



EUROPÄISCHE  
AKADEMIE

ACCADEMIA  
EUROPEA

EUROPEAN  
ACADEMY

BOZEN - BOLZANO

Istituto per l'Energia Rinnovabile

## Catasto Solare Alta Val di Non

### Relazione

Versione: 2.0

Autori: David Moser, PhD; Daniele Vettorato, PhD.

Coordinamento e Revisione:  
dott. Daniele Vettorato, PhD (daniele.vettorato@eurac.edu)

Bolzano, Gennaio 2013

1.	Premessa .....	3
2.	Dati di ingresso .....	5
3.	Metodo .....	7
4.	Risultati .....	9

## 1. Premessa

Obiettivo dello studio è la costruzione di un catasto solare per l'Alta Val di Non.

Il catasto solare è composto da un database contenente informazioni sul potenziale solare di un territorio. In particolare il catasto solare prodotto mediante questo studio riguarda il potenziale solare dei tetti degli edifici esistenti sul territorio dell'alta Val di Non. Il dato prodotto riguarda l'irraggiamento solare diretto, mentre una serie di conversioni permette di stimare il potenziale fotovoltaico, termico e rispettivi tempi di ammortamento di eventuali impianti.

Con il modello accoppiato superficie-atmosfera per la stima della radiazione solare incidente ci si è prefissi l'obiettivo di sviluppare un modello per stimare la radiazione solare diretta e diffusa su una certa porzione di terreno in un'area caratterizzata da topografia complessa. Tale modello deve consentire di valutare se l'area di interesse ha una insolazione sufficiente a garantire una resa soddisfacente nella produzione di energia elettrica con pannelli fotovoltaici.

Per conoscere la distribuzione dell'irraggiamento su una certa area della superficie terrestre è necessario disporre di due set di informazioni che includano:

1. la descrizione delle caratteristiche geografiche e topografiche del terreno (posizione relativa Sole-Terra, presenza di edifici, vegetazione e montagne);
2. la descrizione dello stato dell'atmosfera (copertura nuvolosa, concentrazione di vapore acqueo, aerosol e gas assorbenti).

Per ricavare le informazioni sulla conformazione della porzione di superficie terrestre di interesse, è stato utilizzato un modello digitale della superficie terreno (DSM) a partire da un rilievo Light Detection and Ranging (LiDAR) a risoluzione 1 m/px (PAT 2008) della zona e da un modello digitale del terreno (DTM) a risoluzione 65m /px (STRM 2001) .

Molte città europee si sono dotate, negli ultimi anni, di Sistemi Informativi Geografici (GIS) per la gestione delle informazioni riguardanti la disponibilità di energia solare allo scopo di produrre energia elettrica. Un tool di questo tipo, in genere denominato "catasto solare", consente all'utente privato di selezionare un edificio della città e sapere quanto sia conveniente installarvi pannelli fotovoltaici; inoltre consente alle autorità locali di pianificare in maniera semplificata l'uso dell'energia solare, scegliendo con facilità le aree della città che più si prestano all'installazione di pannelli fotovoltaici.

Ciascuna delle città dotate di un catasto solare ha scelto di fornire informazioni diverse, come ad esempio:

- energia solare disponibile in un anno;

- ombreggiatura;
- potenza elettrica che si può produrre;
- riduzione delle emissioni di CO2;
- costo dell'investimento.

In questo studio si è scelto di visualizzare sulla piattaforma WebGIS una classificazione dei tetti dell'insediamento urbano dell'Alta Val di Non in 4 categorie in base all'energia solare disponibile in un anno con anche la possibilità di visualizzare i valori a livello mensile. L'utente può osservare la distribuzione delle classi di irraggiamento sui singoli edifici e, selezionando il tetto di interesse, può aprire una tabella che indica la classe, l'area della falda interessata e la produzione stimata a livello annuale e mensile.

## 2. Dati di ingresso

La qualità del catasto solare è funzione della qualità del dato in ingresso.

Per la costruzione del catasto solare dell'Alta val di Non sono stati utilizzati i seguenti dati, in accordo con la loro disponibilità al momento della realizzazione dello studio.

