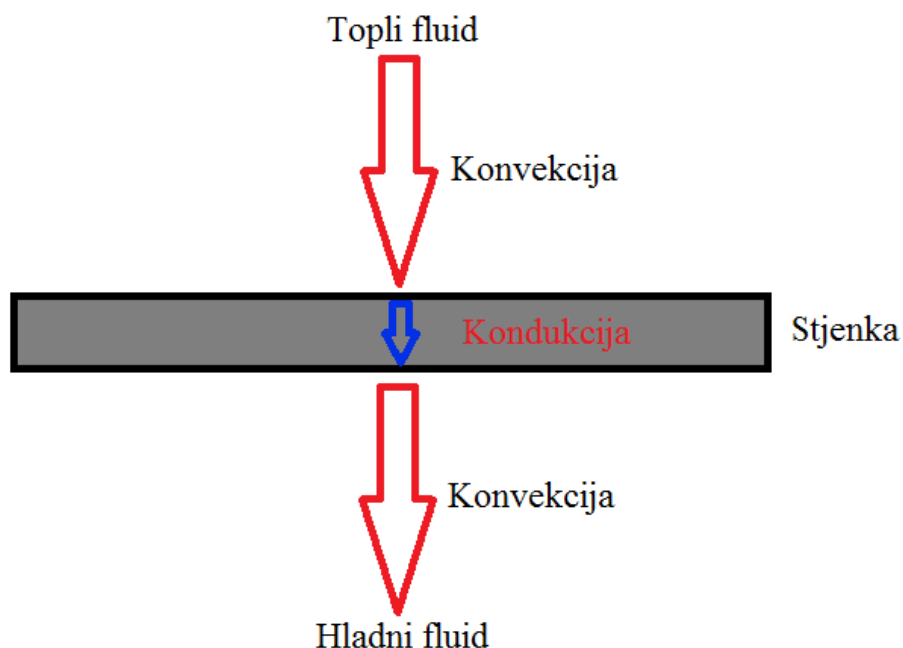


Slika 4.4. Pumpa za cirkuliranje vode

Postoji više načina upravljanja cirkulacijskim pumpama. Najjednostavniji način je uz pomoć vremenskog brojača koji funkcionira tako da ga se podesi u kojim vremenskim intervalima da pumpa vodu. Ovaj način pumpanja vode najmanje je efikasan jer nema uporabe senzora za mjerenje temperature da bi se voda pumpala kada je potrebno. Bolje rješenje je uporaba diferencijalnih pumpi koje rade na principu prikupljanja informacija uz pomoć senzora. Ako je temperatura vode u spremniku niža od temperature vode na kolektoru, on će aktivirati pumpu za cirkuliranje vode sve dok razlika nije ujednačena. Sustav može prepoznati ako dođe do niskih temperatura na kolektoru. U tom slučaju cirkulacijska pumpa slat će toplu vodu iz spremnika topline da ne dođe do smrzavanja cijevi. Kada dođe do porasta temperature, cirkulacijska pumpa se gasi. Ako je temperatura vode previsoka, može se uz pomoć pumpe cirkulirati hladna voda. Temperatura vode mora doseći oko 60 °C, gdje se temperatura od 70 °C smatra povišenom temperaturom i zahtijeva uključivanje cirkulacijske pumpe s hladnom vodom. Cirkulacijska pumpa locirana je na dnu spremnika kod većine modela. U nekim slučajevima nalaze se odvojeno između spremnika i kolektora. Cirkulacijske pumpe pogonjene su uz pomoć električne energije.

