

ODABRANA POGLAVLJA IZ KLIMATOLOGIJE



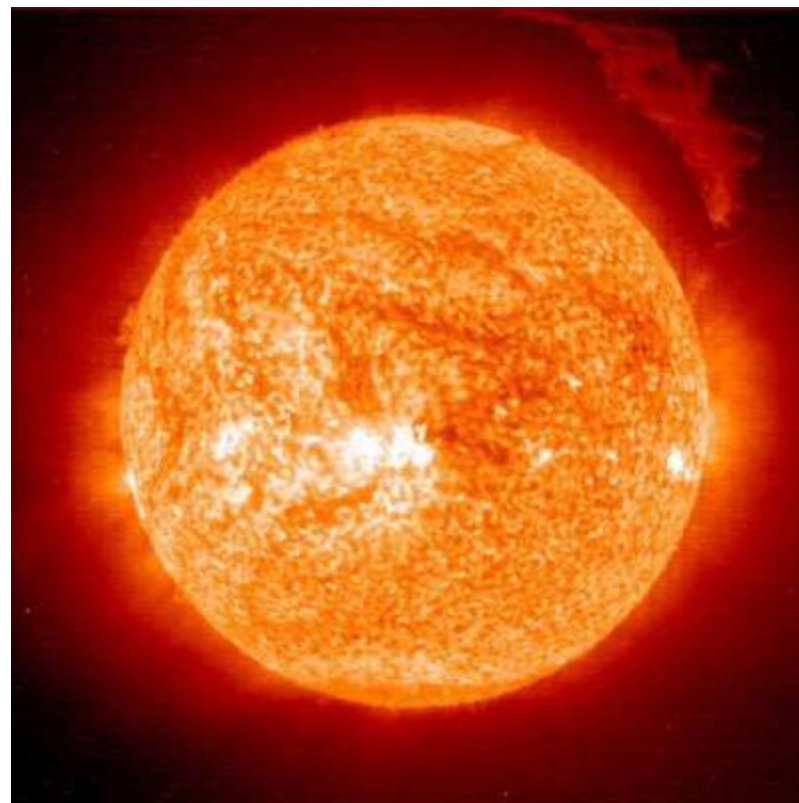
Sunčeva energija

Izv. prof. dr. Sc. S. Lozić
Odjel za geografiju
Sveučilište u Zadru

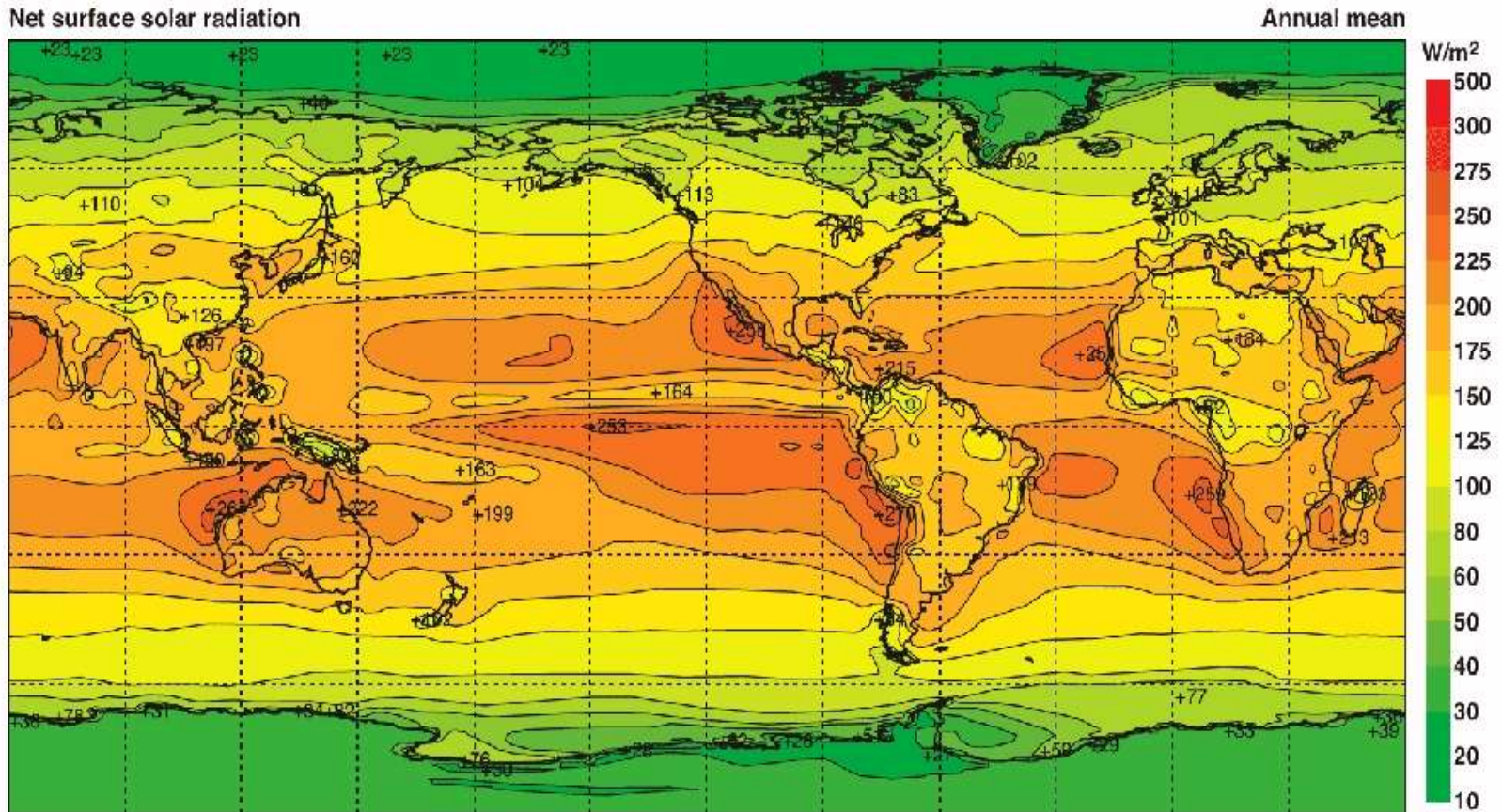
Sunce - izvor svjetlosne i toplinske energije

- Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gdje temperatura doseže 14 milijuna °C → fuzija, kod koje spajanjem vodikovih atoma nastaje helij, uz oslobađanje velike količine energije

Promjer:	1.4 milijuna km
Starost:	4.5 milijarde godina
Masa:	330,000 x Zemlja
Udaljenost od Zemlje:	149.6 milijuna km
Gustoća:	1.41 (voda=1)
Udaljenost od najbliže zvijezde:	$9.46 * 10^{12}$ km
Brzina sunčanog vjetra:	3 milijuna km/sat
Snaga isijavanja:	$390 * 10^{18}$ megavata
Temperatura pri površini:	5,500 °C
Temperatura jezgre:	14 milijuna °C
Temperatura na pjegama:	4,000 °C
Period rotacije na ekvatoru:	25 zemljinih dana
Period rotacije na polovima:	35 zemljinih dana

