

Cluster
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB FotoVoltaico

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
27 marzo 2009 - Sala convegni Provincia dell'Ogliastra,
Via Pietro Pistis, Loc. Scal e Murta, Lanusei



La radiazione solare e cenni alle procedure di calcolo

Carla Sanna
sanna@sardegna ricerche.it



1

Cluster
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB FotoVoltaico

SOMMARIO


La radiazione solare - generalità

Radiazione al suolo: componenti diretta, diffusa e riflessa

Mappe isoradiative, tabelle di irraggiamento medio e analisi di produttività

Software di analisi: **SUNSIM™**

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)



Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

2

Cluster
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB FotoVoltaico

- L'energia solare è una delle fonti di energia primarie
- Non è esauribile
- Non inquina




Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

3

Cluster
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB FotoVoltaico

- L'energia irradiata dal sole deriva dai processi di **fusione (termo) nucleare** dell'idrogeno al suo interno



- L'energia solare si propaga simmetricamente nello spazio fino ad investire la terra, in particolare la fascia esterna della atmosfera terrestre



Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

4

cluster Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

- La potenza irradiata complessivamente dal sole è pari ad oltre **60.000 kW per metro quadrato**
- La potenza disponibile decresce via via che aumenta la distanza dal sole, e dopo aver percorso i circa 150 milioni di km che separano la terra dal sole assume un valore molto più ridotto, di poco superiore ad **1.35 kW/m²**



COSTANTE SOLARE = 1.367 kW/m²

- La costante solare è da intendersi come un **valore medio di riferimento**, perché la potenza che raggiunge la fascia esterna della atmosfera terrestre in realtà **oscilla**, principalmente a causa della variazione periodica della distanza terra-sole

SARDEGNA RICERCHE


Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

5

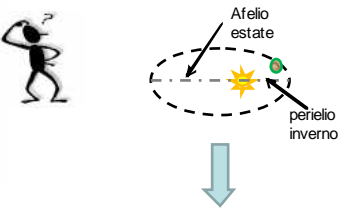
cluster Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

Andamento annuale della radiazione solare extra-atmosferica



l'orbita della terra ha forma ellittica



Nei mesi **estivi** nonostante la maggior distanza terra-sole la radiazione incide a 90° nel nostro emisfero quindi attraversa il minor spessore di atmosfera (AM=1)

Nei mesi **invernali** anche se la distanza terra-sole è minima la radiazione incide a con angoli >90° e quindi attraversa uno spessore maggiore di atmosfera. (AM >1)

Nei mesi di giugno e luglio la distanza terra-sole è massima

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

6

cluster Energie rinnovabili in Sardegna

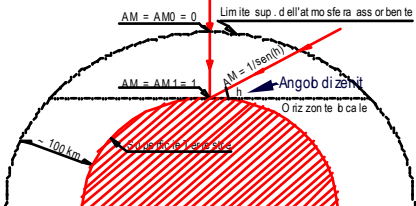
LAB Foto voltaico

Per quantificare la diversa entità della radiazione, in funzione della posizione del sole, si fa spesso riferimento al concetto di:

Air Mass 'AM' → Rapporto tra la lunghezza del percorso effettivo dei raggi solari e la lunghezza del loro percorso più breve → $AM = 1 / \sin(h)$ dove h è l'angolo di zenit;

Air Mass One 'AM1' → condizione di AM in condizioni di atmosfera standard, valutato sulla superficie terrestre e misurato al livello del mare;

Air Mass Zero 'AM0' → condizione di AM fuori l'atmosfera.



SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

cluster Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

- Sulla superficie terrestre si registra un valore della potenza **inferiore rispetto alla costante solare**, a causa dei fenomeni di assorbimento e riflessione che hanno luogo nel percorso attraverso l'atmosfera

Sia nelle normative di riferimento che nella pratica impiantistica, il **valore massimo** della radiazione disponibile istantaneamente e al suolo si assume pari a circa

1 kW/m²



SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

8

CLUSTER
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

La radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre si distingue in:

- rad. diretta
- rad. diffusa
- rad. riflessa

Le proporzioni di radiazione diretta, diffusa e riflessa ricevuta da una superficie dipendono da:

- condizioni meteorologiche
- inclinazione e orientamento della superficie e
- presenza di elementi riflettenti

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

9

LAB Foto voltaico
Energie rinnovabili in Sardegna

La radiazione **diretta** colpisce una qualsiasi superficie con un unico e ben definito angolo di incidenza.

La radiazione **diffusa** incide invece su tale superficie con vari angoli. (i dispositivi FV possono operare anche in presenza di sola radiazione diffusa !!)

Una superficie inclinata, può ricevere, inoltre, la radiazione **riflessa** dal terreno o da specchi d'acqua o da altre superfici (es pareti di edifici adiacenti).
Tale contributo si chiama **ALBEDO** e deve essere valutato con attenzione.