#### 4.5. Izmjenjivač topline

Izmjenjivač topline koristi se za prijenos toplinske energije između dva fluida koji nisu u međusobnom kontaktu. Mogu se podijeliti na: izmjenjivač topline s obzirom na konstrukciju, smjer kretanja fluida, način prijenosa topline i dovođenja u kontakt s fluidima. Postoje spiralni, cijevni ili pločasti izmjenjivači topline. Kod sunčanih kolektora koristimo ih za prijenos topline između antifrizu i vode koji kroz apsorpcijsku pločicu sakuplja toplinu te ju prenosi do spremnika tople vode. Antifriz se koristi kao fluid za sakupljanje topline jer ima dobru specifičnu vodljivost topline i postojan je na visokom i niskim temperaturama, što znači da može dobro prenositi toplinu apsorbiranu s kolektora. Prijenos topline odvija se uz pomoć izmjenjivača topline na takav način da bez međusobnog miješanja fluida toplina prelazi sa antifrizu na vodu u spremniku, te ju zagrijava. Izmjenjivači topline koriste se zato što je antifriz otrovan, te da ne bi došlo do miješanja s pitkom vodom. Radi sigurnosnih mjera potrebno je koristiti izmjenjivač topline s dvije stjenke, ali zbog toga javljaju se gubitci topline, zato jer fluid mora prenijeti toplinu kroz dvije „pregrade“.



Slika 4.5. Mehanizam prijenosa topline kroz jednu stjenku

## **4.6. Transparentna zaštita kolektora**

Cilj transparentne zaštite kolektora jest prijenos maksimalnog iznosa sunčeva zračenja na apsorpcijsku pločicu, zadržavanje topline koju emitira apsorpcijska pločica prema transparentnoj zaštiti, zaštita apsorpcijske pločice od direktnog puhanja vjetra prema pločici, te da na taj način sačuva toplinu koja se tamo zadržava. Osim toga služi kao zaštita od vanjskih uvjeta i cijena je relativno jeftina. Najčešće se koristi staklo ili plastika. Od stakla koristi se staklo s niskim postotkom željeza koje ima izuzetnu čistoću, odlično propušta sunčeve zrake i ne apsorbira puno sunčeve energije. Manje energije gubi se nakon povratnog emitiranja od strane apsorpcijske pločice prema vanjskom zraku. Čvrsto je, dugo traje i ima dobru otpornost na oštećenja i pucanja.

## **4.7. Kolektorska kutija**

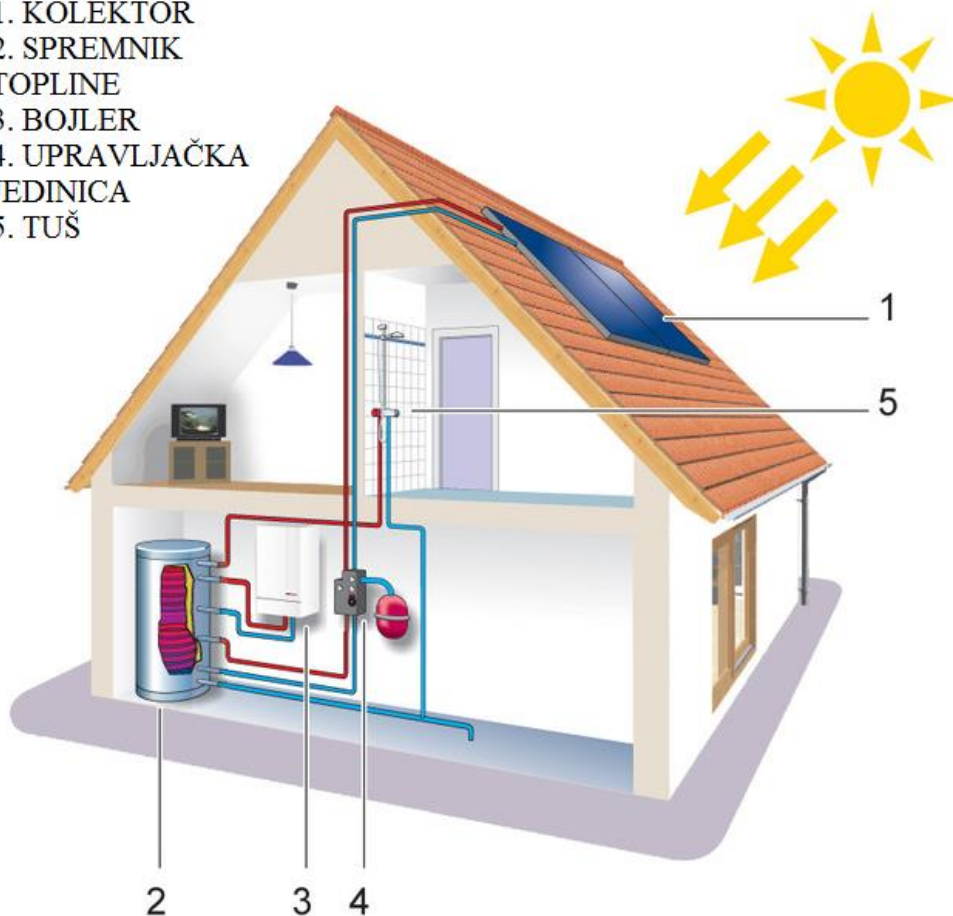
Kolektorska kutija ima zadaću štiti apsorpcijsku pločicu od svih vremenskih uvjeta i korozije. Mora imati dobra mehanička svojstva, odnosno otpornosti na velike temperature, vjetar, i UV-zrake. Treba podržavati i štiti izolaciju na stranama i pozadini apsorpcijske pločice. Kolektorska kutija mora biti jednostavna, lagana i jednostavna za održavanje. Aluminijska je često korištena zaštitna kutija.

