



# IL FOTOVOLTAICO DI OGGI È TUTTA UN'ALTRA STORIA



Fotografia: Luciano Carugo (Architetti: deltaZERO, de Angelis - Mazza)

## **BIPV meets history**

**REPORT 4.1 Casi studio esemplari; 4.2 Modelli di soluzioni tecnologiche per sistema d'involucro attivo BIPV; 4.3 Criteri guida e metodi d'intervento.**



## **Autori**

Dr Arch. Cristina S. Polo López

SUPSI, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana

Floriana Troia

UNICT, Università degli Studi di Catania

## **Dettaglio documento:**

Titolo Casi di studio esemplari nell'area di cooperazione dei partner

Report No: 4.1 / 4.2 / 4.3

Work Package: WP4

Data di pubblicazione: 31/05/2022

Versione: 01

## **Dettaglio progetto:**

Titolo del progetto: BIPV MEETS HISTORY - CREAZIONE DI UNA CATENA DI VALORE PER IL FOTOVOLTAICO INTEGRATO IN ARCHITETTURA NEL RISANAMENTO ENERGETICO DEL PATRIMONIO COSTRUITO STORICO TRANSFRONTALIERO

Codice progetto: 603882

Durata del progetto: maggio 2019 - ottobre 2021 (30 mesi)

## **Partners:**



Scuola universitaria professionale  
della Svizzera italiana

**SUPSI**



Regione  
Lombardia



ticino \* energia



*Operazione co-finanziata dall'Unione europea, Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, dallo Stato Italiano, dalla Confederazione elvetica e dai Cantoni nell'ambito del Programma di Cooperazione Interreg V-A Italia-Svizzera*

## SOMMARIO WP4

Il lavoro parte dai risultati ottenuti nel WP3 per sviluppare materiale di supporto per accelerare la diffusione e l'utilizzo di tecnologie BIPV su edifici esistenti, considerando gli aspetti economici, ambientali e sociali per promuovere il trasferimento di sapere e tecnologie sulle energie rinnovabili fotovoltaiche a tutta la filiera operativa. È stata di conseguenza elaborata una documentazione specifica relativa a casi di studio esemplari nell'area di cooperazione dei partner, e di soluzioni progettuali -edifici con buona integrazione BIPV- e di buone pratiche dal punto di vista procedurale e attuative. Inoltre sono state raccolte delle soluzioni tecniche di aziende leader nel BIPV e pratiche di successo affinché altre MPMI possano seguirne l'esempio.

Oggi, una barriera importante alla diffusione dei sistemi BIPV, la mancanza di conoscenza delle possibilità offerte dal mercato e dei vantaggi verso il target degli edifici a consumo energetico zero o quasi nullo (nZEB) in tutte le fasi progettuali, di sviluppo del prodotto, installazione ed esecuzione dell'opera (aspetti estetici e di design, economici e di ritorno degli investimenti, aspetti tecnici e costruttivi e d'installazione, normativi ecc.). Esistono già buone pratiche da mostrare per stimolare il cambiamento verso la produzione, l'installazione e l'utilizzo di innovative soluzioni di mercato. Il mancato trasferimento dei risultati più avanzati della ricerca nella pratica rende molte figure professionali diffidenti verso la tecnologia. Inoltre, il lavoro sinergico tra i diversi gruppi di target (investitori, promotori, progettisti, sviluppatori del sistema e prodotto BIPV, installatori, consulenti energetici e finanziatori) fondamentale per produrre un risultato finale di qualità.

È stato sviluppato del materiale tecnico su buoni esempi (Task 4.1) e dei modelli di soluzioni tecnologiche per sistema d'involucro attivo (Task 4.2), adatti alle tipologie edilizie transfrontaliere identificate come potenziale mercato nel Task 3.2. L'analisi ha permesso di identificare dei prodotti nella filiera del tessuto industriale transfrontaliero corrispondente alle possibili richieste del potenziale mercato (*matching* con le aziende e MPMI del territorio), in modo di contribuire allo sviluppo futuro di nuovi prodotti, migliorando le competitività delle aziende del settore e come base anche dell'analisi tecno economico e del potenziale di business della filiera (WP5). Per ultimo, il progetto ha definito dei criteri di attuazione per aggiornare le linee guida d'intervento, considerando gli aspetti singolari e specifici dell'area territoriale e la loro potenziale replicabilità in altri contesti delle aree territoriali limitrofi. I risultati e la metodologia adottata sono stati utili per la discussione nell'ambito dei tavoli di discussione (Task 3.4) e per la costruzione di nuovi criteri guida e metodi d'intervento nel patrimonio costruito dell'area di cooperazione in relazione agli ambiti paesaggistici e alle tipologie architettoniche di riferimento (Task 4.3).

