

Portal PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) – źródło wiedzy oraz użyteczne narzędzia z zakresu energetyki słonecznej.

Cel ćwiczenia:

Zapoznanie się z funkcjonalnościami portalu PVGIS oraz nabycie umiejętności ich praktycznego wykorzystania.

Przebieg ćwiczenia (obu części) :

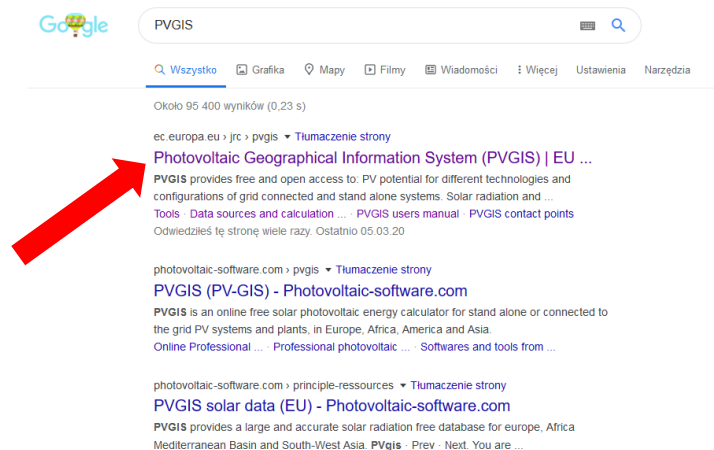
1. Zapoznanie się z mapami nasłonecznienia oraz mapami ukazującymi potencjał produkcji energii elektrycznej z systemu fotowoltaicznego w danej lokalizacji.
2. Zapoznanie się z rozkładem dostępności energii słonecznej w ujęciu rocznym, sezonowym, miesięcznym, dziennym i godzinowym.
3. Oszacowanie produkcji energii elektrycznej w stacjonarnym systemie fotowoltaicznym podłączonym do publicznej sieci elektroenergetycznej (on-grid)
4. Oszacowanie produkcji energii elektrycznej w nadążnym systemie fotowoltaicznym podłączonym do publicznej sieci elektroenergetycznej (on-grid)
5. Symulacja pracy wyspowego (off-grid) systemu fotowoltaicznego.

Na końcu opisu każdej części ćwiczenia podany jest zakres pracy własnej, której wyniki należy umieścić w sprawozdaniu.

Wstęp.

Portal PVGIS jest portalem finansowanym przez Komisję Europejską i został stworzony w European Commission Joint Research Centre (Ispra, Włochy). Jego zadaniem jest propagowanie wykorzystania energii słonecznej poprzez **całkowicie darmowe** udostępnianie odpowiednich narzędzi symulacyjnych, jak również danych o nasłonecznieniu w różnych rejonach globu.

Na początku ćwiczenia uruchom przeglądarkę internetową i w okienku wyszukiwania wpisz **PVGIS**.



Kliknij na pierwszy wyświetlany link (ec.europa.eu > jrc > pvgis)

Subscribe | Europa Analytics | Cookies | Legal notice | Contact | Search | Brexit content disclaimer | English (en)

EU SCIENCE HUB
The European Commission's science and knowledge service

European Commission > EU Science Hub > Pvgis

Home

Tools

- Grid-connected PV systems
- Tracking PV systems
- Off-grid PV systems
- Monthly radiation
- Daily radiation
- Hourly radiation
- TMY generator
- Horizon profile

Downloads

- PVGIS data download
- Country and regional maps
- PVMAPS

Documentation

- Getting started with PVGIS
- PVGIS users manual
- Data sources and calculation methods
- Other sources
- Frequently Asked Questions

Releases

- History & Bug fixes
- PVGIS 5.1
- PVGIS 5

About us

- About the project
- PVGIS contact points

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

Try the PVGIS tools:

- PV Performance**
Grid connected, Tracking PV, Off grid
PV Performance tool
- Solar radiation**
Monthly, Daily, Hourly
Solar radiation tool
- TMY**
Typical Meteorological Year
Temperature, wind, humidity, air pressure, ...
TMY tool

PVGIS is available in English, French, Italian and Spanish for any location in Europe and Africa, as well as large part of Asia and America.

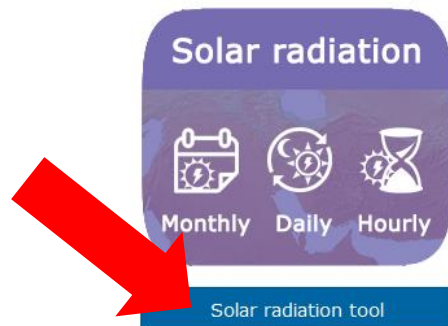
PVGIS provides free and open access to:

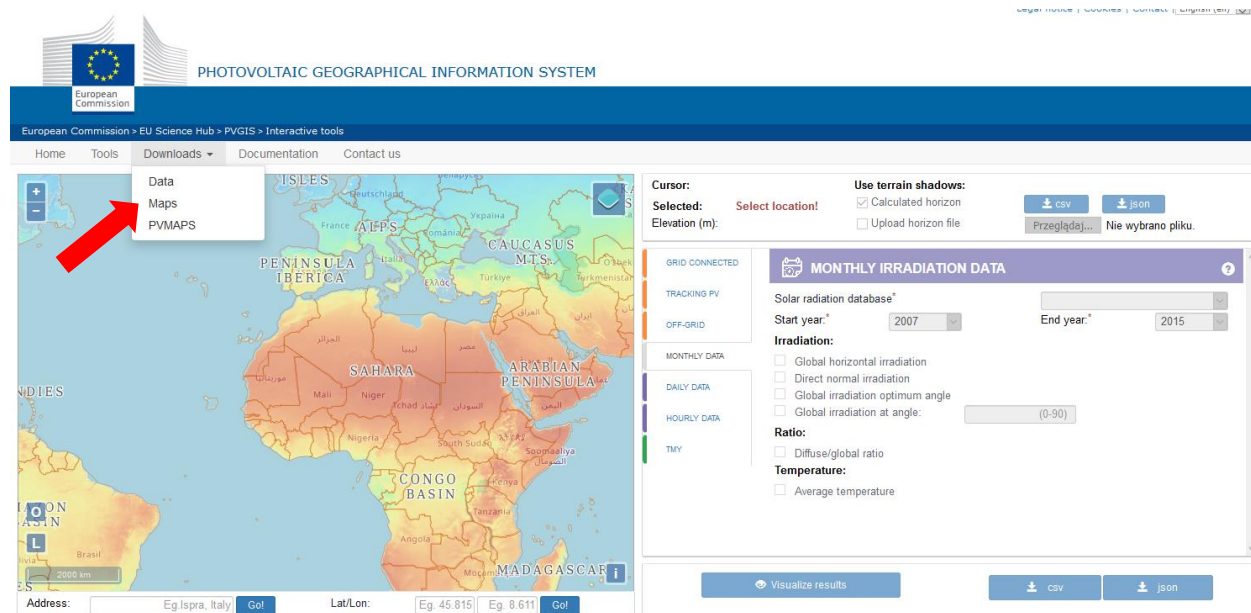
- PV potential for different technologies and configurations of grid connected and stand alone systems.
- Solar radiation and temperature, as monthly averages or daily profiles.
- Full time series of hourly values of both solar radiation and PV performance.
- Typical Meteorological Year data for nine climatic variables.
- Maps, by country or region, of solar resource and PV potential ready to print.
- PVMAPS software includes all the estimation models used in PVGIS.

Na stronie głównej portalu zaakceptuj cookies (na samej górze ekranu) a następnie zapoznaj się z informacjami ogólnymi umieszczonymi na tej stronie oraz danymi historycznymi o projekcie (zakładka **About us** – po lewej stronie ekranu). Zapoznaj się z przewodnikami używania portalu (zakładki „Getting started with PVGIS” oraz „PVGIS users manual”)

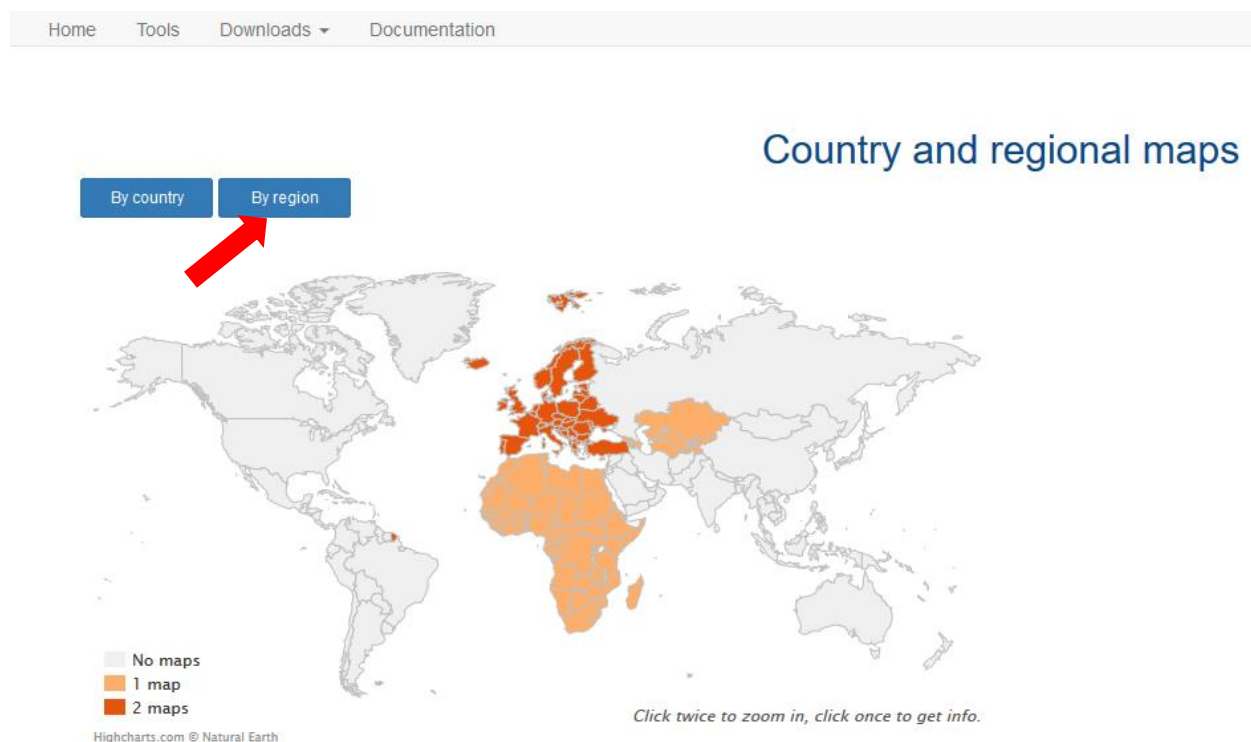
1. Mapy nasłonecznienia.

