

Članek: Koncentrirana sončna energija (CSP)

Vsebina

3. del

Koncentrirana sončna energija (CSP)

- Kaj je CSP? Opredelitev. Kako deluje?
- Zgodovina
- Razdelitev. Kakšne so možnosti za uporabo?
- Koncentrirana sončna toplotna energija (CST)
- Koncentrirana fotovoltaika (CPV)
- Koncentrirana fotovoltaika in toplotna energija (CPT)
- Prednosti in slabosti koncentriranih sistemov
- Prihodnost koncentrirane sončne energije

Kaj je CSP? Opredelitev. Kako deluje?

Koncentrirana sončna energija (CSP) so sistemi z lečami ali ogledali, ki zbirajo veliko količino sončne svetlobe ali sončne toplotne energije na majhni površini. Električna energija nastane, ko se koncentrirana svetloba spremeni v toploto, ki poganja toplotni stroj (običajno parno turbino), priključen na generator električne energije.

Koncentrirane sončne energije ne smemo zamenjati s fotovoltaiiko, pri kateri je sončna energija neposredno pretvorjena v električno energijo brez uporabe parne turbine. Koncentracija sončne svetlobe na fotovoltaične površine (podobno kot pri CSP) je poznana kot koncentrirana fotovoltaiika (CPV).

Zgodovina

Koncentrirana sončna svetloba se že od časa starodavne Kitajske uporablja za izvajanje uporabnih nalog. Kot pravi legenda, je **Arhimed** z »gorečim steklom« zbral sončno svetlobo in jo usmeril proti rimskemu ladjevju, ki je oblegalo Sirakuze, ter jih tako odgnal iz mesta. Leta 1973 je grški znanstvenik dr. Ioannis Sakkas, ki ga je zanimalo, ali je Arhimed leta 212 pred našim štetjem resnično uničil rimsko ladjevje, zbral skoraj 60 grških mornarjev, ki so v rokah držali vsak svoje pravokotno ogledalo in ga nagnili tako, da so lahko ujeli sončne žarke in jih usmerili proti obrisu vezanih lesenih plošč, namazanih s katranom in oddaljenih približno 50 metrov. Ladja je po nekaj minutah zagorela, kljub temu pa zgodovinarji še naprej dvomijo v Arhimedovo zgodbo.

Leta **1866** je Auguste Mouchout uporabil parabolično korito, s katerim je izdelal **prvi parni stroj na sončno energijo**. Leta 1886 je Italijan Alessandro Battaglia iz Genove v Italiji pridobil **prvi patent** za sončni kolektor. V naslednjih letih so izumitelji, kot sta John Ericsson in Frank Shuman, razvila koncentrirane naprave za namakanje, hlajenje in premikanje na sončno energijo. Leta **1913** je Frank Shuman v kraju Meadi v Egiptu dokončal parabolično energetska postajo 55 HP na sončno toplotno energijo, namenjeno namakanju.

Še en prebivalec Genove, profesor Giovanni Francia (1911–1980), je zasnoval in zgradil prvo elektrarno, ki je obratovala na osnovi koncentracije sončne energije in je pričela obratovati leta 1968 v kraju Sant'Ilario blizu Genove. Ta elektrarna je imela takšno zasnovano, kot jo imajo **današnje elektrarne na osnovi koncentracije sončne energije**, pri katerih je sončni prejemnik v središču polja sončnega kolektorja. Pri tlaku 100 barov in 500 stopinjah Celzija je lahko elektrarna s paro, proizvedeno pri temperaturi, višji od vrelišča, proizvedla 1 MW. Leta 1981 so v Južni Karolini razvili sončni stolp Solar One z močjo 10 MW, vendar je bila tehnologija paraboličnega korita bližnjega sistema za proizvodnjo sončne energije (SEGS), ki je začel delovati leta 1984, učinkovitejša. Sistem SEGS z močjo 354 MW je še vedno največja elektrarna na sončno energijo na svetu.