Se chiamiamo I_D la radiazione diretta, I_S quella diffusa ed R l'albedo, allora si ha che la **radiazione solare totale** che incide su una superficie è:

$$I_T = I_D + I_S + R$$

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

10

CLUSTER
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

Condizioni meteorologiche

In una giornata nuvolosa la radiazione è pressoché totalmente diffusa; in una giornata serena con clima secco, viceversa, predomina la componente diretta, che può arrivare fino al 90% della radiazione totale

		Condizioni atmosferiche							
Radiazione solare		Cielo sereno	Nebbia	Nuvoloso	Disco solare giallo	Disco solare bianco	Sole appena percettibile	Nebbia fitta	Cielo coperto
globale		1000 W/m ²	600 W/m ²	500 W/m ²	400 W/m ²	300 W/m ²	200 W/m ²	100 W/m ²	50 W/m ²
diretta		90%	50%	70%	50%	40%	0%	0%	0%
diffusa		10%	50%	30%	50%	60%	100%	100%	100%

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

11

CLUSTER
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

Condizioni meteorologiche

In una giornata nuvolosa la radiazione è pressoché totalmente diffusa; in una giornata serena con clima secco, viceversa, predomina la componente diretta, che può arrivare fino al 90% della radiazione totale

Inclinazione e orientamento della superficie

una superficie orizzontale riceve la massima radiazione diffusa e la minima riflessa; la componente riflessa aumenta al crescere dell'inclinazione

Presenza di elementi riflettenti

Il contributo maggiore alla riflessione è dato dalle **superfici chiare**; così la radiazione riflessa aumenta in inverno, per effetto della presenza di neve, e diminuisce in estate, per effetto di assorbimento di colori scuri quali quello dell'erba o del terreno

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

12

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LAB Foto voltaico**

L'intensità della radiazione solare incidente su una superficie al suolo è influenzata dall'angolo di inclinazione della radiazione stessa.

Più piccolo è l'angolo che i raggi del sole formano con una superficie orizzontale e maggiore è lo spessore di atmosfera che essi devono attraversare, e conseguentemente minore è la potenza della radiazione che incide sulla superficie.

$s_1 = t \operatorname{sen} \theta_1$ $s_2 = t \operatorname{sen} \theta_2$ $s_3 = t \operatorname{sen} 90^\circ = t$

$s_1 > s_2 > t$

L'angolo di inclinazione della radiazione è una quantità che varia durante il giorno.

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 13

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LAB Foto voltaico**

- Il moto del sole viene descritto da due angoli: l'"altezza" (o "elevazione") del Sole rispetto all'orizzonte e l'"angolo orario" o "azimuth" (l'angolo che la direzione del Sole, proiettata sul piano orizzontale, forma con la direzione Sud).

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 14

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LAB Foto voltaico**

Nel sito: <http://www.nrel.gov/midc/solpos/solpos.html> del National Renewable Energy Laboratory (NREL), un ente governativo statunitense, è disponibile un software per il calcolo del percorso solare

MIDC SOLPOS Calculator
Compute the solar position and intensity from time and place

Required input fields:

Start Date: 2009 March 21
End Date: 2009 March 21
Output Interval: 10 Second Minute

39.74 Latitude, degrees north (south negative)
-105.18 Longitude, degrees east (west negative)
-7.0 Time zone, east (west negative)
1013.0 Surface pressure (mibar)
15 Ambient dry-bulb temperature (°C)

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 15

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LAB Foto voltaico**

Nel sito: <http://www.nrel.gov/midc/solpos/solpos.html> del National Renewable Energy Laboratory (NREL), un ente governativo statunitense, è disponibile un software per il calcolo del percorso solare

Date	Time	Azimuth angle	Elevation
21/3/2009,	11:40:00,	169.0996,	50.2603
21/3/2009,	11:50:00,	172.9949,	50.5623
21/3/2009,	12:00:00,	176.9296,	50.7339
21/3/2009,	12:10:00,	180.8822,	50.7734
21/3/2009,	12:20:00,	184.8297,	50.6803
21/3/2009,	12:30:00,	188.7508,	50.4556

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 16

cluster
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

Scopo fondamentale e della Analisi della radiazione solare ai fini della progettazione di sistemi FV è:

- Determinare le **modalità ottimali di orientazione** dei pannelli
- Predisporre una accurata **analisi di produttività** dell'impianto

Angoli di inclinaz. β e di orientaz. γ di una superficie

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

17

cluster
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

Confronto fra la radiazione solare giornaliera media incidente su superfici con **differenti angoli di inclinazione β** ed orientate a Sud (azimut $\gamma=0$). Località con latitudine $\phi=40^\circ N$ (Nuoro) e cielo sereno

[MJ/m²/giorno]

$\beta = 30^\circ$
 $\beta = 60^\circ$
 $\beta = 30^\circ$
Orizzontale
Verticale

Gen Feb Mar Apr Mag Giu Lug Ago Set Ott Nov Dic

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

18

cluster
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

Andamento della **radiazione solare giornaliera media annua** in una località con latitudine $\phi=43,7^\circ N$ [Firenze] al variare dell'inclinazione della superficie captante, orientata a Sud.

Wh/m²

4300
4200
4100
4000
3900
3800

0 10 20 30 40 50 [gradi]