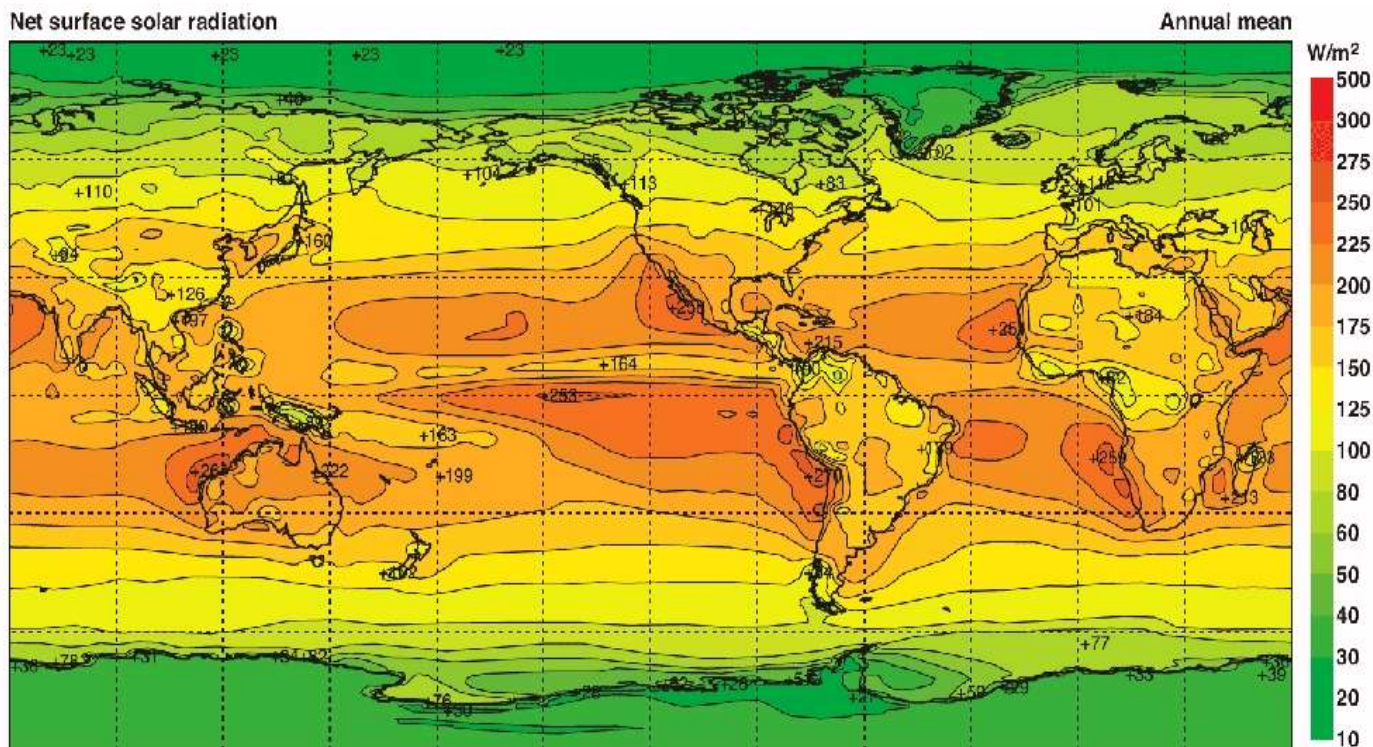


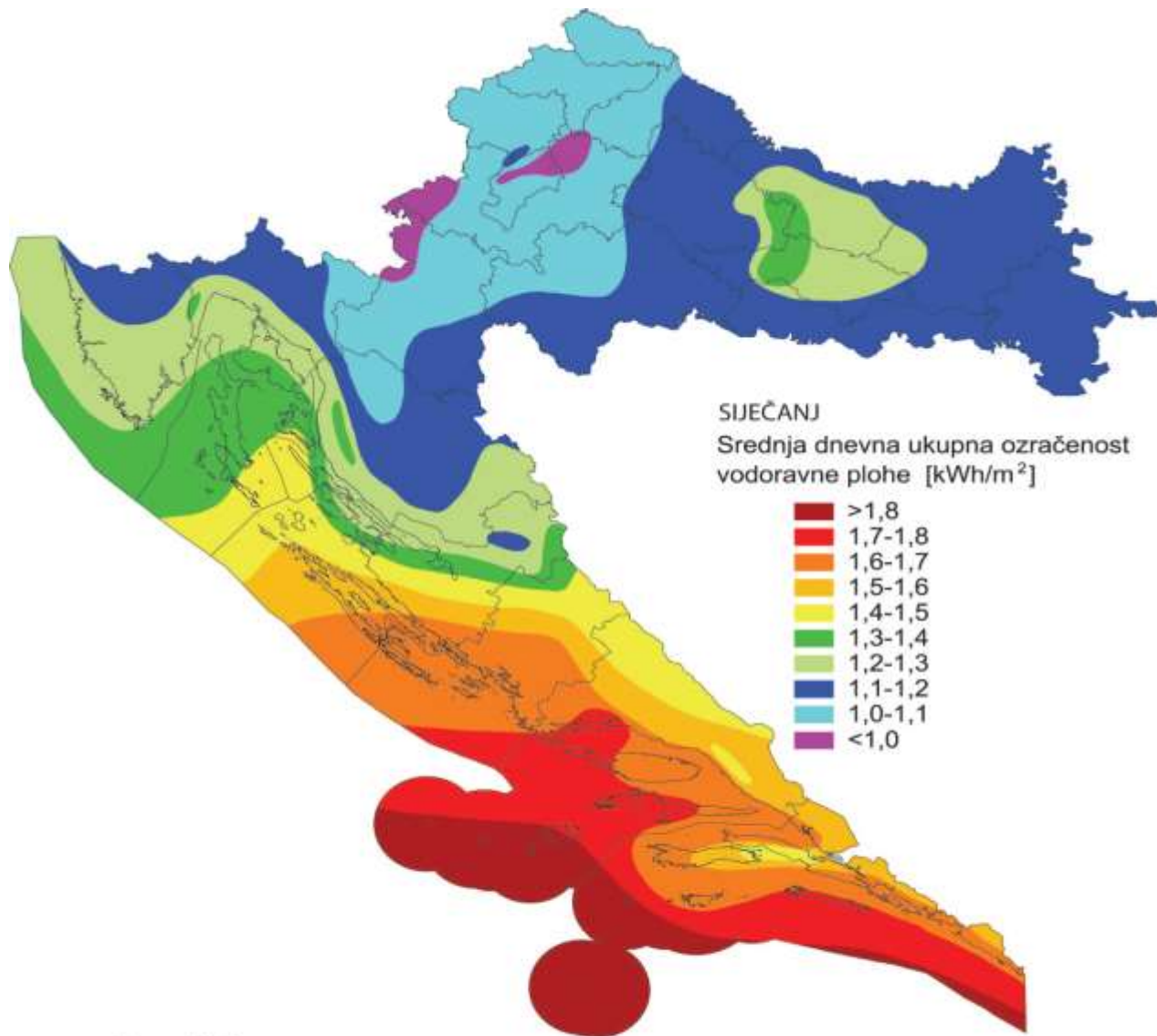
- Sunčevo zračenje = gustoća toka dozračene energije
- iskazuje se jedinicama za energiju na jediničnoj površini u određenom vremenu, npr. Wm^{-2} ili Jcm^{-2} u minuti, satu, danu, mjesecu ili godini



Global map of annual-mean insolation (QSW - short wave radiation) in W/m^2 calculated from the ECMWF 40-year reanalysis. From Kallberg et al 2005.

- stvarna vrijednost Sunčeva zračenja ovisi o lokaciji, godišnjem dobu, dobu dana, vremenskim uvjetima itd.
- Europa nije na vrlo pogodnom području za eksploataciju - unatoč tome, u Europi je direktno iskorištavanje Sunčeve energije u velikom porastu
- većinom je to rezultat politike pojedinih država koje subvencioniraju instaliranje elemenata za pretvorbu Sunčeve energije u iskoristivi oblik energije
- **osnovni problemi iskorištavanja:** mala gustoća energetskega toka, velike oscilacije intenziteta zračenja i veliki investicijski troškovi





Izvorna karta:



Državni
hidrometeorološki
zavod - Zagreb

Global irradiation and solar electricity potential Optimally-inclined photovoltaic modules

Croatia



Yearly sum of global irradiation [kWh/m^2]

1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900



975 1050 1125 1200 1275 1350 1425

Yearly electricity generated by 1kW_{peak} system with performance ratio 0.75 [$\text{kWh/kW}_{\text{peak}}$]

