

SKLOP 2 / POGLAVJE 1 – **Sončna elektrarne** *Izkoriščanje Sončne Energije na Zemlji*

Fotovoltaika (PV)

- Solarni paneli (fotovoltaične celice) na strehah in tleh
- Integrirani fotovoltaični sistemi (BIPV)

Sončni kolektorji (termalni sistemi)

- Solarni termalni kolektorji za segrevanje tekočine
- Ploščati kolektorji in vakuumski cevni kolektorji

Koncentrirana sončna energija (CSP)

- Parabolični koriti, Fresnelovi reflektorji, Stirling motorji, sončni stolpi

Pasivno izkoriščanje sončne energije

- Pasivna solarna arhitektura (orientacija, termalna masa, senčila)

Sončne elektrarne

- Velike fotovoltaične in CSP naprave za industrijsko proizvodnjo elektrike

Mobilne in prenosne sončne naprave

- Solarni polnilci za telefone, prenosne solarne luči



Osnovni principi fotovoltaike: fotoefekt

Fotoefekt, znan tudi kot fotoelektrični efekt, je pojav, pri katerem svetloba (fotoni) absorbira v materialu, kar povzroči izmet elektronov iz tega materiala.

Osnovni koncept:

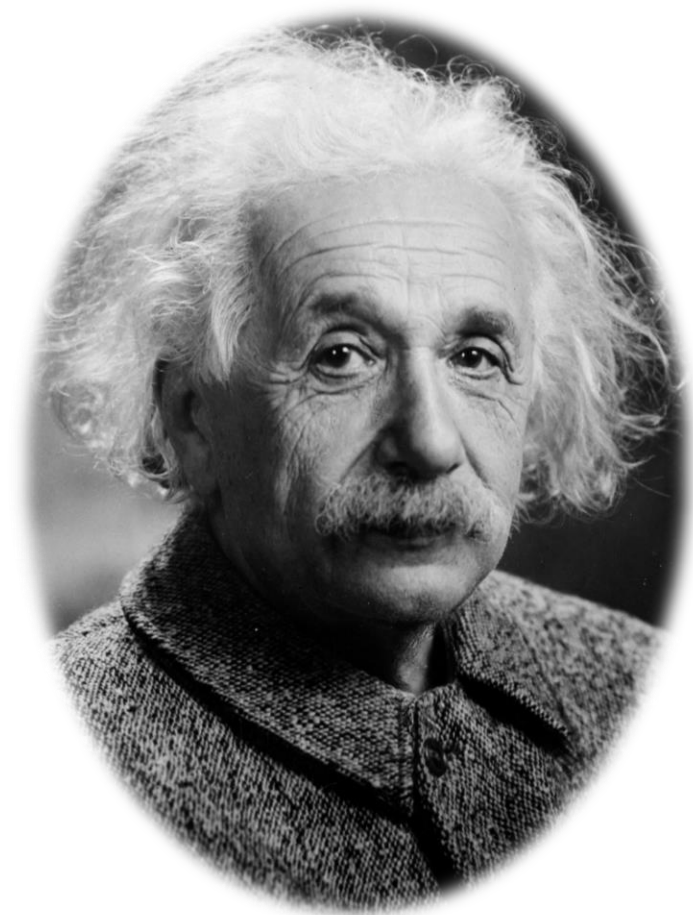
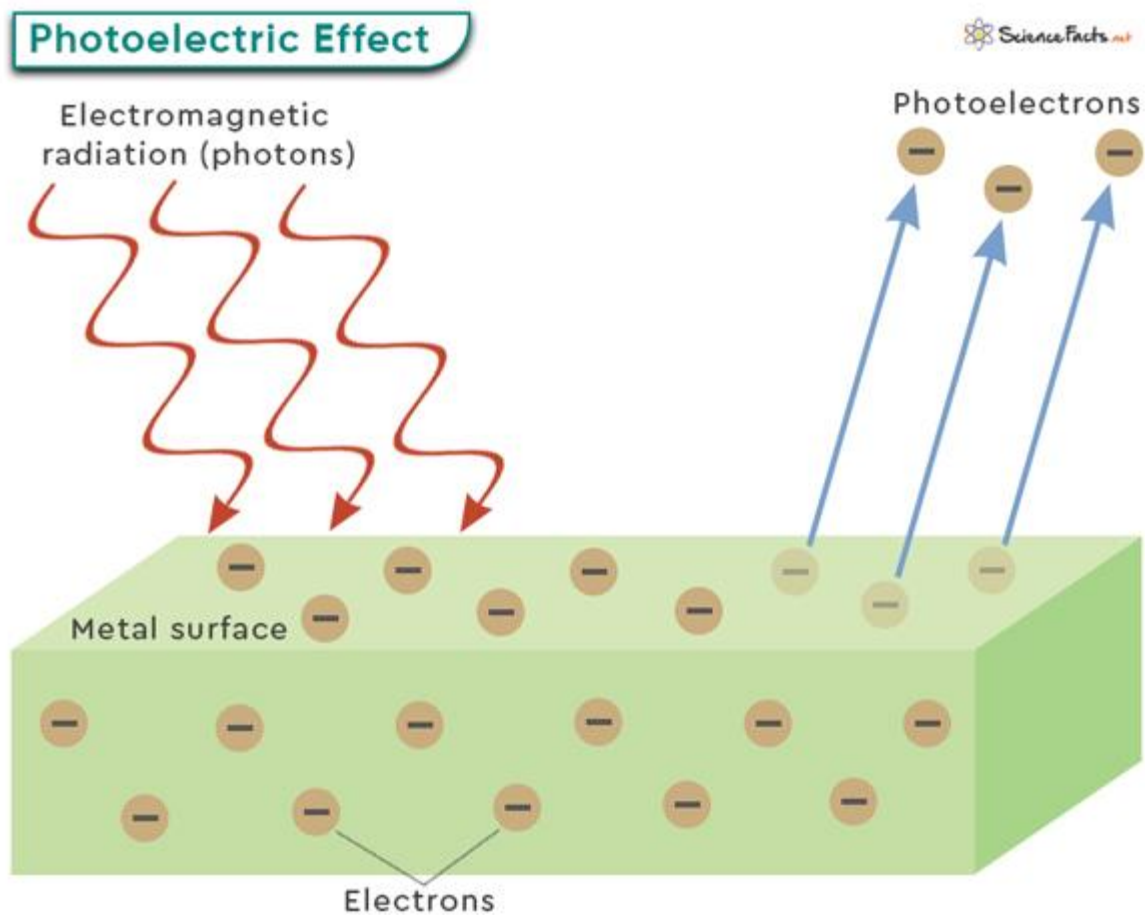
- **Absorpcija fotonov:** Foton zadane material in prenese svojo energijo na elektron.
- **Izstop elektronov:** Če je energija fotona večja od izstopne funkcije materiala, elektron izstopi iz materiala (fotoelektron).

Ključne značilnosti:

- **Kvantizacija svetlobe:** Svetloba deluje kot delci (fotoni).
- **Energetski prag:** Elektroni izstopijo le, če energija fotona presega izstopno funkcijo.
- **Intenziteta svetlobe:** Višja intenziteta poveča število izstopnih elektronov, ne pa njihove energije.
- **Valovna dolžina:** Energija fotona je obratno sorazmerna z valovno dolžino ($W_f = h\nu$).

Einsteinova razlaga:

- Einsteinova enačba: $E_k = h\nu - \phi$
 - E_k : kinetična energija izmetenega elektrona
 - h : Planckova konstanta
 - ν : frekvenca svetlobe
 - ϕ : izstopna funkcija materiala
- Nobelova nagrada za fiziko (1921)



Delovanje fotovoltaične celice

Fotovoltaične celice pretvarjajo sončno svetlobo neposredno v električno energijo. Tukaj je opis delovanja fotovoltaičnih celic:

Struktura fotovoltaične celice

- **Polprevodniški material:** Najpogosteje silicij, ki je v obliki dveh slojev - p-sloj in n-sloj.
- **n-sloj:** Vsebuje presežek elektronov (negativno nabiti delci).
- **p-sloj:** Vsebuje presežek vrzeli (pozitivno nabiti delci).
- **Spoj p-n:** To je stik med p-slojem in n-slojem, kjer se elektroni in vrzeli rekombinirajo in ustvarijo električno polje.