## 5. IMPLEMENTACIJA SUNČEVIH KOLEKTORA NA KUĆI

### 5.1. Uvod

Sunčani sustavi efektivan su i povoljan način dobivanja tople vode uz pomoć sunčeve energije. Najjednostavniji kućni sunčani sustavi za dobivanje tople vode sastoje se od sunčanih kolektora, spremnika topline, cijevi, pumpi i fluida za prijenos topline. Dijele se na aktivne i pasivne sustave. Aktivni sustavi koriste pumpe i druga mehanička pomagala za prijenos topline koje apsorbira sunčani kolektor, dok pasivni sustavi ne koriste mehanička pomagala već se projektiraju i pozicioniraju tako da sunčeva svjetlost prolazi kroz prozore tijekom dana, te se apsorbira kroz zidove unutar kuće.

1. KOLEKTOR
2. SPREMNIK TOPLINE
3. BOJLER
4. UPRAVLJAČKA JEDINICA
5. TUŠ



Slika 5.1. Implementacija sunčevih kolektora na privatnoj kući

Mi ćemo se u ovom poglavlju koncentrirati samo na aktivne sunčeve sustave koje koriste sunčevi kolektori za dobivanje tople vode. Prednosti ovih sustava jesu u činjenici što se mogu koristiti u bilo kojim klimatskim uvjetima. Sustav funkcionira tako što je sunčani kolektor koji apsorbira sunčevu svjetlost i pretvara ju u toplinsku energiju montiran na krov pod kutom, tako da tijekom cijeloga dana može skupljati direktno sunčevo zračenje. Kada kolektor postane dovoljno ugrijan, termostat počinje pumpati fluid koji se još naziva tzv. fluid za prijenos topline. Kao fluid koristi se antifriz jer se on neće smrzavati tijekom zimskih perioda u godini. Tijekom noći i oblačnih dana koristi se spremnik topline koji ima određeni kapacitet koliko topline može sačuvati, te ga koristimo za grijanje vode. Sunčani kolektor, spremnik topline i cijevi moraju biti odlično izolirani da bi se minimizirao gubitak topline. U nekim slučajevima se koristi dodatni konvencionalan izvor energije poput ugljenog kotla ili električni kotao koji se koristi za pripremu hladne vode koja se zagrijava.



## 5.2. Proračun

Proračun se temelji na osnovi da je kuća predviđena za četveročlanu obitelj koja će zagrijavati vodu uz pomoć sunčanih kolektora. Četveročlana obitelj se sastoji od dvije odrasle osobe i dvoje djece. Prosječno osoba potroši oko 40 L tople vode na dan. Iz toga zaključujemo da imamo potrošnju vode od 160 L na dan u četveročlanoj obitelji. U tablici ispod možemo vidjeti da nam ova vrijednost spada pod potrošnju vode od 140 do 200 L koja je kategorizirana kao velika obitelj.

