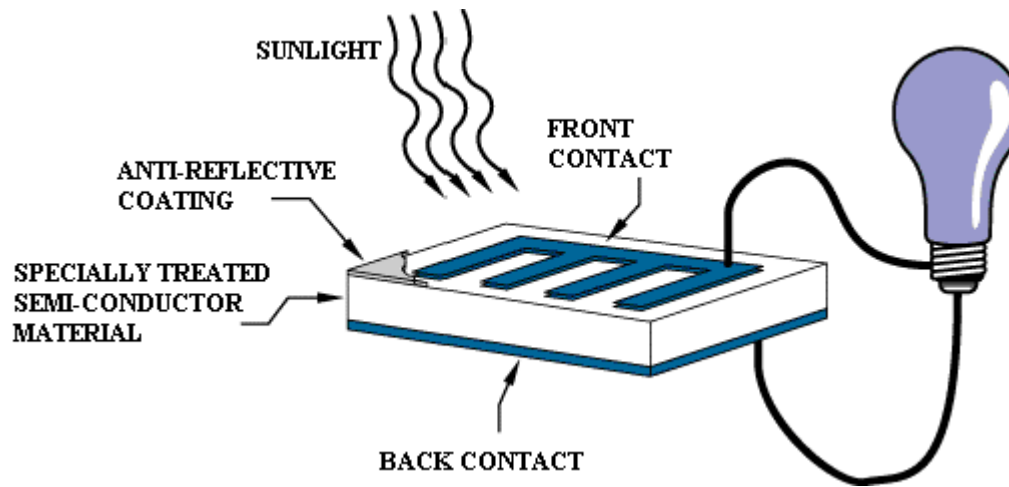
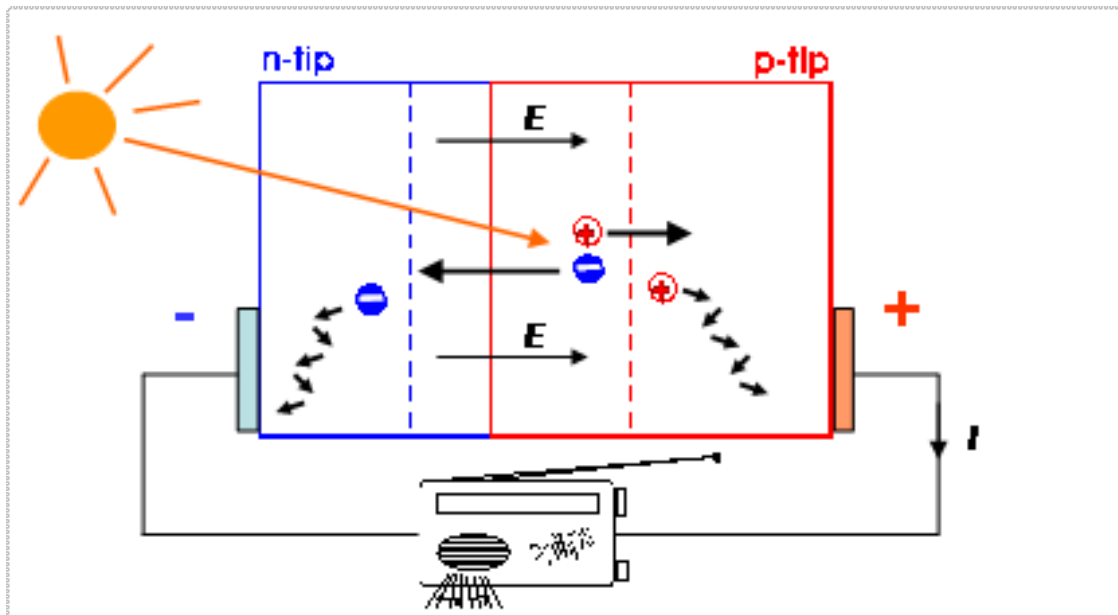


# Energija sonca – fotovoltaika



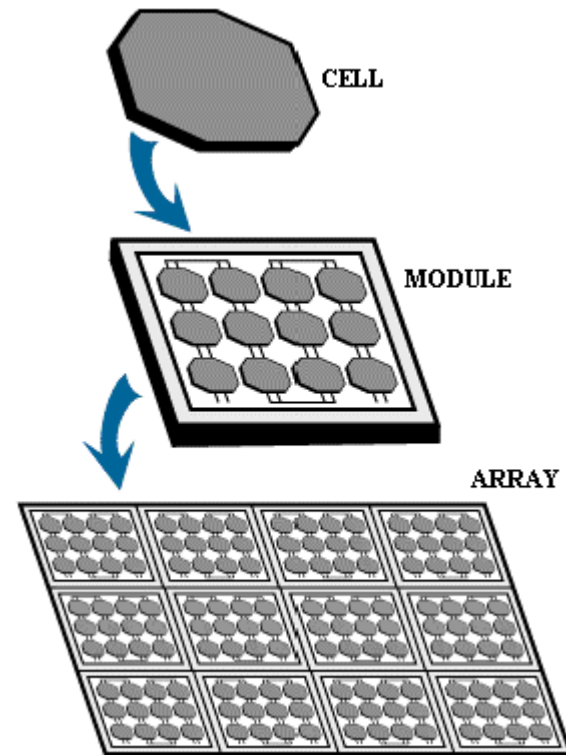
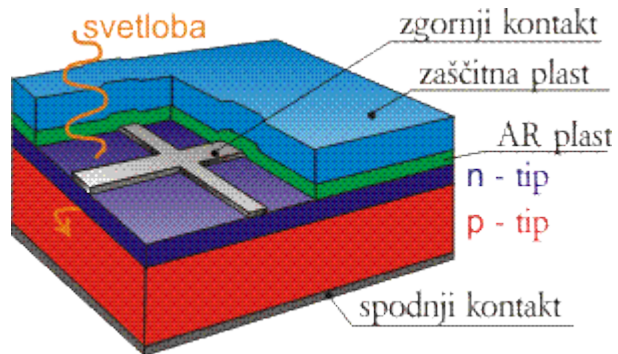
# Fotovoltaika

- Fotovoltaika je metoda generiranja električne energije neposredno iz sončne energije. Pri tem uporabljamo posebno obdelane polprevodnike, pri katerih se zgodi fotonapetostni efekt.
- Fotonapetostni efekt:



# Sončna celica

- Običajna sončna celica je narejena is silicija.