Razdelitev

Sistemi koncentrirane sončne energije so razdeljeni kot sledi:

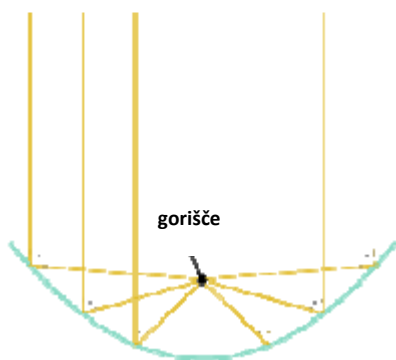
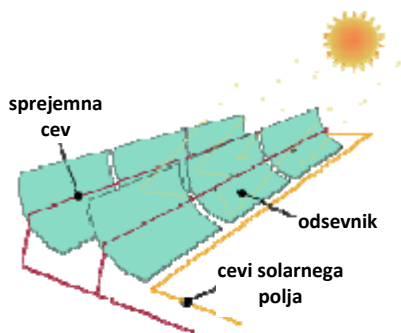
- Koncentrirana sončna toplotna energija (CST)
- Koncentrirana fotovoltaiika (CPV)
- Koncentrirana fotovoltaiika in toplotna energija (CPT)

Koncentrirana sončna toplotna energija (CST)

Koncentrirana sončna toplotna energija (CST) se uporablja za proizvodnjo obnovljivih virov toplote, hlajenja ali elektrike (imenovana sončna elektrika, ki je navadno proizvedena s pomočjo pare). Sistemi CSP uporabljajo leče ali ogledala in sledilne sisteme, ki na majhni površini zberejo veliko količino sončne svetlobe. Koncentrirana svetloba se potem uporablja kot toplota ali kot vir toplote za običajno elektrarno (sončna elektrika).

Na voljo je široka paleta tehnologij na osnovi koncentracije sončne energije, vključno s paraboličnim koritom, paraboličnim krožnikom s Stirlingovim motorjem, Fresnelovim kolektorjem z linearno koncentrirano toploto (CLFR), sončnim dimnikom in sončnim stolpom. Z vsako metodo koncentracije sončne energije je mogoče proizvesti visoke temperature in zagotoviti ustrezno visok termodinamični izkoristek, vendar pa se metode razlikujejo glede na način sledenja soncu in usmerjanja svetlobe. Zaradi novih inovacij v tehnologiji postaja koncentrirana sončna toplotna energija vse bolj stroškovno učinkovita.

Parabolično korito



Parabolično korito sestavlja linearni parabolični odsevník, ki usmerja svetlobo na sprejemnik, nameščen vzdolž gorišča reflektorja. Prejemnik je cev, nameščena natanko nad sredino paraboličnega ogledala in napolnjena s tekočino. Odsevník sledi soncu v dnevni urah, pri čemer se pomika po enojni osi. Tekočina (npr. stopljena sol) se med potovanjem skozi prejemnik segreje na 150–350 °C (423–623 K (302–662 °F)) in se nato uporabi kot vir toplote v sistemu proizvodnje energije. Sistemi paraboličnih korit sodijo med najrazvitejšo tehnologijo CSP. Elektrarne SEGS (Solar Energy Generating Systems) v Kaliforniji, Acciona's Nevada Solar One blizu mesta Boulder City v Nevadi in elektrarna Plataforma Solar de Almeria (SPS-DCS) so najboljši predstavniki te tehnologije.

Fresnelovi kolektorji z linearno koncentrirano toploto so elektrarne na koncentrirano sončno energijo, ki namesto paraboličnih ogledal uporabljajo več tankih ogledal v obliki trakov in sončno svetlobo usmerjajo v dve cevi s tekočino. Prednost teh leč je uporaba ploskih ogledal, ki so veliko cenejša od paraboličnih ogledal, poleg tega je na isto površino mogoče namestiti več odsevníkov, ki omogočajo večji izkoristek razpoložljive sončne svetlobe. Fresnelove kolektorje z linearno koncentrirano toploto je mogoče namestiti na velike elektrarne ali bolj kompaktne elektrarne.

Parabolično korito

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_thermal_collector, pridobljeno 19. 11. 2010



*Sistemi za proizvodnjo sončne energije (SEGS) v Kaliforniji, ZDA
[Več informacij o projektu si lahko ogledate tukaj](#)*

Stirlingov parabolčni krožnik

Parabolčni krožnik s Stirlingovim motorjem sestavlja samostojen parabolčni odsevnik, ki usmerja svetlobo na sprejemnik, nameščen na gorišču reflektorja. Odsevnik sledi soncu vzdolž dveh osi. Tekočina v sprejemniku se segreje na 250–700 °C (523–973 K (482–1.292 °F)), ki jo nato Stirlingov motor uporabi za proizvodnjo energije.

