

Rapporto sull'importanza dell'energia solare  
su scala regionale e sul potenziale di sviluppo  
dell'energia solare a livello locale



## Indice

Introduzione.....	2
Fotovoltaico in Europa/Italia.....	2
Fotovoltaico in Alto Adige e strategia KlimaLand.....	3
Studi esistenti .....	5
Calcolo del potenziale fotovoltaico.....	7
Fattori di perdita .....	9
Scala singolo edificio.....	11
Residenziale.....	11
Commerciale/Industriale .....	11
Scala distretto .....	12
Scala comunale/provinciale .....	12
Potenziale fotovoltaico .....	12
Potenziale per tipologia di edificio .....	13
Densità di potenza per abitante.....	16
Caso studio Bressanone.....	18
Conclusioni.....	19

## Introduzione

Diversi studi hanno avuto ed hanno tuttora come soggetto di ricerca il potenziale solare fotovoltaico di zone specifiche, sia a livello locale che globale, variando il grado di dettaglio (si vedano per esempio i progetti PV-Initiative, PV-Alps, Catasto solare di Bolzano, Catasto solare di Laives). Questi progetti sono limitati dalle dimensione delle aree coperte o dalla assenza di filtri tra aree effettivamente utilizzabili per installazioni e aree protette. Basandosi sui dati disponibili da questi progetti, nel 2014 si era andati a calcolare il potenziale fotovoltaico dell'Alto Adige su falda e su altre aree definite non convenzionali quali barriere anti rumore, infrastruttura del trasporto su rotaia, etc. Il catasto solare di tutti i principali insediamenti dell'Alto Adige sviluppato all'interno di Solar Tirol rappresenta quindi un ultimo tassello per una analisi più approfondita del potenziale fotovoltaico su falda. Questo studio vuole rappresentare un supporto alle politiche delineate nel Klimaland 2050 verso una decarbonizzazione dell'Alto Adige.

### Fotovoltaico in Europa/Italia

Dall'ultimo report "Global Market Outlook" di Solar Power Europe (ex EPIA, European Photovoltaic Industry Association) per il periodo 2015-2019 si prevede una crescita lineare in Europa delle installazioni di impianti FV. Nonostante queste stime siano state riviste al ribasso, la crescita rimane significativa.

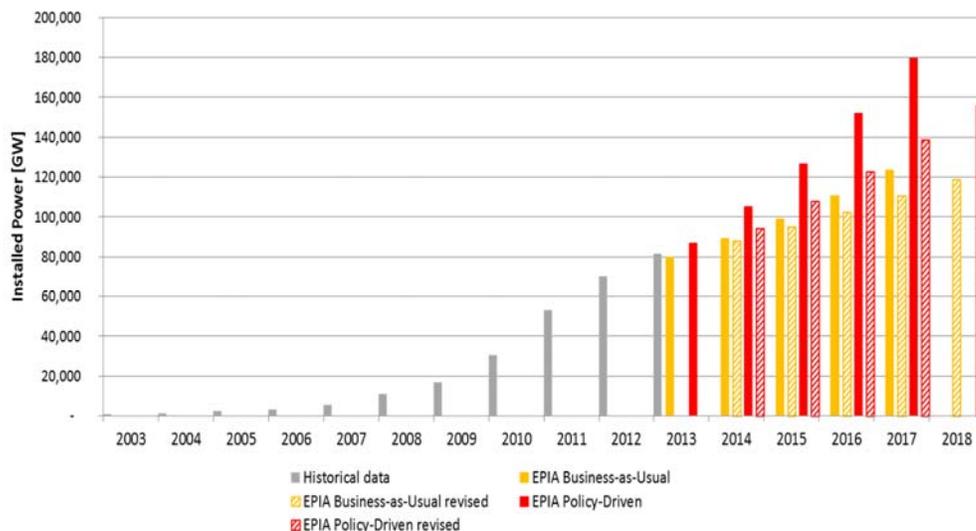


Figura 1: Previsioni di crescita in Europa del settore FV. Fonte EPIA

Per quanto riguarda l'Italia, non esistono tuttora dati aggiornati sul numero di installazioni nel periodo post-incentivi (da Agosto 2013 è stato infatti raggiunto il limite di 6.7 miliardi di Euro destinati agli incentivi dei programmi Conto Energia). Il GSE di fatto ha mantenuto il contatore solo per gli impianti incentivati. Le informazioni sono comunque in possesso al GSE (che rimane l'interlocutore per la richiesta del regime di scambio sul posto), ENEA (per quanto riguarda l'installazione di impianti FV in seguito a ristrutturazioni edilizie) e TERNA (per la richiesta di allacciamento) ma non sono più di facile accesso. Per il 2014 è stato comunque stimato un mercato di molto inferiore ad 1 GW.

### Fotovoltaico in Alto Adige e strategia KlimaLand

La strategia energetica per l'Alto Adige "Klimalands" prevede una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> pro capite a 1.5 t (4 t nel 2020) ed una copertura del fabbisogno energetico pari al 90% da rinnovabili (75% nel 2020 come target intermedio). Nello specifico, la strategia prevede una potenza installata da fotovoltaico di 600 MW nel 2050 (300 MW nel 2020).

Al 2013 in Provincia risultavano installati circa 230 MW in potenza di impianti fotovoltaici. Questo valore era facilmente accessibile dal portale gestito dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE), ente che eroga e gestisce l'incentivazione degli impianti. Dalla fine del V Conto Energia, il GSE non è quindi più andato a aggiornare il numero di impianti FV installati in Italia e nelle singole regioni/province e città. Vari studi mostrano come il mercato italiano per il 2014 sia sceso a valori di circa 0.5 GW, bel lontano dall'anno record 2011 con più di 9 GW installati. Dati forniti dai distributori di energia locali (SELNET e AEW) si nota comunque come il settore non sia completamente bloccato ma presenti comunque una crescita continua. Figura 2 mostra di fatto come nel 2015, almeno nella parte della rete elettrica della quale si hanno dati a disposizione, vi sia stato un incremento in installazioni rispetto al 2014.