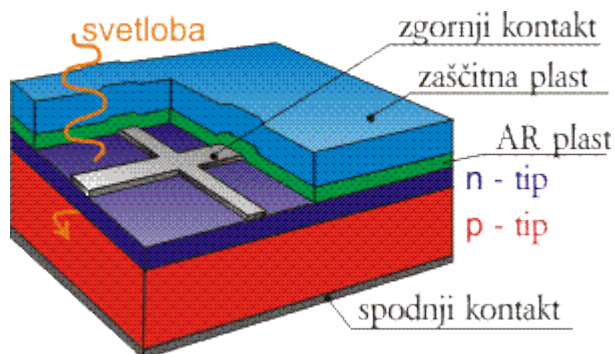


## Glavni materiali, ki so uporabljeni v sončnih celicah

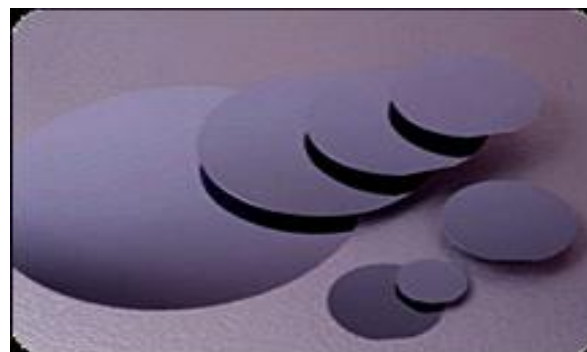
- **Kristalni silicij [monokristal, polikristal]**

Najbolj pogost material za sončne celice. Struktura kristalnega silicija je podobna diamantni. Razlika med monokristalnim in polikristalnim silicijem je v strukturi. Monokristal je bolj urejen in ima zaradi tega manj strukturnih napak ter ima posledično boljši izkoristek. Celico naredijo z rezanjem kristalnega silicija na rezine z debelino 0.3 mm.

Življenska doba takšnih celic je 20 let ali več. Trenutno ja najbolj pogost material uporabljen za sončne celice. Izkoristek komercialne celice je okoli 14-17% za monokristalni silicij in 12-14% za polikristalni silicij.



Slika 1. [<http://pv.fe.uni-lj.si/Celice.aspx>]



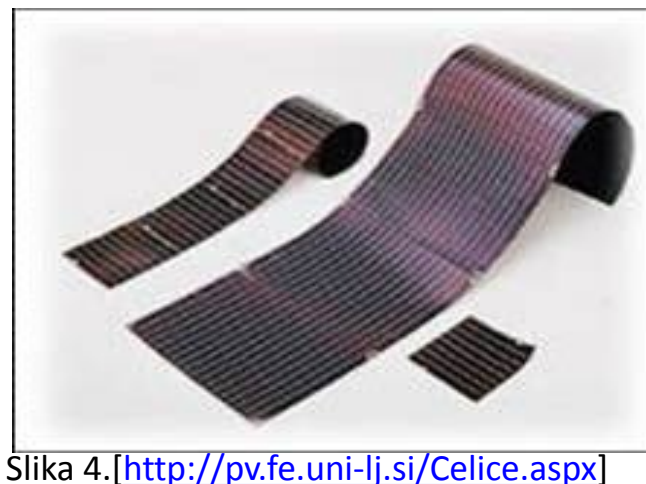
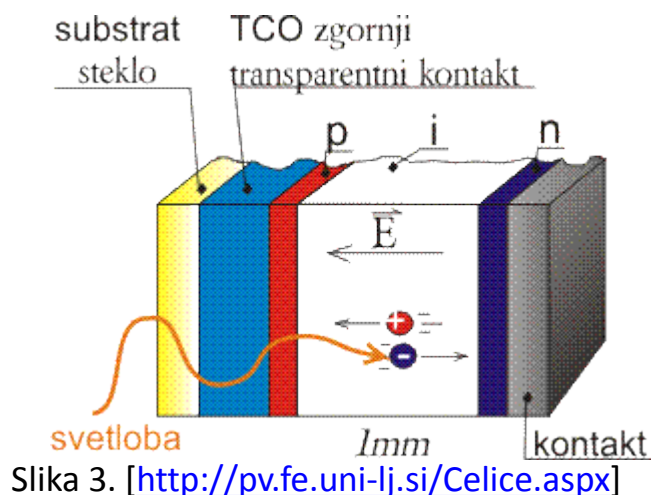
Slika 2. [<http://pv.fe.uni-lj.si/Celice.aspx>]

- **Amorfni silicij**

Neurejen material, ki vsebuje številno strukturnih napak. Amorfni silicij je pridobljen iz čistega silicija in ga isto režejo na rezine. V sončnih celicah z amorfnim silicijem je dodano nekaj vodika, ki zmanjša neurejenost materiala in omogoča da dopiramo material kot p ali n-tip. Ker so še vedno prisotne strukturne napake materiala, je med p in n plastjo še nedopirana i-plast, kjer s pomočjo svetlobe nastajajo elektroni in vrzeli. S to dodatno plastjo prerej povečajo izkoristek sončne celice. Da bi zagotovili uspešno zbiranje svetlobno generiranih elektronov in vrzeli, morajo biti posamezne plasti v amorfnih sončnih celicah zelo tanke. Ker pa tanke celice ne bi absorbirale dovolj sončne svetlobe, jih običajno spojimo več zaporedno v tandemske celice.

Izkoristek komercialne amorfne silicijeve sončne celice je med 5-8% , za tandemske celice pa več.

Debelina sončne celice iz amorfnega silicija je 0.0001 mm + 1-3 mm substrata.