Proces pretvorbe svetlobe v električno energijo

- **Absorpcija fotonov:** Ko sončna svetloba zadene površino PV celice, fotoni (delci svetlobe) absorbirajo energijo.
- Energija fotonov sproži **izbitje elektronov iz atomov**.

Generiranje parov elektron-vrzel:

- Absorpcija fotonov ustvarja pare elektroni-vrzel.
- Ti pari so ustvarjeni predvsem v bližini p-n spoja zaradi električnega polja.

Ločevanje nabojev:

- Električno polje na p-n spoju ločuje sproščene elektrone in luknje, preprečuje njihovo rekombinacijo.
- Elektroni se premikajo proti n-tip sloju, luknje pa proti p-tip sloju.

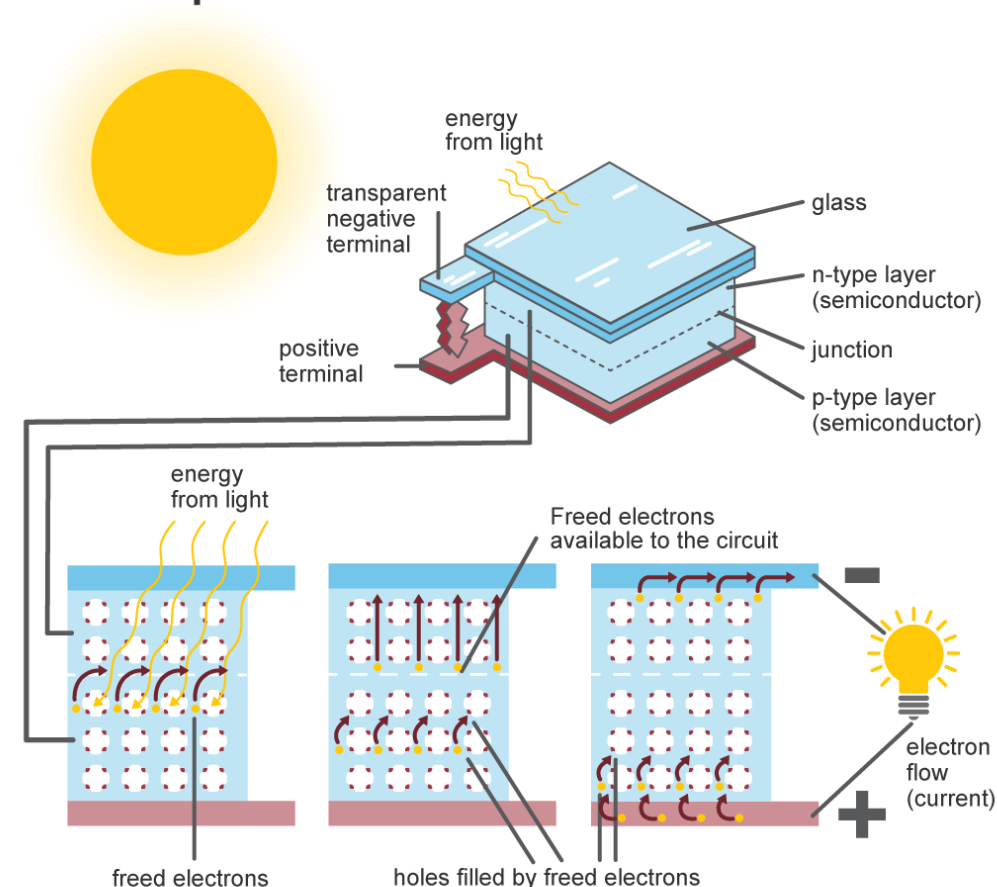
Tok električne energije:

- Ločeni elektroni in vrzeli se premikajo skozi zunanji krog, kar ustvarja električni tok.
- Tok teče iz n-sloja skozi zunanjo obremenitev (npr. električno napravo) in nazaj v p-sloj.

Napetost in moč:

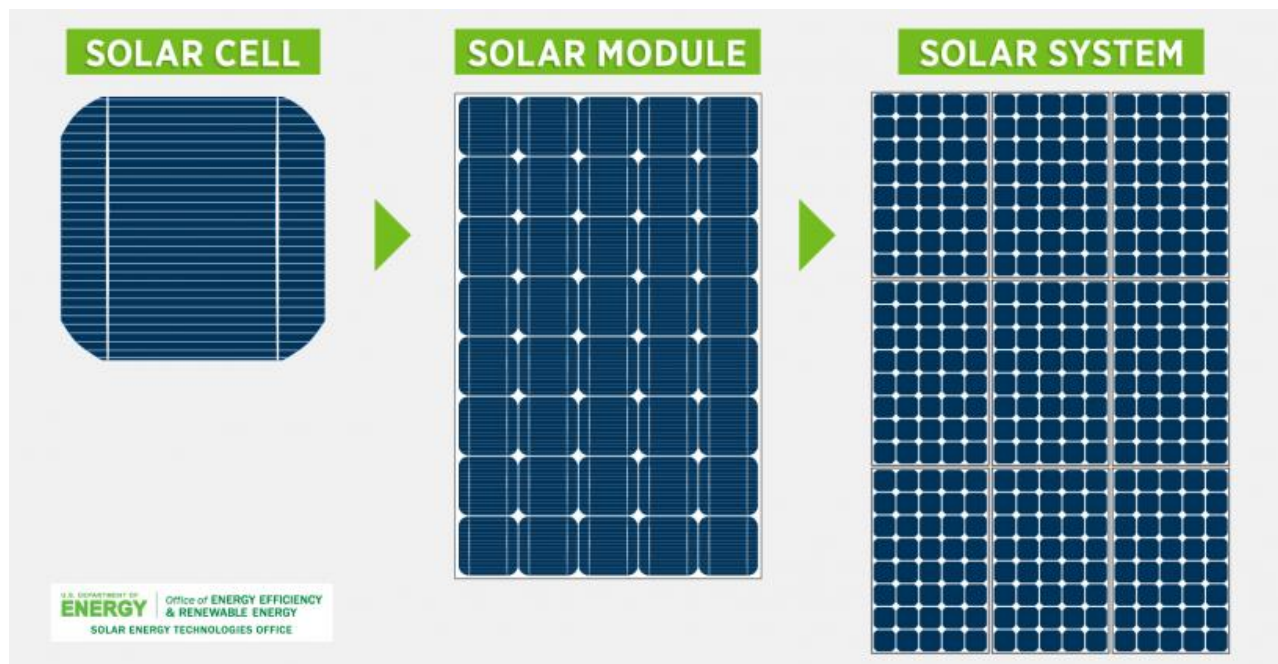
- PV celica ustvarja električno napetost med p-slojem in n-slojem (običajno okoli 0,5 V na celico).
- Več PV celic je povezanih v seriji in paraleli za povečanje napetosti in toka, kar omogoča pridobitev zelene moči.

Inside a photovoltaic cell



Source: U.S. Energy Information Administration

Celice, moduli in sistemi: vrste sončnih celic



Vrste Sončnih Celic

1. Monokristalne silicijeve celice (mono-Si)
2. Polikristalne silicijeve celice (poly-Si)
3. Tanke filmne celice
 - Amorfní silicij (a-Si)
 - Kadmij-telurid (CdTe)
 - Baker-indij-galij-selenid (CIGS)
4. Perovskitne sončne celice
5. Organske fotovoltaične celice (OPV)
6. Večspojne (multi-junction) sončne celice

- **Sončna celica:** Osnovna enota, ki pretvarja sončno svetlobo v električno energijo.
- **Sončni modul:** Skupina sončnih celic v zaščitnem okviru, ki povečuje proizvodnjo energije.
- **Sončni sistem:** Celoten sistem, ki vključuje sončne module in dodatne komponente za proizvodnjo, pretvorbo in uporabo električne energije.

Monokristalne silicijeve celice (mono-Si)

- **Izdelava:** Iz enega samega kristala silicija.
- **Učinkovitost:** Visoka, običajno med 15% in 22%.