	Potrošnja tople vode	Površina sunčanog kolektora	Spremnik
Mala obitelj	80 do 140L	2 do 4 m <sup>2</sup>	140 do 230L
Velika obitelj	140 do 200L	4 do 7 m <sup>2</sup>	230 do 300L

Tablica 5.1. Određivanje veličine sunčevog sustava

Iz toga slijedi da će nam biti potrebna površina sunčanog kolektora od 4 m<sup>2</sup> da bi uspjeli sakupiti dovoljno sunčeve energije za zagrijavanje hladne vode i spremnik od 250 L za čuvanje tople vode. Smatra se da je površina kolektora od 2 m<sup>2</sup> dovoljna za dvije osobe te se za svaku dodatnu osobu pridodaje površina od 1.1 do 1.3 m<sup>2</sup> ako je prosječna potrošnja vode od 40 L/dan. Ovaj način određivanja veličine sustava za dobivanje tople vode temelji se na prosječnoj potrošnji tople vode po osobi na dan. Ako su potrošnje veće od 40 L/dan uzima se za četveročlanu obitelj površina kolektora od 6 do 7 m<sup>2</sup> da bi se moglo osigurati dovoljno tople vode za pojedinog člana obitelji. Sa površinom kolektora od 6 do 7 m<sup>2</sup> može se osigurati do 50 litara tople vode na dan za pojedinog člana četveročlane obitelji. Preciznije se može odrediti ako se uzme u obzir godišnja osunčanost područja, geografski položaj kuće, i efikasnost cjelokupnog sustava.

Za primjer instalacije sunčanih kolektora koristio sam svoju kuću koja se nalazi u blizini Poreča u Istri. Za pomoć pri proračunu koristio sam online kalkulator koji se može pronaći na stranici: <http://www.viessmann.hr/>.

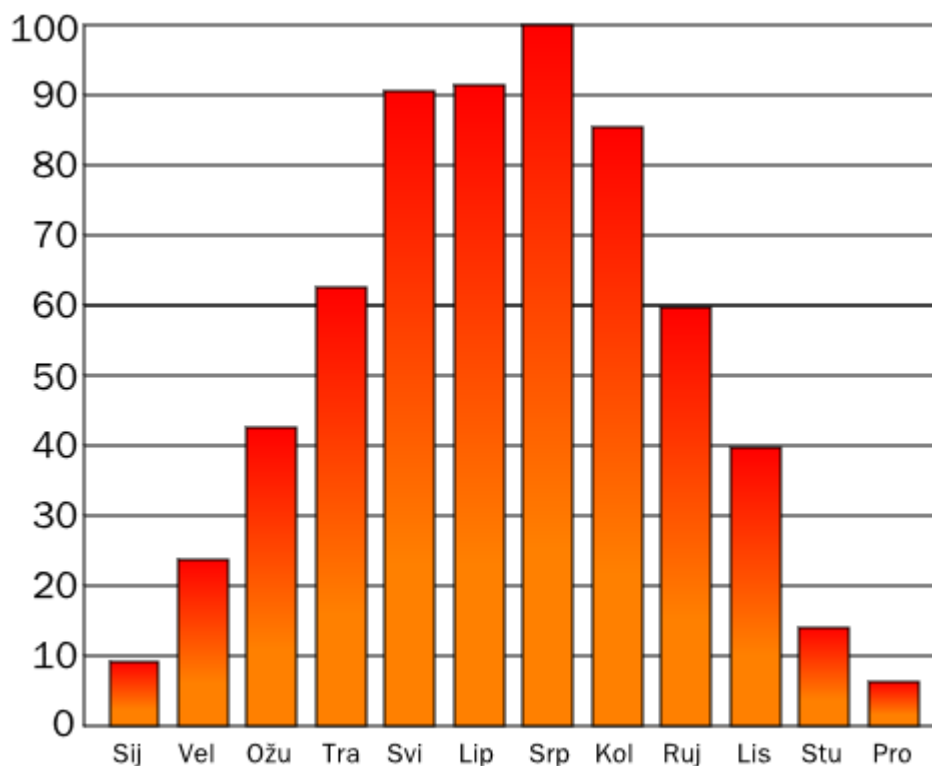
Ulazni podaci	
Solarna energija	1350 kWh/m <sup>2</sup> godišnje
Vrsta kolektora	Pločasti kolektor
Nagib krova	30°
Orijentacija krova	25° od juga
Srednja potrošnja vode	200 L/dan