# INDICE

SOMMARIO WP4 .....	4
INDICE .....	5
CAPITOLO 1. ....	7
1 INTRODUZIONE.....	7
2 CASI DI STUDIO SVIZZERI .....	8
3 DOCUMENTO DI RACCOLTA DI CASI DI STUDIO IN SVIZZERA (attività 4.1, 4.2) .....	10
3.1 Configurazione delle schede .....	10
3.2 Struttura .....	12
3.2.1 Dati informativi.....	12
3.2.2 Descrizione intervento .....	13
3.2.3 Valutazione intervento.....	19
4 CRITERI GUIDA E METODI D’INTERVENTO. (attività 4.3) .....	21
4.1 CRITERI GUIDA E DI VALUTAZIONE DELL’INTERVENTO – SCHEDA EDIFICIO.....	22
4.1.1 Valutazione conservativa/compatibilità .....	22
4.1.2 Descrizione del metodo per la selezione dei criteri di valutazione dell’intervento... 23	
4.1.3 Criteri guida e di valutazione selezionate nelle schede ed elaborati.....	34
4.2 CRITERI GUIDA E DI VALUTAZIONE DELL’INTERVENTO – SCHEDA TECNOLOGIA .....	41
4.2.1 Valutazione energetica.....	41
4.2.2 Criteri guida applicati nelle schede ed elaborati.....	46
5 DOCUMENTO DI RACCOLTA DI CASI DI STUDIO E SOLUZIONI ESEMPLARI IN SVIZZERA.....	48
6 CORSI DI FORMAZIONE (WP2, 2.4).....	51
7 PIATTAFORMA DIGITALE SVIZZERA .....	53
8 CONCLUSIONI .....	58
9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	60



# CAPITOLO 1.

## WP4 - Promozione Dell'innovazione Del BIPV

### Attività 4.1, Attività 4.2, Attività 4.3

Casi di studio esemplari, modelli di soluzioni tecnologiche per sistema d'involucro attivo, criteri guida e metodi d'intervento.

## 1 INTRODUZIONE

Questo documento presenta una raccolta di buone pratiche progettuali (casi di studio esemplare, edifici con integrazione BIPV) e la metodologia di analisi e di raccolta dati di alcune delle soluzioni tecnologiche e di buone pratiche dal punto di vista procedurale e attuativa, sulla base dell'utilizzo di alcune soluzioni tecnologiche solari attive, sistemi solari fotovoltaici integrati ovvero BIPV. L'integrazione di queste soluzioni solari considera diversi sistemi tecnologici negli elementi dell'involucro dell'edificio, sia come elementi di copertura o di facciata in alcuni casi specifici, o come elementi aggiuntivi (pergole, serre solari, elementi di schermatura, ecc.). Quest'analisi di casi di studio (attività 4.1) e soluzioni tecnologiche BIPV (attività 4.2) intendono valutare dei criteri guida e metodi d'intervento per poter in un secondo momento, elaborare delle nuove informazioni utili allo scopo di ridirigere e aggiornare delle linee guide di supporto (WP 4, Attività 4.3), sia alla progettazione, sia alla valutazione degli interventi. Lo scopo è stato quello di supportare l'attività degli enti pubblici e le istituzioni, locali e regionali, che attuano durante l'iter procedurale per l'autorizzazione degli impianti solari, in contesti di particolare pregio storico e paesaggistico, e anche per i progettisti che attuano sul patrimonio edilizio esistente, offrendo una panoramica di buone pratiche e di esempi realizzati analizzati nel dettaglio sulla base delle ricerche attuate in precedenza (WP3). Questa documentazione specifica relativa a casi di studio esemplari nell'area di cooperazione dei partner ha permesso di sviluppare materiale di supporto per migliorare la prassi in essere, per la valutazione e progettazione dei singoli casi, e per accelerare la diffusione e l'utilizzo di tecnologie BIPV su edifici esistenti, considerando gli aspetti storici, energetici, ambientali ed economici.