β

max

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

19

cluster
Energie rinnovabili in Sardegna

LAB Foto voltaico

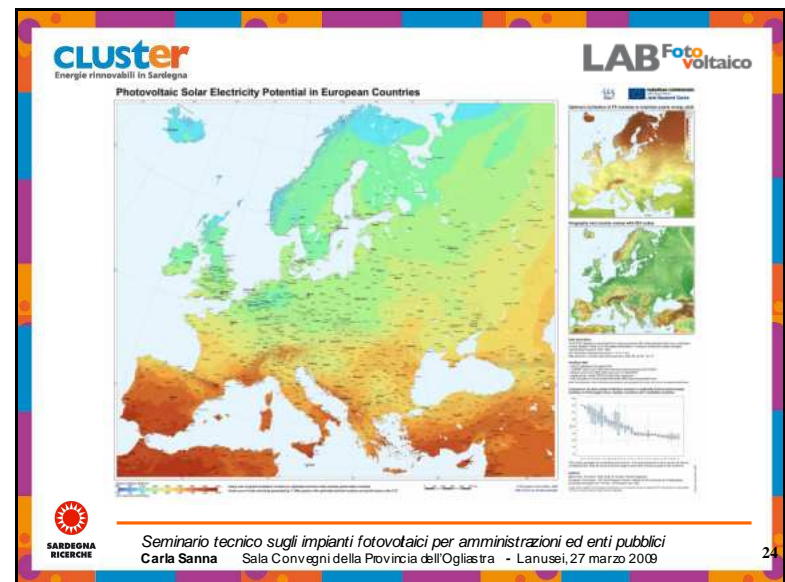
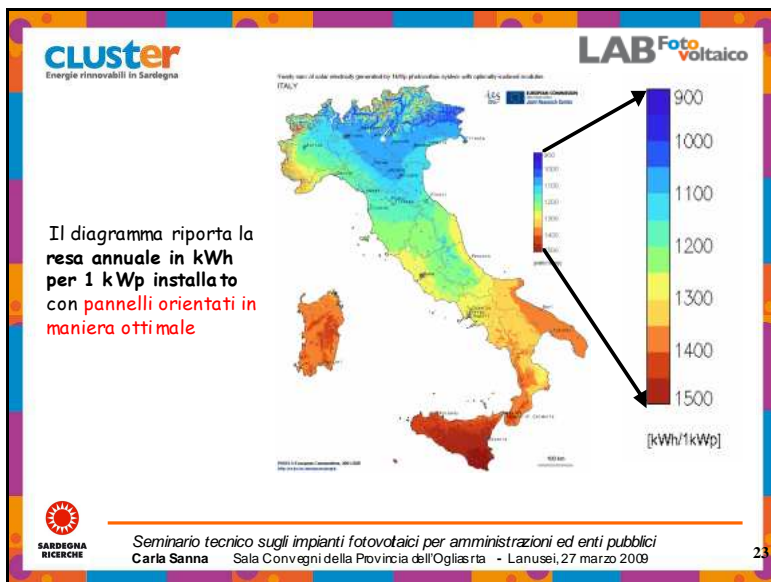
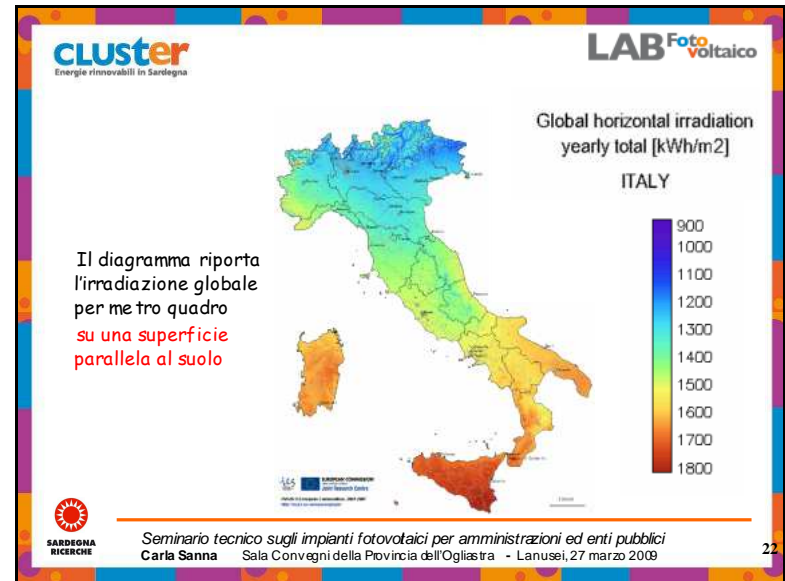
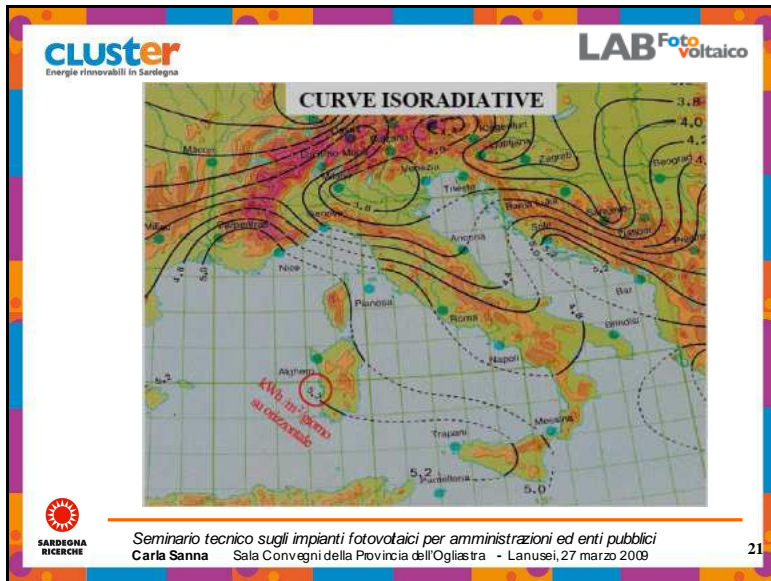
Calcolo della Radiazione Solare ed analisi di produttività

- Punti di partenza delle procedure di calcolo sono:
 - **Mappe isoradiative** (generalmente non permettono di distinguere le componenti della radiazione diretta e diffusa) pubblicate da vari organismi
 - **Valori tabulati** per ciascuna località (Servizio Meteorologico Nazionale)
 - **Metodi di calcolo sperimentali** (Norme UNI 10349 - UNI 8477, metodo di Liu e Jordan, ecc.)