Tipo di dato	Database disponibile / utilizzato	Fonte
Modello digitale della superficie ad alta risoluzione	Digital Surface Model, risoluzione 1m/px	Volo Lidar, PAT 2008
Modello digitale del terreno a media risoluzione	Digital Terrain Model, risoluzione 65m/px	STRM 2001
Cartografia vettoriale edifici esistenti	Carta tecnica Provinciale , 2000. (l'aggiornamento a cura del Servizio Geologico della PAT non era ancora disponibile al momento della realizzazione dello studio)	PAT, 2000
Fattore turbidità atmosferica	Linke turbidity Factor	JRC, PVG database, 2012
Dati su produzione fotovoltaica di impianti reali	Impianto del Comune di Ruffrè-Mendola. (i dati dell'impianto di Ruffrè non sono utilizzabili, i dati del Comune di Dambel non sono mai pervenuti)	Comune di Ruffrè-Mendola

Il modello tridimensionale della Val di Non è stato ottenuto elaborando un rilievo LIDAR del territorio effettuato dalla Provincia Autonoma di Trento (PAT 2008). Il LIDAR (Light Detection and Ranging) è uno strumento di rilevamento attivo per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione. Il rilievo viene effettuato con un laser scanner montato su un aereo. Il laser scanner è composto a un trasmettitore, un ricevitore e un sistema di acquisizione dati. Nota l'intensità e le coordinate del punto di emissione del segnale, è possibile misurare l'intensità riflessa. Dalla nuvola di punti si ottengono, per filtraggi successivi, un modello digitale della superficie e un modello digitale del terreno.

Tutto il sistema di rilievo è composto da:

- un laser scanner che emette un impulso laser ad alta frequenza che viene deviato perpendicolarmente alla traiettoria da uno specchio rotante. Tale sensore registra l'intensità del segnale riflesso; la quota del terreno viene calcolata sulla base della differenza di tempo che intercorre tra il segnale emesso e quello riflesso;

- un sistema di posizionamento satellitare (GPS) e un sistema inerziale di navigazione (INS), installati a bordo del mezzo aereo per determinarne la posizione e l'orientamento in ogni istante;
- stazioni GPS a terra per correggere la posizione dell'aereo in fase di post-processamento dei dati.

### 3. Metodo

Il metodo utilizzato fa uso di un modulo di simulazione integrato all'interno del software open source GRASS-GIS, denominato r.sun. Questo modulo, già utilizzato dal Joint Research Center sull'Unione Europea parte da un modello tridimensionale ad alta risoluzione, in 3D, per stimare l'irraggiamento sulle superfici del modello stesso.

I dati morfologici di contorno (rilievi) vengono integrati mediante l'utilizzo di un modello 3D a media risoluzione (STRM). La validazione del dato calcolato dal modulo viene eseguita mediante l'ausilio dei dati provenienti dagli eventuali impianti esistenti.

Per ogni edificio esistente, mediante maschera di interrogazione, viene estratto il valore relativo al tetto.

#### Calcolo del potenziale solare

La variabile utilizzata per la classificazione degli edifici è il potenziale solare, definito come segue:

Potenziale Solare [kWh/m<sup>2</sup>]: energia solare disponibile per unità di superficie in un fissato intervallo temporale, nel campo delle onde corte (per lunghezze d'onda comprese circa tra 0.2 e 4  $\mu\text{m}$ ) considerando l'esposizione della superficie, la sua inclinazione e l'ombra di edifici vicini e di oggetti remoti.

La radiazione solare diretta è stata calcolata considerando la posizione relativa Terra-Sole e l'ombra degli edifici circostanti e degli oggetti lontani. Per considerare l'ombra degli oggetti remoti è stato usato un DTM con una risoluzione di 40m/px ed un DSM relativo alle aree insediate con risoluzione di 1 m, coprendo un'area totale di circa 500 km<sup>2</sup>.

La radiazione diffusa è stata calcolata tenendo conto dell'inclinazione e dell'orientamento dei tetti e dell'elevazione sull'orizzonte.

L'atmosfera di riferimento utilizzata per il calcolo della radiazione è stata parametrizzata attraverso:

l'altezza totale dell'atmosfera, assunta pari a 12 km;

la pressione parziale del vapore acqueo, integrata sull'estensione verticale totale dell'atmosfera, pari a 10 hPa.

Il potenziale solare è stato computato su base giornaliera (intervallo del campione: 10 gg, frequenza oraria: 0,5), mensile (media) e annuale (media).

Le mappe di radiazione solare così ottenute non considerano la presenza di aerosol e nubi.

### Classificazione degli edifici in base al potenziale solare

La mappa della radiazione solare totale annua è stata elaborata in ambiente GRASS GIS (modulo r.sun) per ottenere una classificazione dei tetti dell'insediamento urbano.

Utilizzando la cartografia messa a disposizione dalla PAT per l'area di studio (CTP, PAT 1999) degli edifici sono stati estratti dalla mappa raster della radiazione solo i pixel che appartengono ad aree edificate.

Dalla Carta Tecnica Provinciale sono stati estratti solo gli elementi che rappresentano gli edifici, ed tutti gli oggetti che hanno una superficie inferiore ad 1 m2 perché essi non sono significativi per l'analisi.