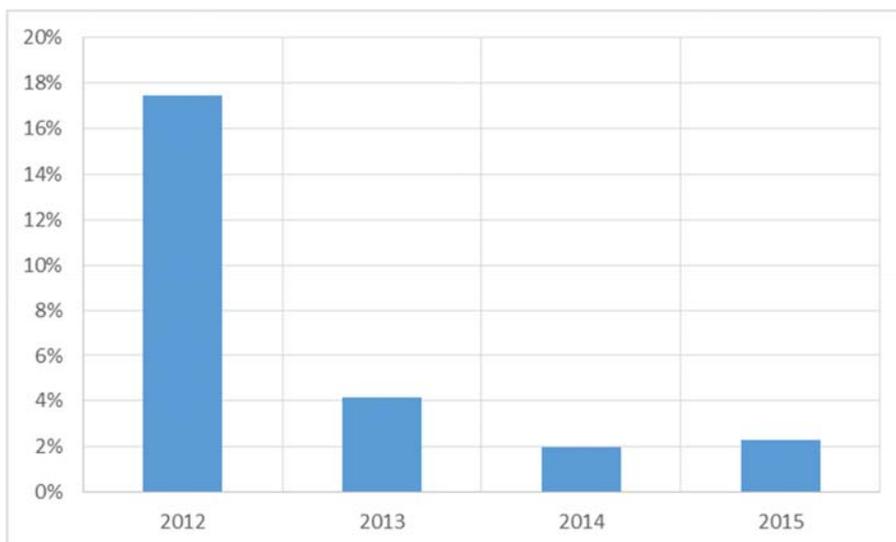


Figura 2: Tasso di crescita di installazioni fotovoltaiche per una parte della rete della Provincia di Bolzano. Dati forniti dal distributore in modo anonimo

Tabella 1 riassume la potenza di impianti installati in Provincia per ogni Conto Energia. Nella Tabella si è andati a stimare i costi/benefici in termini economici utilizzando dei valori medi per gli incentivi che variano da 0.5 a 0.1 Euro/kWh a seconda del Conto Energia di riferimento per un totale di circa 1.6 MEuro di incentivi spalmati sui 20 anni (utilizzando una resa specifica di 1100 kWh/kWp ed ignorando la data di installazione in prima approssimazione).

Tabella 1: Potenza installata in Alto Adige per i vari Conto Energia. Stima della produzione considerando una resa di 1100 kWh/kWp. Stima dei guadagni da incentivi e delle spese di investimento

Yield	1100 kWh/kWp		FIT Euro/kWh	20 anni Euro	Investimento Euro
	Pn kW	En kWh			
<b>Provincia BOLZANO</b>	<b>229,029</b>	<b>251,932,271</b>		<b>€ 1,643,944,610</b>	<b>€ 1,122,383,144</b>
Primo conto energia	8,302	9,132,432	0.5	€ 91,324,321	
Secondo conto energia	128,144	140,958,771	0.4	€ 1,127,670,166	
Terzo conto energia	15,638	17,201,340	0.3	€ 103,208,041	
Quarto conto energia	69,301	76,231,313	0.2	€ 304,925,254	
Quinto conto energia	7,644	8,408,414	0.1	€ 16,816,829	

In Tabella 2 è stata riassunta l'analisi per il calcolo degli investimenti variando il costo per kW degli impianti di anno in anno per un totale di 1.1 MEuro.

Tabella 2: Stima degli investimenti in impianti FV in Provincia utilizzando costi annuali

	Investimento	Pn	Investimento
	Euro/kW	kW	Euro
2006	8500	525	€ 4,461,778
2007	7000	7,166	€ 50,159,760
2008	6500	17,561	€ 114,144,609
2009	6000	18,781	€ 112,684,188
2010	5800	65,397	€ 379,302,385
2011	4500	71,128	€ 320,075,636
2012	3000	40,786	€ 122,357,142
2013	2500	7,648	€ 19,120,848
2014	2000	38	€ 76,800
TOT		229,029	€ 1,122,383,144

Pur essendo una stima basata su un metodo semplificato, si denota come il bilancio sia positivo. Per far sì che questo avvenga nel periodo di 20 anni è importante assicurare che gli impianti siano performanti e a seconda della taglia dell'impianto, ciò può avvenire solo in presenza di alcuni accorgimenti quali per esempio la presenza di sensori meteo, contratti di manutenzione periodica, controllo periodico delle prestazioni e dello stato dell'impianto, etc.

Prime stime sull'affidabilità di impianti in funzione da almeno 3 anni mostrano come una fetta importante degli impianti presenta problemi più o meno gravi che possono portare a perdite economiche se non rilevati per tempo. A seconda del campione utilizzato per lo studio, la percentuale di impianti con problemi varia dal 20 al 33%.

## Studi esistenti

In questa sezione vengono descritti brevemente i principali progetti di ricerca applicata sul fotovoltaico in Provincia di Bolzano.

**PV-Initiative (fondi FESR, 2010-2014, EURAC):** Il progetto **PV Initiative** (Coordinato dall'Istituto per le Energie Rinnovabili in collaborazione con l'Istituto per il Telerilevamento di EURAC), è stato concepito come strumento in grado di fornire al settore fotovoltaico i mezzi per valutare la qualità e le potenzialità dei diversi modelli di pannelli fotovoltaici disponibili al fine di sviluppare, da un lato, strumenti di previsione della produttività di un impianto, dall'altro, moduli che garantiscano la completa integrazione architettonica. In particolare nel progetto PV-Initiative si è andati a sviluppare uno dei primi catasti solari in Europa per la città di Bressanone.

Partners locali: EURAC, Istituto per le Energie Rinnovabili, Istituto per il Telerilevamento



**PV-Alps (fondi INTERREG Italia-Svizzera, 2012-2014):** Nel contesto dei cambiamenti climatici tutte le regioni europee sono esortate a favorire la conversione alle energie rinnovabili. Nel progetto PV-Alps si è andati a creare una banca dati chiara e di facile accesso per la valutazione della radiazione solare incidente nella regione alpina. I dati di

radiazione solare sono derivati dai dati satellitari ed interpretati utilizzando metodi innovativi. Per il Cantone svizzero dei Grigioni e la Provincia italiana di Bolzano il potenziale di elettricità solare è stato calcolato con un'alta risoluzione spaziale (100 m) in riferimento a tecnologie fotovoltaiche selezionate.

Partners locali: EURAC, Istituto per le Energie Rinnovabili, Istituto per il telerilevamento; Provincia di Bolzano

**Flexi-BIPV (fondi FESR, 2013-2015):** Gli obiettivi del progetto Flexi-BIPV sono:

- Favorire lo sviluppo del fotovoltaico integrato, una tecnologia che sta diventando una soluzione chiave per la produzione di energia elettrica
- Permettere il progresso verso la grid parity e oltre. Ciò richiede un abbassamento dei costi di produzione con un possibile aumento dei margini di guadagno, differenziando l'offerta disponibile agli sviluppatori ed installatori. In altre parole, con miglioramenti innovativi e tecnologici assieme a soluzioni con le quali le imprese possono offrire migliori e più stabili performance a costi minori.
- Capitalizzare la tipicità della realtà altoatesina con aree montane dove soluzioni ad isola con sistemi di accumulo risultano preferibili all'allacciamento in rete dovuto alle restrizioni della stessa in alcune aree dell'Alto Adige.