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

20



CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Resa media giornaliera (su base mensile) e resa complessiva annuale in kWh per 1 kWp installato sul piano orizzontale, in forma tabellare per le maggiori località italiane

Località	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media Annuale
Agrigento	2,44	3,47	4,69	6,17	7,47	8,19	8,22	7,50	5,81	4,06	2,81	2,28	1923
Alessandria	1,31	2,08	3,22	4,39	5,14	5,69	6,28	5,00	3,72	2,36	1,50	1,17	1276
Ancona	1,19	2,11	3,36	5,08	6,42	6,69	7,22	6,11	4,44	2,92	1,53	1,14	1471
Cagliari	2,03	2,72	4,00	5,14	6,25	6,94	7,58	6,64	4,89	3,39	2,25	1,78	1635
Nuoro	1,92	2,67	3,94	5,25	6,56	7,28	7,78	6,64	5,03	3,42	2,14	1,67	1655
Oristano	1,94	2,75	3,97	5,22	6,47	7,14	7,67	6,67	5,06	3,50	2,17	1,69	1654
Sassari	1,89	2,72	3,94	5,28	6,69	7,39	7,81	6,67	5,17	3,50	2,08	1,61	1669

SARDEGNA RICERCHE **Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici**
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Ora si tiene conto di un certo fattore correttivo che tiene conto della effettiva orientazione dei moduli FV

orientamento	tilt 0°	tilt 10°	tilt 15°	tilt 20°	tilt 30°	tilt 40°	tilt 60°	tilt 90°
0° SUD	1,00	1,07	1,09	1,11	1,13	1,12	1,03	0,74
± 15°	1,00	1,06	1,09	1,10	1,12	1,11	0,99	0,74
± 30°	1,00	1,06	1,07	1,09	1,10	1,09	0,96	0,73
± 45°	1,00	1,04	1,06	1,07	1,07	1,05	0,93	0,72
± 90°EST-OVEST	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,89	0,77	0,57

nord Italia

orientamento	tilt 0°	tilt 10°	tilt 15°	tilt 20°	tilt 30°	tilt 40°	tilt 60°	tilt 90°
0° SUD	1,00	1,06	1,08	1,10	1,11	1,10	0,99	0,68
± 15°	1,00	1,06	1,08	1,09	1,10	1,09	0,99	0,68
± 30°	1,00	1,05	1,07	1,08	1,08	1,07	0,96	0,68
± 45°	1,00	1,04	1,05	1,06	1,06	1,03	0,93	0,67
± 90°EST-OVEST	1,00	0,99	0,97	0,96	0,92	0,87	0,75	0,55

sud Italia

SARDEGNA RICERCHE **Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici**
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Esempio di calcolo della producibilità annua

Impianto fotovoltaico da 2,94 kWp installato a Nuoro

Consultando la tabella della resa per kWp, alla voce Nuoro corrisponde un valore medio annuo di **1655 kWh/kWp**

Consideriamo un impianto integrato su una copertura con la falda inclinata di 20° ed uno scostamento rispetto al sud di 15° (non importa in quale direzione)

Coefficiente correttivo = **1.09**

Ogni anno il nostro impianto produrrà
 $2,94 \text{ kWp} \times 1655 \text{ kWh/kWp} \times 1,09 = 5.30 \text{ MWh}$
meno le perdite

SARDEGNA RICERCHE **Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici**
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Le perdite consistono in:

- campo FV per riscaldamento delle celle dal 7 al 10%
- campo FV per asimmetrie delle prestazioni moduli (mismatching) 3%
- campo FV per ombreggiamento 2%
- campo FV per riflessione 2%
- campo FV per effetto Joule 1%
- lato CA per rendimento inverter 6%

Il totale delle perdite varia dal 15 al 25%, in generale, per un impianto eseguito a regola d'arte, si può affermare che si sbaglia di poco se si assumono uguali al **20%**

Quindi l'energia annua attesa ai morsetti dell'impianto in esame di vent'anni $5300 \text{ kWh} \times 0,80 = 4,24 \text{ MWh}$

SARDEGNA RICERCHE **Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici**
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Per una valutazione di prima approssimazione si può tener conto del seguente valore di riferimento che fornisce una stima abbastanza attendibile della produttività annua di un impianto a FV installato "a regola d'arte" in Sardegna con moduli orientati in maniera ottimale e assenza di fenomeni significativi di ombreggiamento.

1.4 ÷ 1.5 MWh / kWp

Ogni kWp installato produce circa 1,4/1,5 MWh annuali di energia elettrica

Ripetendo il calcolo: $2,94 \times 1635 \times 1,11 \times 0,8 = 4,32$ MWh

$2,94 \text{ kWp} \times 1,4 \text{ MWh/kwp} = 4,11 \text{ MWh}$

$2,94 \text{ kWp} \times 1,5 \text{ MWh/kwp} = 4,41 \text{ MWh}$

↙ ↘
4.32 MWh

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 **29**

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Ora presentiamo un software per il calcolo automatico della produttività

VERSIONE DEMO DISPONIBILE IN RETE <http://www.ba.itc.cnr.it/ecolabel/SUNSIM.html>

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 **30**

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

- La posizione dell'impianto viene specificata usando un sistema di coordinate sferiche: Latitudine e Longitudine identifica univocamente il punto di interesse.