Authors: M. Šuri, T. Cebecauer, T. Huld, E. D. Dunlop

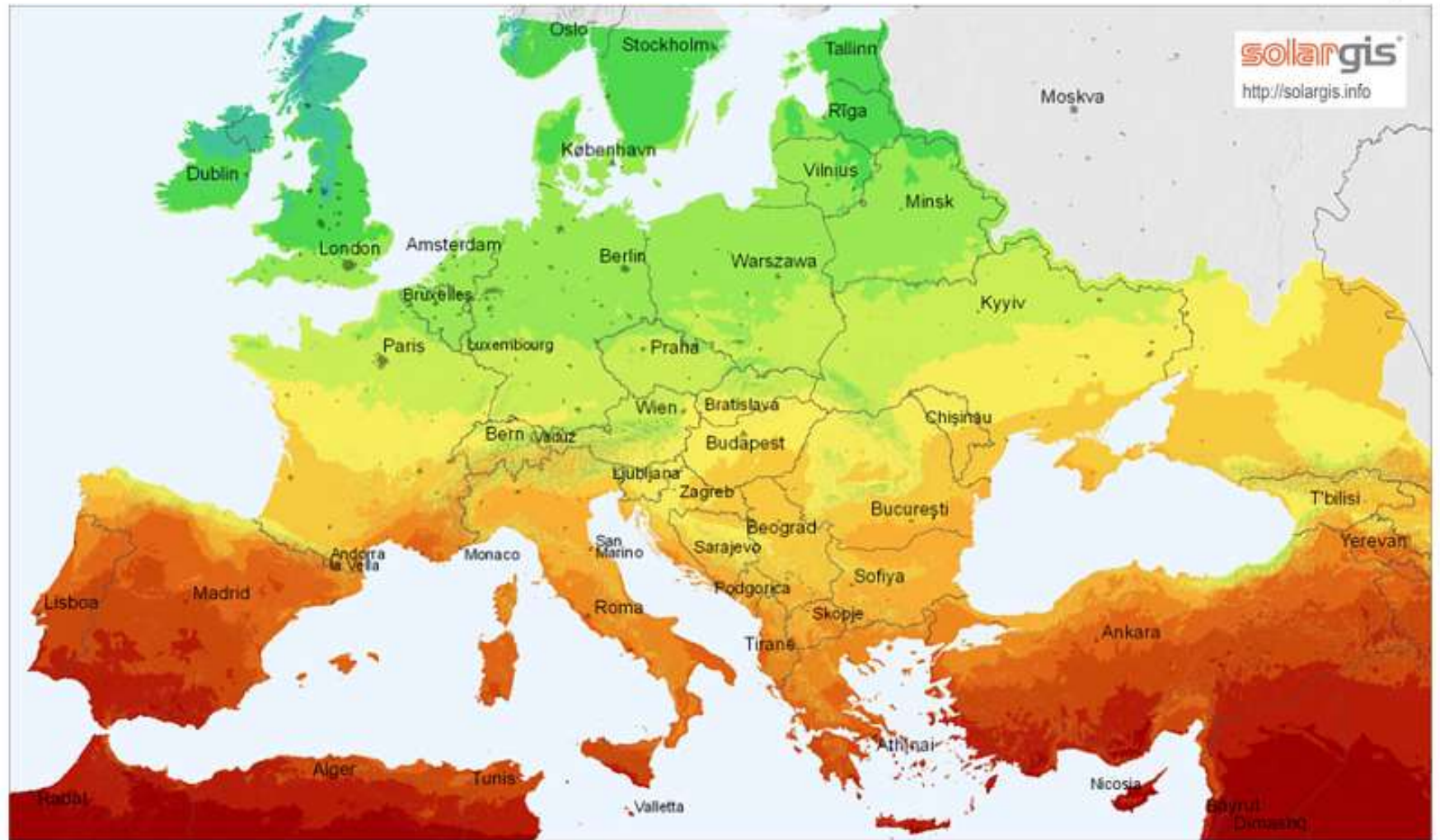
PVGIS © European Communities, 2001-2008

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

0 25 50 km

Global horizontal irradiation

Europe



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

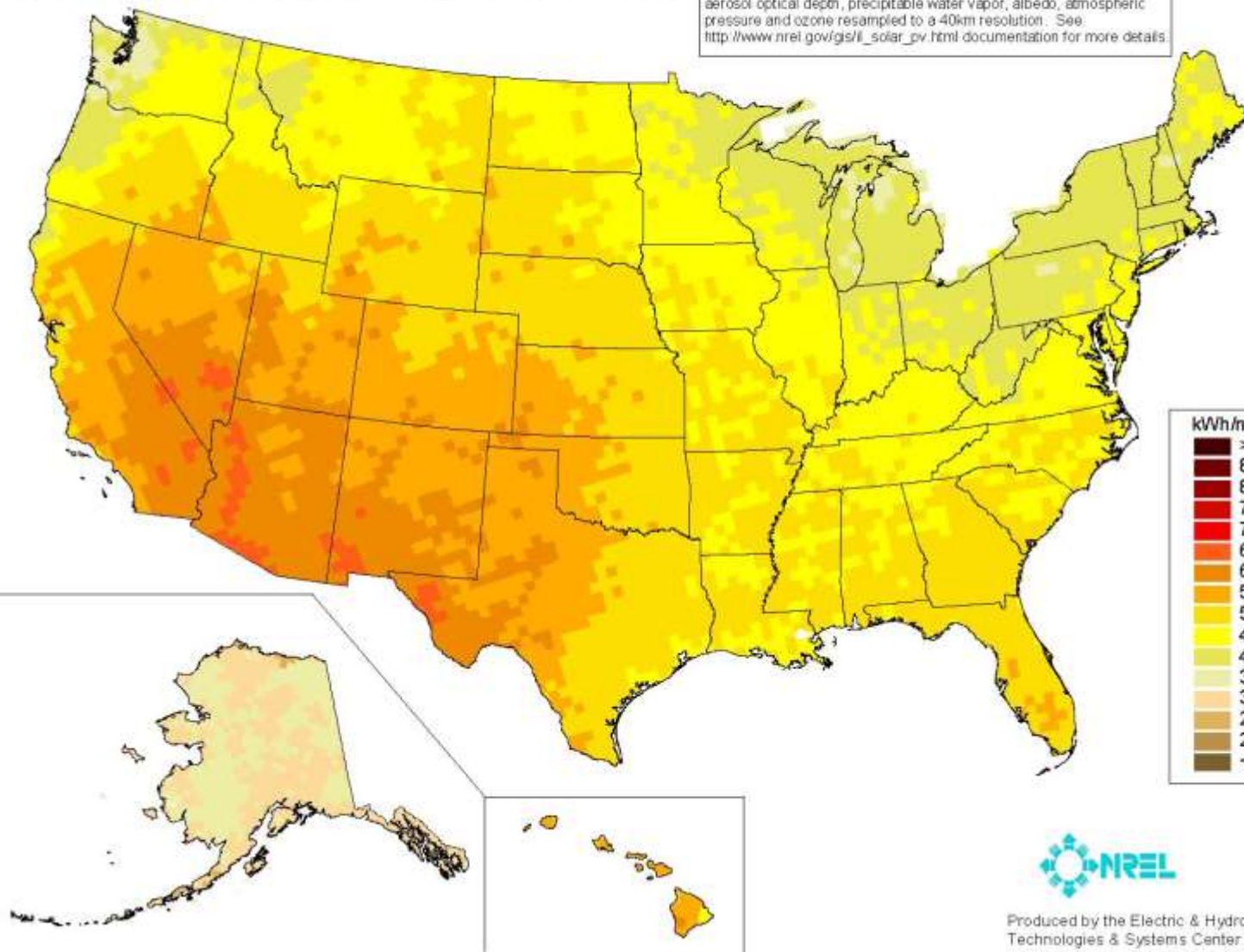


0 250 500 km

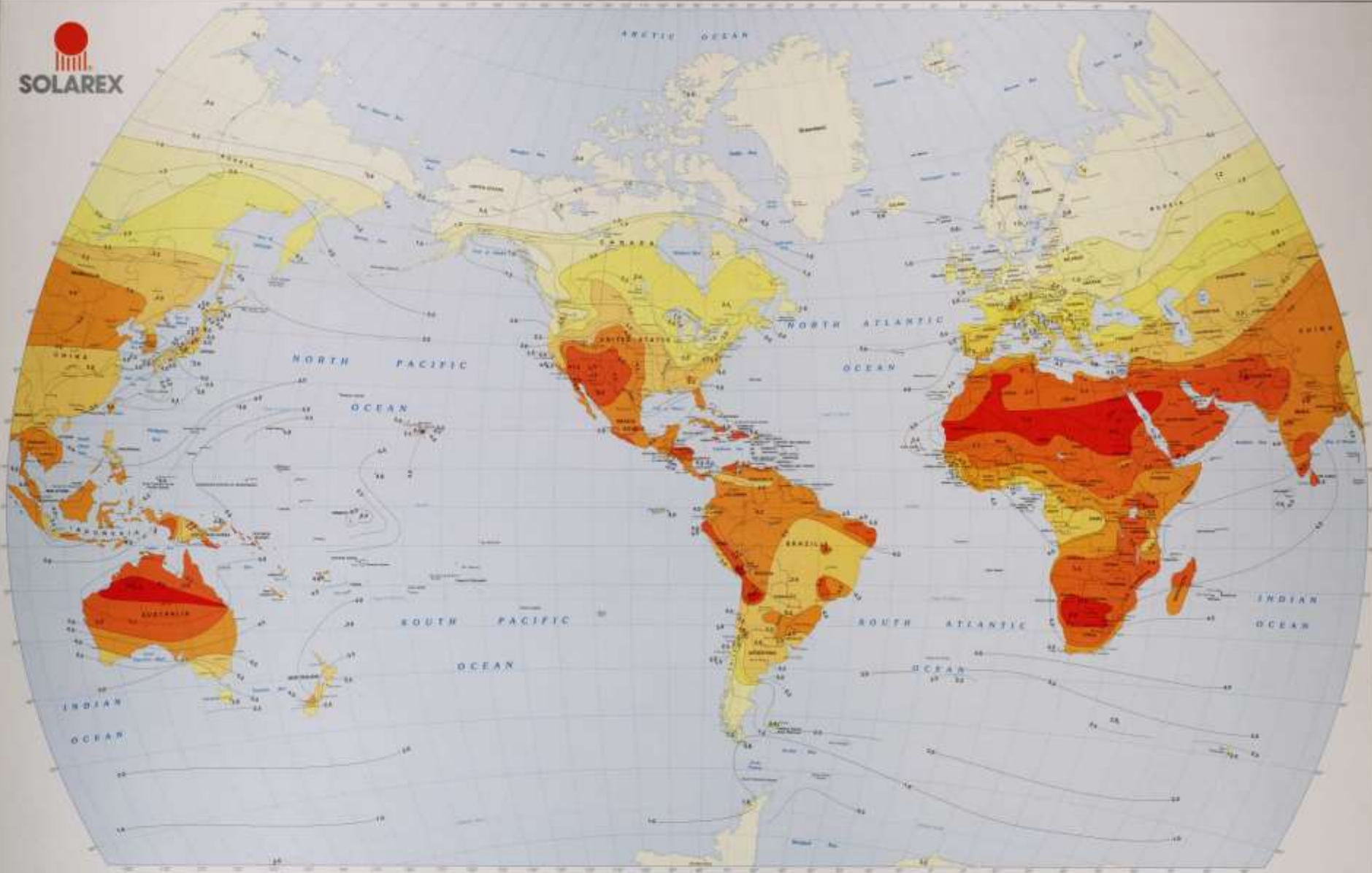
PV Solar Radiation (Flat Plate, Facing South, Latitude Tilt)

Annual

Model estimates of monthly average daily total radiation using inputs derived from satellite and/or surface observations of cloud cover, aerosol optical depth, precipitable water vapor, albedo, atmospheric pressure and ozone resampled to a 40km resolution. See http://www.nrel.gov/gis/ll_solar_pv.html documentation for more details.



Produced by the Electric & Hydrogen
Technologies & Systems Center - May 2004



EXPLANATION

The insolation data shown on this map is based on a computerized model of the Earth's atmosphere and surface. The model takes into account the Earth's tilt, the Earth's orbit around the Sun, and the Earth's rotation. The model also takes into account the Earth's surface characteristics, such as cloud cover and surface albedo. The insolation data is presented in terms of kilowatt-hours per square meter per year (kWh/m²/yr).

The insolation data is presented in terms of kilowatt-hours per square meter per year (kWh/m²/yr). The map shows that the highest insolation is found in the tropics, particularly in the region between the equator and the Tropic of Cancer. The lowest insolation is found in the high latitudes, particularly in the region between the Tropic of Capricorn and the South Pole.

WORLD DESIGN INSULATION

SOLAREX

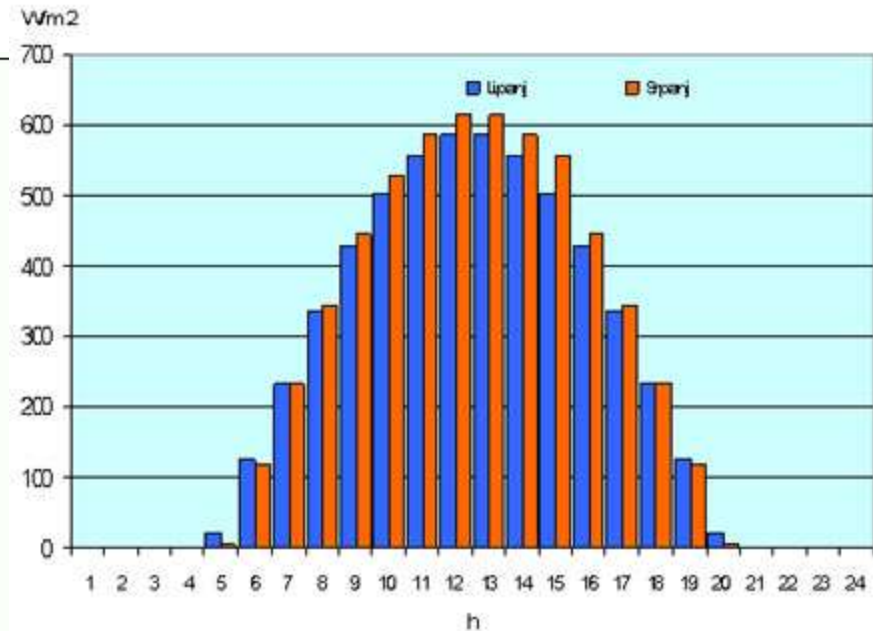
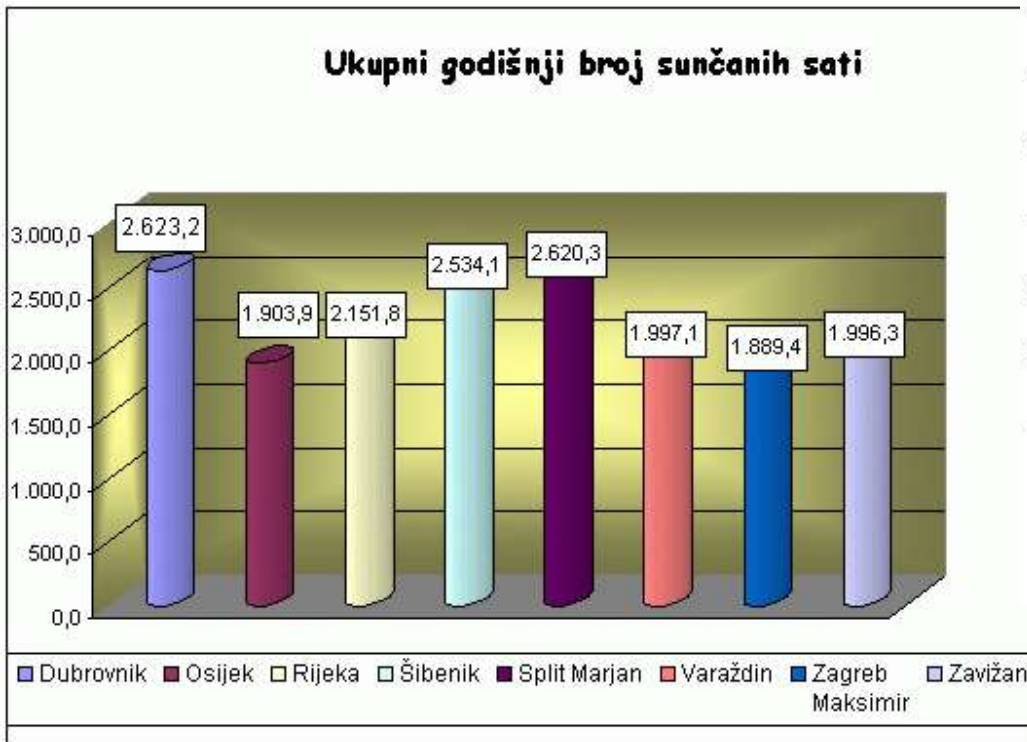
The Natural Source For Electricity™