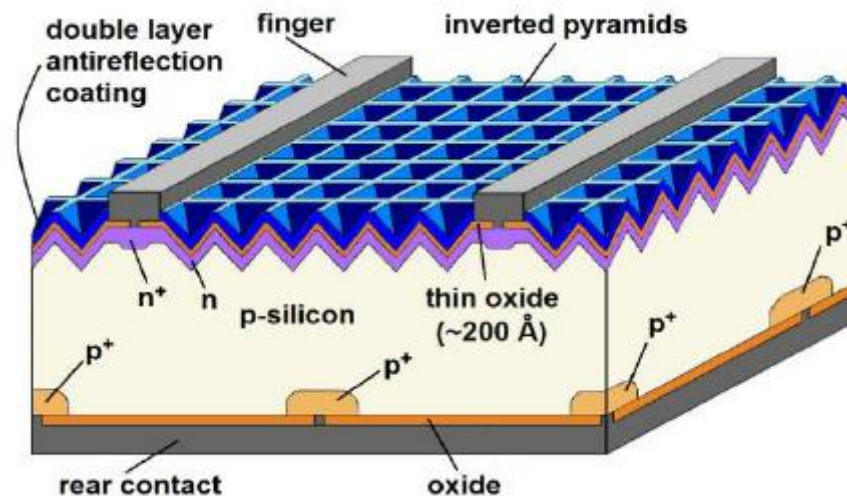
Prednosti:

- Visoka učinkovitost in dolga življenjska doba.
- Bolje delujejo pri nizki intenziteti svetlobe.

Slabosti:

- Višji proizvodni stroški.
- Večji odpadek materiala med proizvodnjo.

Idealne za prostorsko omejene aplikacije, kjer je potrebna visoka učinkovitost.



Polikristalne silicijeve celice (poly-Si)

- **Izdelava:** Iz več kristalov silicija, ki tvorijo rezine.
- **Učinkovitost:** Malenkost nižja kot pri monokristalnih, običajno med 13% in 18%.

Prednosti:

- Nižji proizvodni stroški in manjši odpadek materiala.

Slabosti:

- Nižja učinkovitost v primerjavi z monokristalnimi celicami.
- Manj estetski videz zaradi več kristalnih zrn.

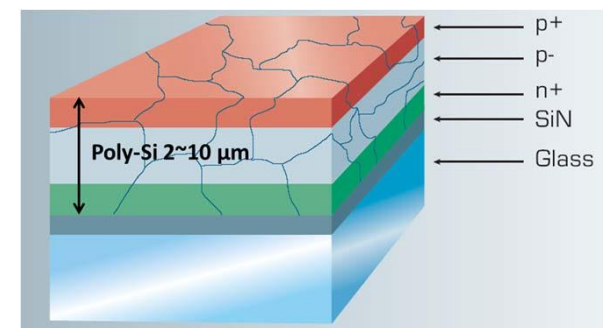
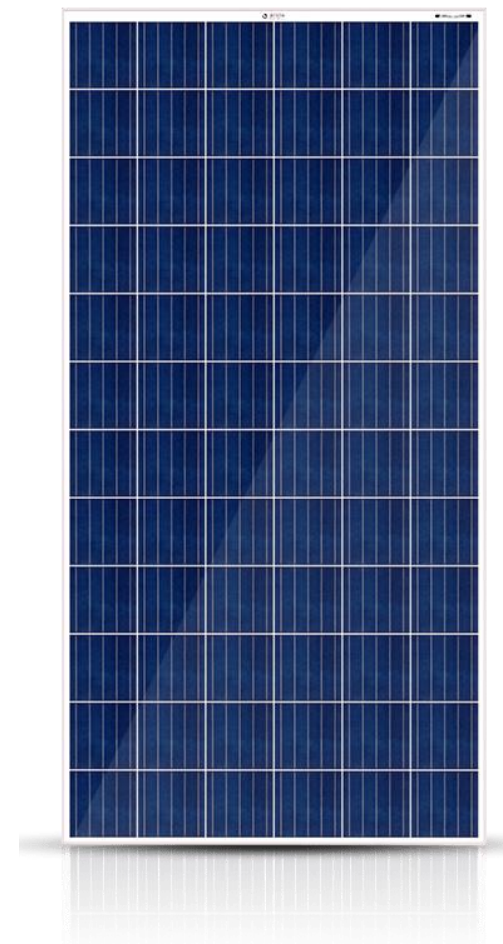
Pogoste v večjih instalacijah, kjer je cena ključnega pomena.



**Poly-Crystalline
Solar Cell**



**Mono-Crystalline
Solar Cell**



Tanke filmne celice

- **Izdelava:** Tanek sloj fotovoltaičnega materiala nanesen na podlago (steklo, plastika, kovina).

Vrste:

- **Amorfni silicij (a-Si):** Najpogostejša oblika, nižja učinkovitost (približno 6%-10%).
- **Kadmij-telurid (CdTe):** Relativno visoka učinkovitost (približno 9%-11%), nizki proizvodni stroški.
- **Baker-indij-galij-selenid (CIGS):** Visoka učinkovitost (približno 10%-12%), prilagodljivost in lažja integracija v različne aplikacije.

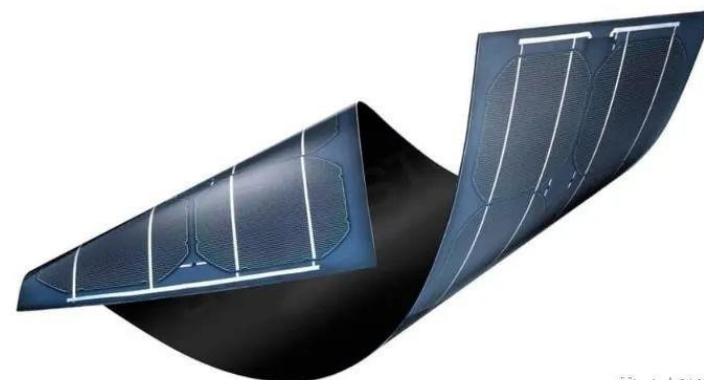
Prednosti:

- Fleksibilnost in lahkost.
- Nižji proizvodni stroški.
- Dobro delovanje pri šibki svetlobi in visokih temperaturah.

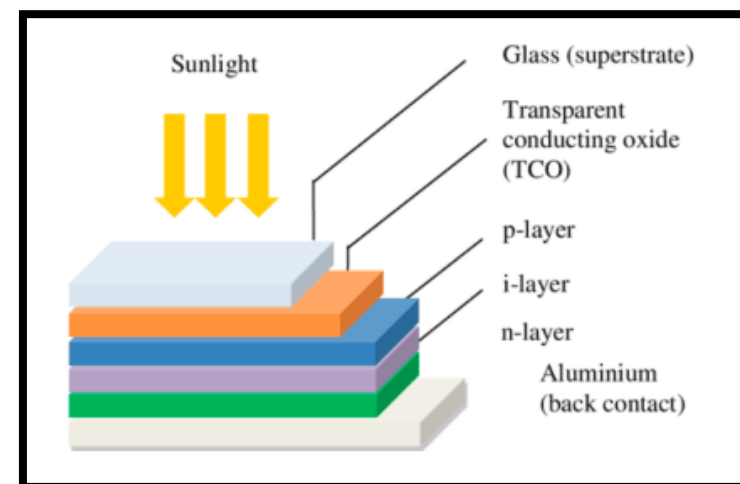
Slabosti:

- Nižja učinkovitost v primerjavi s kristalnimi silicijevimi celicami.
- Nekateri materiali (CdTe) vsebujejo strupene elemente.

Idealne za aplikacije, kjer je potrebna fleksibilnost in nizki stroški, kot so prenosne naprave, fasade zgradb.