Tablica 5.2. Ulazni podaci

Područje Istre ima godišnje direktno zračenje od 1350 kWh/m<sup>2</sup> što je dovoljno da omogući ovaj način dobivanja tople vode tijekom cijele godine. Na temelju toga se određuje veličina površine sunčanog kolektora koja iznosi 4 m<sup>2</sup>.

Prijedlog površine kolektora	3.90m <sup>2</sup>
Prijedlog konfiguracije kolektora	2 x 2,3 m <sup>2</sup> = 4,6 m <sup>2</sup>
Prijedlog veličine spremnika tople vode	200L

Tablica 5.3. Rezultati



Slika 5.2. Mjesečna ušteda za zagrijavanje tople vode

Iz grafa se može vidjeti da tijekom ljetnog perioda imamo najveće uštede zbog velike količine direktnog sunčevog zračenja. Najmanje količine sunčevog zračenja, a time i uštede su tijekom siječnja, studenog i prosinca kad se uz pomoć dodatnog izvora poput kotla pomaže pri zagrijavanju vode.

	Bez solarnih kolektora	Sa solarnim kolektorima
Ugljični dioksid CO <sub>2</sub> (kg/godišnje)	1462	585
Ugljični monoksid CO (g/godišnje)	450	180
Dušični oksidi NO <sub>x</sub> (g/godišnje)	619	248
Sumporni dioksid SO <sub>2</sub> (g/godišnje)	-	-

Tablica 5.4. Smanjenje emisije plinova korištenjem sunčeve energije

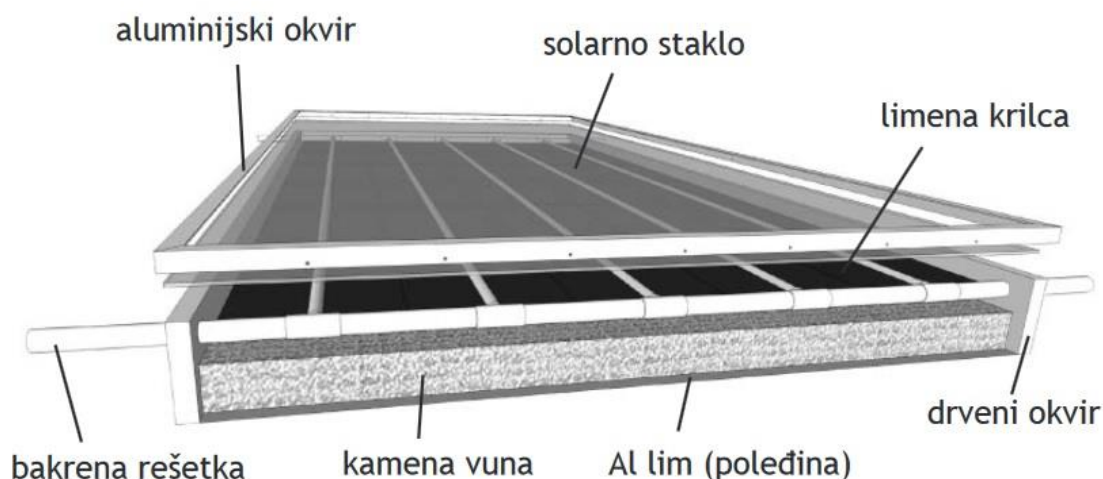
Procijenjena ušteda je oko 60% tijekom cijele godine, a tijekom ljeta ušteda je 93.53% u odnosu na klasično grijanje. Iz proračuna možemo vidjeti da je sunčani kolektor ekološko i isplativo dugoročno rješenje dobivanja tople vode. Jedini nedostatak je što treba odjednom puno novca za kupnju kolektora i instalaciju.