Sono state fissate 3 soglie, tenendo conto della distribuzione spaziale dei dati e delle scelte fatte in precedenza per l'elaborazione di altri catasti solari europei, e sono state individuate 4 classi di pixel, come indicato in tabella 1.

CLASSE	POTENZIALE SOLARE	COLORE	VALUTAZIONE
1	> 1250 kWh/m <sup>2</sup>		ALTO POTENZIALE
2	1001 - 1250 kWh/m <sup>2</sup>		MEDIO POTENZIALE
3	851 - 1000 kWh/m <sup>2</sup>		BASSO POTENZIALE
4	< 850 kWh/m <sup>2</sup>		INADATTO

Tabella 1: criterio di classificazione dell'area dei tetti

## 4. Risultati

Per ogni edificio esistente è stato calcolato l'irraggiamento incidente annuale sulla superficie del tetto. Il dato dell'irraggiamento è stato poi classificato in 4 classi per permetterne la visualizzazione su mappa. La figura n.1 riporta un estratto di mappa. I dati tabellari sono contenuti nello shapefile allegato.

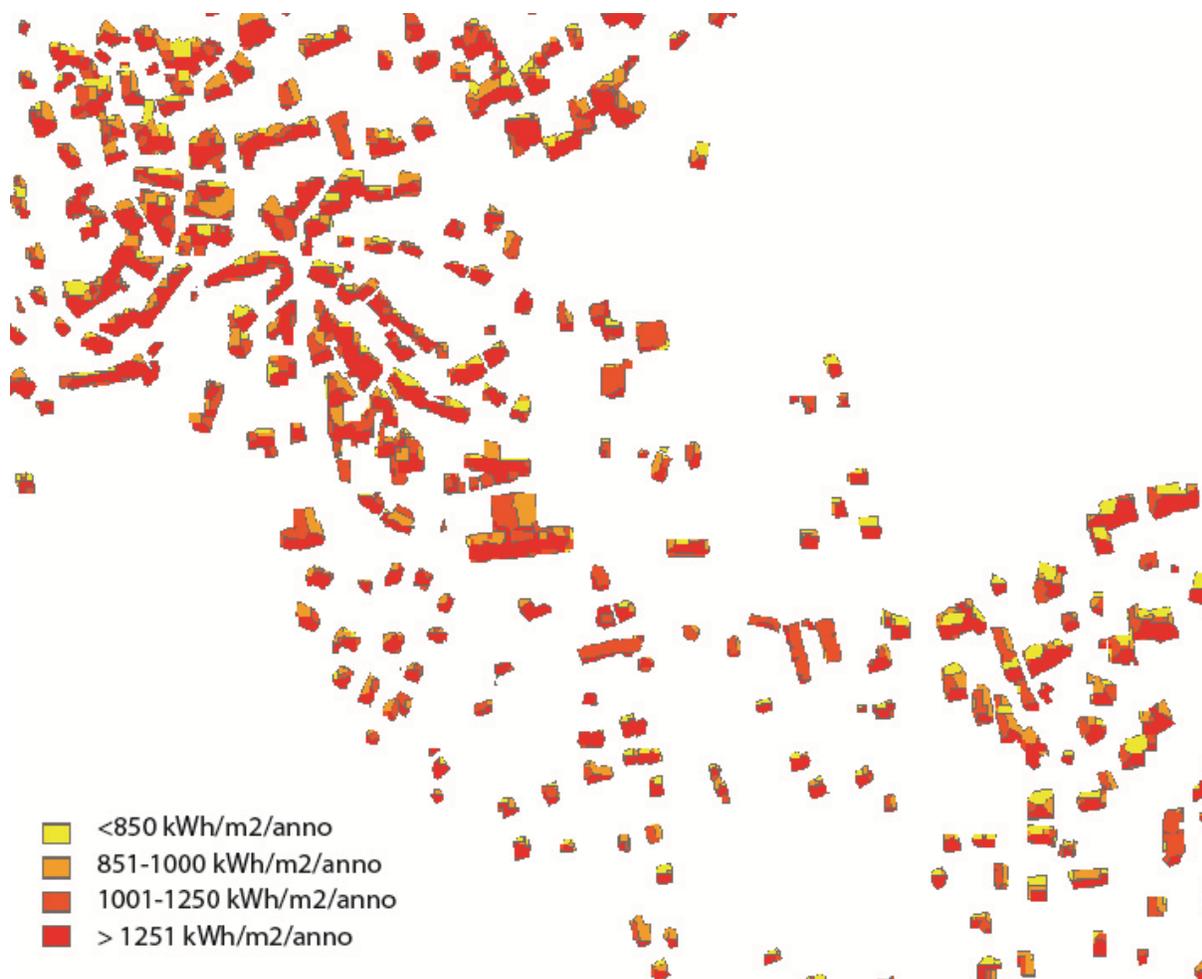


Figura n.1: Estratto di mappa

### Calcolo del potenziale fotovoltaico

Per ottenere una stima del potenziale fotovoltaico dai dati annuali (mensili) di irraggiamento si è preferito fornire un valore di resa energetica in kWh/kWp (dove per kWp si intende la potenza