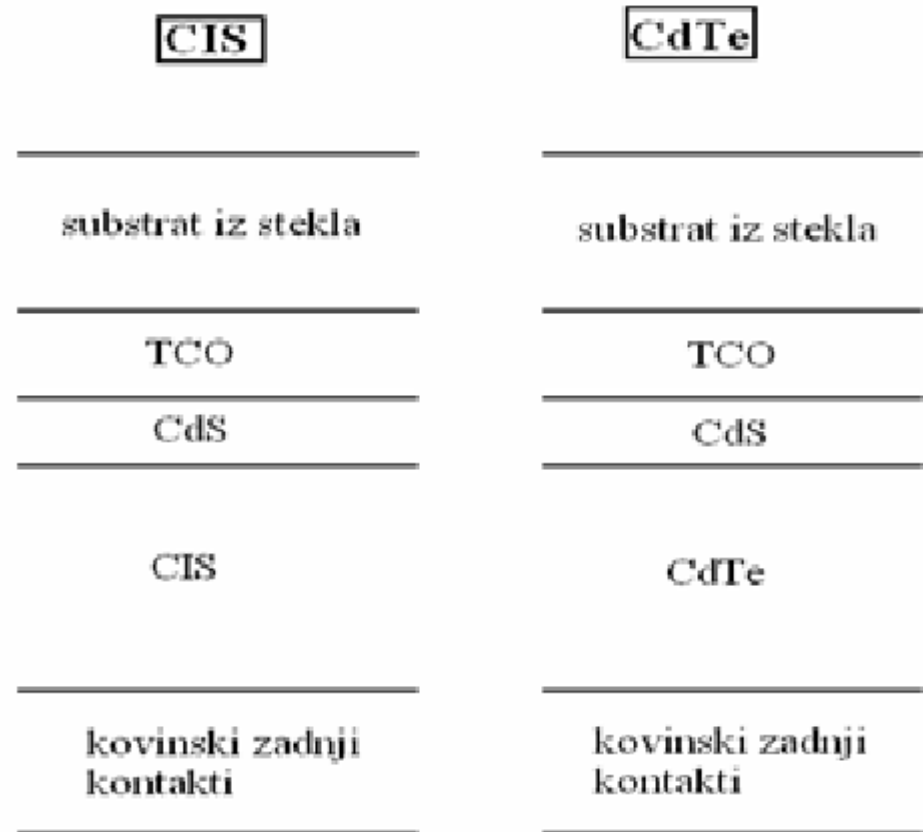


- **Kadmijev telurid (CdTe)**

Polprevodnik kadmijev telurid (CdTe) lahko nanašamo na različne načine v obliki tankih plasti, ki so po termični obdelavi primerne za sončne celice. Veliko obeta kot potencialna osnova nizkocenovnih fotonapetostnih sistemov. Slabost postopka so strupene surovine, ki jih uporabljajo pri proizvodnji. CdTe/CdS celice dosegajo izkoristke preko 16%. Moduli trenutno še niso komercialno dosegljivi, dosegali pa naj bi izkoristke okoli 7% (tabela 3). Sončna celica iz CdTe je nanesena na substrat, v glavnem steklo, končna debelina sončne celice je 0.008 mm + 3 mm steklen substrat.

- **Bakrov indijev diselenid (CuInSe<sub>2</sub>, CIS)**

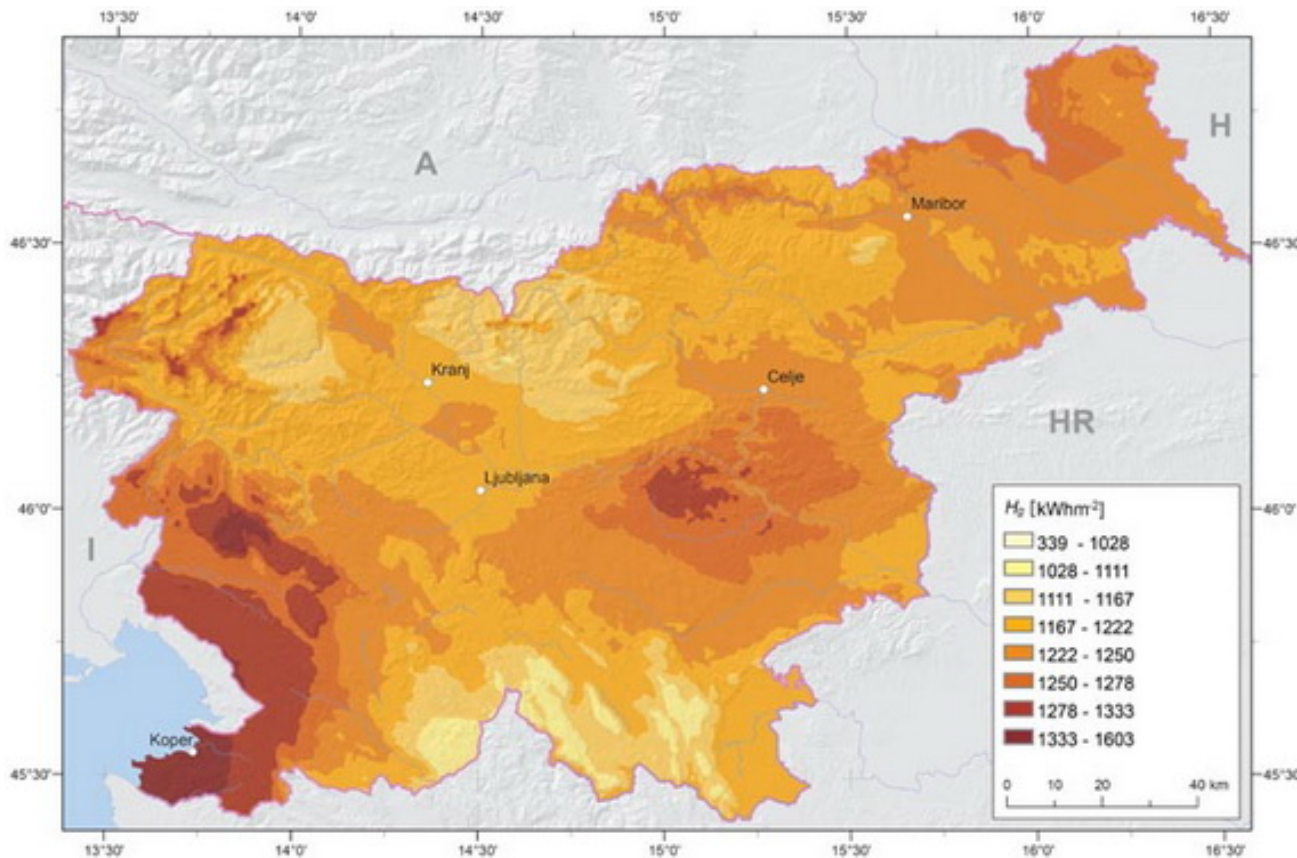
Bakrov indijev diselenid (CIS) je polprevodnik z izredno visoko absorpcijo, tako da že zelo tanke plasti močno absorbirajo sončni spekter. Za izboljšanje je indiju dodan še germanij (CIGS). Proizvodnja je zanesljivejša in cenejša od kristalnih celic. Edina slabost so omejene zaloge indija v naravi. Največji izkoristek CIGS celice je preko 16%. Moduli so trenutno v predkomercialni proizvodnji in dosegajo izkoristke okoli 8%. Sončna celica je nanesena na steklo in končna debelina je 0.003 mm+ 3 mm steklen substrat.