### 5.3. Materijal za izradu

Materijal potreban za izradu sunčanih kolektora:

1. Obradena daska za izradu kućišta
2. Al lim
3. L profil aluminijski lim
4. Solarno staklo (kaljeno)
5. Alu folija
6. Bakrene cijevi
7. Kamena vuna
8. Selektivna prevlaka

Osim toga potrebno je imati brusni papir za doradu drva, ljepilo za drvo, žicu i pastu za lemljenje, i vijke za drvo. Prilikom kupnje ako sami proizvodite sunčeve kolektore nije moguće nabaviti sve materijale u dimenzijama koje vam trebaju pa treba paziti da se kupi toliko materijala da bude dovoljno, ali da nema puno otpada. Ovisno o kvaliteti materijala ovisi sama efikasnost sunčanih kolektora na kraju. Što je materijal kvalitetniji to je efikasnost veća, a time i cijena raste.



Slika 5.3. Pozicija pojedinog materijala

Potrebno je dobro izračunati i izmjeriti sve dijelove da bismo precizno mogli izraditi sunčane kolektore. Dimenzije pojedinih dijelova ovise o dimenzijama stakla koje imamo. Moramo računati da se staklo prilikom zagrijavanja širi i sakuplja prilikom hlađenja što znači da treba ostaviti oko 5 mm prostora. Staklo je kaljeno što znači da je dodatno toplinski obrađeno da postigne visoku čvrstoću, a time i otpornost na udarce. Kamena vuna se koristi za izolaciju odnosno da se smanje gubitci topline s sunčevog kolektora. Debljina vune mora iznositi oko 50 mm i preko kamene vune se stavlja aluminijski lim deblje 0.1 mm. Limena krilca se spajaju s bakrenim cijevima u svrhu poboljšavanja upijanja sunčeve energije koju zrači sunce. Limena krilca se prekrivaju selektivnom prevlakom (crna mat boja) za maksimalno upijanje sunčeve energije. Bakrene cijevi se koriste za provođenje toplinske energije do fluida zato jer imaju dobru toplinsku vodljivost i jer su postojane na temperaturama većim od 100 °C. Najjednostavniji način oblikovanja cijevi uz pomoć T fittinga gdje dobivamo rešetkast oblik. Druga moguća opcija je vijugavo oblikovanje bakrenih cijevi.

## 5.4. Instalacija sunčanih kolektora

Prilikom postavljanja kolektora mora se paziti da kolektori budu dobro pozicionirani u odnosu na Sunce, te da su pod odgovarajućim kutom, da bi se tijekom dana apsorbirala dovoljna količina sunčeve energije. Montiranje sunčevih kolektora na krov kuće prilično je jednostavan postupak, ali može imati i negativne posljedice, kao što su preveliko opterećenje i oštećenje krova. Kolektori se moraju dobro pričvrstiti tako da ne bi došlo do pada kolektora tijekom jakog vjetra. To se jednostavno postiže utezima ili učvršćivanjem pomoću sajle. Pri postavljanju sunčevih kolektora na ravni krov, potrebno je nakositi ih pod određenim kutom od 30 do 45°, te koristiti posebne aluminijske nosače. Kod bilo kojeg postavljanja na krov važno je prvo provjeriti nosivost krova da ne bi došlo do urušavanja. Ako se radi o ravnom krovu moguće je uz pomoć Pitagorinog poučka izračunati duljinu nosača i okvira za sigurno držanje sunčanih kolektora. Poželjno je da sunčani kolektor usmjeren prema jugu. Ovisno o godišnjem dobu ovisi kut pod kojim postavljamo kolektore. Ako se radi o zimskom godišnjem dobu onda je poželjno da budu pod kutom od 55°, a u ljetnom dobu poželjno je da budu pod kutom od 35°. Uzima se srednja vrijednost ako se koriste tijekom cijele godine. Tijekom ljeta je kut upada veći, a tijekom zime manji.