- Mjerenje: heliograf - u obliku kugle, mjeri se vrijeme obasjavanja nezaklonjene plohe
- uobičajeno je mjerenje ukupnog zračenja na vodoravnoj plohi → piranometar
- instrumentalni zapis - u analognom ili digitalnom obliku

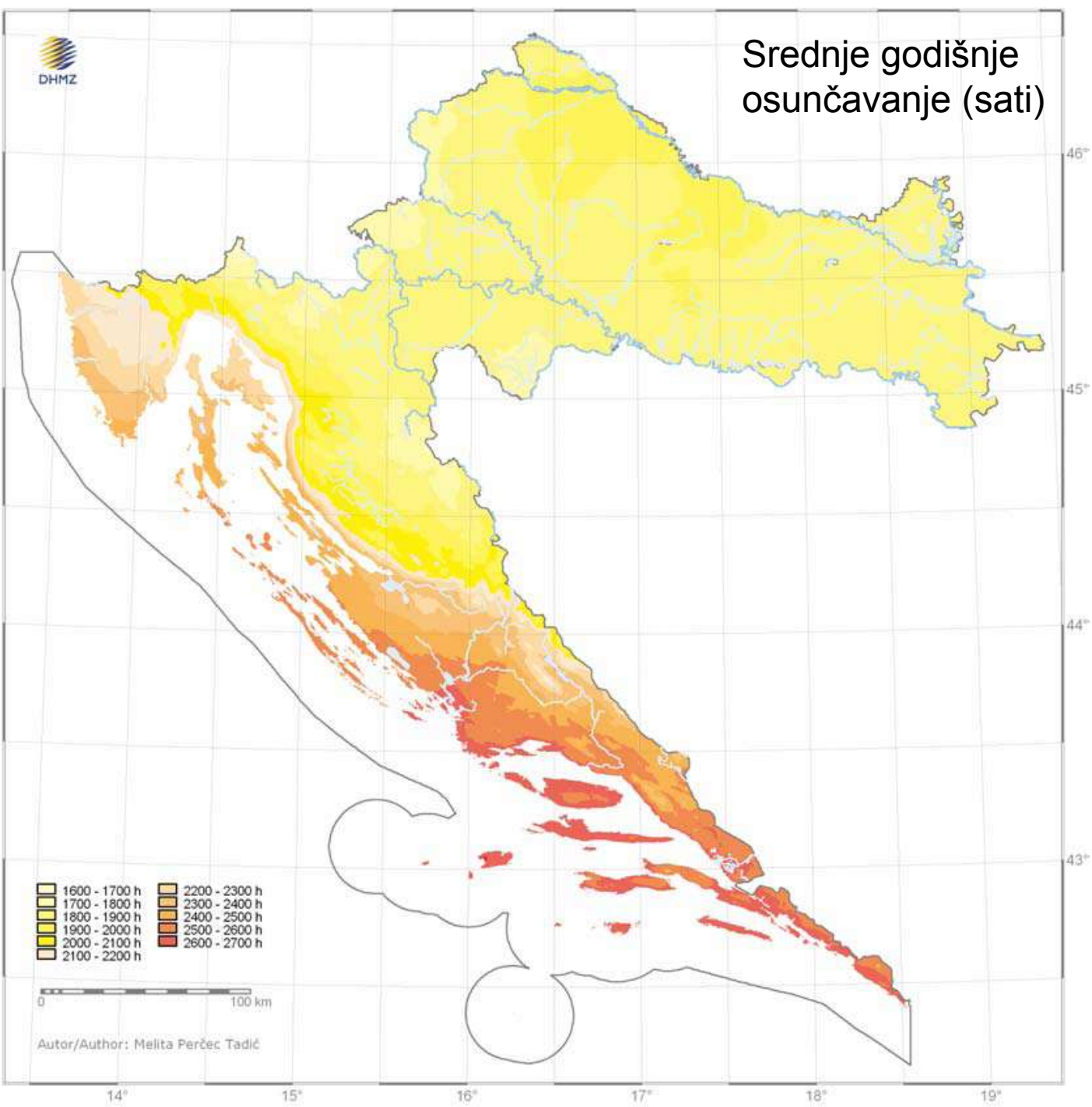


- za praktično korištenje energije Sunčevog zračenje važna su mjerenja **ukupnog, difuznog i izravnog ozračenja vodoravne plohe**.
- najčešće se mjeri **trajanje sijanja Sunca (insolacija)** u satima
- u nedostatku podataka, Sunčevo zračenje može se procijeniti pomoću podataka o trajanju osunčanosti - ponekad se traže trenutačne vrijednosti a ponekad integralni iznos u kraćem ili duljem razdoblju

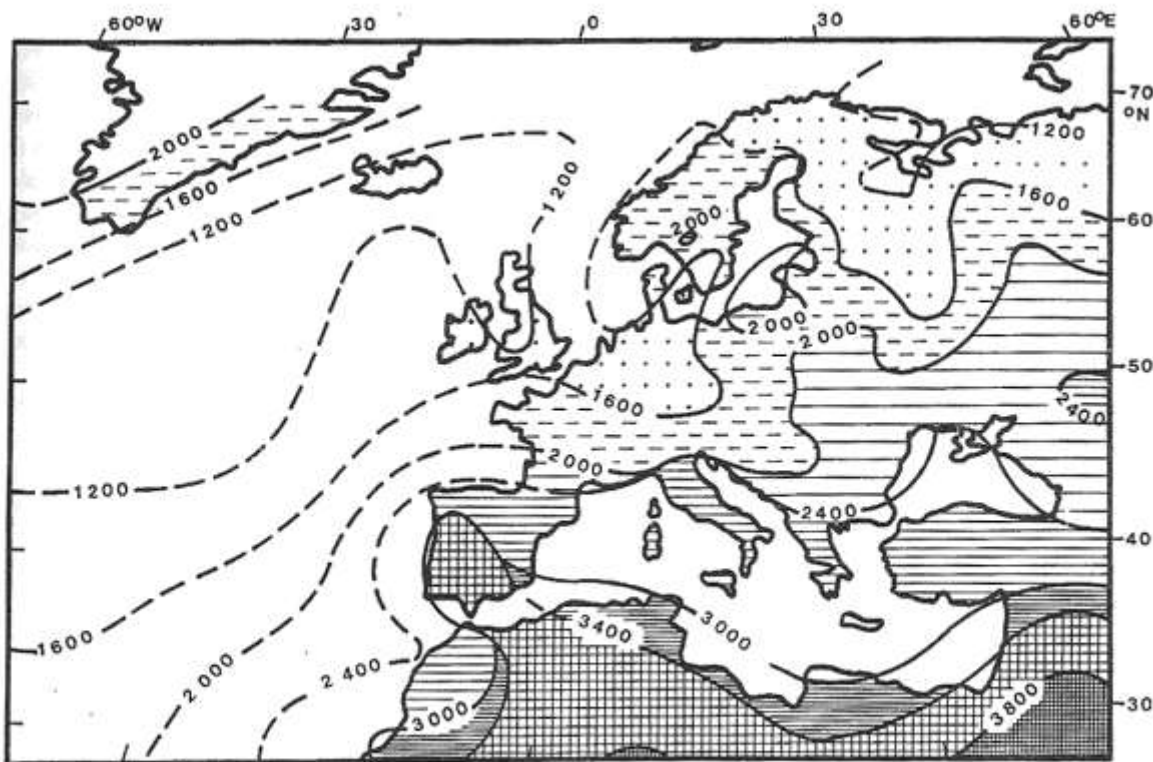


Srednji dnevni hod satne ozračenosti vodoravne plohe za lipanj i srpanj (W/m²)

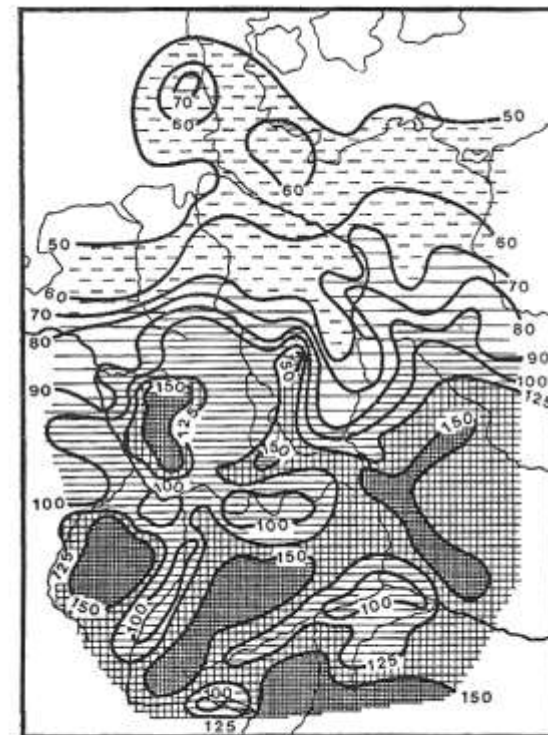
Srednje godišnje osunčavanje (sati)