## 2 CASI DI STUDIO SVIZZERI

La metodologia di analisi dei casi di studio riguardante l'integrazione solare di sistemi fotovoltaici sugli edifici, si è basata nella realizzazione delle schede tecniche che presentano delle applicazioni reali su edifici esistenti, di particolare pregio storico e culturale, o in contesti di valore paesaggistico, naturalistico o storico, che in alcuni casi, come nel caso di molti degli esempi realizzati in Svizzera qui riportati, sono stati riconosciuti con il Premio Solare Svizzero istituito dall'associazione e gruppo di lavoro Solar 91 "SOLAR AGENTUR SCHWEIZ", "AGENCE SOLAIRE SUISSE", "SOLAR AGENCY SWITZERLAND" (SAS / ASS) fondata nel 1993 [1]. L'obiettivo dell'ASS è la promozione dell'utilità pubblica e generale dell'uso dell'energia solare, nel senso della dichiarazione di principio della Società svizzera per l'energia solare (SSES), in particolare nel settore immobiliare. A tal fine, l'associazione supporta e riconosce progetti e iniziative a favore di un uso razionale dell'energia, a basse emissioni o privo di emissioni, anche a favore delle energie rinnovabili e in particolare dell'uso dell'energia solare in edifici, abitazioni, servizi, artigianato, industria, agricoltura e trasporti; sostiene anche la sostituzione di materiali fossili e di energia non rinnovabile mediante la produzione di riscaldamento solare e azioni, manifestazioni e dimostrazioni pubbliche, in particolare i Premi solare svizzeri ed europei. Inoltre, è impegnata nel supporto di sforzi scientifici nei settori della ricerca, e di disseminazione in tutti i settori di attività ed economia, pubblici e privati, finalizzati al raggiungimento di questi obiettivi. a favore delle condizioni quadro appropriate per le tecnologie sostenibili e future, al fine di consentire l'integrazione ottimale degli impianti di produzione di energia solare ed energia nel paesaggio e negli edifici e per contribuire alla realizzazione. Un punto rilevante riguardanti le attività dell'ASS è la volontà di sostenere e promuovere la conservazione sostenibile del paesaggio e degli edifici locali, dei siti storici, dei monumenti naturali e culturali del paese, delle costruzioni caratteristiche degne di essere preservate, degli agglomerati e dei loro dintorni, in particolare attraverso un uso razionale e povero di emissioni energetiche, da energie rinnovabili e dall'integrazione esemplare d'impianti di produzione di energia solare.

È proprio per questo motivo, che sono stati selezionati tra i casi di studi esemplari considerati in questo lavoro, alcuni rilevanti riconosciuti da questo Premio Solare Svizzero, nel corso del tempo e per le diverse categorie in cui il premio è stato istituito, principalmente quella legata al risanamento energetico, per Edifici a energia positiva (PEB, Plus Energy Building) e Norman Foster Solar Award (NFSA). I progetti vincitori dimostrano che la costruzione ecocompatibile ed efficiente dal punto di vista energetico è conciliabile con l'architettura all'avanguardia, l'estetica, il comfort e un'alta qualità della vita. Gli edifici PEB producono più energia di quanta ne consumano in media all'anno per riscaldamento, acqua calda e l'energia elettrica. La corrente solare in eccesso può essere immessa nella rete pubblica o utilizzata da veicoli elettrici, trasporti pubblici e per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>. Il premio NFSA mira a promuovere ulteriormente l'efficienza energetica e l'uso di energie rinnovabili,

nonché la loro estetica. Nel fare ciò, si tratta di attirare l'attenzione sull'enorme potenziale energetico del settore edile. Allo stesso modo, sulla base di una decisione del Parlamento europeo del 1993, il gruppo di lavoro Solar 91 ha elaborato il progetto per un premio solare europeo e successivamente, dal 1994 e annualmente, sono assegnati i premi solari europei, in collaborazione con le associazioni Eurosolar e la fondazione "Energie pour le Monde" a Parigi. Alcuni degli esempi riportati sono stati anche riconosciuti dal Premio Solare Europeo [2].

La documentazione raccolta nelle schede riguardanti casi studio Svizzeri (buone pratiche progettuali e sistemi tecnologici BIPV), relativi agli edifici storici dove l'integrazione di sistemi solari fotovoltaici è parte integrante del concetto di risanamento energetico dell'edificio, raccoglie alcuni esempi raccolti da SUPSI nella piattaforma del progetto di ricerca Interreg Alpine Space ATLAS (*Advanced Tools for Low-carbon, high-value development of historic architecture in the Alpine Space*), [www.hiberatlas.com](http://www.hiberatlas.com) [3; 4], parte integranti delle attività della Agenzia Internazionale dell'Energia Solar Heating and Cooling Programme svolte all'interno della Task 59, IEA-SHC Task59 ed IEA EBC Annex 76 [5]. Inoltre, raggruppa tutte le informazioni provenienti da varie piattaforme digitali, come il sito svizzero [www.bipv.ch](http://www.bipv.ch) [6] e [www.solarchitecture.ch](http://www.solarchitecture.ch) [7], Figura 1.