Sistemi parabolčnih krožnikov zagotavljajo najučinkovitejšo pretvorbo sončne energije v električno med tehnologijami CSP, njihova modularna narava pa omogoča dobro delovanje tudi pri nadgradnji. Parabolčni krožniki družbe Stirling Energy Systems (SES) in družbe Science Applications International Corporation (SAIC) na Univerzi v Nevadi in velik parabolčni krožnik na Avstralski narodni univerzi v Canberri so najboljši predstavniki te tehnologije.



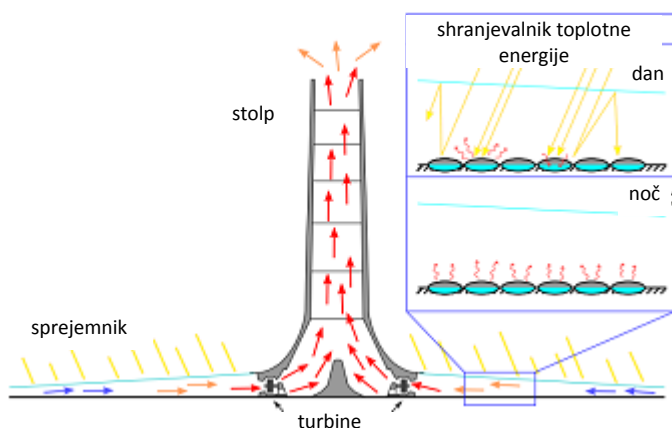
Sistemi parabolčnih krožnikov s Stirlingovimi motorji zmanjšujejo potrebo po prenosu toplote v kotel, saj je Stirlingov motor nameščen na gorišču. Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Concentrated_solar_power, pridobljeno 25. 11. 2010

Za razumevanje zasnove parabolčnega krožnika je treba razumeti dva ključna pojavi. Prvi je dejstvo, da je oblika krivulje zasnovana tako, da se vstopni žarki, ki potekajo vzporedno z osjo krožnika, odbijejo proti gorišču, ne glede na to, kam padejo na parabolčnem krožniku. Drugo ključno dejstvo je, da svetlobni žarki sonca, ki dosežejo površje zemlje, potekajo skoraj povsem vzporedno. Torej če je krožnik mogoče poravnati tako, da je njegova os usmerjena proti soncu, se bo skoraj vso vstopno sevanje odbilo proti gorišču krožnika – večina izgube je tako posledica nepravilne parabolčne oblike krožnika in nepopolnega odboja.

Izgube zaradi ozračja med krožnikom in goriščem so zanemarljive, saj so krožniki navadno namenoma tako oblikovani, da so dovolj majhni, da je ta dejavnik na jasen, sončen dan zanemarljiv. Če pa to primerjamo z drugimi oblikami, lahko ozračje predstavlja pomemben dejavnik, poleg tega lahko nejasno ali megleno vreme bistveno zmanjša učinkovitost parabolčnega krožnika.

Pri nekaterih zasnovah elektrarn je na žarišče krožnika nameščen Stirlingov motor, povezan z dinamom, ki absorbira toploto postranskega sončnega sevanja in ga spreminja v elektriko.

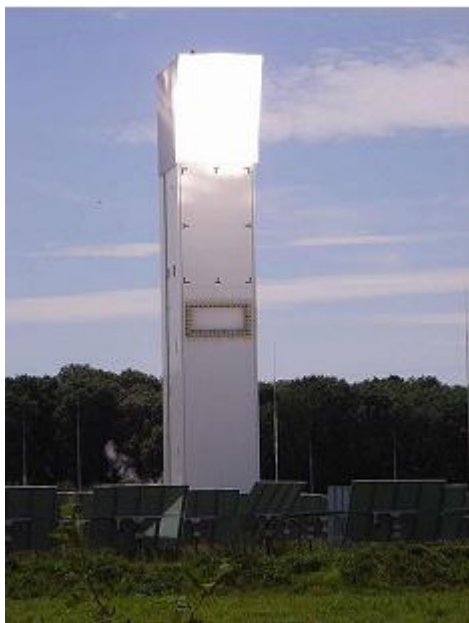
Sončni stolp z vzgornikom



Sončni stolp z vzgornikom sestavlja velik prosojen prostor (navadno steklen), ki je rahlo nagnjen k osrednjemu votlemu stolpu ali dimniku. V strukturi, podobni rastlinjaku, sonce segreva zrak, ki se dviga po dimniku, ta pa med dviganjem poganja zračno turbino. Zračna turbina nato ustvari elektriko. Sončni dimniki imajo zelo preprosto zasnovo, zaradi česar bi lahko bili uspešna izbira za projekte v državah v razvoju.