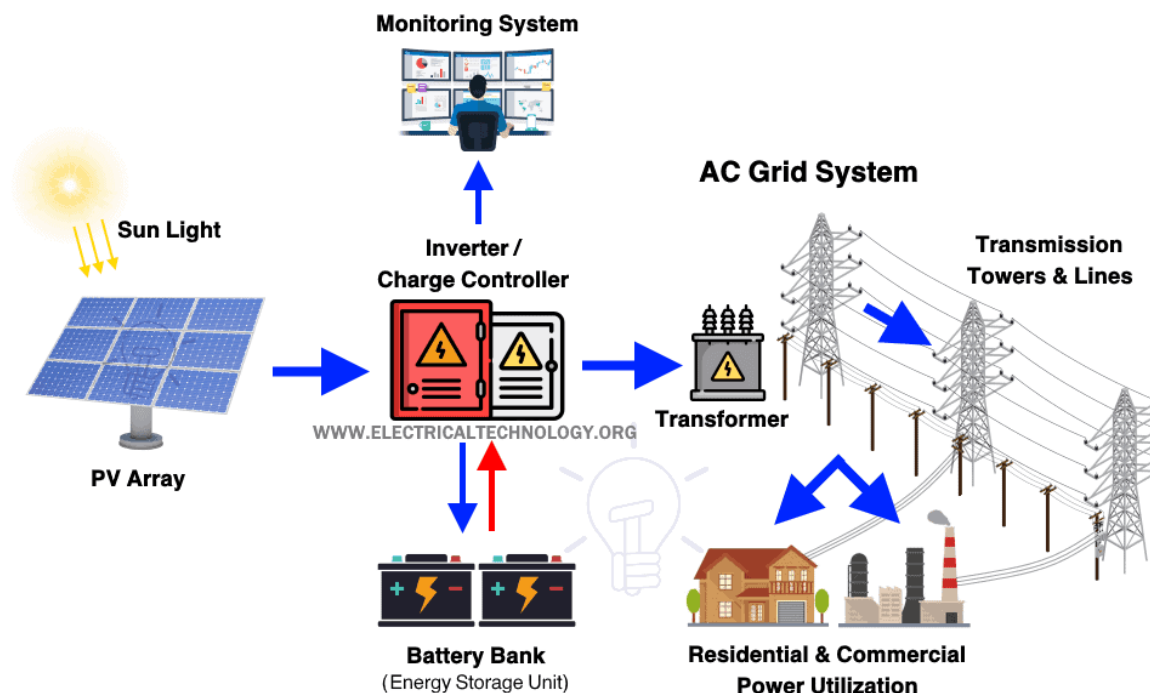


InkPV Solar



Zgradba sončnih elektrarn

Osnovna zgradba sončne elektrarne vključuje **sončne module, montažno strukturo, inverterje, električne povezave, nadzorne naprave, povezavo z električnim omrežjem, varnostne sisteme, nadzorni center, vzdrževalne programe** in lahko tudi **sistem za shranjevanje energije**. Vsaka komponenta igra ključno vlogo pri pretvorbi sončne energije v električno energijo in zagotavljanju učinkovitega delovanja sončne elektrarne.



Največje sončne elektrarne na svetu

- **Bhadla Solar Park, Indija** - S kapaciteto približno 2,245 MW (slika levo spodaj).
- **Pavagada Solar Park, Indija** - S kapaciteto približno 2,050 MW (slika desno spodaj).
- **Tengger Desert Solar Park, Kitajska** - S kapaciteto približno 1,547 MW.
- **Kurnool Ultra Mega Solar Park, Indija** - S kapaciteto približno 1,000 MW.
- **Datong Solar Power Top Runner Base, Kitajska** - S kapaciteto približno 1,070 MW.

Te elektrarne predstavljajo vrhunske primere velikih sončnih elektrarn, ki pomembno prispevajo k proizvodnji obnovljive energije na svetovni ravni.



Montažne sončne elektrarne

Montažne sončne elektrarne so vrsta sončnih elektrarn, kjer se sončni moduli namestijo na montažno strukturo, ki je pritrjena na tla ali streho. Te elektrarne so običajno zasnovane za enostavno namestitev, hitro postavitvev in prilagodljivost glede na lokacijo. Tu je nekaj značilnosti montažnih sončnih elektrarn:

Značilnosti montažnih sončnih elektrarn:

- Montažna struktura
- Postavitvev na tleh
- Postavitvev na strehah
- Fleksibilnost in prilagodljivost
- Enostavnost vzdrževanja
- Povezava z električnim omrežjem

Primeri uporabe:

- Velike komercialne sončne elektrarne na odprtem terenu.
- Strešne sončne elektrarne na poslovnih in industrijskih stavbah.
- Manjše instalacije na individualnih domovih.



Montažne sončne elektrarne so priljubljena izbira zaradi svoje enostavne postavitve, učinkovite uporabe razpoložljivega prostora ter sposobnosti prispevanja k obnovljivi energiji na lokalni in globalni ravni.

Možne vgradnje

- Na streho
- V streho
- Na ravno streho
- Na fasado
- Na prostem

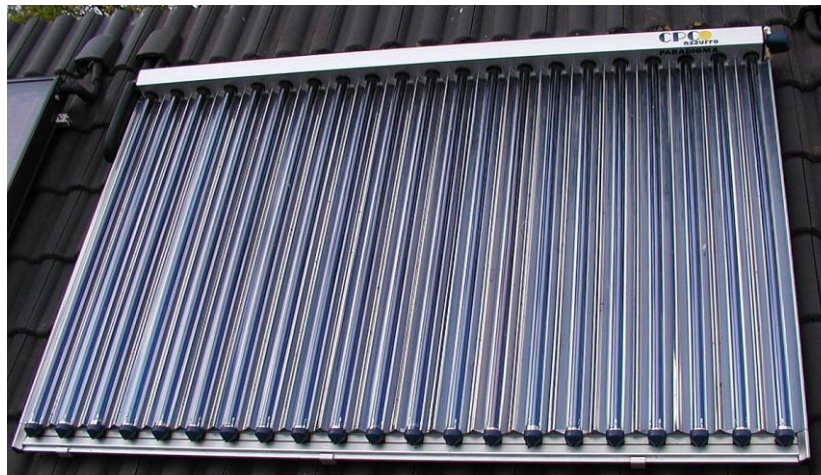


Sončni kolektorji

Sončni kolektorji so naprave, ki **pretvarjajo sončno energijo v toploto**. Najpogosteje se uporabljajo za ogrevanje vode ali zraka za stanovanjske, poslovne ali industrijske namene. Obstaja več vrst sončnih kolektorjev, med katerimi so najpogostejši **ploski** in **cevni kolektorji**.

Uporaba sončnih kolektorjev:

- **Ogrevanje sanitarne vode:** Z uporabo sončnih kolektorjev lahko ogrevamo vodo za gospodinjsko uporabo, kar zmanjša potrebo po uporabi drugih virov energije, kot so elektrika ali plin.
- **Podpora sistemom za ogrevanje:** Sončni kolektorji se lahko uporabljajo kot dodatek k centralnim ogrevalnim sistemom, kar zmanjša porabo goriva.
- **Industrijske aplikacije:** V industriji se uporabljajo za predgrevanje vode ali drugih tekočin, kar pripomore k večji energetski učinkovitosti.



Tipi sončnih kolektorjev

Sončne kolektorje lahko razdelimo v več kategorij glede na njihovo zasnovo in delovanje. Najpogostejši tipi so:

- **Ploski kolektorji** (Flat-Plate Collectors)
- **Cevni kolektorji** (Evacuated Tube Collectors)
- **Koncentrirni kolektorji** (Concentrating Collectors)
- **Zračni kolektorji** (Air Collectors)
- **Hibridni kolektorji** (Photovoltaic Thermal Hybrid Solar Collectors, PVT)

Vsak tip sončnega kolektorja ima svoje prednosti in slabosti, izbira pa je odvisna od specifičnih potreb, podnebnih razmer in ekonomskih dejavnikov.