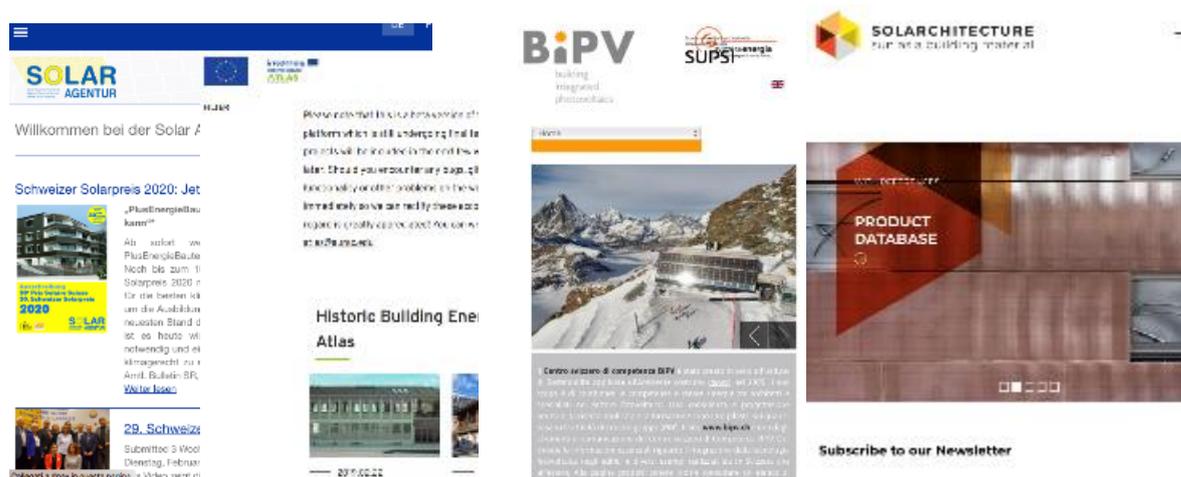


Figura 1 – Alcune fonti documentali per la raccolta dell'informazione dei casi di studio svizzeri (Fonte: SUPSI) SCHEDE DI ANALISI DEI CASI DI STUDIO E DELLE SOLUZIONI TECNOLOGICHE BIPV

Come risultato sono stati raccolti e analizzati ventidue casi di studio esemplari (WP4 4.1) e ventiquattro modelli di soluzioni tecnologiche (WP4 4.2) nel seguente documento di raccolta casi studio in Svizzera. Inoltre alcuni di questi progetti saranno integrati nella piattaforma digitale italiana.

- [Documento di raccolta casi studio in Svizzera.](#)

Questo documento si struttura a modo di scheda che comprende sia la documentazione dell'esempio di buona pratica (best-practice), sia l'analisi della tecnologia/e BIPV implementate nel progetto. Inoltre se configura una valutazione dei criteri d'integrazione considerati nel edificio sulla base dei criteri e linee guida oggi considerati nell'ambito transfrontaliero del progetto (IT-CH) ed in Europa, relativo le attività del WP4 4.3. Criteri guida e metodi d'intervento.

## 3 DOCUMENTO DI RACCOLTA DI CASI DI STUDIO IN SVIZZERA (attività 4.1, 4.2)

### 3.1 Configurazione delle schede

Nelle schede di raccolta dell'informazione e di descrizione del contesto relativa gli esempi di buone pratiche progettuali e di soluzioni tecnologiche BIPV (Documento di raccolta di casi di studio in Svizzera) analizzati all'interno del progetto in Svizzera (WP4 4.1 e 4.2), oltre la documentazione presente nelle schede, si vuole anche fornire una valutazione dell'intervento realizzato che possa analizzare, anche se in parte, il tema dibattuto sulla conservazione degli edifici storici e l'integrazione tecnologica dei sistemi solari e BIPV, tenendo conto della necessità di allinearsi alle direttive Europee e Svizzere, considerando le diverse disposizioni normative di recepimento dei paesi membri, tra cui l'Italia, e lo stato federale svizzero come parti integranti di questo progetto di ricerca, finanziato dal Programma di cooperazione transfrontaliera, Interreg V-A tra Italia e Svizzera e sulla base dell'analisi fatto in precedenza nel WP3, attività 3.1 e 3.2.