Na stronie głównej portalu wybierz „Solar radiation tool”



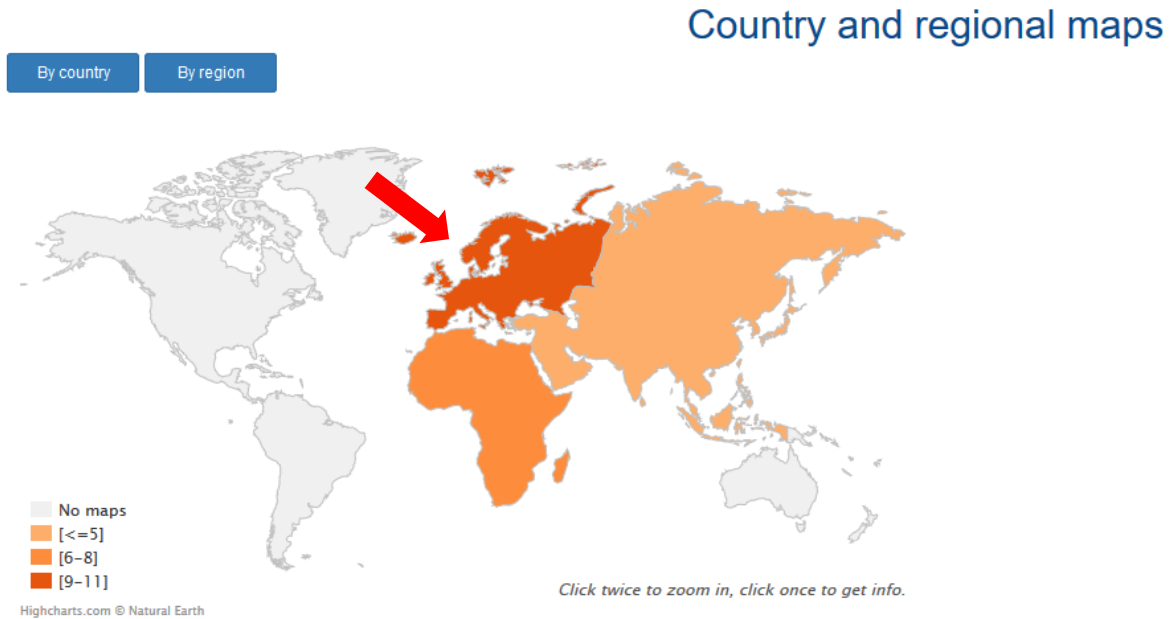


Na kolejnym oknie wybierz **Downloads > Maps**

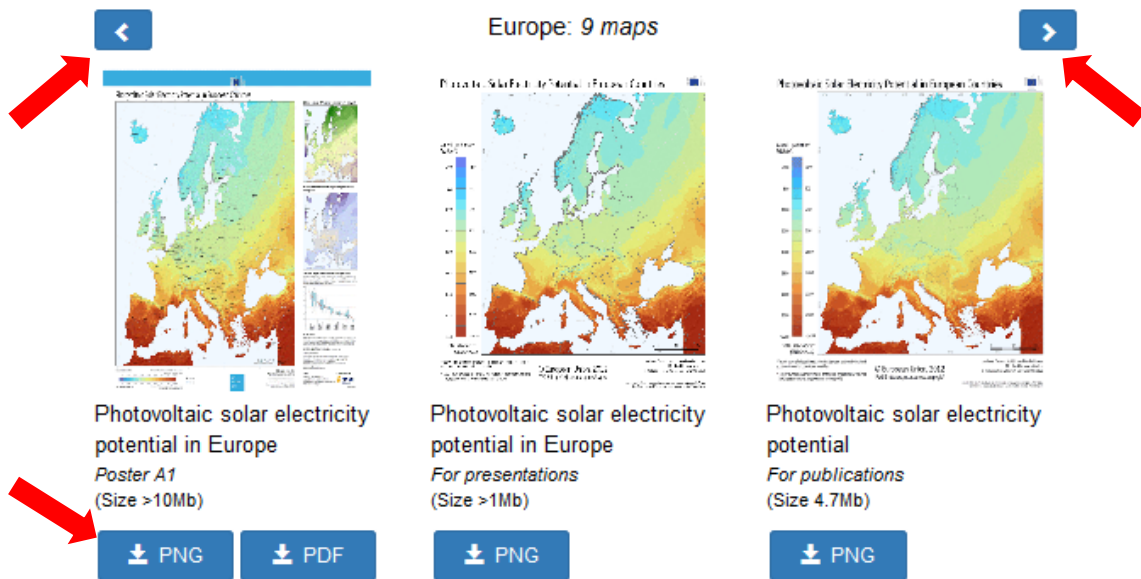


Pojawi się mapa ogólna z możliwością wyboru map poszczególnych krajów (głównie w Europie i Afryce). W zależności od dostępnych danych pomiarowych dla poszczególnych krajów dostępne są jedna lub dwie mapy. Jedna mapa to **całoroczne** nasłonecznienie w płaszczyźnie horyzontalnej wyrażone w **kWh/m²**. Gdy jest dostępna druga mapa to podaje ona **całoroczne** nasłonecznienie dla **optymalnie zorientowanej powierzchni** (azymut i pochylnie) w danej lokalizacji. Analizę nasłonecznienia w poszczególnych krajach

zajmiemy się w dalszej części ćwiczenia a teraz rozpatrzmy ten parametr w ujęciu kontynentalnym. Na widocznym obrazku kliknij „**By region**”, a następnie wybierz **Europeę**.