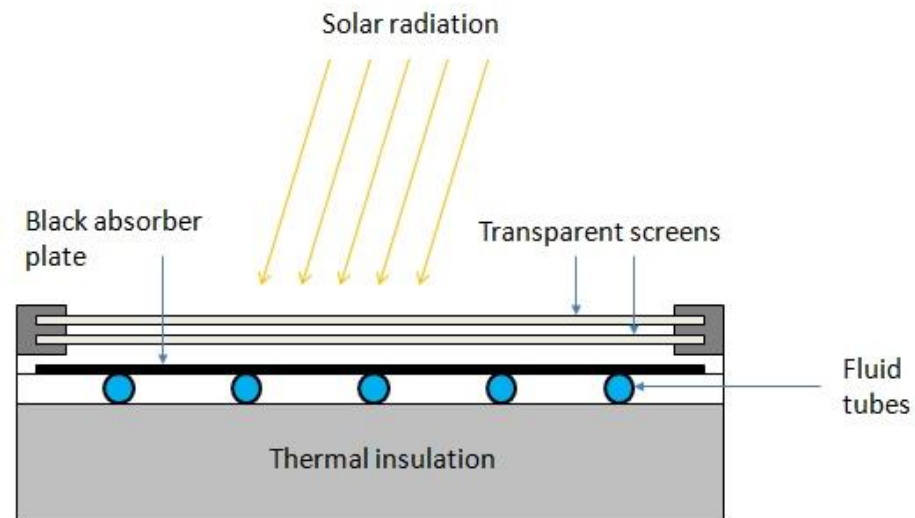
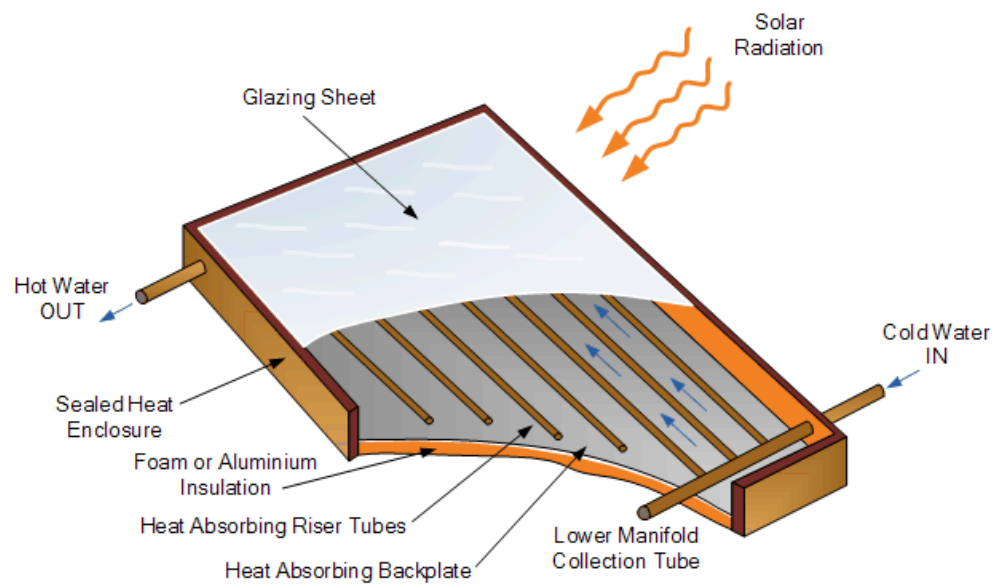
Ploski kolektorji

Ploski kolektorji (Flat-Plate Collectors) so ena izmed najbolj razširjenih vrst sončnih kolektorjev. Sestavljeni so iz več osnovnih komponent, ki omogočajo zajemanje in prenos sončne energije v toploto.

Ključne značilnosti ploskih kolektorjev:

- **Absorpcijska plošča:** Temna plošča, običajno izdelana iz bakra ali aluminija, ki absorbira sončno sevanje. Prekrita je s posebnim premazom, ki povečuje njeno sposobnost absorbiranja sončne energije in zmanjšuje odboj svetlobe.
- **Pokrov:** Prozorna steklena ali plastična prevleka, ki prepušča sončno sevanje in hkrati zmanjšuje toplotne izgube. Pokrov ščiti absorpcijsko ploščo pred vremenskimi vplivi in zmanjšuje toplotne izgube zaradi konvekcije in sevanja.
- **Cevni sistem:** Mreža cevi, skozi katere teče prenosna tekočina (voda, glikolna mešanica ali drug toplotni medij). Cevi so običajno pritrjene neposredno na absorpcijsko ploščo ali v njeni bližini, da se omogoči učinkovit prenos toplote.
- **Izolacija:** Toplotna izolacija na zadnji strani in ob straneh kolektorja zmanjšuje toplotne izgube. Običajno je narejena iz materialov, kot so poliuretan ali steklena volna.
- **Ohišje:** Trdno ohišje, ki drži vse komponente na mestu in jih ščiti pred zunanjimi vplivi. Izdelano je iz materialov, ki so odporni na vremenske vplive in korozijo, na primer aluminija ali pocinkanega jekla.

GOSPODARJENJE Z VIRI ENERGIJE IN ODPADKI

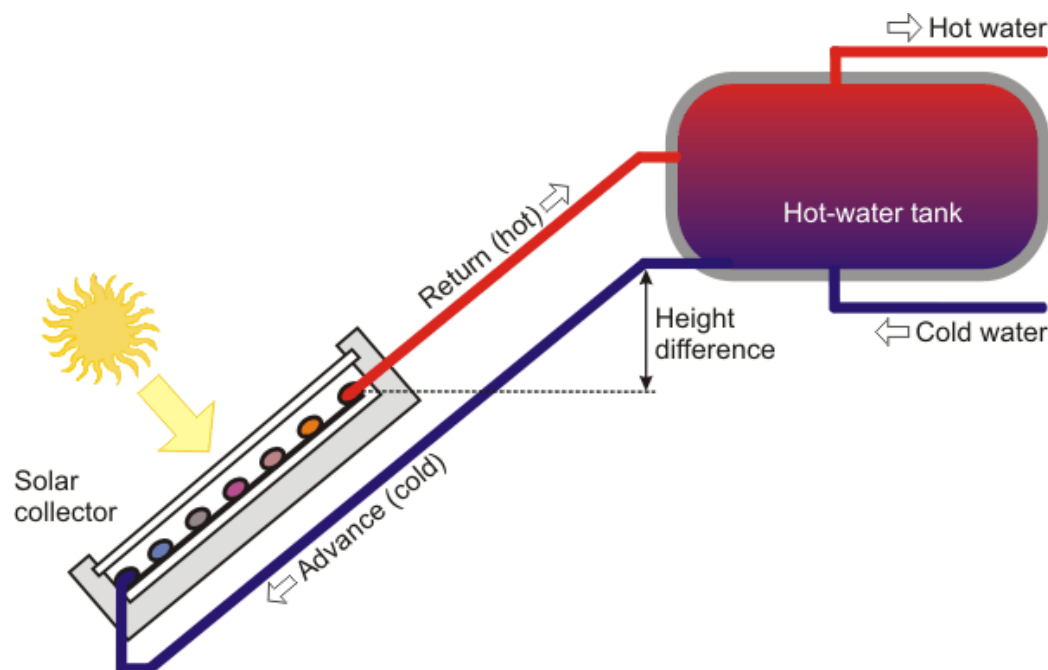


Delovanje ploskih kolektorjev:

- Sončna svetloba prehaja skozi prozoren pokrov in zadene absorpcijsko ploščo, ki se segreje.
- Toplota se prenaša na tekočino, ki teče skozi cevi v kolektorju.
- Segreta tekočina nato kroži po sistemu in prenaša toploto na mesto uporabe, kot je hranilnik tople vode ali sistem za ogrevanje prostorov.

Uporaba ploskih kolektorjev:

- **Ogrevanje sanitarne vode:** Najpogostejša uporaba, kjer kolektorji segrevajo vodo za gospodinjsko ali komercialno rabo.
- **Podpora ogrevalnim sistemom:** Lahko se uporabljajo kot dodatek k centralnim ogrevalnim sistemom za zmanjšanje porabe fosilnih goriv.
- **Ogrevanje bazenov:** Uporabljajo se za segrevanje vode v bazenih, kar omogoča podaljšanje kopalne sezone.