L'obiettivo è quello di definire criteri guida validi per l'integrazione del fotovoltaico, collegando così le informazioni al documento WP4 4.3. Criteri di orientamento e metodi di intervento, integrando con esempi pratici un'analisi reale dei criteri considerati oggi nella legislazione e nei documenti di orientamento e linee guida europei, svizzeri e italiani. A livello europeo, la questione energetica, trova applicazione nella Direttiva di riferimento 2018/844, dove è stato introdotto il concetto di edifici energia quasi zero (NZEB) [8] per i nuovi edifici e per gli edifici esistenti soggetti a ristrutturazioni importanti e anche le nuove disposizioni in Svizzera si muovono nella stessa direzione, e il 21 maggio 2017 è stata approvata la nuova legge sull'energia, entrata in vigore il 1 gennaio 2018, con nuove disposizioni volte a ridurre il consumo di energia, aumentare l'efficienza energetica e a promuovere le energie rinnovabili, come parte della Strategia energetica 2050 [9].

In merito alla questione energetica, il tema riguardante il miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio storico è molto controverso e di grande importanza, considerando che gli edifici storici costituiscono gran parte del patrimonio edilizio europeo. La necessità è di preservare i valori e i caratteri del patrimonio, come ampiamente dimostrato dalla presenza di molti progetti finanziati a livello europeo [10; 11; 12; 13; 14; 15], così come le attività in corso dell'agenzia internazionale per l'Energia, nella Task 59 (IEA-SHC Task 59), previamente menzionata, cercando di trovare approcci e tecnologie di retrofit energetico, efficienti e compatibili con la conservazione per gli edifici storici (non necessariamente protetti), con bassi livelli di efficienza energetica e di comfort, considerando anche l'integrazione delle risorse solari rinnovabili. L'analisi di ogni caso studio si compone di due schede (fig.2; 3), dedicate rispettivamente all'edificio (WP 3, 3.1) e alla tecnologia BiPV integrata (WP3, 3.2). L'acronimo BIPV si riferisce a sistemi e applicazioni secondo cui l'elemento fotovoltaico diventa parte integrante dell'edificio, oltre a provvedere alla produzione di energia elettrica per le utenze.

Negli ultimi anni, l'integrazione in architettura dei moduli fotovoltaici si sta sempre più evolvendo, grazie alla continua ricerca e produzione di elementi sempre più tecnologici e competitivi nel mercato globale e ci sono da considerare alcuni aspetti, tra i quali:

- Il mercato BIPV si evolve con rapidità, i nuovi prodotti, per dimensioni e caratteristiche, sono in grado di sostituire integralmente alcuni elementi costruttivi tradizionali a costi sempre più competitivi.
- L'integrazione avviene in elementi appartenenti all'involucro edilizio sia opaco sia trasparente (copertura, doppia facciata, superfici vetrate), oppure in dispositivi accessori come elementi di protezione solare, (parapetti, tettoie ecc.).
- La definizione d'integrazione, non riguarda solo l'inserimento fisico dei moduli nell'involucro edilizio, ma fa fronte ad aspetti estetici strettamente percettivi, che possano garantire una coerenza non solo tecnologica nel rendere più efficiente un edificio, ma che sia in grado di restituire una visione d'insieme coerente e armonico con il contesto ambientale e paesaggistico.

Divise per fasce, le due schede per la raccolta della documentazione, riportano le seguenti informazioni, specificatamente individuate (Figura 2 e Figura 3):

- Dati informativi;
- Descrizione intervento;
- Valutazione. **Scheda edificio – Best practice**