Per realizzare i suddetti obiettivi si è andati ad esaminare vari tipi di schemi di integrazione fotovoltaica sottoposta a condizioni reali e con lo studiare il comportamento dei vari componenti di sistema in fotovoltaico integrato architettonicamente ed in soluzioni innovative, così come in applicazioni a terra.

Partners locali: EURAC, Istituto per le Energie Rinnovabili

**Catasto Laives (città di Laives, Cassa Raiffeisen Laives):** La Città di Laives ha realizzato uno studio sui consumi energetici di 26 edifici pubblici e dell'illuminazione cittadina, per poter effettuare gli opportuni interventi rivolti al risparmio energetico. Ottimizzare la produzione e l'uso dell'energia, promuovere l'uso delle fonti rinnovabili e contribuire alla riduzione dei gas ad effetto serra, infatti, devono essere considerati non opzioni ma necessità. Rendendo disponibile lo studio su WEB e dotandolo di un sistema interattivo di interrogazione ed una rappresentazione semplice su mappa, la Città di Laives vuole dare all'amministratore e al tecnico uno strumento per lo studio dei correttivi opportuni e al cittadino la possibilità di vedere ed interrogare i dati energetici degli edifici pubblici e invogliarlo ad investire in energie rinnovabili. I dati energetici vengono raccolti e analizzati, secondo le classificazioni e normative vigenti, tramite un applicativo GIS (in italiano SIT - Sistema Informativo Territoriale) basato su web. Questa tecnologia, grazie alla semplicità di rappresentazione e consultazione, si sta diffondendo sempre più velocemente tra il popolo di internet. EcoGIS permette di rappresentare sulla cartografia del Comune informazioni eterogenee in modo semplice e intuitivo. Un utente può visualizzare le statistiche dei consumi rappresentate con una colorazione e cliccando su di un edificio può conoscere tutti i dati energetici ad esso legati. Allo stesso modo può valutare se il proprio tetto è adatto all'installazione di pannelli fotovoltaici.

Partners locali: EcoGIS, R3GIS

**Bolzano Sun Solar City (Città di Bolzano):** Bolzano Sun Solar City è un'applicazione web, basata sulla CTC - Carta Tecnica Comunale e realizzata dal SIT del Comune di Bolzano, che consente un'analisi del potenziale di sfruttamento dell'energia solare di tutti i tetti della città. Bolzano Sun Solar City è un nuovo modo di utilizzare il GIS: i dati sono stati trattati attraverso algoritmi innovativi e di ultima generazione. La navigazione territoriale, semplice, veloce e dinamica, è offerta e consentita a tutti i cittadini. Il Comune di Bolzano mette a disposizione degli utenti un servizio per individuare l'idoneità dei tetti all'installazione di pannelli solari, sulla base dei dati relativi alla radiazione solare e alle ore dirette di sole che interessano le falde dei tetti della città. Il servizio offerto permette di rilevare i punti potenzialmente adatti per l'installazione di pannelli solari; non vengono prese in considerazione l'idoneità statica dei tetti e gli aspetti economico - finanziari dell'intervento (conto energia, contributi, tempi di rientro dell'investimento), che restano a carico dei proprietari dei tetti.  
Partners locali: SIT Comune di Bolzano

**Potenziale fotovoltaico dell'Alto Adige: uso intelligente degli spazi (2013-2014):** In questo studio si è andati a calcolare il potenziale fotovoltaico dell'Alto Adige partendo dai catasti solari esistenti per la città di Bolzano, Laives e Bressanone. Le aree agricole sono state considerate utilizzando dati disponibili per l'Alta val di Non. Oltre al potenziale su falda si è andati inoltre a calcolare il potenziale su aree non convenzionali quali barriere antirumore, barriere antislavine, infrastruttura della mobilità su rotaia, etc.  
Partners locali: EURAC, Istituto per le energie rinnovabili

## Calcolo del potenziale fotovoltaico

I dati analizzato provengono dal catasto solare sviluppato in Solar Tirol disponibile al seguente indirizzo [webgis.eurac.edu/solartiro1](http://webgis.eurac.edu/solartiro1). Il database (si veda Tabella 3) raccolto è formato dai seguenti parametri per ogni area interessata: comune di appartenenza, tipologia di edificio, area totale e nelle varie classi (Areasum, areacl1, areacl2, areacl3, areacl4), insolazione media nelle varie classi (Insolazione media, H1, H2, H3, H4).

*Tabella 3: Indici utilizzati nel database di Solar Tirol per la stima del potenziale fotovoltaico*

objectid	Tipologia	Comune	Areasum	glsun	Insolazione media	areacl1	gld1	H1	areacl2	gld2	H2	areacl3	gld3	H3	areacl4	gld4	H4	Avg_pixelarea
----------	-----------	--------	---------	-------	-------------------	---------	------	----	---------	------	----	---------	------	----	---------	------	----	---------------

Le classi in questione sono state definite in base a considerazioni economiche. Impianti FV installati su falde con una insolazione in classe 1 hanno un ritorno di investimento inferiore alla vita utile dell'impianto fissata a 20 anni (in realtà impianti FV con corretta manutenzione possono produrre fino all'80% della producibilità iniziale per più di 25 anni).

Tabella 4: Classi di insolazione annua per l'idoneità di installazioni FV

CLASSE	POTENZIALE SOLARE	COLORE	VALUTAZIONE
1	> 1200 kWh/m <sup>2</sup>		MOLTO ADATTO
2	1000 - 1200 kWh/m <sup>2</sup>		ADATTO
3	800 - 1000 kWh/m <sup>2</sup>		MEDIAMENTE ADATTO
4	< 800 kWh/m <sup>2</sup>		INADATTO