# Pogoji za čim boljše delovanje sončne elektrarne

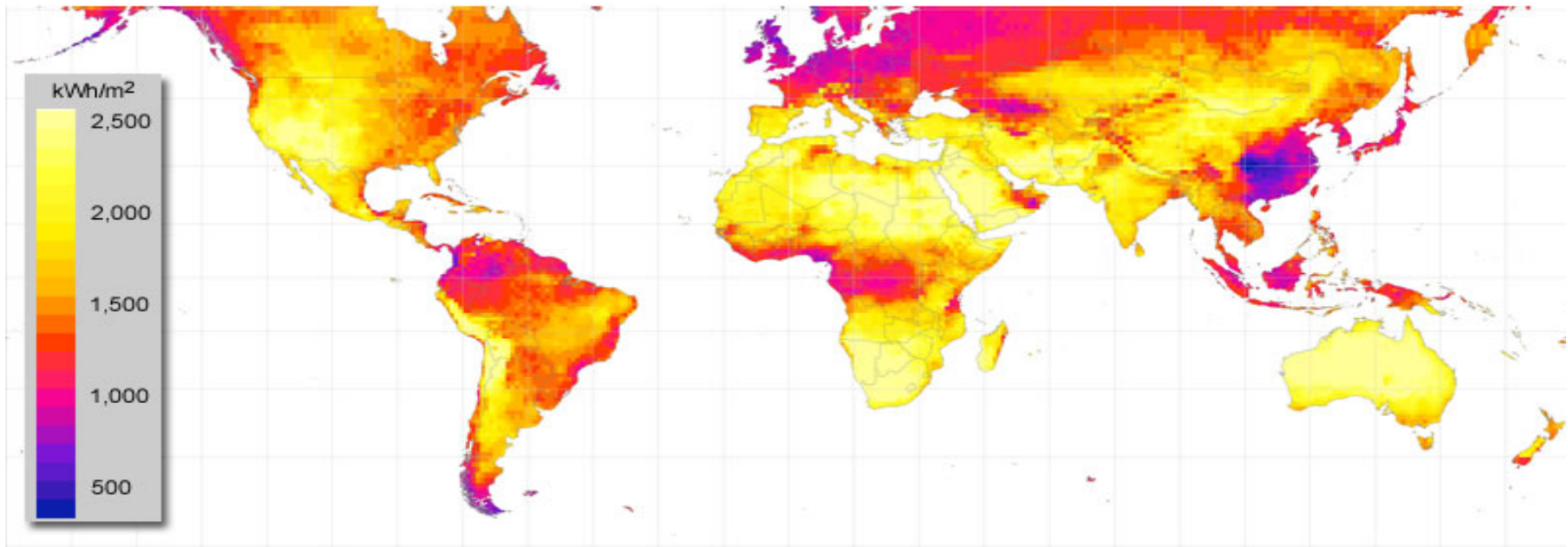
- **Osvetljenost**

Tega želimo čim več kajti količina proizvedene električne energije je sorazmerna količini svetlobe, ki pade na sončno celico.

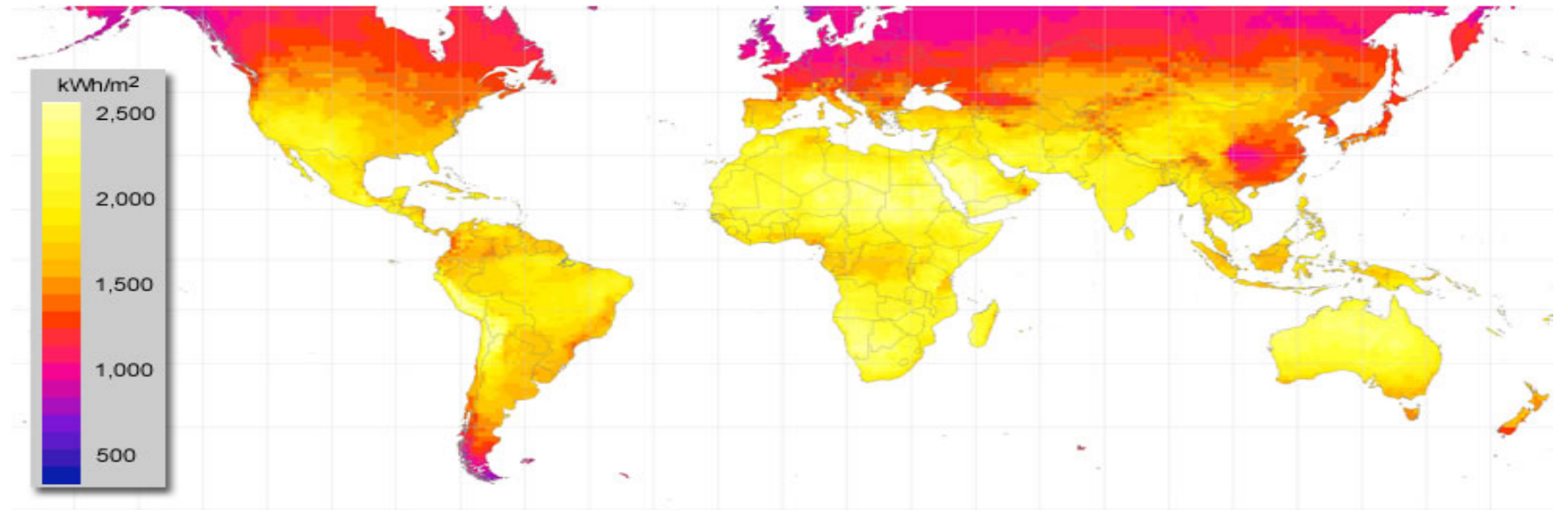


Slika 1: Globalno letno obsevanje na horizontalno površino v Sloveniji.