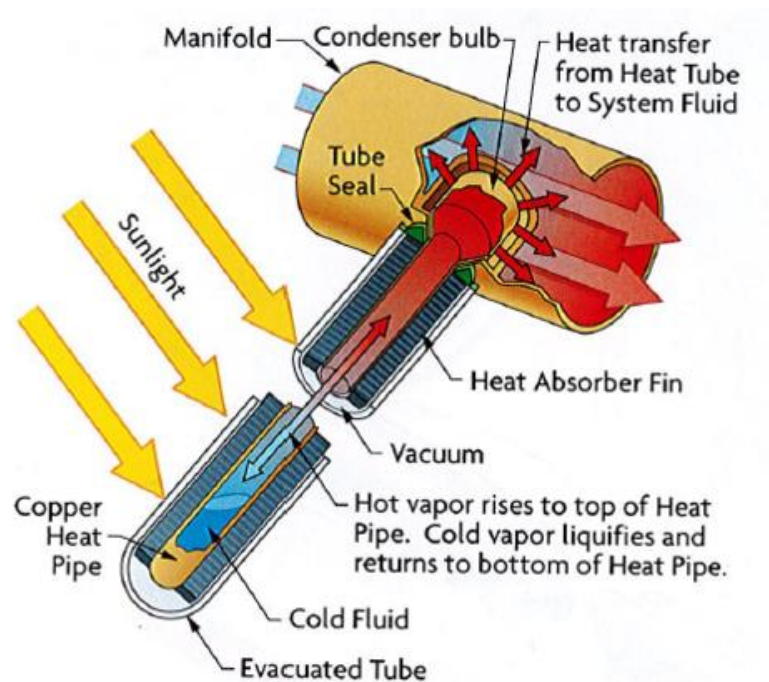
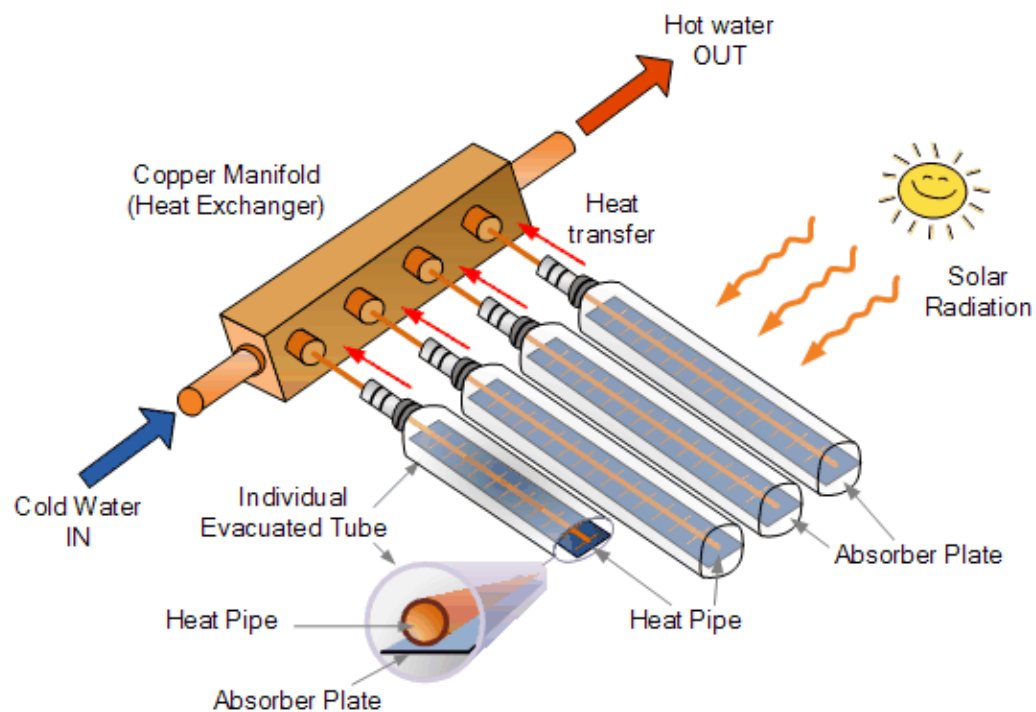
Cevni kolektorji

Cevni kolektorji (Evacuated Tube Collectors) so napredna vrsta sončnih kolektorjev, ki so zasnovani za visoko učinkovitost pri pretvorbi sončne energije v toploto. Sestavljeni so iz več vakuumskih cevi, ki omogočajo boljše delovanje pri nizkih temperaturah in v oblačnih pogojih.

Ključne značilnosti cevnih kolektorjev:

- **Vakuumske cevi:** Vsaka cev je sestavljena iz dveh steklenih cevi, ena znotraj druge, pri čemer je med njima vakuum. Vakuum med cevmi deluje kot izolator, ki zmanjšuje toplotne izgube zaradi konvekcije in prevodnosti.
- **Absorpcijska plast:** Notranja cev je prevlečena s posebnim selektivnim premazom, ki absorbira sončno sevanje in pretvarja energijo v toploto.
- **Absorpcijski trakovi:** Nekateri modeli imajo dodatne absorpcijske trakove ali plošče znotraj cevi, ki povečujejo učinkovitost absorpcije sončne energije.
- **Toplotni prenosniki in toplotne cevi (Heat Pipes):** V mnogih cevnih kolektorjih se uporabljajo toplotne cevi, ki vsebujejo tekočino, ki uparja pri nizkih temperaturah. Ko tekočina upari, se toplota prenese na kondenzator na vrhu cevi, kjer se kondenzira in sprosti toploto v toplotni prenosnik.
- **Direkten pretok:** Pri nekaterih sistemih tekočina teče neposredno skozi cevi, kar omogoča prenos toplote iz absorpcijskega premaza na prenosno tekočino.
- **Kondenzator (mesto prenosa toplote):** Na vrhu vsake vakuumske cevi je kondenzator, kjer se toplota iz toplotne cevi prenese na prenosno tekočino (voda ali glikolna mešanica) v zbiralnem kanalu.
- **Izolacija in ohišje:** Kondenzatorji in zbiralni kanali so izolirani, da se preprečijo toplotne izgube. Trdno in vzdržljivo ohišje ščiti celoten sistem pred vremenskimi vplivi.

GOSPODARJENJE Z VIRI ENERGIJE IN ODPADKI

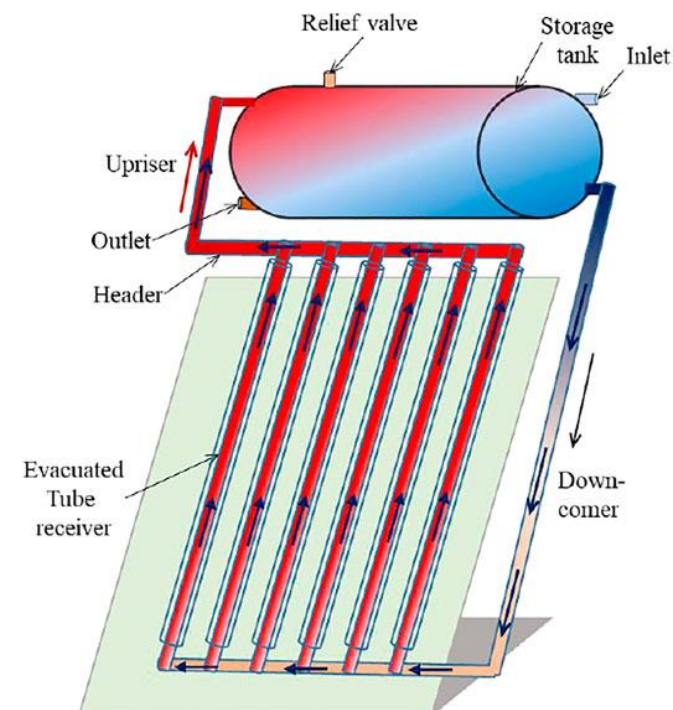


Delovanje cevnih kolektorjev:

- Sončna svetloba prehaja skozi prozorno zunanjo cev in zadene notranjo cev, kjer selektivni premaz absorbira sevanje in segreva notranjo cev.
- Toplota se prenese na toplotno cev ali tekočino znotraj cevi.
- Če se uporablja toplotna cev, uparjena tekočina v toplotni cevi prenese toploto na kondenzator na vrhu cevi.
- Toplota se nato prenese na prenosno tekočino, ki teče skozi zbiralni kanal, in se uporabi za ogrevanje vode ali drugih tekočin.

Uporaba cevnih kolektorjev:

- **Ogrevanje sanitarne vode:** Primerni za ogrevanje vode v gospodinjstvih, hotelih, bolnišnicah in drugih ustanovah.
- **Podpora ogrevalnim sistemom:** Uporabljajo se kot del ogrevalnih sistemov, še posebej v hladnejših podnebjih, kjer zagotavljajo dodatno toploto.
- **Industrijske aplikacije:** Idealni za procese, ki zahtevajo visoke temperature, kot so sušenje, sterilizacija in drugi industrijski procesi.