Dati	Descrizione	Valutazione																
<p><b>Interreg</b> ITALIA SVIZZERA - ITALIE SUISSE - ITALIEN SCHWEIZ</p> <p><b>ti</b> Repubblica e Cantone Ticino</p> <p><b>BIPV MEETS HISTORY</b></p> <p><b>Indirizzo</b> Route du village 50, 1730 Ecuwillens</p> <p><b>Città</b> Ecuwillens/FR</p> <p><b>Tipologia edilizia</b> Residenziale</p> <p><b>Tipologia intervento</b> Retrofit</p> <p><b>Anno di costruzione</b> 1859, retrofit 2018</p> <p><b>Architetto</b> Lutz architectes, Rue Jean-Prouvé</p> <p style="text-align: center;"><b>Bauernhaus Galley</b> SWISS SOLAR PRIZE 2018</p> <p>In questo progetto pilota, riguardante una casa rurale del 1859, sono stati utilizzati moduli fotovoltaici colorati (in terracotta) sviluppati dal CSEM a Neuchâtel appositamente per i siti protetti a livello di patrimonio culturale. Questa applicazione dimostra che la transizione energetica non è avvenuta a scapito della qualità architettonica.</p> <p><b>Bibliografia</b> LesFaden Solaranlagen, David Stöckelberger e Christian Mol, 2017 <a href="https://solararchitecture.ch/rural-house-galley/">https://solararchitecture.ch/rural-house-galley/</a> <a href="https://issol.ch/solarterra/solar-terra-issol/">https://issol.ch/solarterra/solar-terra-issol/</a> Foto: BFE-SUPSI; © Caspar Martig Fotograf GmbH</p> <p><a href="http://www.bipvmeetshistory.eu">www.bipvmeetshistory.eu</a> <b>SUPSI</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>DESCRIZIONE INTERVENTO</b></p> <p style="text-align: center;">Corte    Blocco    Torre    Schiena    Linea</p>  <p style="text-align: center;">Non tutelato    Parzialmente tutelato    Tutelato</p> <p>La città di Friburgo è presente nell'Inventario federale dei siti del patrimonio svizzero di importanza nazionale ISSO (UFC)</p> <p><b>CONCEPT EDIFICIO</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Efficienza energetica edifici solari</td> <td>- No target energetico</td> <td>- Standard (Normative, stato dell'arte)</td> <td>- Alto (NZEB, FEB)</td> </tr> <tr> <td>Intervento</td> <td>- Nuova costruzione</td> <td>- esistente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Livello di valorizzazione conservazione</td> <td>- Basso</td> <td>- Medio</td> <td>- Alto</td> </tr> </table> <p><b>CONTESTO</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Esposizione solare</td> <td>- Basso</td> <td>- Medio</td> <td>- Alto</td> </tr> </table>	Efficienza energetica edifici solari	- No target energetico	- Standard (Normative, stato dell'arte)	- Alto (NZEB, FEB)	Intervento	- Nuova costruzione	- esistente		Livello di valorizzazione conservazione	- Basso	- Medio	- Alto	Esposizione solare	- Basso	- Medio	- Alto	<p style="text-align: right;"><b>mPV</b> maats history</p> <p style="text-align: center;"><b>VALUTAZIONE CONSERVAZIONE</b></p> <p><b>Caratteristiche geometriche/spaziali</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Complanarità</li> <li>- Forma</li> <li>- precisione giunti</li> <li>- rapporto superficie moduli/copertura</li> </ul> <p><b>Caratteristiche estetiche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rispetto delle linee</li> <li>- colore</li> <li>- materiale</li> <li>- visibilità</li> <li>- tasso di riflessione</li> <li>- raggruppamento</li> </ul> <p><b>Caratteristiche funzionali</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multifunzionalità</li> <li>- dimensionamento /energetico</li> </ul> <p><small>* Caratteristiche ricorrenze tra i criteri e/o raccomandazioni Svizzera * Caratteristiche in comune ricorrenze tra i criteri e/o raccomandazioni</small></p> <p><b>Norma EN 16883/2017</b></p> <p><b>Compatibilità costruttiva</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- materiale</li> <li>- sistema di fissaggio</li> <li>- reversibilità</li> <li>- alterazione igrotermica</li> </ul> <p><b>Compatibilità estetica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- colore</li> <li>- texture/materico</li> <li>- dimensione</li> <li>- alterazione geometrico/spaziale</li> </ul> <p><b>Compatibilità energetica/funzionale</b></p> <p>funzione: Tegola, tetto caldo</p> <p>Contributo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riscaldamento</li> <li>- Ombreggiamento</li> <li>- elettricità/illuminazione</li> </ul> <p style="text-align: right;">1</p>
Efficienza energetica edifici solari	- No target energetico	- Standard (Normative, stato dell'arte)	- Alto (NZEB, FEB)															
Intervento	- Nuova costruzione	- esistente																
Livello di valorizzazione conservazione	- Basso	- Medio	- Alto															
Esposizione solare	- Basso	- Medio	- Alto															

Figura 2 – Esempio di scheda edificio - Casi di studio esemplari (A 3.1)

## Scheda tecnologia – Sistema solare BIPV



Figura 3 – Esempio di scheda tecnologia – Soluzioni tecnologiche BIPV (A 3.2)

## 3.2 Struttura

### 3.2.1 Dati informativi

Come illustrato in Figura 4 e Figura 5, s'individuano i campi di riferimento specifici per ogni scheda.

#### 3.2.1.1 Scheda edificio (attività 4.1)

La fascia in questione (Figura 4) fornisce dati relativi all'individuazione dell'edificio, fornendo l'anno di costruzione e la data dell'intervento di retrofit, con la categoria energetica corrispondente.