Yearly sum of direct irradiance



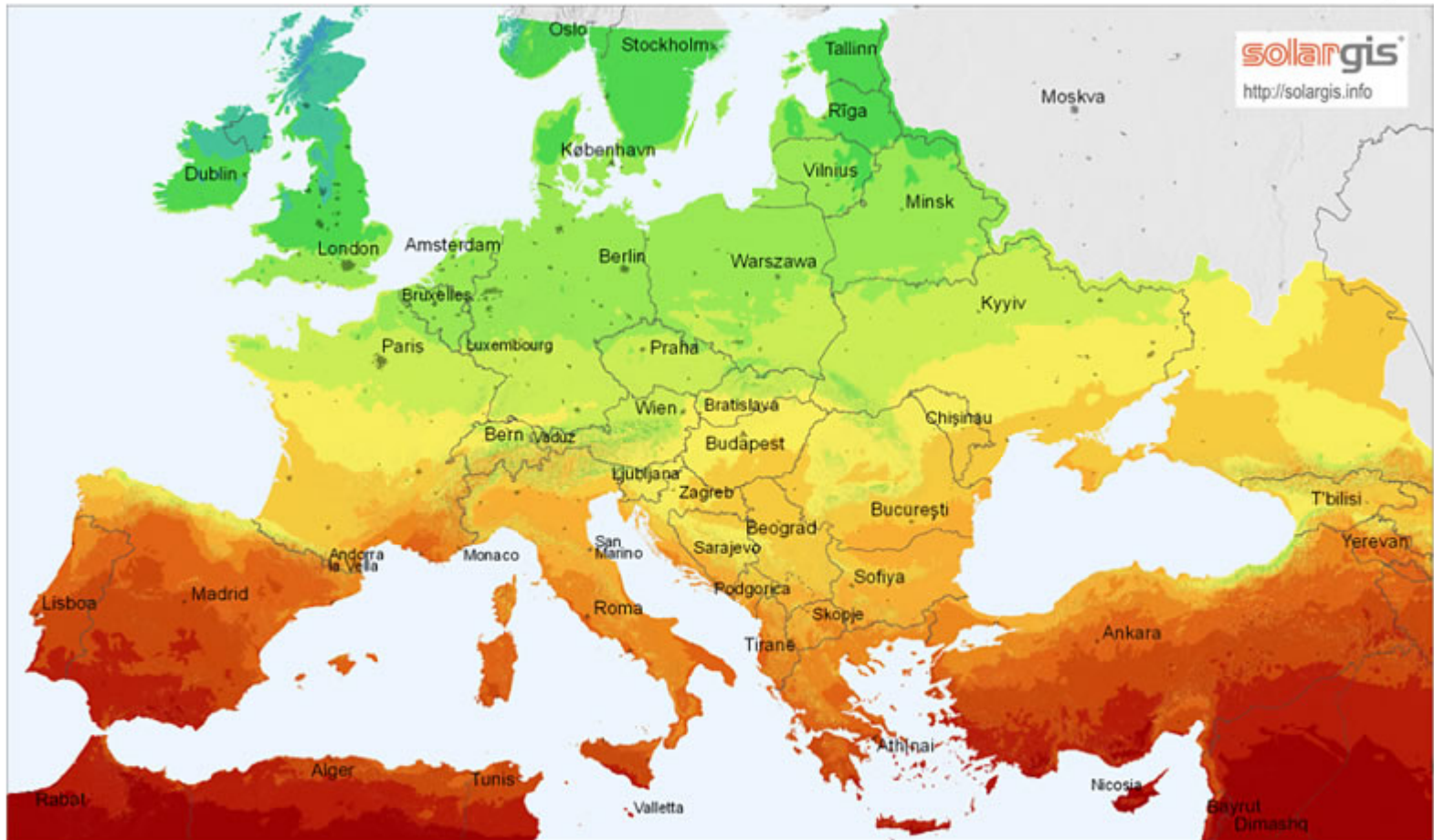
Yearly sum of global irradiance



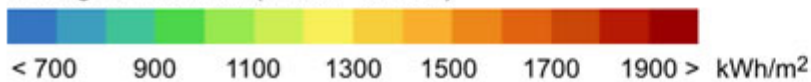


# Global horizontal irradiation

# Europe



Average annual sum (4/2004 - 3/2010)

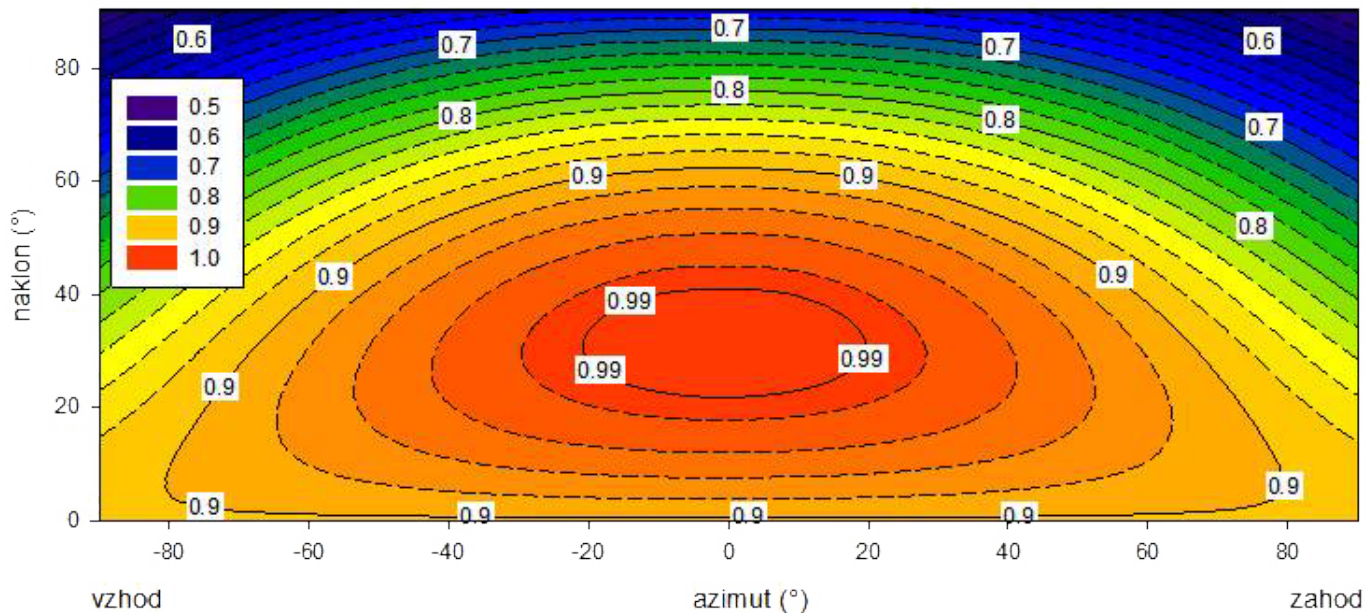


0   250   500 km

© 2011 GeoModel Solar s.r.o.

# • Lega

Pomembno je pod kakšnim kotom so nagnjene sončne celice glede na sončne žarke.



Slika nam prikazuje relativno proizvodnjo omrežnega PV-sistema v odvisnosti od orientacije [azimut] in naklon za Slovenijo.

Za evropo je optimalen naklon  $30^\circ$  ter azimut  $-5^\circ$  (proti vzhodu  $5^\circ$ ).

V Sloveniji je optimalen naklon  $32^\circ$ .

# Delitev PV-sistemov

- Delimo jih na:

->Samostojni PV-sistemi. Oskrbujejo lokalni sistem z električno energijo

- \*PV-sistemi brez ali z akumulatorjem (koliba v gorah)

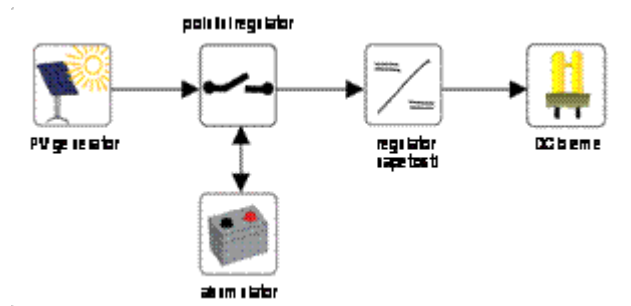
- \*PV-sistemi z enosmernim ali z izmeničnimi porabniki, lahko so kombinirani z drugimi generatorji električne energije.

->Omrežne PV-sistemi. Oddajajo električno energijo v omrežje in se zato imenujejo sončne elektrarne.