Il primo input per una stima affidabile della produzione energetica da fotovoltaico è la conoscenza della radiazione solare incidente in un dato luogo. Il valore di insolazione annua su una certa superficie che tenga in conto dell'ombreggiamento di oggetti lontani e vicini, dell'inclinazione e dell'orientamento della superficie stessa è un parametro fondamentale per definire una soglia di idoneità economica di una eventuale installazione fotovoltaica. Numericamente, il modo più semplice per stimare la produzione da fotovoltaico è basata sull'assumere come costante l'efficienza dei moduli,  $\eta$ :

$$E = \eta AH \quad [\text{kWh}]$$

dove  $H$  è l'insolazione annua (energia totale proveniente dal sole sul piano del modulo),  $A$  la superficie dei moduli FV. Sebbene questa semplice formula riesca a dare un'indicazione della produttività di un sistema FV, allo stesso tempo non tiene in conto di perdite dovute ad effetti come temperatura, ombreggiamento, effetti spettrali, perdite sui cavi, efficienza dell'inverter, sporcamento, etc. Il parametro che tiene in conto delle perdite e che viene usato per monitorare le performance di sistema nel tempo è chiamato Performance Ratio (PR) definito come

$$PR = \frac{E}{P_n} \frac{1000}{H}$$

Dove  $E/P_n$  viene definito come resa energetica del sistema,  $Y_f$ , mentre  $H/G_{STC}$  è la resa di riferimento a condizioni standard,  $Y_r$  (con  $G_{STC}=1000 \text{ W/m}^2$ ). La conoscenza di valori tipici di PR permette di risalire a valori di produttività più vicini a valori reali.

$$E = PR \eta A H \quad [\text{kWh}]$$

L'uso della precedente equazione è equivalente ad utilizzare una efficienza di sistema piuttosto che quella dei singoli moduli. Nel catasto solare di Solar Tirolo sono stati utilizzati metodi più complessi che riescono a tenere in considerazione anche delle fluttuazioni stagionali delle performance delle varie tecnologie fotovoltaiche dovute agli effetti legati alla temperatura. Per lo scopo di questo studio si è ritenuto opportuno utilizzare la forma semplificata trattandosi solo di una stima del potenziale solare e della produttività.

La potenza installabile è stata quindi calcolata con la seguente formula

$$P_n = \eta A G_{STC} [kWp]$$

Inoltre

$$Y_f = \frac{E}{P_n} = PR \cdot Y_r = PR \frac{H}{G_{STC}} \left[ \frac{kWh}{kWp} \right]$$

Con la produzione elettrica che ne consegue pari a

$$E = Y_f P_n [kWh]$$

Nello specifico si è andati a scegliere una efficienza per i moduli pari al 15% (efficienza tipica di moduli policristallini) per il calcolo del potenziale installabile ed un Performance Ratio di 0,8 per il calcolo della producibilità elettrica. E' chiaro che sia l'efficienza che il parametro di performance tendono ad aumentare negli anni grazie a miglioramenti tecnologici, maggiore conoscenza e cura nelle installazioni. Allo stato attuale esistono già dei moduli sul mercato con una efficienza superiore al 20%.

Assieme al valore di irraggiamento viene anche dato l'orientamento degli edifici (come valore o come ulteriore suddivisione in classi) e l'angolo di inclinazione. Grazie a questi parametri risulta quindi possibile tenere in conto del fatto che su **tetti piani** i moduli vengono installati su strutture di supporto con una certa inclinazione. In questo caso si deve tenere conto dell'auto ombreggiamento assicurando una certa distanza tra le file. Questa possibilità è stata tenuta in conto nel computo del potenziale assumendo un **fattore di correzione 0,5** della efficienza del sistema sull'intera superficie disponibile (esempio: efficienza sistema su falda inclinata 15%, efficienza sistema su tetto piano 7,5%).

### Fattori di perdita

Per completezza è importante specificare quali fattori di perdita contribuiscono alla riduzione delle performance di impianti FV. In particolare il maggiore contributo può venire da:

**Temperatura:** la potenza in uscita di moduli FV cala linearmente con l'aumentare della temperatura del modulo stesso. Questo effetto è considerato all'interno del catasto solare. Inoltre si è andati a stimare l'effetto della ventilazione naturale di impianti FV (Figura 3). Questo è particolarmente importante per impianti installati su falda. Ciò è stato ottenuto introducendo un fattore che relazione la differenza in temperatura tra modulo e temperatura ambiente e l'irraggiamento.



Figura 3: Effetto della ventilazione considerato nell'analisi della producibilità dell'impianto

**Cavi:** perdite legate alla trasmissione della corrente dai moduli all'inverter

**Ombreggiamento:** l'ombreggiamento causa minore insolazione e funzionamento non ideale dei moduli. L'effetto è considerato nel catasto solare sia causato da oggetti lontani sia da oggetti vicini con dimensioni superiore ai 0.5 m.

**Riflessione:** ad alti angoli di incidenza della radiazione rispetto al modulo si hanno perdite da riflessione dove non tutta la radiazione viene assorbita dal modulo.

**Degradazione:** il continuo funzionamento dei moduli porta ad una degradazione dei materiali che compongono il modulo stesso e di conseguenza una minore potenza in uscita. Valori tipici sono nell'ordine del 0.5% per anno. I costruttori di moduli riescono al giorno d'oggi a garantire una perdita annuale massima dell'1% annuale per un periodo di 25 anni per una perdita massima del 20%.

**Inverter:** La conversione da corrente continua a corrente alternata porta a perdite fino ad un massimo del 10% a seconda della taglia dell'inverter.

## Scala singolo edificio

### Residenziale

Gli impianti fotovoltaici in Italia possono beneficiare dello schema dello scambio sul posto fino ad una taglia di 500 kW. Questo incentivo indiretto prevede l'utilizzo della rete come batteria virtuale con una perdita economica contenuta per ogni kWh immesso e in un secondo tempo prelevato dalla rete.

Questo è particolarmente importante quando gli impianti sono asserviti ad una utenza per coprirne i consumi. Per quanto riguarda sistemi residenziali si può andare a calcolare l'effetto di un aumento di autoconsumo definito come la percentuale % di consumo coperto da produzione FV. Tabella 5 mostra il risultato utilizzando le seguenti condizioni: 3000 kWh fabbisogno, 1200 kWh/m<sup>2</sup> di irraggiamento, 960 kWh/kWp di produzione da FV, 3 kW di impianto FV, 2000 Euro/kW di costi di installazione, 1% costi di O&M, inflazione al 2% e degradazione delle performance dello 0.8%, costo iniziale dell'energia 0.2 Euro/kWh, Contributo in conto scambio di 0.14 Euro/kWh.

Tabella 5: Effetto dell'aumento dell'autoconsumo in una utenza residenziale sul risparmio annuo in bolletta.