È esplicitamente evidenziata la data di assegnazione del premio solare svizzero, seguita da una breve descrizione dell'edificio, così da poter evidenziare le caratteristiche di pregio o altre informazioni di carattere generale. Si riportano, infine, i testi di riferimento consultanti per la produzione della scheda.

#### 3.2.1.2 Scheda tecnologia (attività 4.2)

In questa parte della scheda si riportano i dati concernenti, l'intervento di retrofit energetico, e alla tecnologia utilizzata. In particolare si fornisce una descrizione dei

componenti del sistema BIPV integrato, descrivendo il prodotto con le sue caratteristiche prestazionali (Figura 5).

Si riporta, infine, il dato riferimento dell'azienda produttrice dei moduli solari BIPV, dove poter trovare informazione di dettaglio sul sistema tecnologico utilizzato nel progetto, e consultati per la produzione della scheda.

 ITALIA SVIZZERA - ITALIE SUISSE - ITALIEN SCHWEIZ	
	
<b>Dati</b> EDIFICIO	<b>Address</b> Route du village 50, 1730 Ecuviens <b>Location</b> Ecuviens/FR <b>Building typology</b> Residential <b>Construction type</b> Retrofit <b>Year of construction</b> 1859, retrofit: 2018 <b>Energy labelling</b> Categoria B
<b>Descrizione</b> EDIFICIO	<b>BAUERNHAUS GALLEY</b> SWISS SOLAR PRIZE 2018  In this pilot project, concerning a 1859 rural house, were used coloured (terracotta) photovoltaic modules developed by the CSEM of Neuchâtel specifically for sites protected at the level of cultural heritage. This application demonstrate that the energy transition is not happening to the detriment of architectural quality, even better this project successfully overcame the ultimate barrier (aesthetics) to a widespread deployment of solar technologies.
<b>Bibliografia</b>	<b>-Bibliografia:</b> Leitbiden Solaranlagen, David Stöckelberger e Christian Mol, 2017  <b>-Sitografia:</b> <a href="https://solararchitecture.ch/rural-house-galley/">https://solararchitecture.ch/rural-house-galley/</a> <a href="https://tsol.ch/solarterra/solar-terra-1859/">https://tsol.ch/solarterra/solar-terra-1859/</a>
<a href="http://www.bipvmeetshistory.eu">www.bipvmeetshistory.eu</a> 	

Figura 4 – Scheda edificio – dati informativi.

 ITALIA SVIZZERA - ITALIE SUISSE - ITALIEN SCHWEIZ	
	
<b>Dati</b> BIPV	<b>Product</b> Soltr@ XL as laying system <b>Orientation</b> South <b>Tilt angle</b> 179° <b>Pv surface</b> 262 m² <b>Nominal power</b> 90 Wp <b>Energy production</b> 16'500 kWh/a <b>Final yield</b> 63 kWh/m² a <b>Active solar ratio</b> > 75% (roof)
<b>Descrizione</b> BIPV	<b>TEGOLA SOLAR TERRA</b> It looks like a traditional tile with glass on the surface, able to eliminate the reflection. It is available in different heights of 40, 50 or 80 cm with aluminium peripheral frame of the same colour. It allows solutions in which it is almost absent.
<b>Bibliografia</b>	<b>-Bibliografia:</b> Leitbiden Solaranlagen, David Stöckelberger e Christian Mol, 2017  <b>-Sitografia:</b> <a href="https://solararchitecture.ch/rural-house-galley/">https://solararchitecture.ch/rural-house-galley/</a> <a href="https://tsol.ch/solarterra/solar-terra-1859/">https://tsol.ch/solarterra/solar-terra-1859/</a>
<a href="http://www.bipvmeetshistory.eu">www.bipvmeetshistory.eu</a> 	

Figura 5 – Scheda tecnologica – dati informativi

### 3.2.2 Descrizione intervento

Come illustrato nelle figure successive (Figura 6 e 7), anche la parte dedicata alla descrizione dell'intervento occupa una fascia delle due schede, dove sono riportate le principali caratteristiche relative all'intervento di integrazione del sistema solare e di risanamento energetico, riferiti rispettivamente all'edificio e alla tecnologia, fornendo in entrambe schemi grafici, foto illustrative e tabelle esplicative, in seguito, descritti nel dettaglio.

L'obiettivo è di individuare gli elementi necessari per una valutazione dell'intervento come verrà spiegato di seguito.