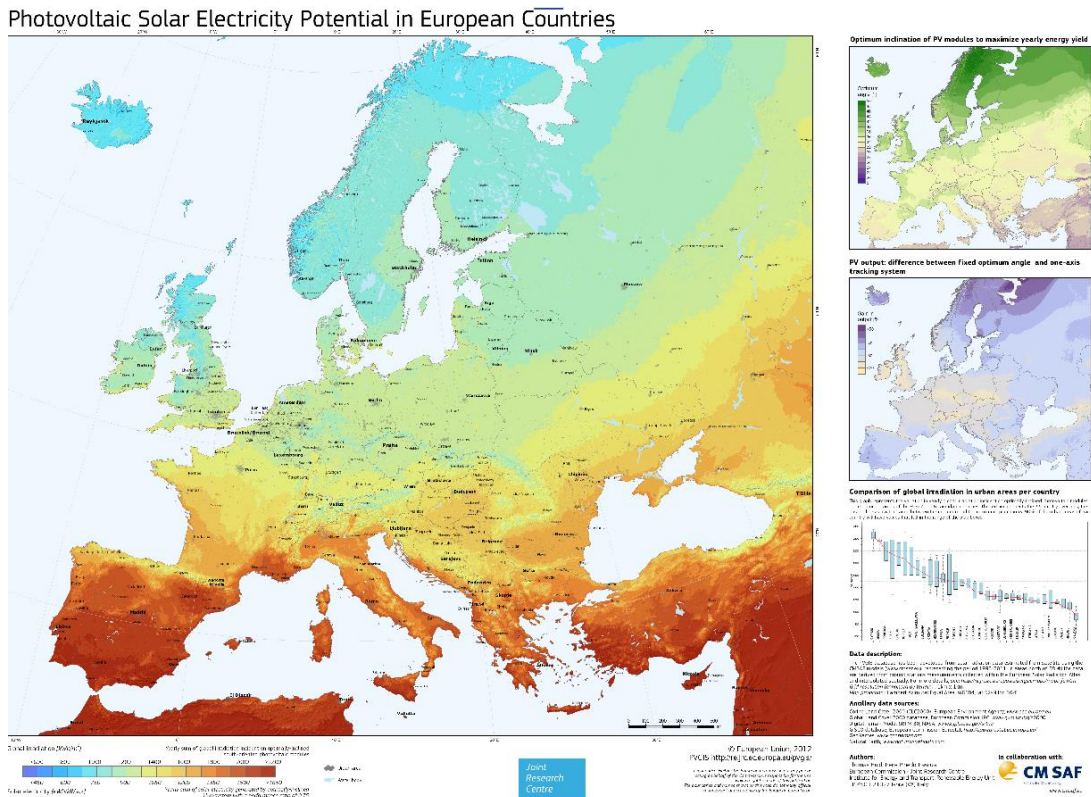


Do dyspozycji jest 9 map (podgląd przewijany ekranowymi klawiszami strzałek) ukazujących różne aspekty związane z energetyką słoneczną. Jedną z ciekawszych jest mapa pokazująca wpływ spektrum promieniowania słonecznego na produkcję energii elektrycznej w cienkowarstwowych modułach CdTe.



Mapy są w różnych rozdzielczościach (mają większą lub mniejszą objętość) – w zależności od ich finalnego przeznaczenia (wydruk wielkoformatowy, prezentacja, publikacja).

Do dalszej analizy wybierz mapę „**Photovoltaic solar electricity potential in Europe**” w formacie **PNG**.



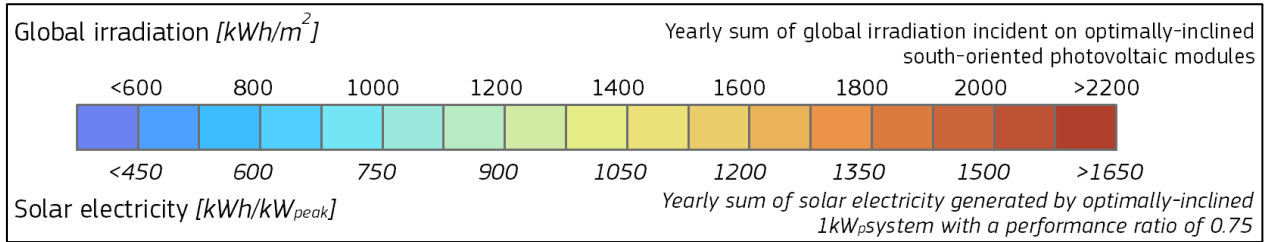
Na rysunku pojawiają się cztery mapy. Główna (największa) pokazuje **całoroczną** wartość nasłonecznienia (global irradiation) na **optymalnie pochylonej** (dla każdej lokalizacji kąt pochylecia jest inny) i skierowanej na południe (w kierunku Równika) płaszczyzny modułów fotowoltaicznych (lub innych urządzeń przetwarzających energię słoneczną – np. kolektorów słonecznych), przy założeniu braku jakiegokolwiek zacienienia od przeszkód terenowych (budynki, drzewa, słupy itp.). Wykorzystując współczynnik Performance Ratio (PR) można podaną wartość nasłonecznienia łatwo przeliczyć na produkcje energii elektrycznej w systemie fotowoltaicznym:

$$E_{OUT} = \frac{Irr_{GLOB} * P_{PV} * PR}{G_{STC}}$$

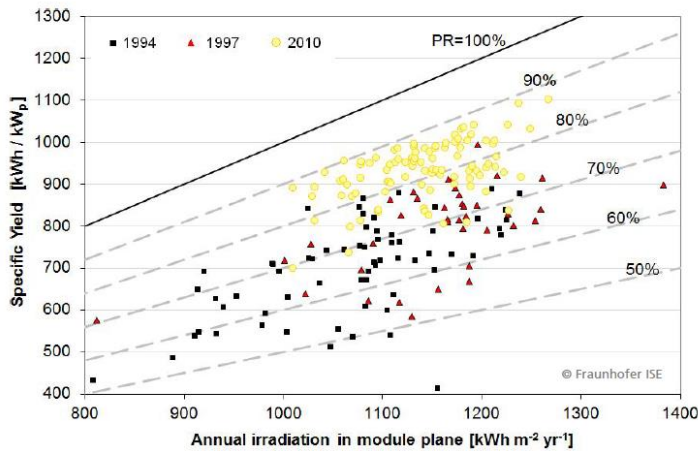
Gdzie:

- E_{OUT} – energia elektryczna uzyskana z systemu fotowoltaicznego [kWh]
- Irr_{GLOB} – całkowite nasłonecznienie w płaszczyźnie modułów [kWh/m^2]
- P_{PV} – moc modułów fotowoltaicznych [kW]
- PR – Performance Ratio [%] (ale zapisane w formie dziesiętnej) . PR może się odnosić do samych modułów fotowoltaicznych jak również do całego systemu fotowoltaicznego (z uwzględnieniem strat w falowniku oraz w przewodach).
- G_{STC} – strumień światła w warunkach testu standardowego (STC) równy $1\text{ kW}/m^2$. Są to warunki, w których cechuje się (wyznacza się moc znamionową) moduły fotowoltaiczne.

W lewym dolnym rogu mapy głównej znajduje legenda obrazująca dwa opisane powyżej parametry.



Górne wartości (nad kolorową skalą) dotyczą wartości całorocznego nasłonecznienia na optymalnie pochylonej i kierowanej na południe płaszczyźnie modułów fotowoltaicznych, natomiast wartości dolne pokazują ile energii elektrycznej wyprodukuje rocznie system fotowoltaiczny o mocy 1kW (kW_{peak} to zwyczajowe oznaczenie mocy nominalnej systemu fotowoltaicznego wyznaczonej w warunkach STC) zainstalowany pod takim właśnie kątem. Należy zwrócić uwagę, że mapy zostały opracowane w roku 2012, a współczynnik PR przyjęto równy 0,75. Mówiąc ogólnie (dokładne opracowanie w ramach pracy własnej) współczynnik PR porównuje zachowanie się systemu fotowoltaicznego w konkretnych warunkach pogodowych do pracy idealnego systemu fotowoltaicznego (ze znamionowymi parametrami sprawności) przy tych samych warunkach pogodowych. O ile wartości nasłonecznienia nie bardzo się zmieniły przez ostatnie 8 lat, to postęp technologiczny sprawił, że obecnie systemy fotowoltaiczne pracują bliżej swoich parametrów nominalnych. Badania (fragment Raportu PV Instytutu Fraunhofera z roku 2019 na poniższym rysunku) pokazują, że w roku 2020 współczynnik PR należy przyjmować na poziomie co najmniej 0,85. Ma to znaczący wpływ na prognozowanie produkcji energii elektrycznej w oparciu o w/w mapy.



In the 1990's

- Typical PR ~70 %
- Widely ranging PR values

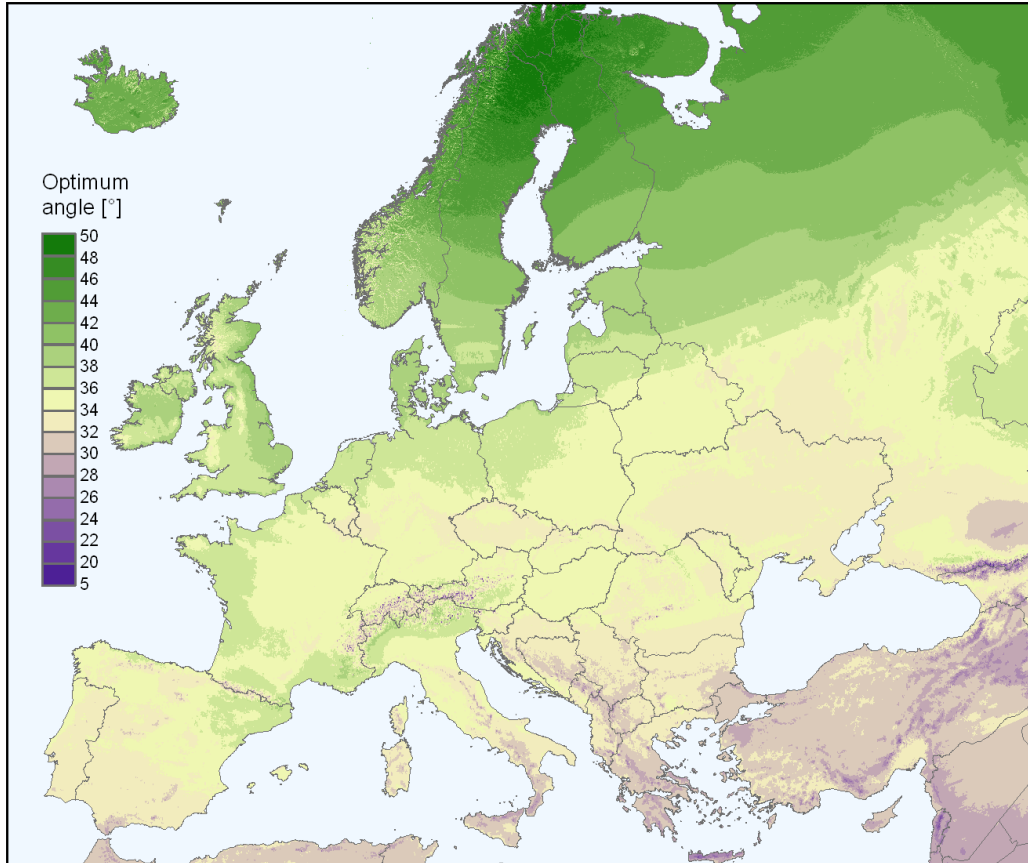
Today

- Typical PR ~80-90 %
- Less variance in PR as compared to 1990's

Source: Fraunhofer ISE "1000 Dächer Jahresbericht" 1994 and 1997; 2011 system evaluation

Pierwsza mała mapa po prawej stronie pokazuje optymalne kąty pochylenia modułów fotowoltaicznych w różnych rejonach Europy.