Kod postavljanja cijevi koje će provoditi toplinu potrebno je imati izuzetno dobru izolaciju za smanjenje gubitaka topline. Cijevi moraju biti otporne na temperaturu od 100° da ne bi došlo do deformacija i pucanja cijevi, zatim moraju biti otporne na mješavinu vode i glikola te vremenske uvjete. Bakrene cijevi najčešće se spajaju mekim ili tvrdim lemljenjem, ili zavarivanjem ako se koriste čelične cijevi gdje su potrebne veće temperature za spajanje materijala. Prilikom postavljanja toplo-vodnih cijevi potrebno je odabrati najkraću putanju da se smanje gubici topline, te ostaviti prostora za toplinsku i zvučnu izolaciju. Prilikom postavljanja toplinske izolacije valja paziti da debljina izolacije bude od 20 do 30 mm i da cijevi budu cijelom dužinom i širinom izolirane. Iako izolacija sprječava gubitke topline, ujedno treba biti otporna na velike temperature, ultraljubičasto zračenje te vremenske uvjete.

Kada se bira lokacija za postavljanje spremnika koji će čuvati toplinu mora se paziti da podna ili zidna konstrukcija može podnijeti tu težinu. Potrebno je raspodijeliti težinu spremnika ako je sustav dizajniran tako da će se on nalaziti na podu etaže. Prilikom odabira ili konstrukcije spremnika, njegova visina određuje se slobodnim prostorom, odnosnom visinom slobodnog prostora gdje će se on postaviti. Poželjno je ako ima dovoljno prostora da se izolacija nakon ugrađivanja može postaviti jer to smanjuje njegovu ukupnu težinu tijekom transporta i olakšava ugradnju. Izolacija toplinskog spremnika mora biti od kvalitetnog materijala s pogodnim izolacijskim svojstvima ( $u = 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ). Iznimno je važno dobro izolirati spojeve, podnožje i pokrov spremnika.

## 6. ZAKLJUČAK

Možemo zaključiti da je korištenje obnovljive Sunčeve energije odlično i dugotrajno rješenje za dobivanje električne energije ili tople vode uz pomoć sunčanih kolektora. Osim toga rješava se problem zagađivanja okoliša, koji se javlja prilikom korištenja fosilnih goriva. Sunčevi kolektori isplativa su i dugotrajna investicija te, što je najvažnije, mogu uštediti puno više novca za razliku od korištenja postrojenja, koja koriste fosilna goriva ili nuklearne reakcije. Jedini su nedostaci sunčevih kolektora u tome što se ne mogu iskorištavati u svim dijelovima svijeta jer je za njihovu efikasnost i isplativost potrebna određena količina direktnog sunčevog zračenja na godišnjoj razini.

Sunčeva energija glavni je izvor toplinske energije koju skupljamo uz pomoć sunčanih kolektora. Ona se od Sunca prenosi uz pomoć elektromagnetskog zračenja do kolektora, te se u kolektoru prenosi dalje uz pomoć kondukcije, do cijevi, te konvekcije, do fluida. Nekoncentrirani sustavi najčešće se koriste za dobivanje tople vode, a koncentrirani sustavi puno su složeniji te se rabe za dobivanje električne energije, uz pomoć pretvaranja toplinske energije, ili za pogon turbina koje se koriste za generiranje električne energije. Pločasti sunčevi kolektori najčešće se koriste kod nekoncentriranih sustava dok se kod koncentriranih sustava rabe parabolični sunčani kolektori.

Efikasnost pojedinih sustava može se postići dobrom izolacijom te određenom veličinom sunčevog polja koji mora biti dobro optimiziran da bi se mogao dobro iskorištavati kroz cijelu godinu. Međusobna povezanost svih dijelova također ovisi o efektivnosti sunčanih kolektora. Što bolje sunčani kolektori sakupljaju toplinsku energiju koju zrači Sunce, što su bolje izolirani spremnici topline, cijevi i što bolja svojstva imaju fluidi za prijenos topline, to će sustav proizvoditi više toplinske energije za korištenje. Također bitni dijelovi sunčanih kolektora su pumpe za cirkuliranje tvari koje, uz pomoć senzora, znaju u kojem trenutku treba pumpati vodu, također su bitni i izmjenjivači topline za prijenos topline jer o njima ovisi količina energije koja će se prenijeti. Kolektorska kutija i transparentna zaštita bitna su mehanička zaštita samih sunčanih kolektora jer o njima također ovisi koliko će se sunčeve energije sačuvati te koliko će ih sačuvati od udaraca tijekom vremenskih nepogoda. Na kraju imamo primjenu svih znanja s kojima smo se susreli u ovom radu na implementaciji nekoncentriranih pločastih sunčanih kolektora na privatnoj kući te jednostavan proračun za dobivanje potrebne veličine sustava za dobivanje tople vode za četveročlanu obitelj. Također naučili smo što je sve potrebno od materijala za izgradnju sunčanih kolektora te kako mi samostalno možemo izraditi jednostavan, a efektivan sunčani kolektor.