Kliknite [tukaj](#) in si oglejte posnetek na spletni strani Youtube.

Sončni stolp



Obiščete lahko spletni strani projekta »Julich experimental power plant« – vodilni usposobljeni center za raziskovanje inovativne, izvirne tehnologije s področja energetike. Vir: <http://www.solarturm-juelich.de/en>

Sončni stolp sestavlja vrsta sledilnih ogledal z dvojno osjo (heliostati), ki zbirajo svetlobo na osrednjem sprejemniku na vrhu stolpa; sprejemnik vsebuje tekočo usedlino, ki lahko vsebuje morsko vodo. Delovna tekočina v sprejemniku se segreje na 500–1.000 °C (773–1.273 K (932–1.832 °F)) in se nato uporabi kot vir toplote za proizvodnjo energije ali sistem shranjevanja energije. Sončni stolpi so manj razviti kot sistemi korit, vendar pa zagotavljajo večjo učinkovitost in boljše zmogljivost shranjevanja energije. Sončna stolpa Solar Two v mestu Daggett v Kaliforniji in Planta Solar 10 (PS10) v mestu Sanlucar la Mayor v Španiji sta najboljše predstavnika te tehnologije.

Koncentrirana sončna toplotna energija je glavna tehnologija za proizvodnjo energije in razsoljene vode v sušnih območjih Severne Afrike in Južne Evrope, ki jo je predlagalo združenje Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation DESERTEC.



Sončni stolp 5 MW Sierra SunTower v kraju Lancaster v Kaliforniji uporablja polje heliostatov, ki usmerjajo sončno svetlobo v osrednji stolp. Kliknite [tukaj](#) in si oglejte posnetek na spletni strani Youtube.

Koncentrirana fotovoltaika (CPV)

Sistemi koncentrirane fotovoltaike (CPV) uporabljajo sončno svetlobo, ki je usmerjena na fotovoltaične površine z namenom proizvodnje električne energije. Pri tem lahko uporabimo sončne koncentratorje vseh vrst, ki so pogosto nameščeni na sončni sledilnik, da lahko žarišče ohranijo nad celico, medtem ko sonce potuje po nebu.

Obsežne raziskave in razvoj sistemov koncentrirane fotovoltaike potekajo od 70. let 20. stoletja. Na primer sistem korit z linearno postavljenimi zrcali in tehnologijo koncentriranja je bil preizkušen in nameščen v laboratorijih Sandia National Laboratories, prav tako tudi prvi sodobni sistem koncentrirane fotovoltaike z osredotočanjem na točko, in sicer proti koncu sedemdesetih let. Zadnji sistem je uporabljal akrilno Fresnelovo lečo, ki je svetlobo usmerjala na silikonske celice z vodnim hlajenjem, in sledenje z dvema osema. Podoben koncept je bil uporabljen tudi pri drugih prototipih. V sistemu Ramona Arecesa, razvitem konec 70. let 20. stoletja, so uporabili hibridne Fresnelove leče iz silikona in stekla, pri čemer so silikonske celice ohlajevali s pasivnim ponorom toplote.

Svetleče sončne koncentratorje (če so uporabljeni skupaj s fotovoltaičnimi sončnimi celicami) lahko prav tako štejemo med sisteme koncentrirane fotovoltaike (CPV). Svetleči sončni koncentratorji so visoko uporabni, saj lahko izjemno izboljšajo učinkovitost fotovoltaičnih sprejemnikov sončne energije.

Učinkovitost

Polprevodniške lastnosti omogočajo učinkovitejše delovanje sončnih celic pri koncentrirani svetlobi, pri čemer morajo ustrezni ponori toplote ohranjati nizko temperaturo na stikih celic. Koncentrirana fotovoltaika je najučinkovitejša v sončnem vremenu, saj oblaki in oblačne razmere ustvarjajo razpršeno svetlobo, ki je ni mogoče usmeriti.

Rekordna učinkovitost, ki je znašala 41,6 %, je bila dosežena leta 2009, v prihodnosti pa bi ta lahko dosegla 50 %.