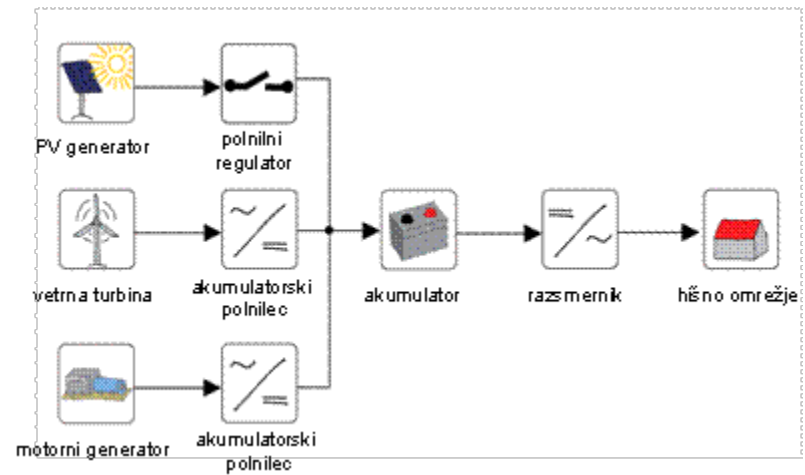
- \*razpšeni sistemi (hišne sončne elektrarne)

- \*centralni sistemi (velike sončne elektrarne z močjo nad 100 kWp)

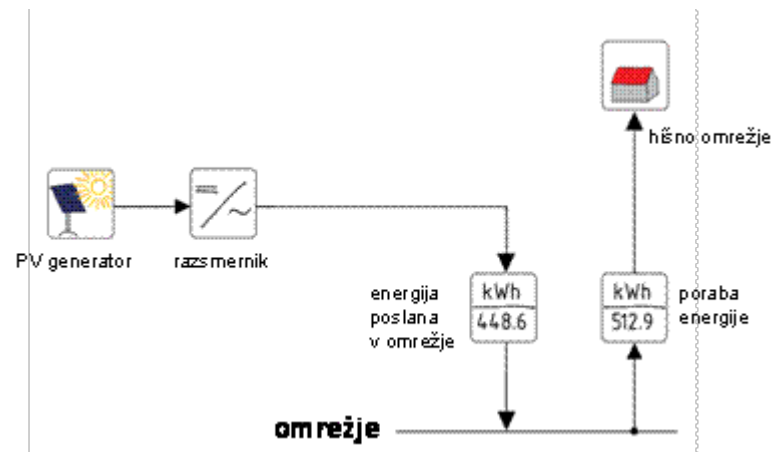
## Samostojen PV-sistem



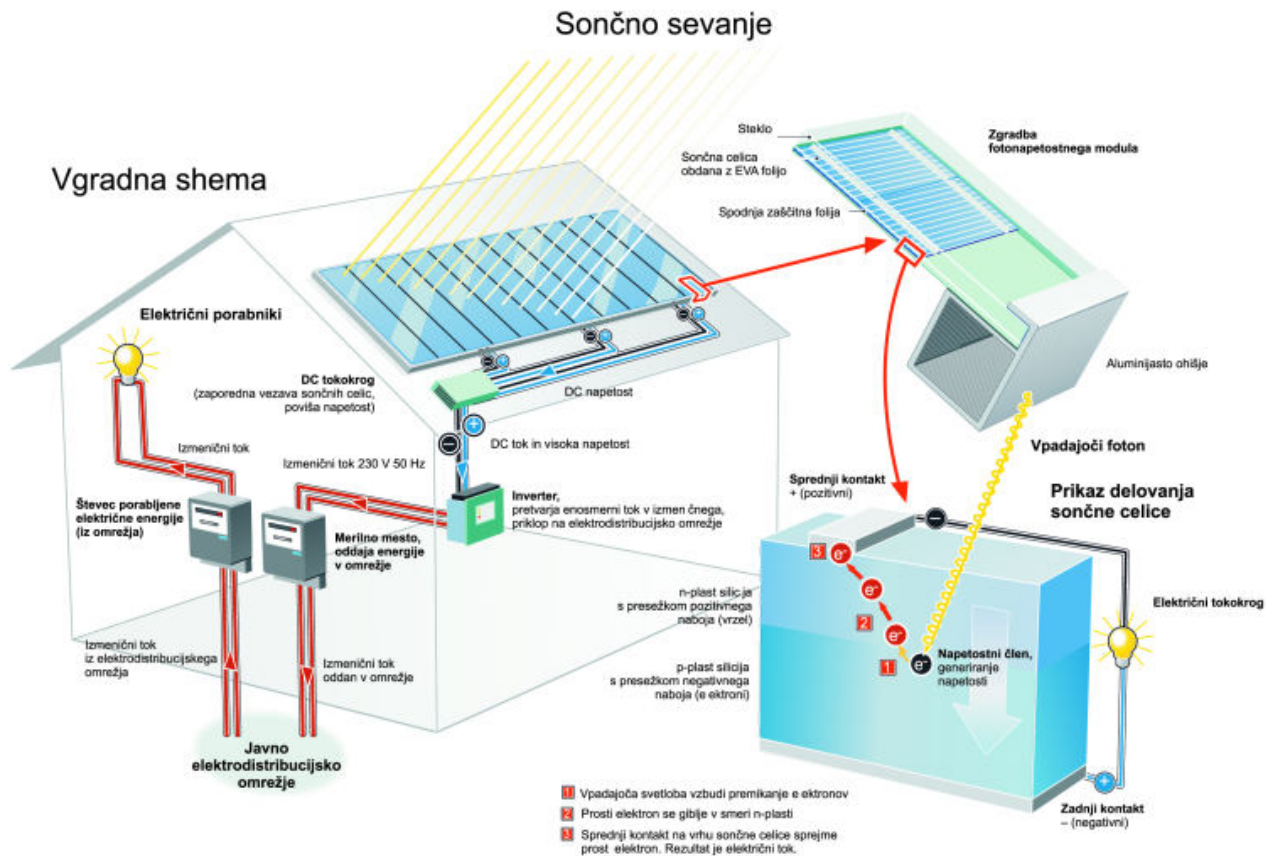
## Hibridni PV sistem



## Omrežni PV sistem



# Primer Sončne elektrarne



# Prednosti in slabosti sončnih elektrarn oziroma fotovoltaičnih sistemov

## **Prednosti:**

- Okolju prijazna.
- Mobilnost sončnih elektrarn .
- Nezahtevno vzdrževanje.
- Dolga življenska doba sončnih celic.Trenutno je življenska doba 30 let in več.
- Energijska stabilnost.