di picco in uscita del modulo fotovoltaico misurata a condizioni standard; irraggiamento a 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura del modulo 25 °C) senza quindi dover specificare la tecnologia fotovoltaica. Dal valore di resa energetica dato in kWh/kWp si può facilmente risalire alla produzione fotovoltaica totale della falda una volta identificata la tecnologia (e quindi l'efficienza) dei moduli da installare. Le prestazioni energetiche di impianti fotovoltaici sono misurate con un indice chiamato "Performance Ratio" o PR che è definito come il rapporto tra la resa energetica (energia elettrica prodotta per kWp) e la resa relativa (insolazione, quantità di irraggiamento, totale). In assenza di perdite questo indice è molto vicino a 1. Il potenziale fotovoltaico si può quindi stimare moltiplicando l'indice prestazionale per il potenziale solare. Per il calcolo del potenziale fotovoltaico ideale (indice prestazionale PR=1), quindi senza perdite dovute a temperatura, ombreggiamento da oggetti di dimensioni minori alla risoluzione del modello usato per il calcolo dell'irraggiamento, sporcamento, effetti spettrali etc, i valori del potenziale solare in kWh/m<sup>2</sup> corrisponderanno quindi ai valori di resa energetica fotovoltaica data in kWh/kWp. Valori tipici di PR sono dell'ordine di

PR=0.8-0.9 per impianti a campo aperto

PR=0.7-0.8 per impianti integrati su falda

dove si evince che perdite dell'ordine anche del 30% possono essere presenti.

Esempio

Superficie tetto: 30 m<sup>2</sup>

Potenziale solare: 1300 kWh/m<sup>2</sup>

Caso 1: perdite considerate: solo perdite da ombreggiamento di oggetti lontani (montagne, colline etc.) e vicini di dimensione superiori alla risoluzione del modello digitale del terreno

Resa energetica da fotovoltaico:  $1300 \text{ kWh/m}^2 \times 1 = 1300 \text{ kWh/kWp}$

Moduli con

efficienza 15%: 6.67 m<sup>2</sup>/kWp

Potenza installata:  $30/6.67=4.50 \text{ kWp}$

Totale produzione annua da fotovoltaico:  $4.50 \times 1300 = 5850 \text{ kWh}$

efficienza 10%: 10 m<sup>2</sup>/kWp

Potenza installata:  $30/10=3 \text{ kWp}$

Totale produzione annua da fotovoltaico:  $3 \times 1300 = 3900 \text{ kWh}$

Caso 2: impianto fotovoltaico da integrare su tetto con perdite stimate del 20%

Resa energetica da fotovoltaico:  $1300 \text{ kWh/m}^2 \times 0.8 = 1040 \text{ kWh/kWp}$

Moduli con

efficienza 15%:  $6.67 \text{ m}^2/\text{kWp}$

Potenza installata:  $30/6.67=4.50 \text{ kWp}$

Totale produzione annua da fotovoltaico:  $4.50 \times 1040 = 4680 \text{ kWh}$

efficienza 10%:  $10 \text{ m}^2/\text{kWp}$

Potenza installata:  $30/10=3 \text{ kWp}$

Totale produzione annua da fotovoltaico:  $3 \times 1040 = 3120 \text{ kWh}$

### **Calcolo del potenziale termico per produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS)**

Il calcolo per la producibilità di ACS mediante collettori solari termici è molto complesso e dipende dalla tecnologia installata e dalla temperatura di uscita desiderata.

In generale i collettori per il solare termico hanno un'efficienza più elevata rispetto ai pannelli fotovoltaici, che si aggira attorno al 60% dell'energia proveniente dall'irraggiamento solare diretto sulla superficie interessata.

Facendo riferimento a collettori di tipo "tradizionale" reperibili sul mercato è possibile fornire la seguente indicazione di massima per località del Nord Italia:

4 m<sup>2</sup> di collettori piani installati in maniera complanare alla falda producono 300 kWh/m<sup>2</sup> di ACS (temperatura fornita di 45°C) all'anno.

Ulteriori calcoli dovranno essere eseguiti dall'installatore.