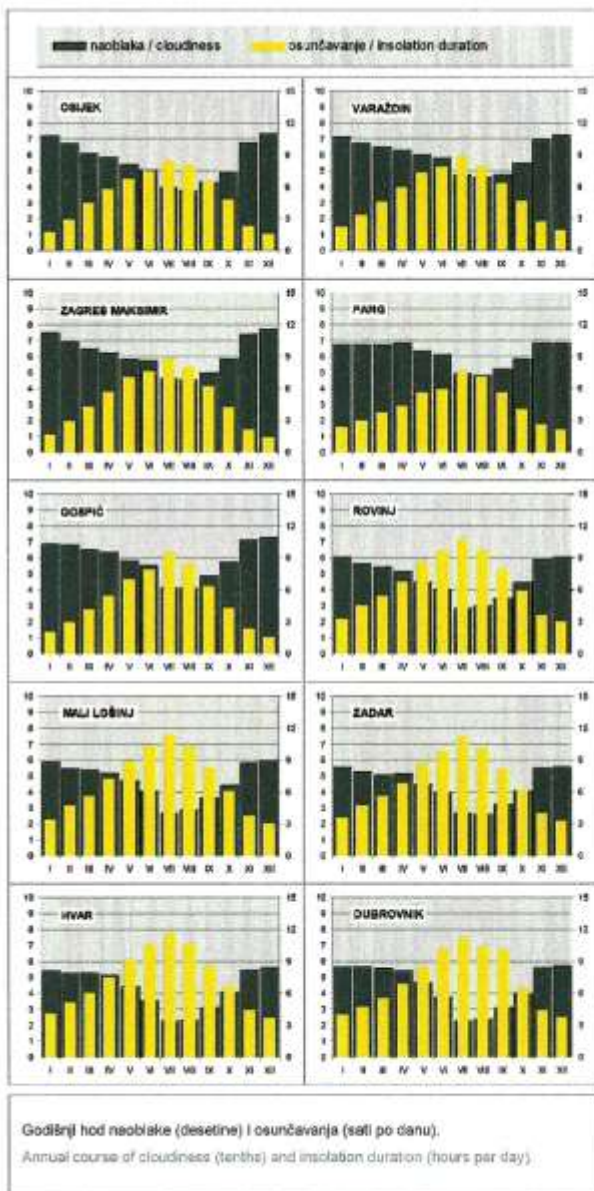
- **insolacija** - izražava se u satima u danu, mjesecu ili godini.
- od značaja je za npr. helioterapiju, izgled krajolika, turizam (dužina kupališne sezone), trajanje snježnog pokrivača i dr.
- ovisi o geografskoj širini, nadmorskoj visini, godišnjem dobu, ekspoziciji terena, oblačnosti i čistoći zraka



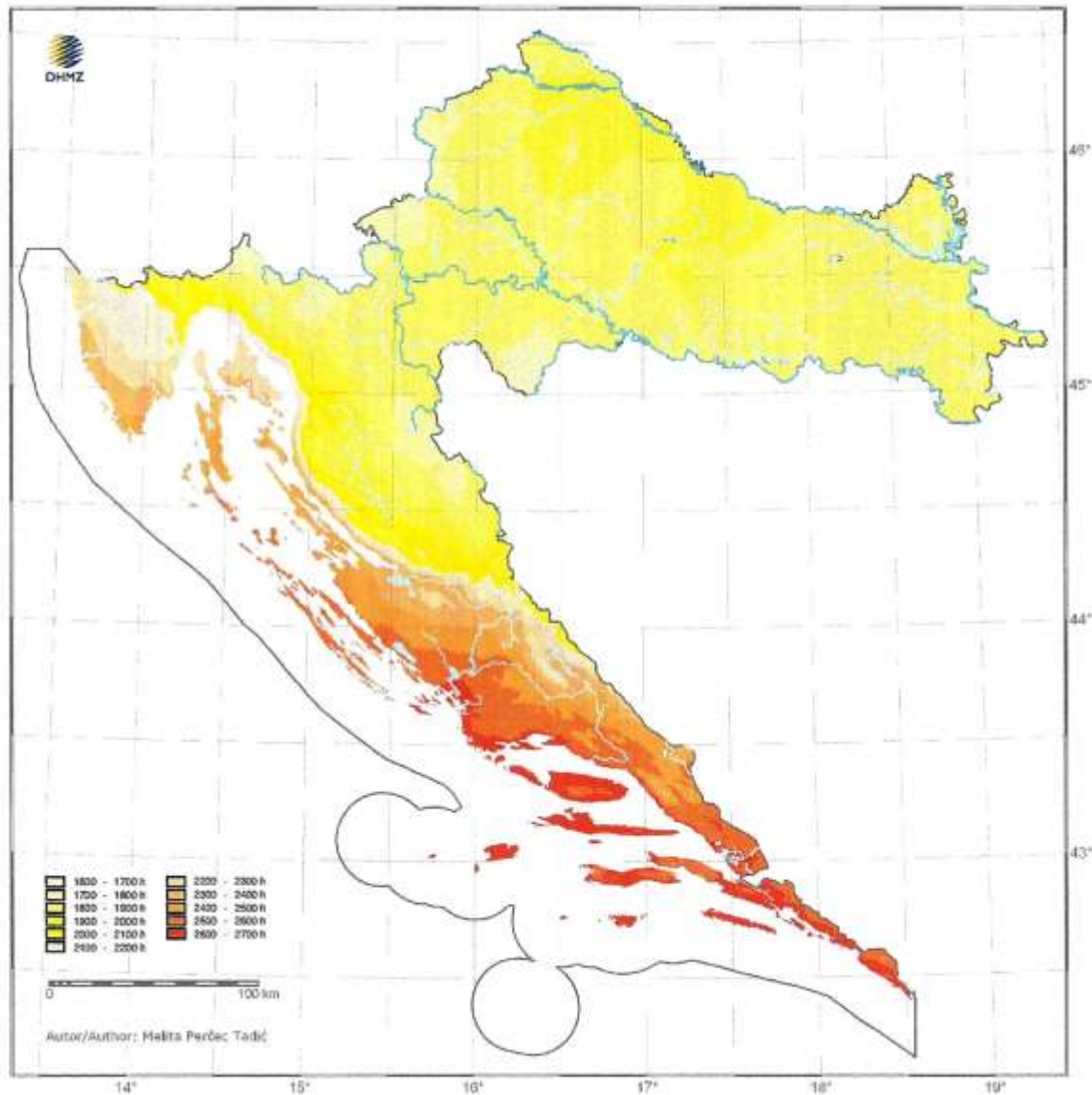
Sl. 36. Prosječno godišnje trajanje sijanja sunca (u satima) u Europi i sjevernom Atlantiku. Isprekidane izohele izračunate su pomoću poznate naoblake (H. E. Landsberg i dr., 1963.)



Sl. 37. Trajanje insolacije (u satima), u srednjoj Europi u veljači 1959. god. (L. Schulz, 1963.)



Srednje godišnje osunčavanje Mean annual insolation duration



Izvor: Klimatski atlas Hrvatske, DHMZ, 2010.

- dozračena Sunčeva energija u prirodi se pretvara u različite oblike energije
- na umjetan način najčešće se pretvara u **toplinsku** i **električnu** energiju
- toplinska se pretvorba odvija u svim podlogama izloženim zračenju, ovisno o primljenoj energiji
- da bi primitak energije bio što potpuniji, grade se **kolektori** povoljnih svojstava i oblika



- osnovni problemi iskorištavanja su relativno mala gustoća energetskega toka, velike oscilacije intenziteta zračenja i veliki investicijski troškovi
- načelno, postoje tri osnovna načina iskorištavanja energije Sunca, a to su:
 1. **solarni kolektori** - pripremanje tople vode i zagrijavanje prostorija
 2. **fotonaponske ćelije** - direktna pretvorba Sunčeve energije u električnu energiju
 3. **fokusiranje Sunčeve energije** - pomoću sustava zrcala; stvaranje velike količine toplinske energije koja se kasnije u standardnim generatorima pretvara u električnu energiju → upotreba u velikim energetskeim postrojenjima
- u Hrvatskoj su trenutno daleko najzastupljeniji **solarni kolektori**



Solarna elektrana
s tornjevima u
Andaluziji, snage
11 MW

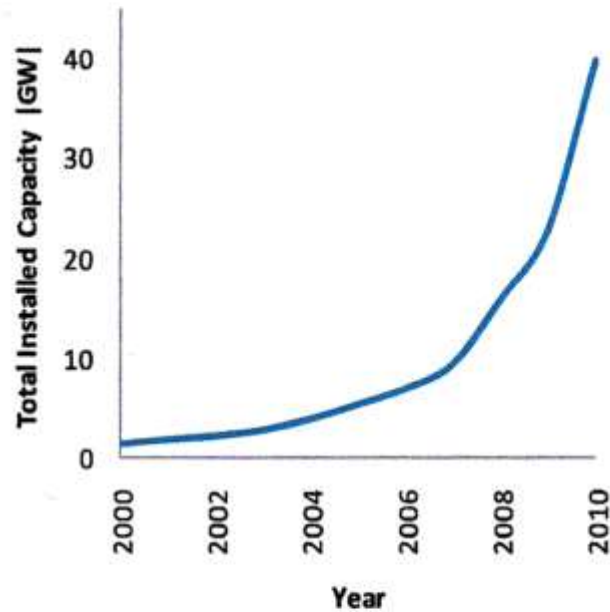
- 1. solarni kolektori** - pretvaraju sunčevu energiju u toplinsku energiju vode
- sustavi za grijanje vode mogu biti **otvoreni**, u kojima voda koju treba zagrijati prolazi direktno kroz kolektor na krovu, ili **zatvoreni**, u kojima su kolektori popunjeni tekućinom koja se ne smrzava (npr. antifriz)
 - u Europskoj Uniji znatno se povećava količina ugrađenih sustava za grijanje vode i prostorija.
 - u 2000. godini prvi put je premašena granica od milijun m² novoinstaliranih sunčevih kolektora (instalirano je 1 046 140 m² kolektora).