		<b>Autoconsumo</b>	<b>Totale</b>	<b>CCS</b>
€	403.20	0%	- €	403 €
€	421.20	10%	60 €	361 €
€	439.20	20%	120 €	319 €
€	457.20	30%	180 €	277 €
€	475.20	40%	240 €	235 €
€	493.20	50%	300 €	193 €
€	511.20	60%	360 €	151 €
€	529.20	70%	420 €	109 €
€	547.20	80%	480 €	67 €
€	565.20	90%	540 €	25 €

Dalla Tabella si nota come il risparmio annuale cresce da circa 400 Euro a 565 Euro passando da un autoconsumo dello 0% al 90%; ciò può avvenire in presenza di sistemi di accumulo di energia e/o variando il profilo di utilizzo dei carichi. Tipici valori di autoconsumo nel settore residenziale sono attorno al 30%. Il beneficio di un impianto FV per l'utente è evidente; in presenza di scambio sul posto il beneficio nell'aumentare la quota autoconsumata non è tuttavia sufficiente per giustificare l'acquisto di sistemi di stoccaggio energetico in quanto il budget a disposizione su un periodo di 20 anni sarebbe di circa 3000 euro. Il tempo di ritorno di investimento dell'impianto FV è di circa 11 anni che cala a meno di 9 anni in presenza di detrazioni fiscali del 50%.

### Commerciale/Industriale

Simili considerazioni possono essere fatte per impianti FV installati su capannoni commerciali/industriali. In questo caso vi sono nuovi modelli di approvvigionamento dell'energia elettrica che si stanno affermando e che sono regolamentati dal 2014. Si tratta dei Sistemi Efficienti di Utenza che sono definiti all'interno dei Sistemi Semplici di Produzione e Consumo.

I Sistemi Semplici di Produzione e Consumo (SSPC) sono “sistemi caratterizzati dall’insieme dei sistemi elettrici, connessi direttamente o indirettamente alla rete pubblica, all’interno dei quali il trasporto di energia elettrica per la consegna alle unità di consumo che li costituiscono non si configura come attività di trasmissione e/o di distribuzione, ma come attività di autoapprovvigionamento energetico” (regole applicative definite da GSE)

In questo caso, applicando questo tipo di modello, vi è una distinzione tra il proprietario dell’impianto ed il proprietario dell’immobile. Si stipula un contratto di vendita tra i due soggetti con chiari benefici per l’utente:

- 10% circa di riduzione della bolletta elettrica in quanto non si è tenuti a pagare gli oneri di trasmissione
- Nessun investimento rilevante per l’installazione dell’impianto

I rischi sono soprattutto dalla parte del proprietario dell’impianto FV in quanto è necessaria una “due diligence” dell’azienda alla quale andrà a vendere l’elettricità per verificarne la solidità economica e poter quindi coprire i costi dell’investimento e realizzare guadagni in un periodo di medio/lungo termine.

## Scala distretto

Il catasto solare sviluppato in Solar Tirol permette di conoscere l’elettricità prodotta su più falde a livello di quartiere. Questa funzione è stata aggiunta per cominciare a fare delle considerazioni verso le necessità del futuro di avere distretti all’interno di città che sono a bilancio energetico nullo o addirittura positivo. Inoltre può essere utile per aziende e ESCOs che sono in cerca di diversificare il proprio portafoglio di impianti FV.



Figura 4: Selezione di edifici a livello di distretto per il calcolo della producibilità

## Scala comunale/provinciale

### Potenziale fotovoltaico

Tabella 6: Risultati dell’analisi su tutto il territorio provinciale interessato dal catasto solare di Solar Tirol

soglie	area	noarea	media	Hmedia	H	Elettricità
(kWh/m <sup>2</sup> )	flat	flat	no	flat	flat	(GWh)
	(ettari)	(ettari)	(kWh/m <sup>2</sup> )	(kWh/m <sup>2</sup> )	(MW)	%

>1200	845	118	1315	1284	1356	1447	31%
1000-1200	694	84	1060	936	1104	941	25%
800-1000	568	28	892	814	873	626	21%
<800	652	44	550	468	1010	446	24%
senza filtri	2758	275	983	999	4137	3459	
area totale	3031						

Tabella 6 riassume i risultati dell'analisi effettuata per tutto il territorio provinciale interessato dal catasto solare di Solar Tirol con la suddivisione di superfici e potenziale in tetti piani o inclinati. Il 31% delle superfici interessata supera la soglia di 1200 kWh/m<sup>2</sup> e può quindi essere considerata idonea per installazioni FV.

Il potenziale fotovoltaico su falda in classe 1 è pari a 1.35 GW. In questo valore sono inclusi i centri storici dei vari insediamenti. Da analisi effettuate su alcune città campione si ottiene che la riduzione del potenziale togliendo le falde di edifici in centro storico sono dell'ordine del 15%. Tenendo questa riduzione in considerazione si arriva ad una stima di potenziale pari a 1.15 GW. Questo valore è in linea a ciò che è stato riportato in una analisi precedente dove il potenziale era stimato a 1.25 GW. Nonostante il precedente utilizzo di dati disomogenei e ad una stima molto conservativa della densità di potenza per abitante in zone densamente popolate (2.5 kW/abitante) e rurali (3.5 kW/abitante), si era quindi arrivati ad una stima molto vicina a quella presentata in questo studio.

Da notare che un potenziale nell'ordine di 1.15-1.35 GW potrebbe coprire per il 50% il fabbisogno elettrico annuo dell'Alto Adige pari a 3 TWh.

Questo valore rappresenta il potenziale tecnico del fotovoltaico in Alto Adige. La realizzazione o meno di questo potenziale dipende molto dai trend che derivano da considerazioni economiche che viaggiano a doppio filo con il quadro legislativo del momento. Mentre in presenza di regimi incentivati in Conto Energia massimizzare la copertura della superficie disponibile era una strategia vincente dal punto di vista economica, in assenza di incentivi si tende ad installare la potenza nominale che permette di coprire i consumi a livello annuale. Il potenziale tecnico andrebbe quindi di conseguenza ridotto negli edifici residenziali considerando solo l'area sufficiente a coprire i consumi dei nuclei abitativi presenti.

#### Potenziale per tipologia di edificio

Il database per l'analisi assegna ad ogni oggetto rilevato un comune di appartenenza e la tipologia di edificio. In questo modo è possibile definire il potenziale fotovoltaico anche per tipologia di edifici e come questa varia di comune in comune.