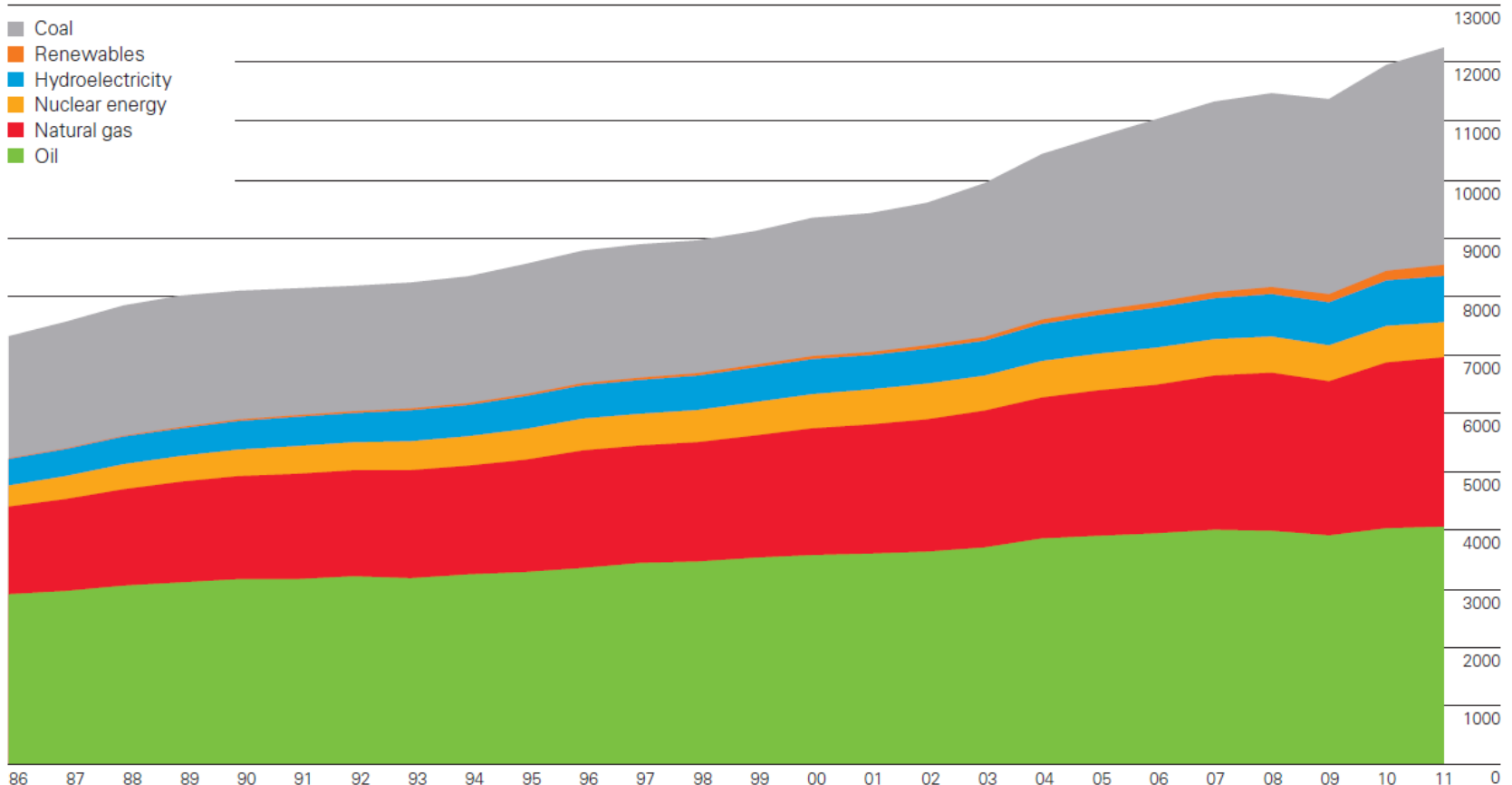
## **Slabosti:**

- Trenutno draga proizvodnja sončnih celic in draga začetna investicija [za lokalne PV-sisteme].
- Trenutne tarife so visoke, vendar padajo letno.