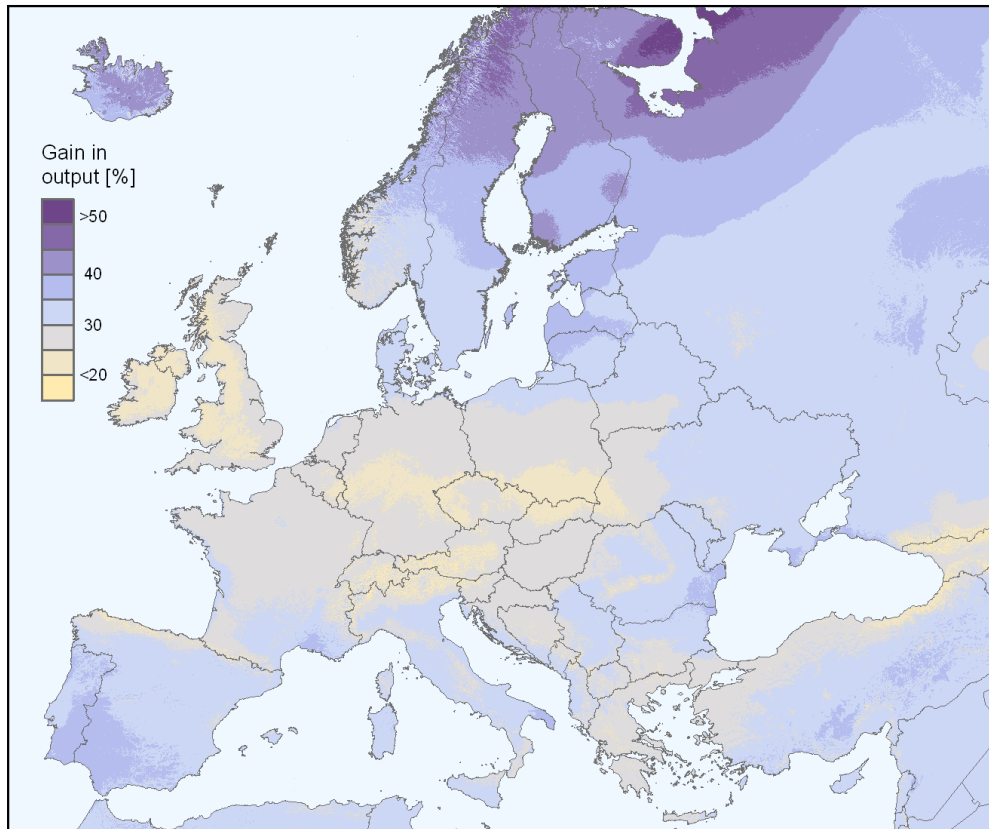
Optimum inclination of PV modules to maximize yearly energy yield



Optymalny całoroczny kąt pochylenia gwarantuje maksymalną dostępność energii słonecznej na tak pochyłonej powierzchni (rozumianą jako całoroczna suma dostępnej energii). Kąt liczy się od powierzchni horyzontalnej: 0° oznacza powierzchnię płaską a 90° powierzchnię pionową.

Druga mała mapa po prawej stronie pokazuje zwiększenie produkcji energii elektrycznej w systemie fotowoltaicznym przy przejściu z montażu stałego (całoroczny, optymalny kąt pochylenia) na układ jednoosiowego śledzenia pozycji Słońca. Na mapie brak szczegółowego opisu ale prawdopodobnie chodzi o śledzenie w układzie wschód-zachód przy stałym kącie pochylenia modułów PV.

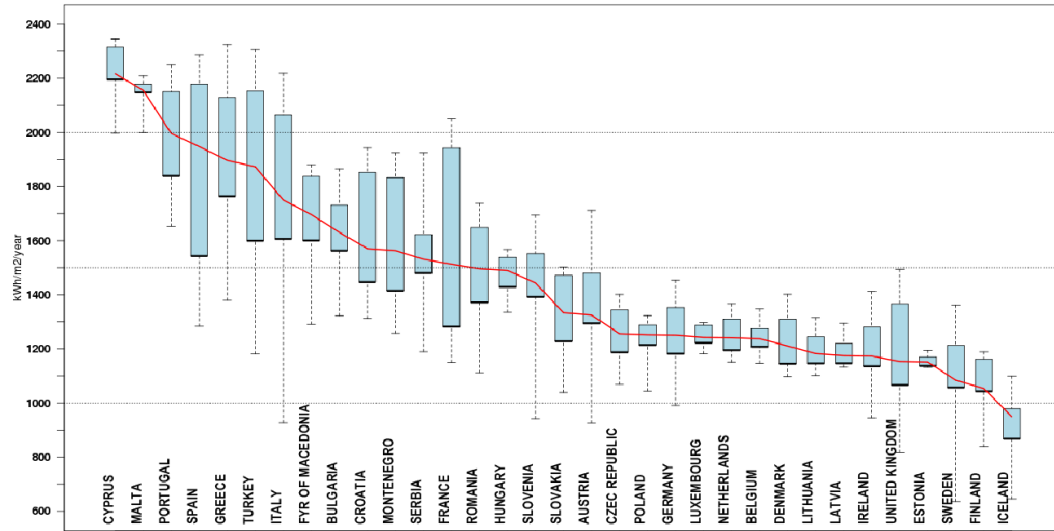
PV output: difference between fixed optimum angle and one-axis tracking system



Trzecia mała mapa po prawej stronie – dostępność nasłonecznienia (na optymalnie pochylonych modułach PV) na terenach zurbanizowanych w poszczególnych krajach UE.