Koncentrirani kolektorji

Koncentrirani kolektorji (Concentrating Collectors) so vrsta sončnih kolektorjev, ki uporabljajo optične naprave, kot so **zrcala** ali **leče**, za **usmerjanje in koncentracijo sončne svetlobe** na manjše, visoko absorpcijske površine. Ta koncentracija sončne energije omogoča **doseganje višjih temperatur**, kar je koristno za proizvodnjo električne energije in uporabo v industrijskih procesih.

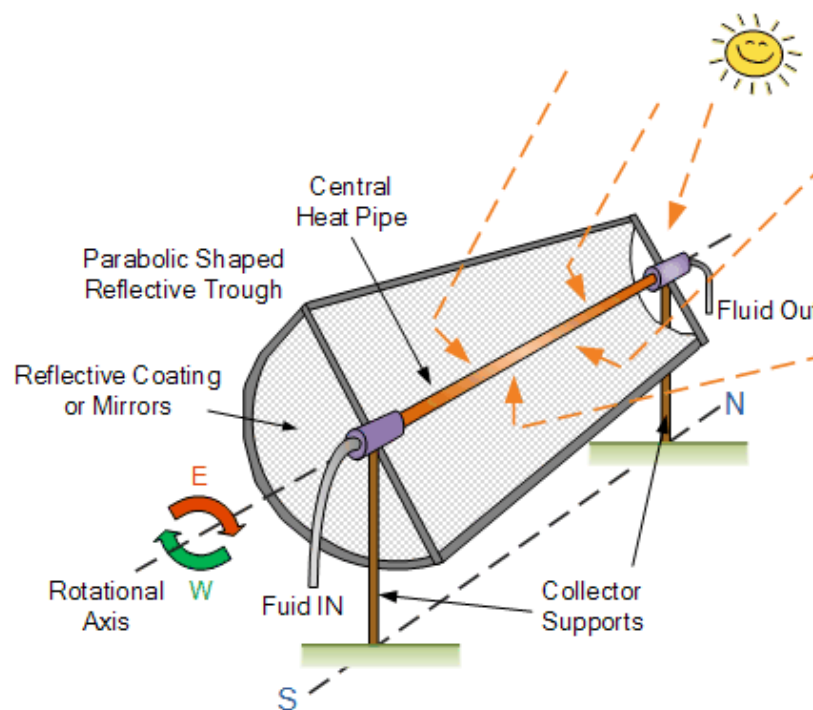
Ključne značilnosti koncentriranih kolektorjev:

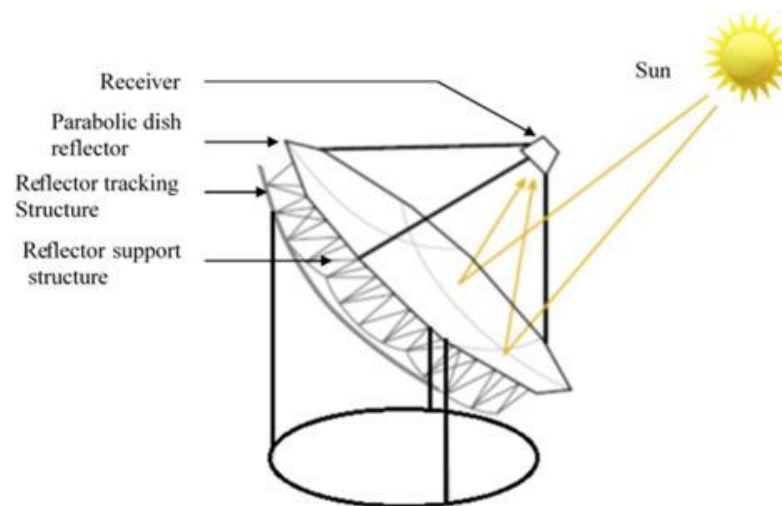
- **Zrcala:** Parabolična zrcala, Fresnelova zrcala ali ravna zrcala usmerjajo sončno svetlobo na točko ali linijo.
- **Leče:** Fresnelove leče in druge vrste leč koncentrirajo sončno svetlobo na majhno območje.
- **Sprejemnik (Receiver):** Majhna površina z visoko absorpcijsko sposobnostjo, kjer se koncentrirana svetloba pretvori v toploto.
- **Prenos toplote:** Toplota se prenese na delovno tekočino, ki kroži skozi sprejemnik.
- **Sledenje soncu:** Kolektorji sledijo soncu po eni osi (horizontalno ali vertikalno), da maksimirajo količino zajete sončne svetlobe. Napredni sistemi sledijo soncu po dveh oseh, kar povečuje učinkovitost sledenja in koncentracije svetlobe.
- **Delovne tekočine:** Voda se uporablja za proizvodnjo pare, ki poganja turbine za proizvodnjo električne energije. Sintetična olja se uporabljajo za prenos toplote v industrijskih procesih ali v sistemih za shranjevanje toplote. Stisnjeni plini se uporabljajo kot delovne tekočine za posebne aplikacije.

Vrste koncentriranih kolektorjev

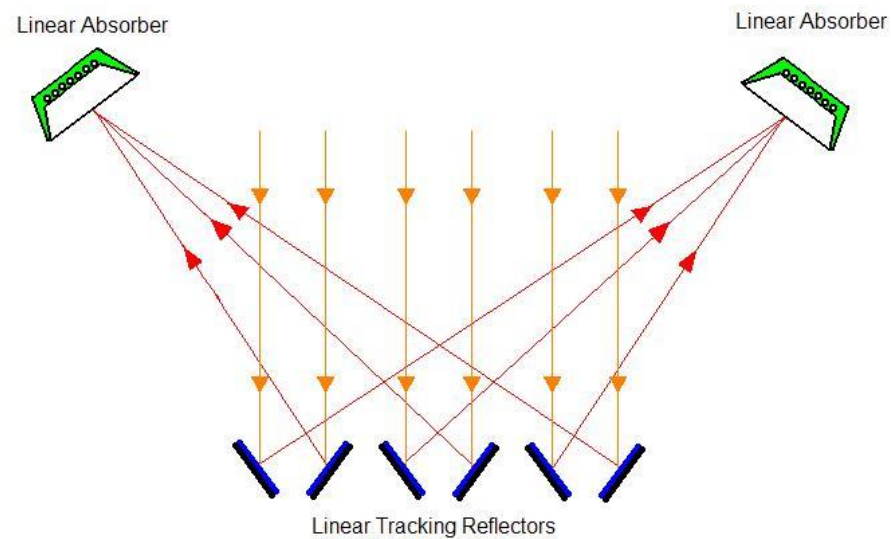
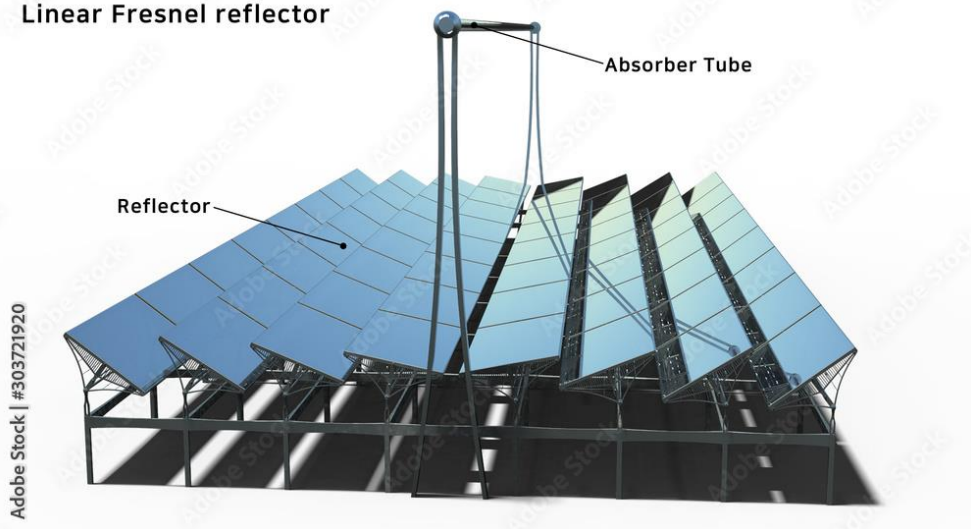
Obstaja več vrst koncentriranih kolektorjev:

- **Parabolični koritni kolektorji** (Parabolic Trough Collectors)
- **Parabolični krožni kolektorji** (Parabolic Dish Collectors)
- **Fresnelovi kolektorji** (Linear Fresnel Reflectors)
- **Stolpni kolektorji** (Solar Power Towers)

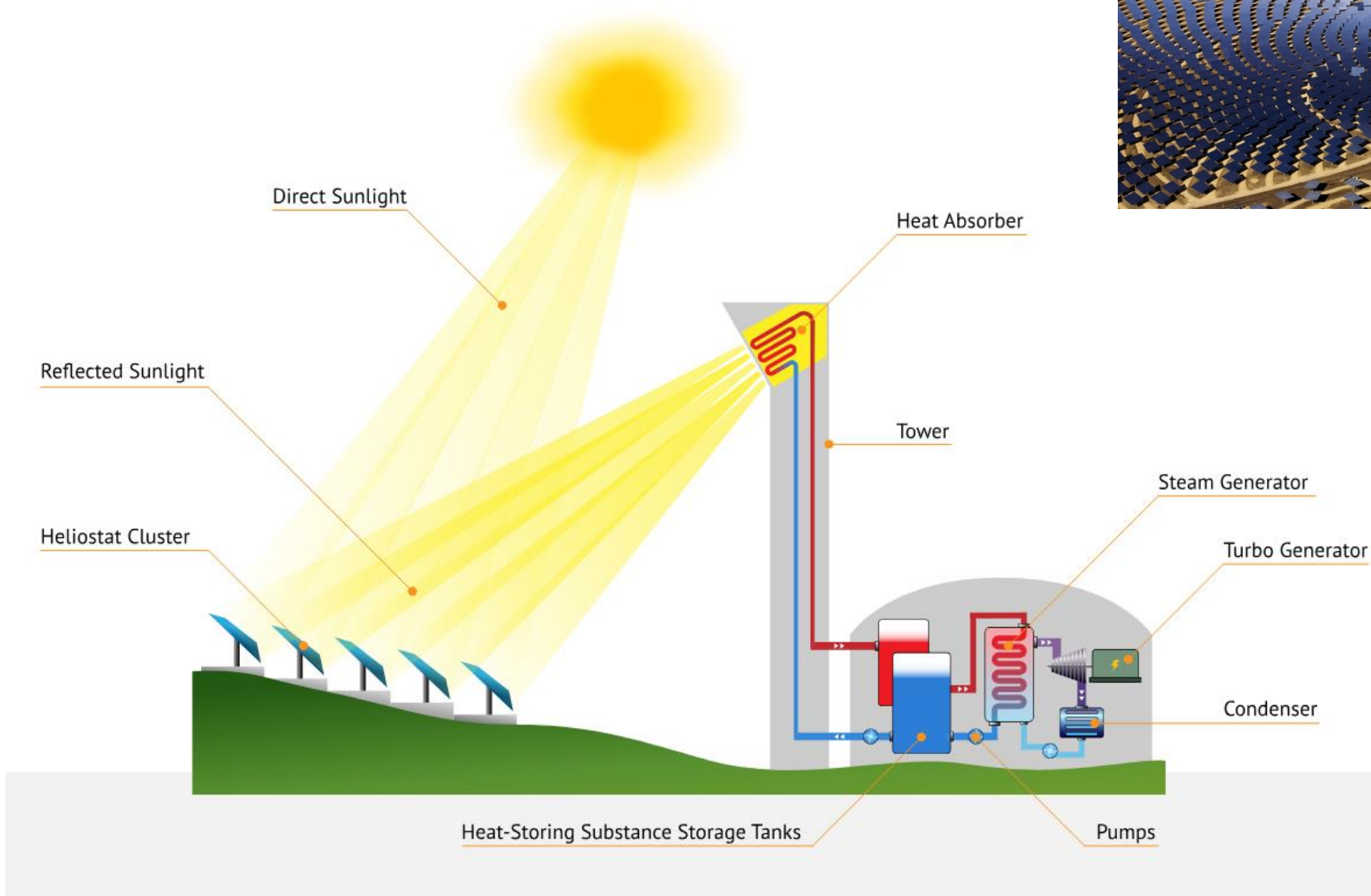




Linear Fresnel reflector



GOSPODARJENJE Z VIRI ENERGIJE IN ODPADKI





Ouarzazate, Morroco (1 GW)



Dunhuang, Northwest China's Gansu province (100 MW)

Postavitev sončnih kolektorjev

Optimalna postavitev sončnega kolektorja je ključnega pomena za maksimalno izkoriščanje sončne energije. Tukaj so glavne smernice za optimalno postavitev:

1. Usmeritev

- **Smer proti jugu** (severna polobla) oziroma proti severu (južna polobla): Kolektorji naj bodo usmerjeni proti ekvatorju, da zajamejo največjo možno količino sončne svetlobe skozi vse leto.
- **Azimutni kot:** Kot odklona od geografske južne ali severne smeri naj bo čim bližje nič stopinjam.

2. Naklon

- **Geografska širina:** Optimalni kot nagiba kolektorja naj približno ustreza zemljepisni širini lokacije. Na primer, če je lokacija na 40° zemljepisne širine, naj bo kot nagiba kolektorja približno 40° .
- **Poletje:** Manjši kot nagiba (npr. širina minus $10-15^\circ$) za večji vnos energije v poletnih mesecih.
- **Zima:** Večji kot nagiba (npr. širina plus $10-15^\circ$) za večji vnos energije v zimskih mesecih.

3. Izogibanje senci

- **Odsotnost sence:** Kolektorji morajo biti postavljeni na mesto, kjer ne bodo v senci skozi dan, zlasti med 9. in 15. uro, ko je sonce najmočnejše.
- **Odbijanje svetlobe:** Izogibajte se senci zaradi dreves, stavb, dimnikov in drugih objektov.

4. Pretok zraka

- **Hlajenje:** Zagotoviti je treba dovolj prostora za pretok zraka okoli kolektorjev, da se prepreči pregrevanje in poveča učinkovitost.

5. Struktura in namestitvev

- **Močna struktura:** Kolektorji morajo biti varno pritrjeni na stabilno strukturo, da prenesejo veter, dež, sneg in druge vremenske vplive.
- **Dostopnost:** Namestitev mora omogočati enostaven dostop za vzdrževanje in čiščenje kolektorjev.

6. Lokacija

- **Strehe in tla:** Kolektorji se lahko namestijo na strehe, tla ali druge primerne površine.
- **Kota nagiba:** Na strehi je optimalni kot nagiba običajno lažje doseči, vendar je mogoče kolektorje namestiti tudi na tla s primernimi nosilci.

7. Optimizacija

- **Sistemi za sledenje soncu:** Uporaba sistemov za enosmerno ali dvosmerno sledenje soncu lahko poveča učinkovitost kolektorjev za 20-40%, vendar so ti sistemi dražji in zahtevajo več vzdrževanja.
- **Mikroinverterji in optimizatorji:** Uporaba teh naprav lahko izboljša učinkovitost sistema, zlasti v pogojih delne sence ali pri različnih nagibih panelov.

Optimalna postavitev sončnih kolektorjev zahteva skrbno načrtovanje in upoštevanje vseh zgoraj navedenih dejavnikov. Pravilno postavljeni kolektorji zagotavljajo največji donos investicije in optimalno izkoriščanje sončne energije.

Prednosti in slabosti sončnih kolektorjev

Prednosti uporabe sončnih kolektorjev:

- **Energijska učinkovitost:** Uporabljajo obnovljivo energijo iz sonca, kar zmanjšuje odvisnost od fosilnih goriv.
- **Okolju prijazni:** Zmanjšujejo emisije toplogrednih plinov in prispevajo k čistejšemu okolju.
- **Ekonomске koristi:** Po začetni investiciji so obratovalni stroški nizki, kar dolgoročno vodi do prihrankov pri energiji.

Slabosti:

- **Začetni stroški:** Namestitev sistema sončnih kolektorjev lahko zahteva visoke začetne stroške.
- **Odvisnost od vremena:** Učinkovitost je odvisna od sončnega sevanja, kar pomeni, da so manj učinkoviti v oblačnih in deževnih dneh.

Sončni kolektorji predstavljajo pomemben del prehoda na trajnostne energetske rešitve, saj izkoriščajo obnovljivo sončno energijo za proizvodnjo toplote na okolju prijazen način.