Tabella 7: Potenziale a livello provinciale per le principali tipologie di edificio con relative aree divise in inclinate e piane

Tipologia edificio	Potenza		Superfici		
	[MW]	%	Inclinate [ettari]	Piane [ettari]	% piane
<b>Pubblico</b>	56	4.1%	102	19	15.6%
<b>Civile</b>	777	57.3%	1,710	62	3.5%
<b>Edifici agricoli</b>	108	8.0%	239	6	2.3%
<b>Box Garage</b>	18	1.3%	58	10	15.0%
<b>Commerciali e industriali</b>	287	21.2%	388	139	26.4%

Tabella 7 riassume l'analisi effettuata per tipologia di edificio. Gli edifici civili (da assegnare principalmente al settore residenziale) rappresentano la fetta più importante del potenziale con 0.8 GW circa da 1710 ettari di superfici in falda. Nel 2001 sono stati rilevati in provincia di Bolzano 80324 edifici, di cui l'87,3% ad uso abitativo (circa 70000 edifici). L'Annuario Statistico 2014<sup>1</sup> fornisce anche il valore della superficie di tutte le abitazioni in Provincia, pari a 1550 ettari per 172000 abitazioni (90 m<sup>2</sup>/abitazione). Secondo i primi risultati provvisori relativi al Censimento delle abitazioni 2011, il numero di abitazioni occupate da persone residenti ammontava nel 2011 a 199419. Dai dati 2001 risulterebbe esserci circa 42 m<sup>2</sup> di falda per abitazione (16 m<sup>2</sup> per abitante). Questo dato per abitante è circa la metà di quello che risulta dal catasto solare per i soli edifici civili. Allo stesso tempo il valore totale delle superfici dal catasto solare è stato confrontato con la superficie in pianta degli edifici dal catasto provinciale ed il valore è in linea. Si dovrà quindi valutare con una analisi approfondita del building stock da dove possa nascere questa differenza.

E' evidente che se si applicano le considerazioni del paragrafo precedente (impianto FV limitato alla copertura dei consumi), il potenziale effettivamente raggiungibile si riduce considerevolmente. Ad esempio, un villa monofamiliare composta da 3 persone con una superficie di falda in classe 1 di 50 m<sup>2</sup> deve a coprire circa 20 m<sup>2</sup> di tetto per soddisfare i bisogni elettrici. Ciò significherebbe una riduzione del 60% del FV installabile.

Inoltre, nell'annuario statistico 2014 di ASTAT, si evince come il 13% delle abitazioni in Alto Adige non siano stabilmente occupate.

E' importante notare come il potenziale sugli edifici pubblici sia di 56 MW e può rappresentare un importante investimento per le amministrazioni per ridurre il conto economico energetico.

<sup>1</sup> Annuario Statistico 2014, [http://www.provincia.bz.it/astat/download/JB2014\\_K15.pdf](http://www.provincia.bz.it/astat/download/JB2014_K15.pdf)

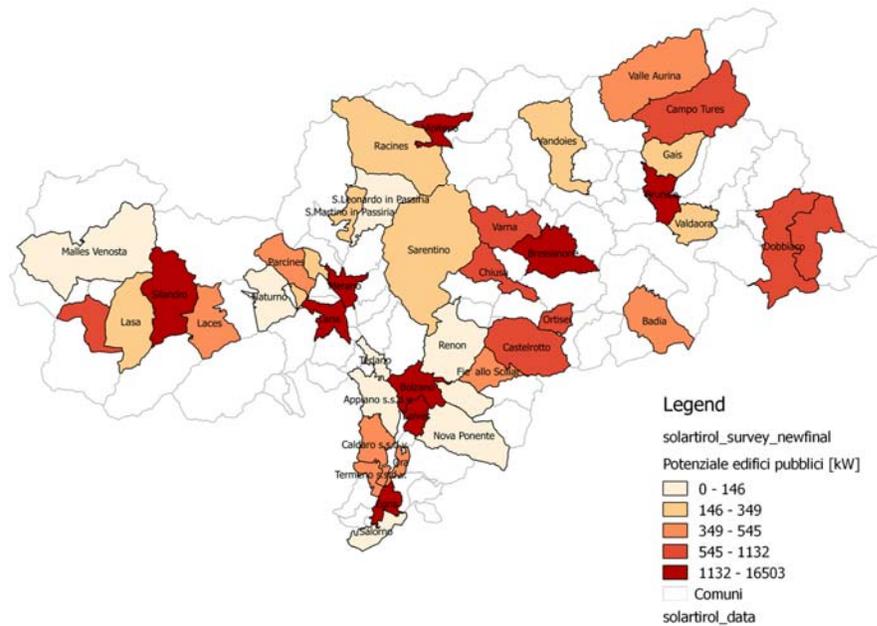


Figura 5: Potenziale FV su edifici pubblici suddiviso per territorio comunale (comuni con più di 3000 abitanti)

Tabella 8: Suddivisione del potenziale FV per tipologia di edifici per i 5 insediamenti principali della Provincia

Città	Densità kW/ab	Edificio pubblico kW	Edificio civile kW	Commercio/industria kW	Agricoltura kW
<b>Bolzano-Bozen</b>	1.66	16,503	79,115	64,218	2,168
<b>Merano-Meran</b>	1.49	2,606	43,284	10,647	63
<b>Bressanone-Brixen</b>	3.06	6,751	33,460	16,767	3,142
<b>Laives-Leifers</b>	1.93	1,158	15,893	14,297	505
<b>Brunico-Bruneck</b>	2.27	1,585	21,186	10,010	872

## Densità di potenza per abitante

Figura 6 e Figura 7 mostrano come varia la densità di potenza per abitante per i comuni con più di 3000 abitanti. E' interessante il trend in Figura 7 dove, a parte una clusterizzazione per comuni con pochi abitanti, si nota come la densità tendi ad aumentare con il diminuire degli abitanti.