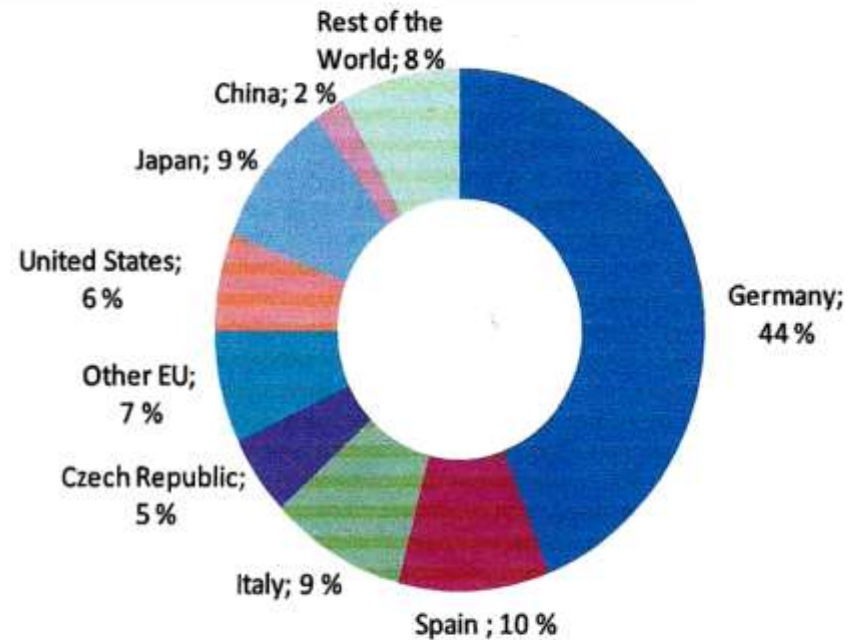
- Njemačka i Austrija - lideri u iskorištavanju energije sunca za grijanje u Europi
- Njemačko udruženje solarne industrije (BSW) objavilo je da je proizvodnja električne energije iz Sunčeve energije u 2011. godini u Njemačkoj zabilježila rast od 60%, te je iznosila 18 milijardi kWh



Total Installed Capacity of PV at the Global Level



(a) Trend of global installed capacity



(b) Country share in the global installation in 2010

Source: REN21, 2011

2. fotonaponske ćelije - direktno pretvaraju solarnu energiju u električnu energiju

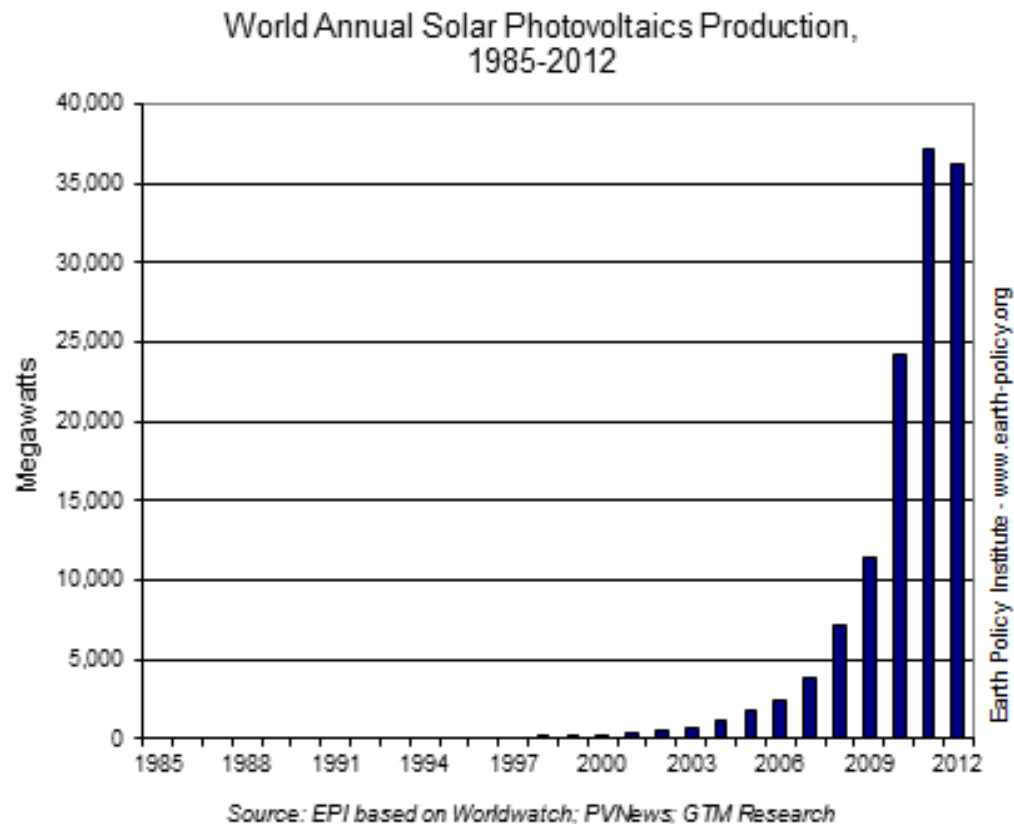
- najpoželjniji način iskorištavanja energije Sunca ali zbog slabe efikasnosti i visoke cijene trenutno se ne koriste u velikoj mjeri.
- fotonaponske ćelije uobičajeno se koriste tamo gdje nije moguće dovesti neki drugi izvor energije, npr. na satelitima, znakovima uz ceste i slično. Dodatno se koriste za napajanje energijom malih potrošača, npr. džepnih kalkulatora