Fotovoltaika z nizko koncentracijo

Fotovoltaika z nizko koncentracijo označuje sisteme s sončno koncentracijo 2–100 suns. Iz gospodarskih vzrokov se navadno uporabljajo standardne ali spremenjene silikonske sončne celice, tok toplote pa je pri takšni koncentraciji dovolj majhen, da celice ne potrebujejo aktivnega ohlajevanja. Zakoni optike zapovedujejo, da lahko imajo sončni zbiralniki z nizkim razmerjem koncentracije visok sprejemni kot, zaradi česar v določenih primerih ne potrebujejo aktivnega sledenja soncu.

Fotovoltaika s srednjo koncentracijo

Fotovoltaični sistemi s koncentracijo 100–300 suns zahtevajo sledenje soncu z dvema osema in hlajenje (ne glede na to, ali aktivno ali pasivno), zaradi česar so bolj zapleteni.

Fotovoltaika z visoko koncentracijo (HCPV)

Sistemi fotovoltaike z visoko koncentracijo (HCPV) uporabljajo koncentrirano optiko, ki jo sestavljajo parabolična zrcala ali Fresnelove leče, ki koncentrirajo sončno svetlobo do 300 suns ali več. Sončne celice zahtevajo ponore toplote visoke zmogljivosti, ki preprečujejo toplotno uničenje in uravnavajo zmanjšano učinkovitost. Večspojne sončne celice so trenutno bolj zaželeno od silikonskih, saj so bolj učinkovite. Učinkovitost obeh vrst celic narašča s povečano koncentracijo; poleg tega učinkovitost večspojnih sončnih celic narašča hitreje. Večspojne sončne celice, prvotno zasnovane za nekoncentrirane satelite v vesolju, so bile spremenjene zaradi visoke gostote toka pri koncentrirani fotovoltaiki (navadno 8 A/cm² pri 500 suns). Čeprav so stroški večspojnih sončnih celic okvirno 100-krat višji od stroškov primerljivih silikonskih celic, višina stroškov predstavlja majhen delež vseh stroškov sistema koncentrirane fotovoltaike, zaradi česar so večspojne sončne celice še vedno pogosteje uporabljene.

Koncentrirana fotovoltaika in toplotna energija (CPVT)

Tehnologija koncentrirane fotovoltaike in toplotne energije (CPVT) v istem modulu proizvaja električno in toplotno energijo. Toplotna energija se lahko uporablja za toplo vodo iz pipe, ogrevanje in hlajenje s sončno energijo (solarno hlajenje), razsoljevanje ali za industrijske procese.

Avstralski, ameriški in kitajski raziskovalci raziskujejo zmožnosti združevanja toplote in električne energije (CHAPS), evropski raziskovalci pa te sisteme že proizvajajo.

Izraelsko podjetje ZenithSolar (<http://www.zenithsolar.com/>) je razvilo skupen fotovoltaični/toplotni sistem (hkratna proizvodnja električne energije in toplote), ki naj bi imel 72-odstotno učinkovitost.

Prednosti in slabosti sistemov koncentriranja sončne svetlobe

Prednosti

- Koncentrirani sistemi dosežejo zelo visoke temperature. Visoke temperature so primerne za proizvodnjo električne energije z uporabo standardnih metod, kot so parne turbine ali nekatere kemijske reakcije z visoko neposredno temperaturo.
- Velika učinkovitost. S koncentracijo sončne svetlobe lahko sistemi trenutno dosežejo večjo koncentracijo kot navadne sončne celice.
- Nadomeščanje dragih sončnih celic z relativno cenovno ugodnimi zrcali omogoča pokritje večje površine.
- Koncentrirano svetlobo je mogoče s kablom iz optičnih vlaken preusmeriti na primerno mesto – na primer na osvetljene zgradbe.
- Shranjevanje toplote za proizvodnjo energije je mogoče tudi v oblačnih pogojih in ponoči, in sicer pogosto s shranjevanjem ogretyh tekočin v podzemnih zbiralnikih. Za boljši učinek se uporablja stopljena sol.