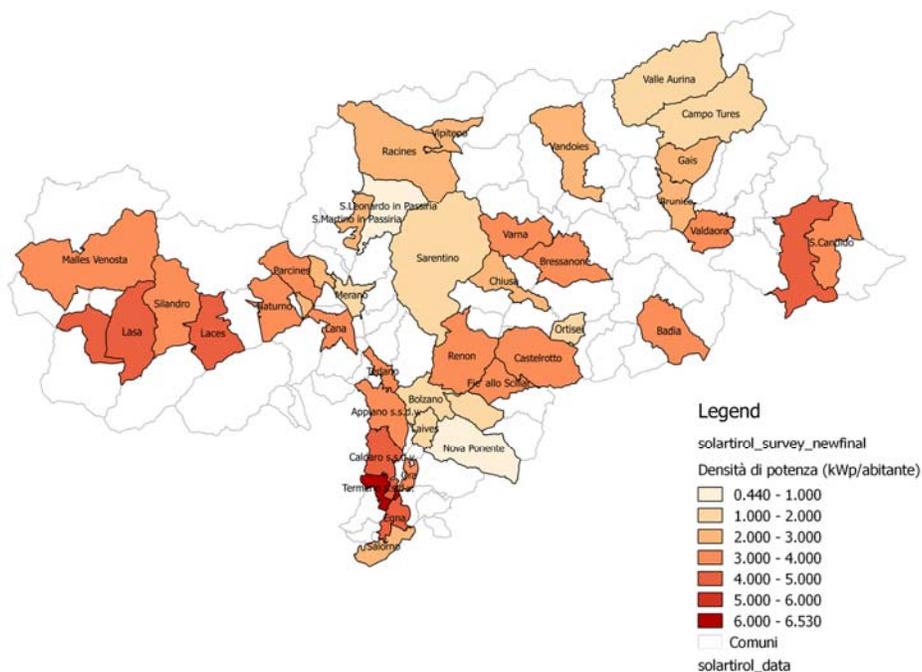


Figura 6: Densità di potenza per abitante per i comuni con più di 3000 abitanti

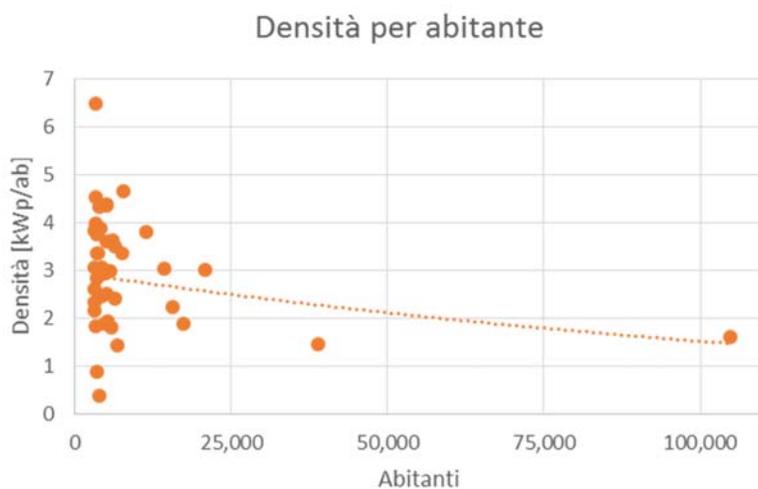


Figura 7: Densità di potenza per abitante in relazione del numero di abitante

Tabella 9: Densità di popolazione e potenziale fotovoltaico per gli insediamenti con popolazione > 3000 abitanti

Città	kW/ab	Pn
-------	-------	----

<i>Bolzano-Bozen</i>	1.66	173910
<i>Merano-Meran</i>	1.49	58042
<i>Bressanone-Brixen</i>	3.06	63882
<i>Laives-Leifers</i>	1.93	33630
<i>Brunico-Bruneck</i>	2.27	35445
<i>Appiano s.s.d.v.-Eppan a.d.Weinstr.</i>	3.07	44099
<i>Lana-Lana</i>	3.86	43761
<i>Caldaro s.s.d.v.-Kaltern a.d.Weinstr.</i>	4.71	36474
<i>Renon-Ritten</i>	3.39	26055
<i>Sarentino-Sarntal</i>	1.49	10314
<i>Vipiteno-Sterzing</i>	2.46	16036
<i>Castelrotto-Kastelruth</i>	3.54	22970
<i>Silandro-Schlanders</i>	3.67	22095
<i>Valle Aurina-Ahrntal</i>	1.85	10941
<i>Naturno-Naturns</i>	3.03	16935
<i>Campo Tures-Sand in Taufers</i>	1.97	10452
<i>Laces-Latsch</i>	4.40	22726
<i>Chiusa-Klausen</i>	2.54	13082
<i>Malles Venosta-Mals</i>	3.64	18651
<i>Egna-Neumarkt</i>	4.43	22294
<i>Lagundo-Algund</i>	2.98	14575
<i>Ortisei-St.Ulrich</i>	1.92	9026
<i>Racines-Ratschings</i>	2.49	10999
<i>Varna-Vahrn</i>	3.10	13300
<i>Terlano-Terlan</i>	3.92	16481
<i>Lasa-Laas</i>	4.37	17265
<i>Nova Ponente-Deutschnofen</i>	0.44	1725
<i>S.Lorenzo di Sebato-St.Lorenzen</i>	3.40	12876
<i>Salorno-Salurn</i>	2.88	10355
<i>Parcines-Partschins</i>	3.08	10973
<i>Ora-Auer</i>	3.39	12067
<i>S.Leonardo in Passiria-St.Leonhard in Pass.</i>	0.92	3250
<i>Fie' allo Sciliar-Völs am Schlern</i>	3.80	13196
<i>Prato allo Stelvio-Prad am Stilfser Joch</i>	4.58	15515
<i>Badia-Abtei</i>	3.91	13247
<i>Cornedo all' Isarco-Karneid</i>	1.88	6264
<i>Dobbiaco-Toblach</i>	4.02	13348
<i>Termeno s.s. d.v.-Tramin a.d. Weinstr.</i>	6.53	21642
<i>Vandoies-Vintl</i>	2.64	8625
<i>S.Candido-Innichen</i>	3.88	12486
<i>Gais-Gais</i>	2.39	7600
<i>S.Martino in Passiria-St.Martin in Passeier</i>	2.19	6934
<i>Valdaora-Olang</i>	3.10	9663

Tabella 9 mostra i risultati della densità di potenza e potenziale fotovoltaico per i comuni con popolazione superiore a 3000 abitanti.

E' da notare come questi valori siano in linea o più bassi se confrontati con analisi precedentemente effettuate su catasti esistenti. Nello specifico per Bolzano, Bressanone e Laives questi valori erano di 60, 247 e 65 MW includendo il centro storico (densità di potenza per abitante pari a 3, 2.4, 3.8 kW/abitante, rispettivamente). Tabella 10 riassume il confronto dove spicca l'anomalia di Laives con una densità per abitante quasi dimezzata rispetto alla precedente analisi. Ciò può essere solo parzialmente giustificato da un'area delle falde meno estesa nel campione analizzato. La superficie in classe 1 è passata dal 39% della superficie totale al 34% nel caso di Bressanone, mentre per Bolzano si è passati dal 56% al 36% e per Laives dal 55% al 35%. Nell'analisi precedente i valori di Bolzano, in base a dati misurati, erano stati considerati come sottostimati e erano stati ricalcolati utilizzando valori su falde che erano anche presenti nel catasto di Laives che ha portato ad una sovrastima del potenziale di entrambe le città di Bolzano e Laives.

E' chiaro come la correzione della copertura nuvolosa effettuata in Solar Tirol abbia un'influenza nel valore finale di insolazione annua assieme alla risoluzione del dato di partenza (Digital Surface Model) che in Solar Tirol è < 1 m.