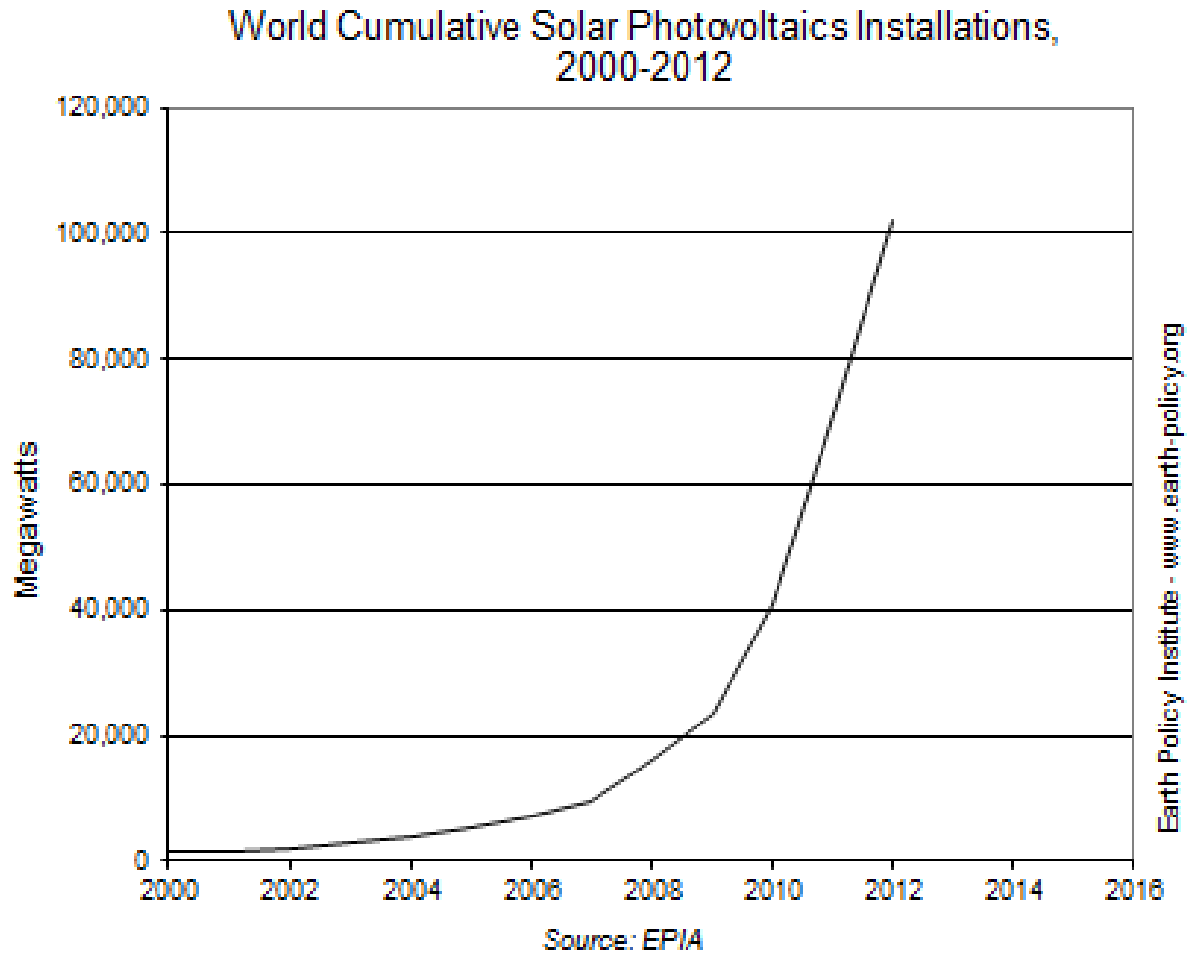
Fotonaponska ćelija

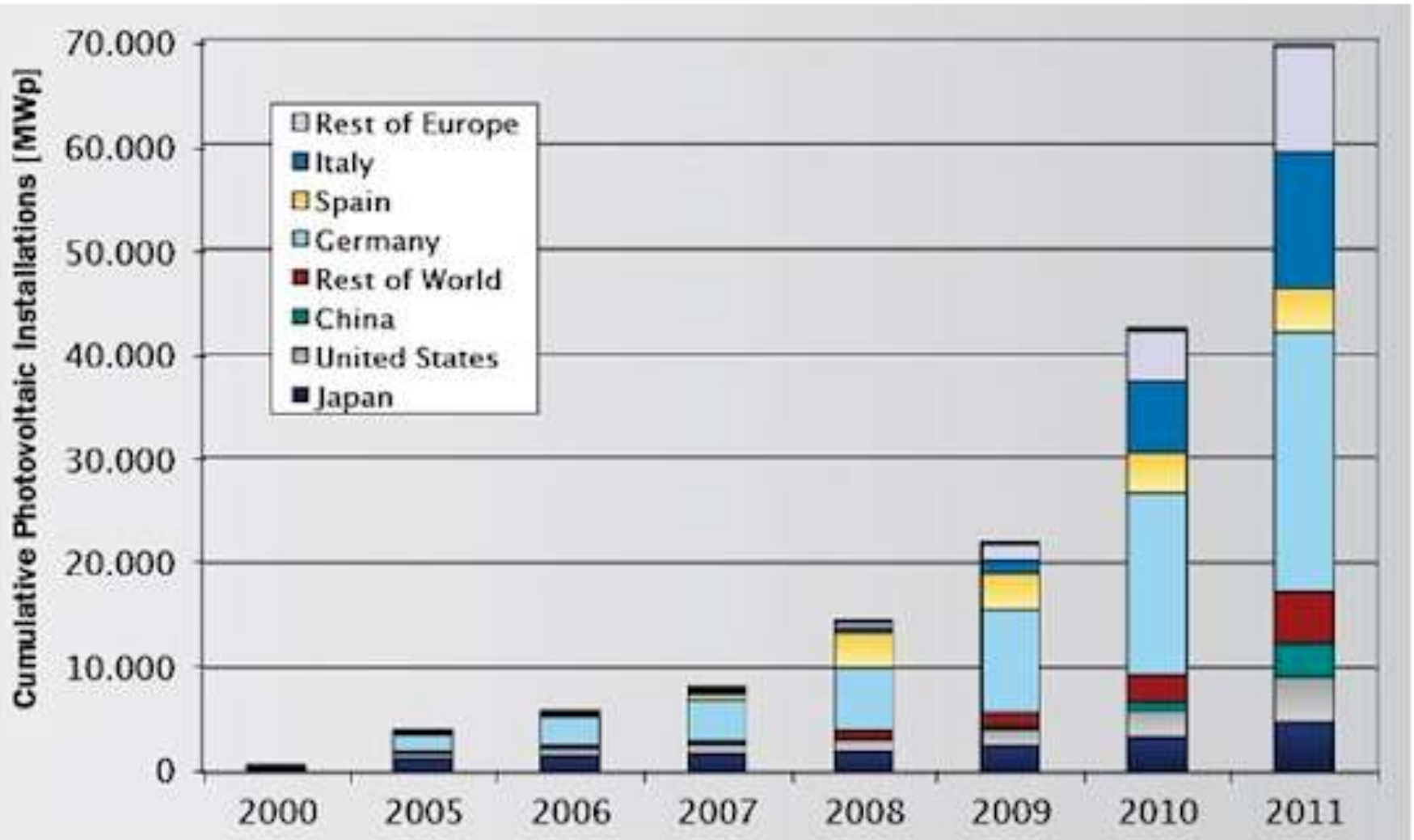


- u 2009. godini proizvođači solarnih fotonaponskih ćelija postavili su novi rekord sa 10.700 MW proizvedenih ćelija – rast od 51% u odnosu na godinu ranije
- 2011. – oko 37.000 MW; Kina – 60%
- Kina je najveći proizvođač s oko 60% 2012., a prate je Japan, Indija, Italija, Njemačka i SAD.
- Najveći korisnik fotonaponskih ćelija je Njemačka, koja je 2009., instalirala 3.800 MW što je tada bilo više od polovice svega što je instalirano na cijelom svijetu (7.200 MW). Italija je bila druga sa 730 MW, Japan i SAD treći i četvrti, s približno 500 MW.



- do 2012. instalirano je preko 100 GW solarnih fotonaponskih ćelija





3. **fokusiranje Sunčeve energije** - koristi se za pogon velikih generatora ili toplinskih pogona. Fokusiranje se postiže pomoću mnogo leća ili, češće, pomoću zrcala → glavni generator

- konfiguracije tipa "Power Tower" i "Dish". "Power tower" konfiguracije koriste kompjuterski kontrolirano polje zrcala za fokusiranje sunčevog zračenja na centralni toranj, koji onda pokreće glavni generator.
- do sada su napravljeni demonstracijski sistemi koji imaju izlaznu snagu i iznad 10 MW.
- "Dish" sistemi prate kretanje Sunca i na taj način fokusiraju sunčevo zračenje



"Power Tower" konfiguracija zrcala (Španjolska) fokusira Sunčevu energiju prema vrhu tornja.



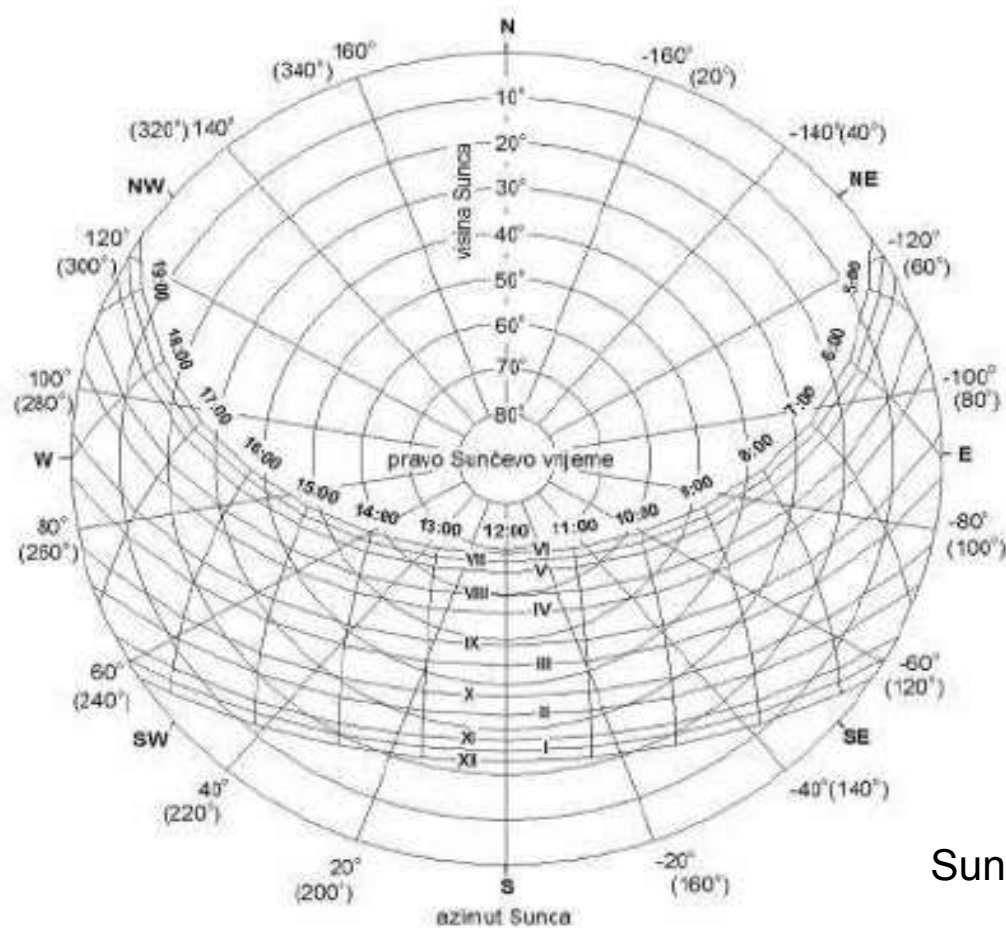
"Dish" sustavi prate kretanje Sunca i na taj način fokusiraju sunčevo zračenje



Solarna elektrana u Andaluziji

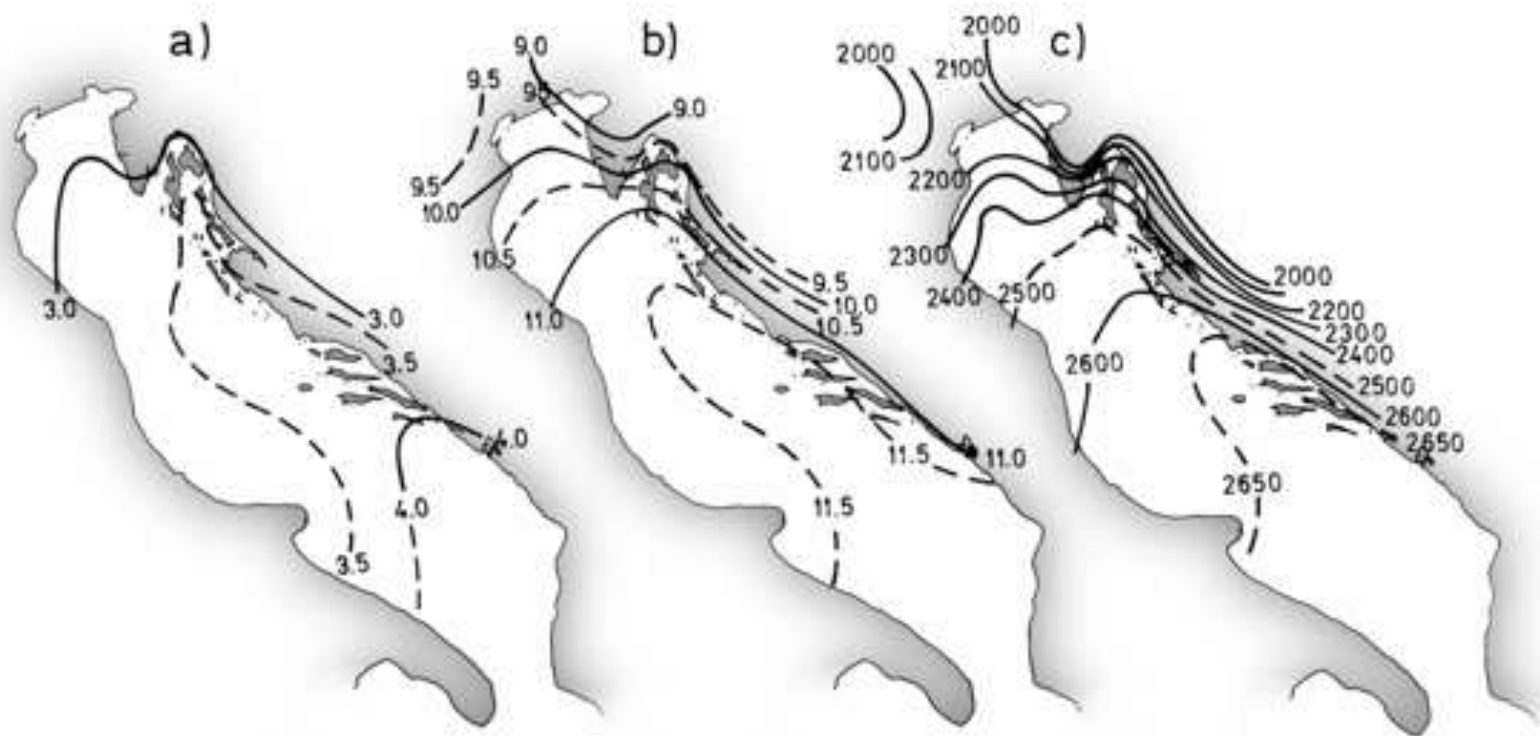
Klimatološke analize prije postavljanja heliotehničkih uređaja