Slabosti

- Sistemi koncentriranja sončne svetlobe zahtevajo slednje soncu, da bi ohranili večino sončne svetlobe v zbiralniku.
- Nezmožnost proizvodnje energije v razmerah, ko je svetloba razpršena. Čeprav je nekoliko oblačno, lahko sončne celice proizvedejo nekaj moči, ampak izhodna moč prihaja iz koncentracije

Prihodnost koncentrirane sončne energije

Raziskava, ki so jo izvedli okoljevarstvena organizacija Greenpeace International, Evropsko združenje za sončno toplotno energijo in skupina SolarPACES Mednarodne agencije za energijo, se je osredotočala na potencial in prihodnost koncentrirane sončne energije. V raziskavi je bilo ugotovljeno, da bi koncentrirana sončna energija do leta 2050 lahko zadovoljila 25 % svetovnih potreb po energiji. Vrednost investicij po vsem svetu bi se v tem času zvečala iz 2 milijard evrov na 92.5 milijarde evrov. Španija je vodilna država na področju koncentrirane sončne energije in ima trenutno odobrenih več kot 50 projektov. Poleg tega svojo tehnologijo tudi izvažata, s čimer povečuje svoj delež pri svetovni energiji. Zaradi narave tehnologije, ki jo je treba postaviti v okolju s podobnimi razmerami kot v puščavi, strokovnjaki predvidevajo, da se bo rast proizvodnje koncentrirane sončne energije najbolj povečala v Afriki, Mehiki in jugozahodnem delu ZDA. V raziskavi so preučili tri možne rezultate uporabe te tehnologije: brez povečanja uporabe tehnologije CSP, nadaljnje investicije, kot trenutno potekajo v Španiji in ZDA, ter velik potencial koncentrirane sončne energije z neovirano rastjo. Rezultati tretje možnosti so predstavljeni v spodnji preglednici:

Čas	Vložek	Letni obratovalni izkoristek
2015	21 milijard evrov na leto	420 MW
2050	174 milijard evrov na leto	1.500 GW

Raziskava je potrdila, da se tehnologija koncentrirane sončne energije (CSP) izboljšuje in da bo do leta 2050 povzročila ogromen padec cen, in sicer strokovnjaki predvidevajo padec iz 23 do 15 EUR/kWh na 14 do 10 EUR/kWh. Pred kratkim se je Evropska unija začela ukvarjati z razvojem 400 milijard evrov (774 milijard dolarjev) vredne elektrarne na sončno energijo v Sahari, ki uporablja tehnologijo CSP in je poznana pod imenom Desertec. Elektrarna je del obsežnejšega načrta za izgradnjo »novega omrežja brez ogljikovih delcev, ki bi povezovalo Evropo, Bližnji vzhod in

Severno Afriko«. Načrt podpirajo zlasti nemški industrialci, predvideva pa proizvodnjo 15 % energije v Evropi do leta 2050. Maroko je glavni partner pri projektu Desertec, ker pa njegova poraba električne energije znotraj EU znaša samo 1 %, bo proizvedel več kot dovolj energije za celotno državo, presežek pa posređoval v Evropo.

Druge organizacije pričakujejo, da bo koncentrirana sončna energija do leta 2015 zaradi izboljšav učinkovitosti in množične proizvodnje opreme stala 0,06 USD/kWh. Tako bi koncentrirana sončna energija postala tako poceni kot običajna energija. Vlagatelji, kot je npr. drzni kapitalist Vinod Khosla, pričakujejo, da bo koncentrirana sončna energija še naprej zmanjševala stroške in bo po letu 2015 dejansko cenejša od energije na premog.

9. septembra 2009 je Bill Wehl, vodja programa zelene energije pri družbi Google, povedal, da družba raziskuje heliostate in tehnologijo plinskih turbin, ki bodo v 2 ali 3 letih zmanjšali ceno električne energije, pridobljene iz sončne energije, na manj kot 0,05 USD/kWh.

Leta 2009 so znanstveniki iz laboratorija National Renewable Energy Laboratory (NREL) in družbe SkyFuel združili moči, da bi razvili velike ukrivljene kovinske plošče, ki bi lahko bile 30 % cenejše od današnjih najboljših zbiralnikov koncentrirane sončne energije, in sicer tako, da bi modele na osnovi stekla zamenjali s srebrnimi polimernimi ploščami, ki so enako učinkovite kot težka steklena zrcala, a veliko cenejša in lažja. Poleg tega jih je tudi veliko lažje uporabiti in namestiti. Na svetlečem filmu je več slojev polimerov, na notranji plasti pa čisto srebro.

Viri

http://en.wikipedia.org/wiki/Concentrating_Solar_Power, pridobljeno 23. 11. 2010

http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_thermal_collector, pridobljeno 25. 11. 2010

<http://www.solarturm-juelich.de/en>