Comparison of global irradiation in urban areas per country

This graph represents the variation in yearly global irradiation incident on optimally-inclined photovoltaic modules placed in urban areas of the EU-27 and 6 candidate countries. The red line connects the 33 country averages, the dashed lines show the range between the minimum and the maximum per country. 90% of the urban areas of each country will have values that fall in the range of the blue boxes.



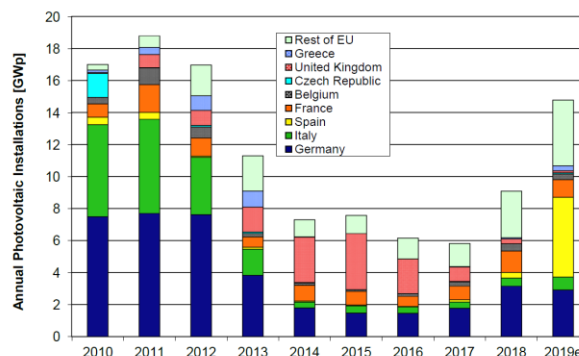
Szczegółowe mapy nasłonecznienia w poszczególnych krajach.



Na ogólnej stronie z mapami wybierz „By country” a po załadowaniu ogólnego widoku map (jak na rysunku powyżej) dwukrotnie kliknij na kraj, którego mapę chcesz zobaczyć.

Poniżej zostaną zaprezentowane mapy dla Polski, jednak należy zapoznać się z mapami dla europejskich krajów wybranych w poprzednim punkcie (najmniejsze i największe nasłonecznienie) oraz dla krajów z poniższej listy:

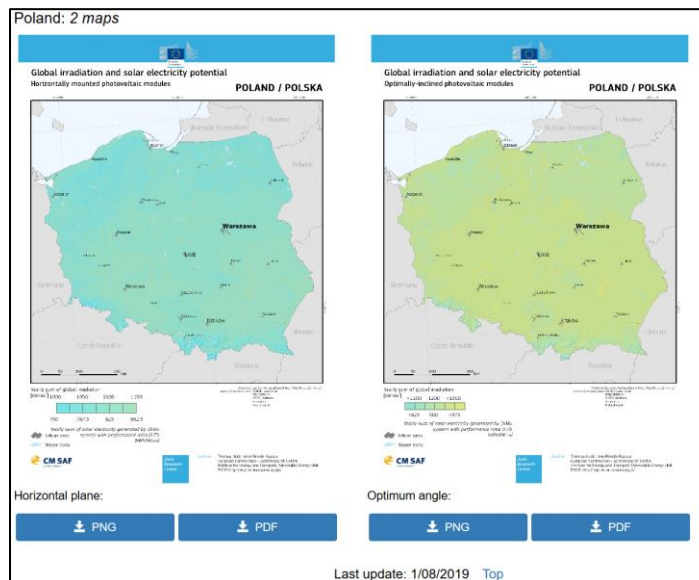
- Niemcy – kolebka fotowoltaiki. Obecnie w Niemczech jest zainstalowane jest ok 9% mocy wszystkich systemów fotowoltaicznych działających na całym globie.
- Hiszpania – gwałtowny rozwój fotowoltaiki doprowadził niewłaściwe taryfy gwarantowane (FIT skopiowane z rynku niemieckiego) do krachu na rynku energii elektrycznej w roku 2008. Od tamtego czasu do roku 2019 w Hiszpanii obowiązywało moratorium na budowę systemów PV. Obecnie Hiszpania ponownie zaczyna inwestować w fotowoltaikę.
- Czechy – podobna sytuacja jak w Hiszpanii – spekulacyjne inwestycje w fotowoltaikę w latach 2009-2010 doprowadziły do gwałtownego wzrostu zainstalowanej mocy PV, rozchwiania rynku energii oraz szeregu restrykcji finansowych dla branży PV
- Francja – produkcja energii opiera się tu głównie na elektrowniach jądrowych jednak od kilku lat obserwuje się wzrastające zainteresowanie fotowoltaiką (jednej z największych europejskich rynków w roku 2019).
- Niderlandy (dawniej Holandia) – jeden z krajów europejskich, które bardzo poważnie podchodzą do transformacji energetycznej wykorzystując odnawialne źródła energii. Od kilku lat Niderlandy są jednym z czołowych europejskich rynków PV.
- Włochy – kraj o bardzo dobrych warunkach nasłonecznienia, w którym rozwój fotowoltaiki był inspirowany głównie przez branżę architektoniczno- budowlaną. Promowano stosowanie PV na budynkach (istniejących, nowobudowanych oraz przebudowywanych) oraz lokalną (w obrębie tego samego budynku) konsumpcję energii elektrycznej generowanej przez system fotowoltaiczny.
- Wielka Brytania – intuicyjne w tym kraju główną technologią OZE powinny być turbiny wiatrowe (wyspy z bardzo długą linią brzegową). Mimo to rozwój PV w Wielkiej Brytanii jest bardzo dynamiczny od roku 2010 (wprowadzenie taryf gwarantowanych). W latach 2014-2016 Wielka Brytania była głównym europejskim rynkiem PV (zobacz poniższy wykres) z corocznie instalowanymi nowymi mocami PV na poziomie 3GW.
- Polska - jeden z najbardziej zacofanych rynków PV w Europie. Rozwój fotowoltaiki rozpoczął się dopiero w roku 2015 co było spowodowane krótkowzrocznymi decyzjami politycznymi. Obecnie największym segmentem rynku PV w Polsce instalacje prosumenckie (obywatelska, rozproszona generacja energii na potrzeby własne). Wynika to z ułatwień administracyjnych dla mikroinstalacji OZE (instalacje do mocy 50kW), przystępności cenowej i łatwości montażu fotowoltaiki oraz strachu przed gwałtownymi podwyżkami cen sieciowej energii elektrycznej.