- u Hrvatskoj se sve više postavljaju sunčani kolektori na kućama i zgradama → pojedinci za obiteljske kuće traže savjet klimatologa
- potreban je geometrijski proračun mogućeg osunčavanja + analiza ostalih klimatskih elemenata



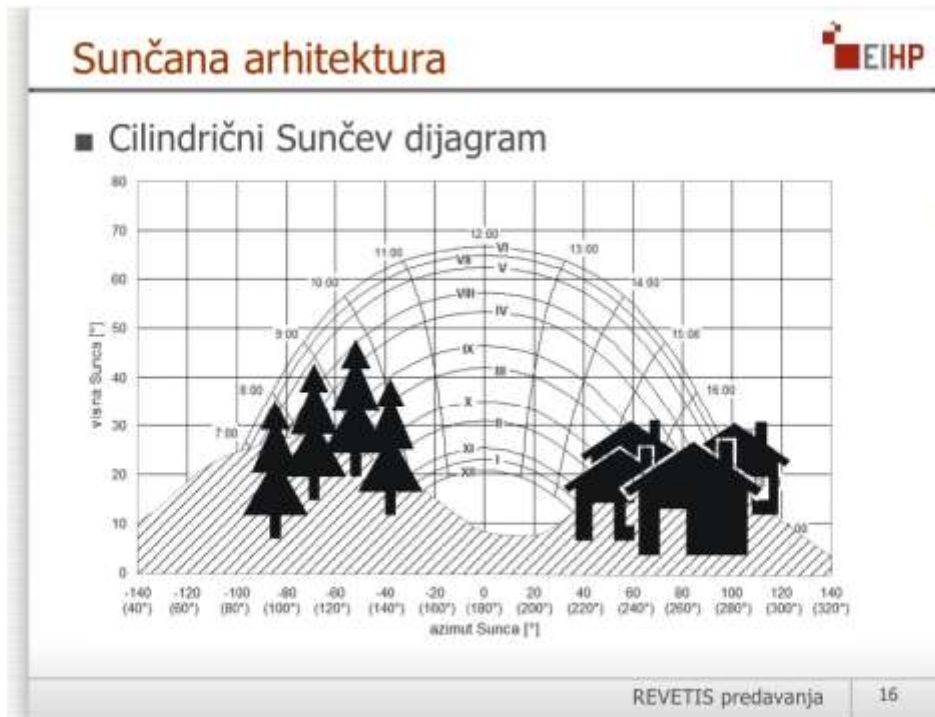
Sunčev dijagram - polarni

- klimatski elementi: **temperatura zraka, naoblaka, dozračena sunčeva energija, brzina vjetra**
- iz tih podataka treba ocijeniti ima li opravdanja za postavljanje heliotehničkih uređaja
- npr. sunčano grijanje zimi nije moguće tamo gdje je sunčeve energije malo i gdje je temperatura zraka vrlo niska

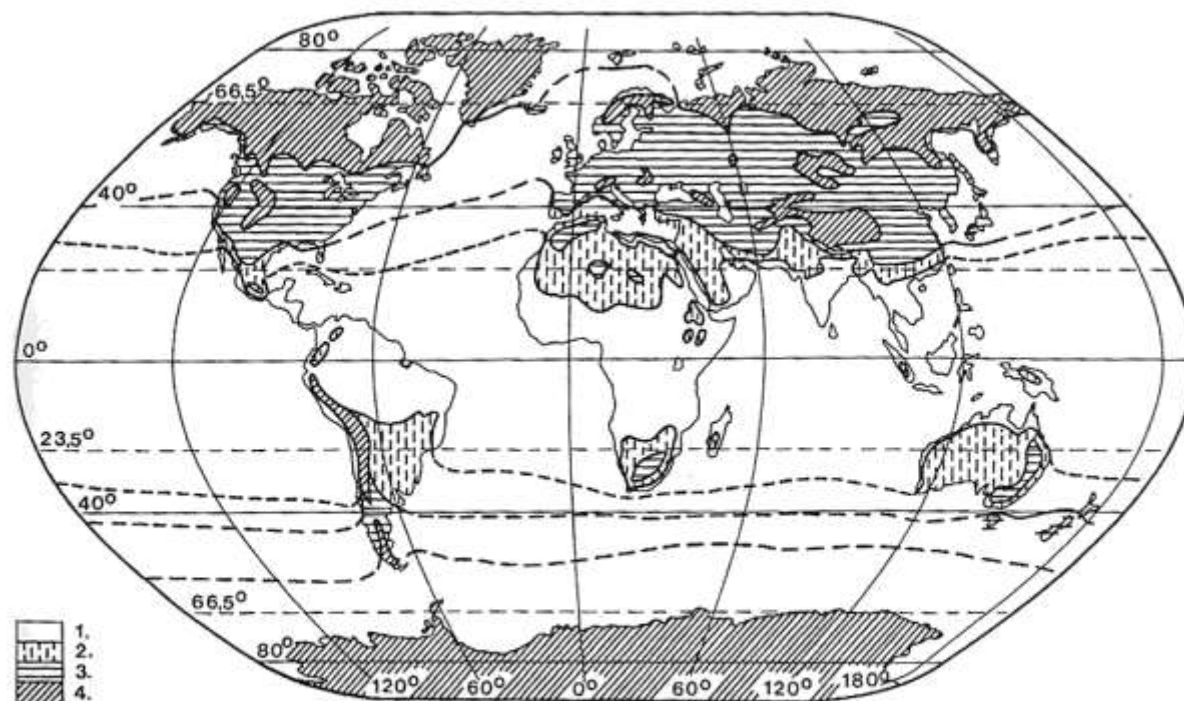


Raspodjela prosječnog dnevnog osunčavanja na Jadranu (sati): a) u prosincu, b) u srpnju i c) prosječno u godini. Izvedeno iz mjerenja za razdoblje 1961-1990. (Penzar i sur., 2001.)

- ako su opće klimatološke prilike povoljne, kolektori se postavljaju tako da nebo na njihovoj južnoj strani (od istoka prema zapadu) bude što slobodnije
- za bliže prepreke, koje strše iznad 10° , treba pomoću **sunčevog dijagrama** utvrditi u koje će doba dana i godine i uolikoj mjeri zasjenjivati kolektore
- zatim se iz podataka o **dozračenju sunčevoj energiji** i **osunčavanju** odredi najpovoljniji broj kolektora i veličina spremnika (akumulatora) → uređaj treba zadovoljiti potrebe uz najmanju cijenu
- tamo gdje je više uzastopnih oblačnih dana potrebni su veći spremnici a gdje je zračenje slabije treba više kolektora



- nagib i orijentacija panela na kolektoru određuje se tako da primi što više energije
- dozračena energija na kosu plohu preračunava se iz energije dozračene na vodoravnu plohu
- **iz temperature zraka i brzine vjetra** računa se hlađenje kolektora – o tome ovisi njegova djelotvornost
- iz prosječnog nastupa prvog i posljednjeg hladnog dana u jesen/proljeće može se utvrditi u kojem razdoblju treba sprječavati smrzavanje u kolektoru



Sl. 104. Trajanje bezmraznog razdoblja u svijetu; 1. bez mraza, 2. povremeni mraz, 3. više od 90 dana bez mraza i 4. manje od 90 dana bez mraza (prema sovjetskim izvorima: J. Blüthgen, 1966.)

Hrvatska - nedaleko Rijeke, izgrađena je na krovu pogona za preradu soli u **industrijskoj zoni Kukuljanovo** do sada najveća solarna fotonaponska elektrana u Hrvatskoj, ukupne snage 283 kWh; 2012. puštena u rad

- svu proizvedenu električnu energiju elektrana predaje u elektroenergetsku mrežu. Očekivana godišnja proizvodnja iznosi više od 300 tisuća kWh, što je dovoljno za opskrbu oko 100 kućanstava električnom energijom.
- osim ovog projekta instalirana je još veća solarna fotonaponska elektrana (315 kWh) u **gospodarskoj zoni Čaporice**, nedaleko Trilja, također na krovu, 2012. je puštena u rad tj. priključena je na elektroenergetsku mrežu (dovoljno struje za opskrbu 130 kućanstava godišnje).



Solarna elektrana na Promini – projekt nazvan »Solar Steam 50«. Riječ je o visokotemperaturnoj solarnoj elektrani s kolektorima ukupne instalirane snage 50 MW. Elektrana bi se prostirala na 650.000 m² od čega bi na površinu zrcala otpadalo 65.000 metara. Očekivana godišnja proizvodnja bila bi 110 do 130 GWh.



- Solarna elektrana odlično bi se nadopunjavala s hidroelektranama na Krki koje u ljetnim mjesecima proizvode minimalne količine struje.
- Npr. HE Miljacka zimi proizvodi 18 MW struje, a u ljetnim mjesecima svega 1,5 MW. Solarna elektrana na Promini ne bi proizvodila ugljični dioksid, odnosno ona bi godišnje uštedjela i do 93.000 tona CO₂, što bi značajno utjecalo na reduciranje emisija stakleničkih plinova

Primjer: Energetski neovisna kuća na Donjodravskoj obali (Osijek), 400 m².

- projekt gradnje jedinstvene eksperimentalne kuće koja će najveći dio potrebne energije dobivati od Sunca
- ta će se kuća sama i hladiti, pa i proizvoditi električnu energiju
- da bi se cijela kuća ujutro zagrijala, dovoljan je pritisak prstom na gumb → to će pokrenuti jednostavan elektronički sustav kontrole ventilatora koji nizom kanala upuhuju topli zrak iz staklenika u masivne zidove kuće. Zidovi i podovi griju prostor u kući, a za sve to nisu potrebne tisuće kW električne energije ni tisuće kubika zemnog plina.



- kuća je orijentirana u smjeru sjever-jug s tim da je na sjeveru minimalan broj otvora i prozora, a južna je strana gotovo posve u staklu.
- na taj način cijeli taj dio služi kao aktivan prijarnik sunčane energije.
- srce sustava pasivnog sunčanog zagrijavanja objekta: sedam metara visoki i šest metara široki staklenik u središtu kuće. Zagrijani zrak u stakleniku izdiže se do vrha gdje ga usisavaju ventilatori