Lanusei

39.9 LATITUDINE NORD
9.5 LONGITUDINE EST

http://kmlcollection.googlepages.com/coordinat_e_click.html

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 **31**

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Un modo semplice per trovare la latitudine e la longitudine di un posto è andare nel sito:

http://kmlcollection.googlepages.com/coordinat_e_click.html

Click on the map to find coordinates (Latitude and Longitude) of a location
Clicca sulla mappa per trovare le coordinate (Latitudine e Longitudine) di una località


SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 **32**

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

http://kmlcollection.googlepages.com/coordinat_e_click.html

Ci si sposta sulla cartina facendo gli opportuni zoom per arrivare al luogo di cui si desidera conoscere latitudine e longitudine

Click on the map to find coordinates (Latitude and Longitude) of a location
 Clicca sulla mappa per trovare le coordinate (Latitudine e Longitudine) di una località



Map data ©2009 Tele Atlas - Termini e condizioni d'uso

Latitudine: Longitudine:

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009


33

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

http://kmlcollection.googlepages.com/coordinat_e_click.html

Una volta trovato il luogo di interesse si "clicca" per conoscere i valori di latitudine e longitudine

Click on the map to find coordinates (Latitude and Longitude) of a location
 Clicca sulla mappa per trovare le coordinate (Latitudine e Longitudine) di una località



Map data ©2009 Tele Atlas - Termini e condizioni d'uso

Latitudine: Longitudine:

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009


34

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

http://kmlcollection.googlepages.com/coordinat_e_click.html

Una volta trovato il luogo di interesse si "clicca" per conoscere i valori di latitudine e longitudine

Click on the map to find coordinates (Latitude and Longitude) of a location
 Clicca sulla mappa per trovare le coordinate (Latitudine e Longitudine) di una località



Map data ©2009 Tele Atlas - Termini e condizioni d'uso

Latitudine: Longitudine:

SARDEGNA RICERCHE

Lanusei
 39,9 Latitudine
 9,5 Longitudine

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

35

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

VERSIONE DEMO DISPONIBILE IN RETE <http://www.ba.itc.cn.r.it/ec/obabel/SUNSIM.html>



SUNSIM Ver. 4

Caratteristiche del sito
 Ricerca del giorno: Selezione meteo:
 UNI 10249 - Agligio

Angolo tilt: 9 gradi
 Orientamento: [Vista di Nord e Sud] [Vista da Sud e Nord]

Latitudine: 37,3° N
 Albedo: 0%
 Incl. = 41,3 Azimut = 192,8

Radiaz. media giornaliera [MJ/m2]	Dir.	Diff.	Alto.	Totale
Gen	153,32	3,88	8,00	165,20
Feb	152,89	3,88	8,00	164,67
Mar	144,62	4,64	8,00	157,26
Apr	163,83	6,42	8,00	178,25
Mai	177,62	6,52	8,00	192,14
Giù	188,87	6,28	8,00	203,15
Lug	198,08	4,73	8,00	206,81
Ago	225,18	4,28	8,00	233,46
Set	193,94	4,28	8,00	202,22
Ott	168,19	3,78	8,00	180,97
Nov	122,71	3,88	8,00	134,59
Dic	102,87	3,88	8,00	113,75
Media	168,88	4,59	8,00	181,47

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

36

CLUSTER
Energie rinnovabili in Sardegna

LABFotoVoltaico

SunSim è un software ideato per la valutazione dell'energia solare disponibile e dell'energia elettrica producibile da un selezionato generatore fotovoltaico nel sito di installazione scelto. Affianca alla rigidità delle elaborazioni richieste dai professionisti (progettisti, installatori) una semplicità d'uso ideale anche per i neofiti o per uso didattico

SUNSIM svolge le elaborazioni sulla base di:

- una banca di dati di irraggiamento ufficiali rilevati in località sparse sul territorio italiano ed elaborati su medie statistiche (Norma UNI 10349)
- caratteristiche di disposizione del generatore fotovoltaico (inclinazione ed azimuth) nel sito di installazione (latitudine)
- eventuali superfici con caratteristiche riflettenti nell'intorno del punto di installazione
- un profilo dell'ombreggiamento dei moduli rispetto ad un orizzonte libero
- una banca dati di 300 moduli fotovoltaici commerciali fra i quali scegliere la composizione del proprio generatore

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

37

CLUSTER
Energie rinnovabili in Sardegna

LABFotoVoltaico

SUNSIM consente di:

- navigare con il mouse nel diagramma dei percorsi solari simulando l'orientamento dei moduli fotovoltaici reale ed ottenendo on-line i valori di radiazione media giornaliera su base mensile
- ricercare l'ottimale esposizione (massima energia solare captabile) nel sito di installazione dei moduli fotovoltaici includendo le eventuali perdite dovute all'ombreggiamento
- salvare ed esportare (formato bmp) il diagramma dei percorsi solari alla latitudine selezionata e nel sito di installazione in coincidenza dei solstizi ed equinozi con già sovrapposto il profilo dell'ombreggiamento ed i limiti di captazione dei raggi solari dovuti all'inclinazione del piano dei moduli

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

38

CLUSTER
Energie rinnovabili in Sardegna

LABFotoVoltaico

SUNSIM consente di:

- salvare ed esportare (formato txt) il riassunto dei dati d'impianto selezionati completo della tabella della radiazione media giornaliera su base mensile e la media annua
- stimare l'energia elettrica annua prodotta dal generatore fotovoltaico costruito con i moduli fotovoltaici proposti nella banca dati di SunSim (380 modelli) nel sito di installazione selezionato
- costruire facilmente il proprio diagramma dell'ombreggiamento in relazione a dati acquisiti nel sito di installazione del generatore fotovoltaico o modificare uno fra i modelli precostituiti