*Tabella 10: Confronto tra i dati di Solar Tirol e l'analisi effettuata sui catasti solari esistenti (solo tetti in Classe 1 incluso il centro storico).*

	Analisi precedente			Solar Tirol		
	Area [ettari]	Pn [MW]	Densità [kW/ab]	Area [ettari]	Pn [MW]	Densità [kW/ab]
Bolzano	390	247	2.4	345	174	1.7
Bressanone	103	60	3	128	64	3.1
Laives	84	65	3.8	65	34	1.9

### Caso studio Bressanone

Il calcolo del potenziale fotovoltaico a livello di territorio comunale solo considerando superfici idonee può avere una duplice utilità:

- Permette all'amministrazione comunale di conoscere la copertura dei consumi da fonte fotovoltaica e di conseguenza promuovere o meno la tecnologia in questione
- Permette ai gestori della rete di capire a livello spaziale più dettagliato dove potrebbero formarsi dei colli di bottiglia per ulteriori penetrazione di rinnovabili variabili

A tal proposito si è andati a scegliere Bressanone come caso studio utilizzando il software EnergyPLAN che permette di modellare sistemi energetici utilizzando profili di consumo e generazione con risoluzione oraria e ottenere risultati a livello annuale<sup>2</sup>.

Come strategia si è andati ad aumentare la quantità di fotovoltaico installato fino al raggiungimento del limite tecnico calcolato dal catasto solare. Questo permette di calcolare i costi/benefici di vari scenari che prevedono l'utilizzo di sistemi di immagazzinamento energetico per raggiungere una perfetta integrazione e diminuire lo scambio con la rete.

<sup>2</sup> I dati sono stati elaborati dal PAES di Bressanone

A tal proposito sono stati introdotti due indici:  $\gamma$  è un indice per calcolare la copertura annuale dei consumi da rinnovabili,  $RE(\gamma)$  è un indice che tiene in conto della contemporaneità tra consumi e generazione.  $RE(\gamma)=1$  corrisponde ad una perfetta integrazione tra rinnovabili e consumo.

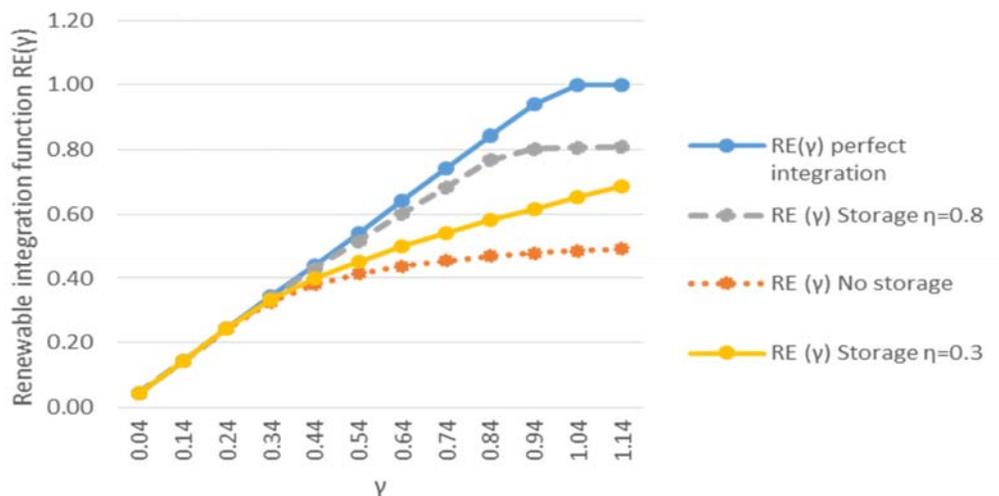


Figura 8: Riassunto delle simulazioni effettuate per il caso studio Bressanone per il caso senza sistemi di accumulo, con un accumulo con efficienza di conversione del 30% (idrogeno) e con accumulo con efficienza di conversione 80% (idroelettrico).

Come si nota da Figura 8 nel caso di un aumento delle installazioni da FV senza sistemi di accumulo, si ha una perfetta integrazione (produzione minore dei consumi) fino ad un valore di  $\gamma=0.24$  (pari a 20 MW di fotovoltaico). Il potenziale per Bressanone (64 MW) permetterebbe di raggiungere un  $\gamma=0.5$  ma con una integrazione  $RE(\gamma)<0.5$ . Una volta scelte le efficienze dei sistemi di accumulo ed i loro costi si arriva quindi ad un confronto in termini di riduzione di  $CO_2$  e di minimizzazione dei costi.

## Conclusioni

Il potenziale fotovoltaico da dati omogenei utilizzando una efficienza del 15% (ridotto di un fattore 0.5 per tetti piani) risulta essere di 1.35 GW per tutto il territorio provinciale per superfici in Classe I compresi i centri storici. Basandosi su analisi limitate ad alcune città, l'esclusione dei centri storici va a ridurre il potenziale di circa il 15%. La densità di potenza per abitante che ne risulta è di circa 2.7 kW/abitante. Il potenziale su edifici pubblici è pari a 56 MW (a Bolzano 16 MW) mentre i tetti dei capannoni commerciali/industriali possono ospitare circa 287 MW (a Bolzano 64 MW).

Nel catasto solare sviluppato in Solar Tirol si è inoltre posta un' enfasi sulla possibilità di calcolare il potenziale a livello di distretto per la pianificazione urbana.

Sebbene l'Alto Adige sia già 100% rinnovabile nel settore elettrico, gli impianti FV rappresentano un cambio radicale: si consuma dove si produce. In futuro la domanda di elettricità può aumentare specialmente in due settori: riscaldamento/raffrescamento (pompe di calore) e nella mobilità elettrica. Il FV potrebbe quindi rappresentare una soluzione ideale per rispondere all'aumento della domanda con la produzione in loco.

Inoltre, con la scadenza degli incentivi, nuovi modelli sono necessari nel mercato elettrico (per esempio i Sistemi Efficienti di Utenza, SEU) che spostano l'onere dell'investimento dal proprietario dell'immobile che andrà a beneficiare di tariffe ribassate dell'elettricità con un contratto diretto con il proprietario dell'impianto. Altri modelli di business andranno esplorati soprattutto da chi andrà a costituire un portafoglio di tanti impianti da gestire come grande impianto distribuito.

Per concludere, il potenziale FV in Alto Adige è ampio da permettere di raggiungere gli obiettivi delineati nel KlimaLand (600 MW nel 2050) in termini assoluti. Va valutato attentamente il tasso di crescita anno per anno per verificarne le probabilità di raggiungimento che deve essere di almeno 7 MW all'anno.

Il FV grazie al grande potenziale può rappresentare una strategia efficace per installare sistemi a fonte rinnovabili su superfici esistenti dell'ambiente costruito con basso impatto ambientale.