Source: [Sol 2019, Sys 2019] and own analysis

Nowe moce PV instalowane w UE w danym roku. Źródło: Jäger-Waldau, A., JRC, PV Status Report 2019

Po wybraniu Polski z mapy ogólnej pojawiają się dwie mapy szczegółowe dostępne dla naszego kraju: nasłonecznienie w płaszczyźnie horyzontalnej oraz nasłonecznienie na optymalnie pochylonej płaszczyźnie.



Podstawą analizy potencjału wykorzystania energii słonecznej w danym kraju jest mapa nasłonecznienia w płaszczyźnie horyzontalnej.



Należy zwrócić uwagę na wartość całorocznego promieniowania słonecznego [kWh/m^2] oraz ewentualną zmienność tej wartości w różnych rejonach kraju (występowanie obszarów lepszym lub gorszym nasłonecznieniu).

O realnie możliwej do uzyskania z systemu fotowoltaicznego energii elektrycznej możemy wnioskować z mapy nasłonecznienia dla optymalnie pochylonej płaszczyzny.

Global irradiation and solar electricity potential
Optimally-inclined photovoltaic modules **POLAND / POLSKA**



Przypominam, że przeliczenia nasłonecznienia na produkcję energii elektrycznej w systemie PV na w/w mapach dokonano w oparciu o zanizony współczynnik PR (wyjaśnienie przy mapach kontynentalnych), dlatego do opracowania własnego w sprawozdaniu należy użyć skorygowanego współczynnika PR. Dodatkowo należy mieć na uwadze, że wartości podane na mapach odnoszą się pojedynczej płaszczyzny fotowoltaicznej i nie uwzględniają efektów częściowego zacielenia (zwykle okresowo występującego) instalacji fotowoltaicznej. W przypadku farm fotowoltaicznych (zabudowa wielorzędowa), stosuje się mniejsze (nieoptymalne) kąty pochylenia modułów PV w celu zmniejszenia efektu wzajemnego zacielenia się rzędów oraz lepszego wykorzystania powierzchni działki. Tak więc, dane umieszczone na

mapach należy traktować jako wartości maksymalne, które rzadko będą osiągnane przez rzeczywiste systemy PV.

Po dokonaniu przeglądu map dla skazanych krajów należy wypełnić poniższą tabelę i umieścić ją w sprawozdaniu:

Kraj	Nasłonecznienie w płaszczyźnie horyzontalnej		Produkcja energii elektrycznej z 1kWp optymalnie pochylonego systemu PV		Uwagi
	najniższe	najwyższe	najmniejsza	największa	
	[kWh/m ² /rok]	[kWh/m ² rok]	[kWh/kWp rok]	[kWh/kWp rok]	Tutaj należy krótko scharakteryzować dany kraj pod względem potencjału PV – jednorodność bądź różnorodność warunków, położenie obszarów najlepszych i najgorszych itd.

Praca własna (do sprawozdania):

1. Co to jest współczynnik PR i dlaczego nie wynosi 100%.
2. Na głównej mapie znajdź europejskie kraje o najmniejszym i największym potencjale pozyskiwania energii słonecznej i wymień je wraz z odpowiednią mapą w sprawozdaniu.
3. Określ zakres optymalnych kątów pochylenia modułów fotowoltaicznych w Europie i powiedz z od jakiego parametru lokalizacyjnego (długość czy szerokość geograficzna) jest zależny ten kąt.
4. Postaraj się określić przybliżoną relację matematyczną między parametrem znalezionym w poprzednim punkcie a optymalnym kątem pochylenia modułów fotowoltaicznych.
5. Jaki jest optymalny, całoroczny kąt pochylenia modułów fotowoltaicznych w Polsce?
6. Jakiego przyrostu produkcji energii z systemu fotowoltaicznego można się spodziewać w Europie dzięki zastosowaniu jednoosiowego trackera ? Podaj zakres tego przyrostu. Wskaż kraje, w których jest on największy i spróbuj wyjaśnić dlaczego. Jaki przyrost produkcji energii elektrycznej da zastosowanie jednoosiowego trackera w Polsce?
7. Porównaj dostępność energii słonecznej w Polskich miastach z innymi miastami w pozostałych państwach europejskich. Porównanie ma dotyczyć zarówno wartości średniej jak i różnic dla poszczególnych miast. Porównanie ma wykazać czy Polska charakteryzuje się w miarę jednakową dostępnością energii słonecznej we wszystkich miastach czy też występują u nas zarówno obszary o bardzo dobrych jak i o bardzo słabych warunkach słonecznych (np. jak we Włoszech lub w UK).
8. Korzystając z darmowych map na komercyjnym portalu SolarGIS (<https://solargis.com/maps-and-gis-data/overview>) porównaj dostępność energii słonecznej w Europie i na innych kontynentach. Wnioski umieść w sprawozdaniu.
9. Wypełnij tabelę danymi z map wskazanych krajów.
10. Spróbuj wyjaśnić dlaczego te same stawki taryf gwarantowanych (kwoty uzyskiwane za energię wyprodukowaną w PV i wprowadzoną do publicznej sieci elektroenergetycznej) w Niemczech stymulowały równomierny rozwój branży a w Hiszpanii doprowadziły do lawinowego wzrostu budowy farm PV i niemal spowodowały krach na rynku energii. Aby zrozumieć to zjawisko sprawdź jaka jest istota taryf gwarantowanych (FiT) szczególnie w zakresie fotowoltaiki, jaka była relacja ich stawek do cen energii sieciowej w na początku systemowego rozwoju fotowoltaiki w danym kraju (np. Niemcy 2006, UK 2010) oraz kto tak naprawdę ponosi koszty finansowania systemu taryf gwarantowanych?