# Električna energija sončnih elektrarn kot delež celotne porabljene primarne energije

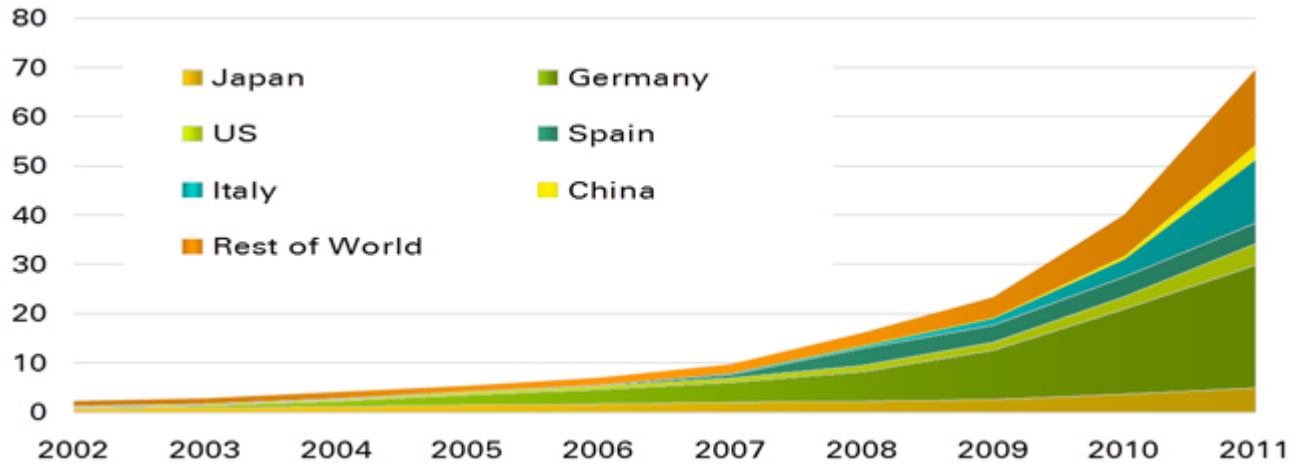
## World consumption

Million tonnes oil equivalent

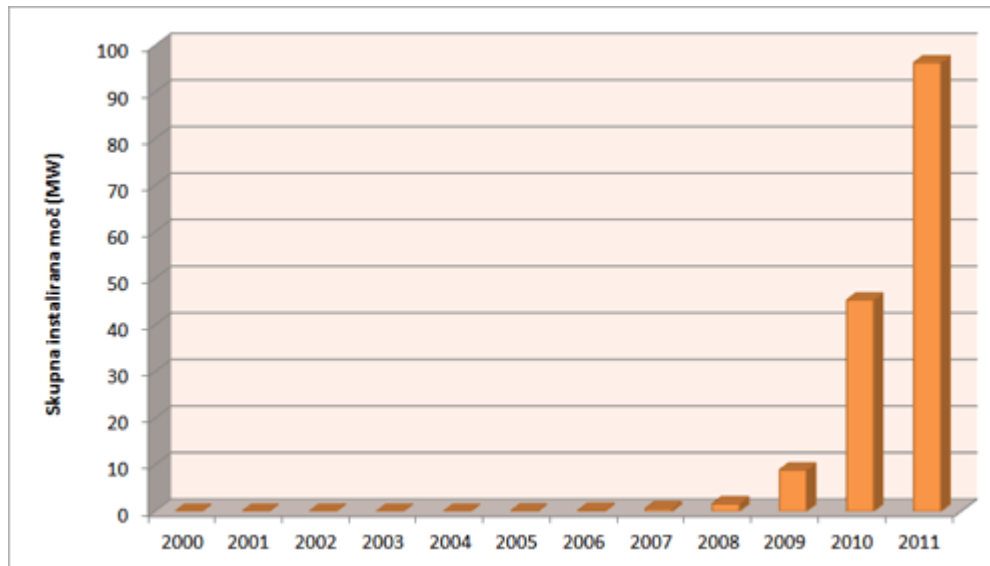


World primary energy consumption grew by 2.5% in 2011, less than half the growth rate experienced in 2010 but close to the historical average. Growth decelerated for all regions and for all fuels. Oil remains the world's leading fuel, accounting for 33.1% of global energy consumption, but this figure is the lowest share on record. Coal's market share of 30.3% was the highest since 1969.

Kapaciteta moči PV sistemov. Na ordinatni osi so enote GW.



Rast skupne inštalirane moči v Sloveniji.



Na dve leti se poveča



# Zaključek

-Ali se izplača investirat v sončne elektrarne ali PV sisteme??

Da.

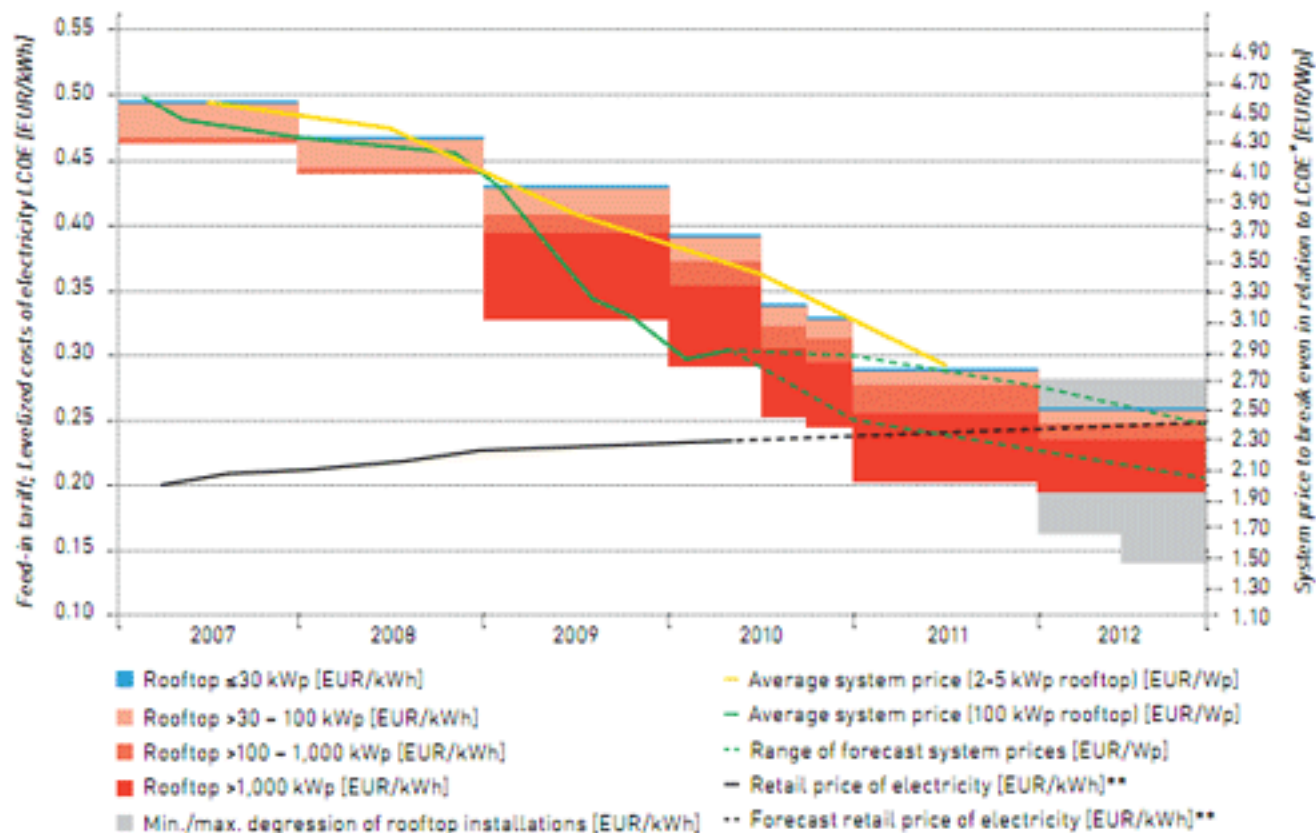
Tehnologija napreduje in prinese nove metode za proizvodnjo sončnih celic ter nove materiale, ki imajo večji izkoristek in daljšo življensko dobo.

Tarife se nižajo, oziroma se približujejo cenam za elektriko pridobljeno iz termoelektrarne ali hidroelektrarne.

Sončne elektrarne so lahko postavljene skoraj povsod, tudi na najbolj odročnih mestih. Ne onesnažujejo in so varne.

Zakaj ne bi izkoriščali energijo Sonca, ki je stalen vir energije. Sončno generiranje električne energije ima največjo gostoto moči na površino, globalno povprečje  $170 \text{ W}/(\text{m}^2)$ .

## Feed-In Tariffs Leading the Way to Grid Parity



With a system price of 3.30 EUR/Wp (right ordinate), the investor will require a feed-in tariff of 0.35 EUR/kWh (left ordinate) in order to receive an ROI of 6%. As soon as the feed-in tariff is lower than the retail electricity price, own consumption becomes more attractive.

\* Model calculation for rooftop systems  $>30$  kWp,  $<100$  kWp; based on 802 kWh/kWp (Frankfurt), 100% financing, 6% interest rate, 20 year term, 2% p.a. O&M costs

\*\* Private households with annual consumption  $>2500$  kWh,  $<5000$  kWh; prices 2007 - 2010: Eurostat; prices 2010 - 2012: price increase of 2% p.a.

# Viri

- <http://www.bp.com/extendedsectiongenericarticle.do?categoryId=9041560&contentId=7075261>
- <http://pv.fe.uni-lj.si/Welcome.aspx>
- <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/empiricalevidence.php>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_power\\_by\\_country#Statistics](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_by_country#Statistics)
- <http://www.solarserver.com/service/statistics-and-market-research/pv-overview/pv-grid-parity.html>