## 7. LITERATURA

- [1] Robert Pašičko, Daniel Rodik: Sunčevi toplinski sustavi za kampove, Priručnik, Zagreb (2010.)
- [2] [http://www.solarassociation.org.nz/system/files/Chapter3\\_SolarSystemComponents.pdf](http://www.solarassociation.org.nz/system/files/Chapter3_SolarSystemComponents.pdf), pregledano 26.6.2016
- [3] <http://whatcom.wsu.edu/4-h/nrs/solar/documents/needprojectsolar.pdf>, pregledano 26.6.2016
- [4] [http://www.irena.org/documentdownloads/publications/re\\_technologies\\_cost\\_analysis-csp.pdf](http://www.irena.org/documentdownloads/publications/re_technologies_cost_analysis-csp.pdf), pregledano 26.6.2016
- [5] [http://www.solarassociation.org.nz/system/files/Chapter1\\_SWH%20Overview.pdf](http://www.solarassociation.org.nz/system/files/Chapter1_SWH%20Overview.pdf), pregledano 26.6.2016
- [6] <http://www.sustainability.vic.gov.au/>, pregledano 1.7.2016
- [7] <http://energy.gov/energysaver/heat-transfer-fluids-solar-water-heating-systems>, pregledano 1.7.2016
- [8] <http://www.zelenaenergija.org/clanak/elementi-solarno-termalnog-sustava/2073>, pregledano 1.7.2016
- [9] <http://energy.gov/energysaver/solar-water-heaters>, pregledano 1.7.2016
- [10] <http://www.seia.org/policy/solar-technology/concentrating-solar-power>, pregledano 1.7.2016
- [11] [http://www.flasolar.com/active\\_dhw\\_flat\\_plate.htm](http://www.flasolar.com/active_dhw_flat_plate.htm), pregledano 15.7.2016
- [12] [https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/55828/mod\\_resource/content/1/kalogiru.pdf](https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/55828/mod_resource/content/1/kalogiru.pdf), pregledano 15.7.2016
- [13] <http://www.conserve-energy-future.com/pros-and-cons-of-solar-energy.php>, pregledano 15.7.2016
- [14] <http://energy.gov/energysaver/heat-exchangers-solar-water-heating-systems>, pregledano 15.7.2016
- [15] <http://www.ftexploring.com/solar-energy/direct-and-diffuse-radiation.htm>, pregledano 15.7.2016
- [16] <http://www.aeronsystems.com/types-of-solar-radiation/>, pregledano 15.7.2016
- [17] [http://www.folkecenter.dk/mediafiles/folkecenter/pdf/Installation\\_of\\_Solar\\_Collector.pdf](http://www.folkecenter.dk/mediafiles/folkecenter/pdf/Installation_of_Solar_Collector.pdf), pregledano 20.7.2016
- [18] <https://www.mtholyoke.edu/~wang30y/csp/ParabolicDish.html>, pregledano 20.7.2016
- [19] <http://www.outdoorchargers.co.uk/blog/2014/03/01/even-the-best-portable-solar-charger-needs-the-sun/>, pregledano 10.8.2016
- [20] <http://climatekids.nasa.gov/concentrating-solar/>, pregledano 10.8.2016
- [21] <http://www.zmag.hr/admin/public/javascript/fckeditor/editor/ckfinder/userfiles/files/prirucnik%20SK%20za%20web.pdf>, pregledano 10.8.2016