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

39

CLUSTER
Energie rinnovabili in Sardegna

LABFotoVoltaico

FINESTRA PRINCIPALE

SUNSIM Ver 4

Area delle caratteristiche del sito: banca dati SunSim e stazione meteo
 Aggiustamento della latitudine della zona al sito di installazione
 Definizione delle caratteristiche di albedo del sito di installazione
 Definizione dell'angolo limite di riflessione del piano dei moduli
 Scelta del profilo dall'orizzonte (diagramma delle ombre)
 Costruzione di un nuovo diagramma delle ombre
 Unità di misura MJ (10⁶ Joule)
 Unità di misura kWh (1 kWh = 3,6 MJ)
 HELP per la navigazione nel diagramma
 Calcolo dell'energia elettrica annua producibile

1 Latitudine del sito di installazione (gradi) scelto nella casella B
 2 Indicazione del valore percentuale d'albedo scelto nell'area caratteristiche
 3 Inclinazione del piano dei moduli rispetto all'orizzontale
 4 Azimuth del piano dei moduli (180° = Sud)
 5 Tabella della radiazione media giornaliera su base annua
 X Punto con inclinazione zero e azimuth 180°

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

40

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna

LABFotoVoltaico

Potenza e energia dai moduli FV

Scegli il modello FV

BP-Solar BP3160 **M**

160.0 Wp N. di moduli FV: **6**

Potenza di picco: 19840.0 Wp **7**

Energia annua totale: 30292.9 kWh/a **8**

OK

M Scelta del modello di modulo fotovoltaico

6 Numero di moduli che compongono il generatore fotovoltaico

7 Potenza nominale totale del generatore (somma della potenza dei moduli)

8 Valore dell'energia elettrica annua producibile espressa nell'unità di misura selezionata

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

41

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna **(A)**

LABFotoVoltaico

Caratteristiche del sito

Banca dati solare - Stazione meteo

UNI 10349 - Nuoro

La tendina **(A)** contiene l'elenco delle provincie italiane che la normativa UNI 10349 considera e calcola da stazioni meteorologiche di acquisizione dei dati di radiazione solare di riferimento.

(1) **Latitudine**

39.9° N Es. Lanusei = 39.9° Lat N

(2) **Lat. = 39.9°**

90
80
70

b) per passare dalla zona selezionata al sito di installazione occorre rilevare la latitudine di quest'ultimo consultando la carta geografica. Poi basterà cliccare su bottoni **(1)** (step prefissati in $\pm 0,2$ gradi) fino a far comparire nello spazio la latitudine esatta del sito.

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

42

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna

LABFotoVoltaico

N.B. Le tracce dei percorsi solari sull'omonimo diagramma vengono aggiornate automaticamente da SunSim ad ogni variazione di latitudine impostata.

Vista da Nord a Sud

Lat. = 39.4° Albedo = 9% Incl. = 77.0° Azimut = 188.0

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

43

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna

LABFotoVoltaico

(C) **Albedo**

Neve

(3) **Lat. = 39.4° Albedo = 75%**

90

c) il programma considera le caratteristiche del sito di installazione anche con la specificità prevalente dell'ambiente circostante e, in particolare, l'influsso che le stesse hanno sulle prestazioni dell'impianto fotovoltaico. Queste caratteristiche sono denominate caratteristiche d'albedo.


La tendina **(C)** <Albedo> propone alcuni esempi di ambiente circostante prevalente per i quali, una volta selezionati, appare nello spazio **(3)** l'indicazione del valore percentuale corrispondente. In alternativa, è possibile selezionare dalla tendina direttamente un valore compreso tra 10 e 100%.

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

44

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

(D)  SunSim consente inoltre di settare il valore dell' angolo limite di riflessione tramite il bottone (D) a step di 1 grado. Il valore offerto come standard dal programma corrisponde al valore di 5 gradi.

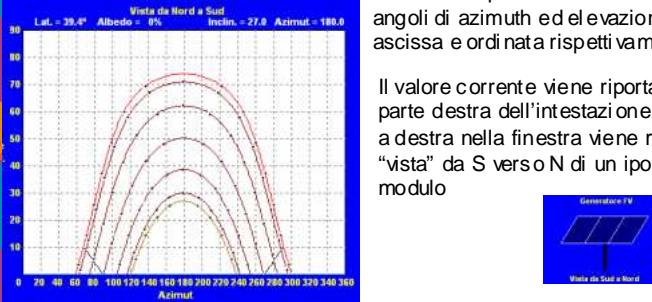
 SunSim offre la possibilità di considerare, nei calcoli dell'energia solare disponibile e la relativa energia elettrica producibile da un impianto fotovoltaico, anche l'eventuale ombreggiamento del piano dei moduli in modo da simulare le reali condizioni in sito.

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 45

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Muovendosi con il mouse sopra il grafico dei percorsi solari equivalenti a "orientare" i pannelli FV secondo gli angoli di azimuth ed elevazione letti in ascissa e ordinata rispettivamente

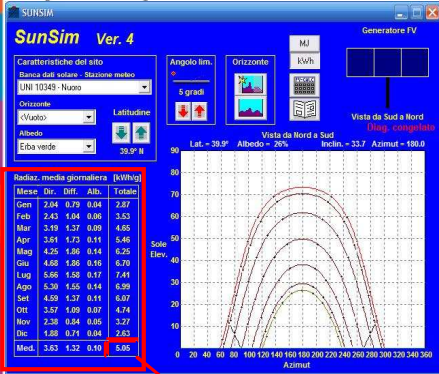
Il valore corrente viene riportato nella parte destra dell'interfaccia, e in alto a destra nella finestra viene riportata la "vista" da S verso N di un ipotetico modulo



Si può navigare anche con le frecce

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 46

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

 Al variare della posizione del mouse, cioè al variare della orientazione della superficie dei moduli, viene **istantaneamente** generato e modificato un diagramma sulla sinistra che riporta, mese per mese, i valori delle tre componenti della radiazione (diretta, diffusa, albedo), il loro totale, e nella ultima riga i valori medi su base annuale.

Il dato importante ai fini della massimizzazione e della produttività è il dato medio totale

Mese	Dir.	Diff.	Alb.	Totale
Gen	2,94	0,79	0,04	2,87
Feb	2,43	1,04	0,06	3,53
Mar	3,19	1,37	0,08	4,65
Apr	3,51	1,70	0,11	5,32
Mai	4,25	1,96	0,14	6,35
Giù	4,88	1,26	0,16	6,70
Lug	5,88	1,52	0,17	7,57
Ago	5,39	1,45	0,14	6,98
Set	4,59	1,37	0,11	6,07
Ott	3,57	1,09	0,07	4,74
Nov	2,38	0,84	0,05	3,27
Dic	1,68	0,21	0,04	2,93
Med.	3,63	1,32	0,10	5,05

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 47

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Trovato il valore ottimale per l'orientazione dei pannelli, prima di poter portare a termine l'analisi di produttività si deve "congelare" il diagramma facendo click con il tasto destro. Poi si clicca su



Si sceglie il modulo in un ampio menu, si determina, attraverso la scelta del numero dei moduli, la potenza di picco totale dell'installazione, e si legge infine la produttività annua attesa.

SARDEGNA RICERCHE Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009 48

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFoto voltaico**

Ora illustriamo le funzionalità di un sito web sviluppato dalla comunità europea con funzionalità avanzate e dati estremamente affidabili

Ente sviluppatore:
Institute for Energy del Joint Research Center (JRC) della comunità europea

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

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

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

49

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFoto voltaico**

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

PVGIS home - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti

[PVGIS home](#)

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)
Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology

Interactive access to solar resource and photovoltaic potential:

Posters and maps of solar resource and photovoltaic electricity potential (Europe, Africa)

CLICK

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

50

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFoto voltaico**

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

European countries and regions:
[AL] [AT] [BA] [BE] [BG] [CH] [CY] [CZ] [DE] [DK] [EE] [ES] [FI] [FR] [GR] [HR] [HU] [IE] [IT] [NL] [PL] [PT] [RO] [SI] [SK] [TR] [UK]

[Europe] [Alpine region] [West Balkan region] [Benelux]

Non European countries and regions

Europe - global irradiation & PV potential for optimum angle

- A2 poster (pdf 11.5 mb)
- graphic file for publications (png 5.2 mb)
- graphic file for presentations (png 0.7 mb)

Europe, the Alpine region - Global irradiation and PV potential for optimum angle (full view)

West Balkan global irradiation for optimally inclined surface optimum inclination angle

Benelux countries global irradiation on optimally-inclined plane (full view)

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

51

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFoto voltaico**

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

PVGIS home - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti

[PVGIS home](#)

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)
Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology

Interactive access to solar resource and photovoltaic potential:

Posters and maps of solar resource and photovoltaic electricity potential (Europe, Africa)

CLICK

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

52

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php

Lanusei
"Search"

Performance of Grid-connected PV

PV technology: Crystalline silicon
 Installed peak PV power: 1 kWp
 Estimated system losses [0;100]: 14 %
 Module inclination [0;90]: 35 deg.
 Module orientation [-180;180]: 0 deg.

Use given inclination and orientation
 Find optimal inclination for given orientation
 Find optimal inclination and orientation
 Show performance for 2-axis tracking system
 Show horizon
 Show in-plane irradiation
 Show graphs

Output formats
 Output in new window
 Export to text
 Save as PDF

Calculate [help]

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

53

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php

JRC Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps

EUROPA > EC > JRC > IES > RE > SOLAR > PVGIS > Interactive maps

Location: a.g. "Lanusei, Italy" at "45.256N, 16.958E"
 center position: 39.871, 9.636
 selected position: 39.878, 9.541

Search

Performance of Grid-connected PV

PV technology: Crystalline silicon
 Installed peak PV power: 1 kWp
 Estimated system losses [0;100]: 14 %

Fixed mounting options:
 Mounting position: Free-standing
 Slope [0;90]: 35 Optimize slope
 Azimuth 0 Also optimize azimuth

Tracking options:
 Vertical axis Slope [0;90]: Optimize
 Inclined axis Slope [0;90]: Optimize
 2-axis tracking

Output options
 Show graphs Show horizon
 Web page Text file PDF

Calculate [help]

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

54

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Ora posso selezionare la tecnologia dell'impianto e la potenza di picco installata.

Performance of Grid-connected PV

PV technology: Crystalline silicon
 Installed peak PV power: 10 kWp

Per effettuare le analisi di producibilità si deve fornire una stima delle perdite (al netto di quelle per il riscaldamento o dei moduli, che vengono valutate automaticamente). Valori intorno al 14 % [valore di default] sono plausibili.

Si ha poi la possibilità di inserire l'angolo di inclinazione dei moduli e l'orientazione (valori per i quali si propone anche il calcolo automatico ottimale da parte del software), e di scegliere e tra:

- Free standing
- Building integrated

Performance of Grid-connected PV

PV technology: Crystalline silicon
 Installed peak PV power: 10 kWp
 Estimated system losses [0;100]: 14 %

Fixed mounting options:
 Mounting position: Free-standing
 Slope [0;90]: 35 Optimize slope
 Azimuth 0 Also optimize azimuth

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

55

cluster Energie rinnovabili in Sardegna **LABFotoVoltaico**

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 39°52'45" North, 9°32'28" East, Elevation: 588 m a.s.l.,
 Nearest city: Nuoro, Italy (53 km away)

Nominal power of the PV system: 10.0 kW (crystalline silicon)
 Estimated losses due to temperature: 15.5% (using local ambient temperature)
 Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.6%
 Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
 Combined PV system losses: 29.2%

Performance of Grid-connected PV

PV technology: Crystalline silicon
 Installed peak PV power: 10 kWp
 Estimated system losses [0;100]: 14 %

Fixed mounting options:
 Mounting position: Building integrated
 Slope [0;90]: 32 Optimize slope
 Azimuth -11 Also optimize azimuth

Tracking options:
 Vertical axis Slope [0;90]: 52 Optimize
 Inclined axis Slope [0;90]: 35 Optimize
 2-axis tracking

Output options
 Show graphs Show horizon
 Web page Text file PDF

Calculate [help]

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

56

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna

LAB FotoVoltaico

Fixed system: inclination=32°, orientation=-11° (optimum)

Month	E_d	E_m
Jan	23.10	715
Feb	27.00	755
Mar	36.40	1130
Apr	42.00	1260
May	43.30	1340
Jun	45.50	1370
Jul	46.10	1430
Aug	44.70	1390
Sep	40.50	1210
Oct	32.90	1020
Nov	25.10	754
Dec	20.60	639
Yearly average	35.6	1080
Total for year		13000

Vertical axis tracking system optimal inclination=52°

Month	E_d	E_m
Jan	28.70	889
Feb	33.50	937
Mar	46.70	1450
Apr	56.00	1680
May	61.00	1890
Jun	67.20	2010
Jul	67.30	2090
Aug	61.80	1920
Sep	53.80	1610
Oct	41.90	1300
Nov	31.50	945
Dec	23.60	793
Yearly average	48.0	1460
Total for year		17500

2-axis tracking system

Month	E_d	E_m
Jan	29.10	901
Feb	33.60	942
Mar	47.10	1460
Apr	57.00	1710
May	62.90	1950
Jun	69.90	2100
Jul	69.80	2160
Aug	63.30	1960
Sep	54.50	1640
Oct	42.20	1310
Nov	32.00	959
Dec	26.00	806
Yearly average	49.0	1490
Total for year		17900

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)
 E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

57

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna

LAB FotoVoltaico

Monthly global irradiation data

- Horizontal irradiation
- Irradiation at opt. angle
- Irradiation at chosen angle: 90 deg.
- Link to turbidity
- Diff. / global radiation
- Optimal inclination angle

Monthly ambient temperature data

- Average daytime temperature
- Daily average of temperature
- Number of heating degree days
- Show graphs

Output formats

- Output in new window
- Export to text
- Save as PDF

Calculate [help]

Average Daily Solar Irradiance

Select month: January

Irradiance on a fixed plane

Inclination [0;90] 35 deg. (horizontal=0)

Orientation [-180;180] 0 deg. (east=-90, south=0)

- Average global irradiance
- Clear-sky global irradiance

Irradiance on a 2-axis tracking plane

- Average global irradiance, 2-axis tracking
- Clear-sky global irradiance, 2-axis tracking
- Daytime temperatures
- Show horizon outline graph
- Show graphs

Output formats

- Output in new window
- Export to text
- Save as PDF

Calculate [help]

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

58

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna

LAB FotoVoltaico

Esempio di output dalla finestra di analisi "monthly radiation"

Monthly Solar Irradiation

PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 39°52'45" North, 9°32'28" East, Elevation: 588 m a.s.l., Nearest city: Nuoro, Italy (53 km away)
 Optimal inclination angle is: 33 degrees
 Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.9 %

Month	H_h	H_{opt}	$\Gamma_{2\theta}$
Jan	1980	3080	9.6
Feb	2680	3650	9.7
Mar	4100	5030	11.4
Apr	5420	5830	13.4
May	6360	6200	17.6
Jun	7120	6610	21.8
Jul	7130	6780	24.4
Aug	6330	6600	25.0
Sep	4930	5860	21.5
Oct	3440	4660	18.6
Nov	2260	3440	13.9
Dec	1730	2780	10.8
Year	4460	5030	16.5

H_h : Irradiation on horizontal plane (Wh/m²)
 H_{opt} : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m²)
 $\Gamma_{2\theta}$: 24 hour average of temperature (°C)

variazione dell'irradiazione su un piano orizzontale e su un piano con inclinazione ottimale (33°)

SARDEGNA RICERCHE

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 Carla Sanna Sala Convegni della Provincia dell'Ogliastra - Lanusei, 27 marzo 2009

59

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna

Grazie per l'attenzione

Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici
 27 marzo 2009-Sala convegni Provincia dell'Ogliastra,
 Via Pietro Pistis, Loc. Scal e Murta, Lanusei

SARDEGNA RICERCHE

Carla Sanna
 sanna@sardegna ricerche.it

60

Letture consigliate



Francesco Groppi, Carlo Zuccaro
Impianti Solari Fotovoltaici a Norme CEI.
Guida per progettisti e installatori
V Edizione Aggiornata 2008
Editoriale Delfino - maggio 2008



Antony Falk; Duerschner Christian, Karl Hein Remmers
Il fotovoltaico per professionisti
Ed. SOLARPRAXIS AG

- Un dato sorprendente ...

Superficie di moduli FV sufficiente per coprire l'attuale fabbisogno mondiale di energia elettrica