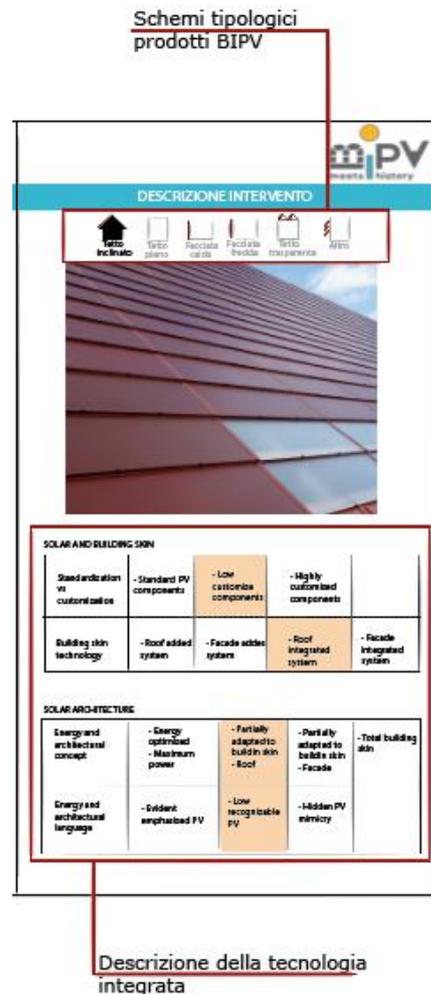


Figura 6 – Scheda edificio – Descrizione intervento.   Figura 7 – Scheda tecnologica – Descrizione intervento.

### 3.2.2.1 Scheda edificio

La fascia dedicata alla descrizione dell'intervento si compone di tutte le informazioni utili a definire le caratteristiche peculiari dell'edificio, individuando lo schema tipologico, una foto, e il livello di tutela applicato all'edificio. Si definiscono qui di seguito gli schemi tipologici, per individuare l'archetipo (Figura 8) costruttivo di riferimento, tra cui:

- **Corte:** si considera la tipologia di edificio, chiusa verso l'esterno, dove l'organizzazione degli spazi interni si sviluppa intorno allo spazio centrale libero, la corte appunto;
- **Blocco:** si individua quella tipologia edilizia isolata, con uno sviluppo in verticale con un massimo di 3 piani fuori terra;
- **Torre:** tipologia il cui sviluppo spaziale avviene principalmente in verticale, considerando un numero di piani superiore a 3 piani fuori terra considerando;
- **Schiera:** si considerano più unità edilizie, la cui caratteristica principale è quella di avere in comune una parete portante;
- **Linea:** sviluppo spaziale principalmente orizzontale.



Figura 8 – Scheda edificio-Schema archetipi

Per gli esempi in Svizzera, segue una foto identificativa dell'edificio di riferimento, proponendo il grado di tutela applicato al caso, grazie alla consultazione dei due elenchi dei monumenti e siti d'importanza nazionale e regionale [16; 17]. Attualmente è in corso la quarta revisione dell'Inventario svizzero dei beni culturali d'importanza nazionale e regionale (Inventario PBC), che si dovrebbe concludere nel 2021, per cui i dati presenti all'interno dell'inventario risultano essere congelati allo stato attuale (1.1.2019) e saranno aggiornati solo dopo l'entrata in vigore del nuovo inventario. La terza edizione rielaborata del PBC, contiene le liste cantonali degli oggetti d'importanza nazionale (oggetti A) e regionale (oggetti B), la cui consultazione è possibile nel sito web [18] dell'ufficio federale della protezione dei beni culturali.

Per definire il grado di tutela di ogni singolo caso studio, si procede con la consultazione dei due elenchi (Oggetti A e B), del cantone di riferimento. La scelta della casella individuata avverrà secondo la modalità mostrata in Figura 9.

**DESCRIZIONE INTERVENTO**

Corte

Blocco

Torre

Schiera

Linea



Non tutelato

Parzialmente tutelato

Tutelato

La città di Friburgo è presente nell'inventario federale dei siti del patrimonio svizzero di importanza nazionale ISOS (UFC)

Figura 9 – Esempio scheda edificio-Individuazione livello di tutela.

Il grado di tutela è individuato dalle seguenti specifiche:

- **Non tutelato:** s'individuano tutti quegli oggetti che non sono individuati negli elenchi appena descritti, a cui non si riconosce nessun particolare elemento di interesse nei documenti specificatamente individuati nella bibliografia di ogni scheda, o tutelati dalle normative federali svizzere [19; 20] e linee guida cantonali [21], mentre si fa riferimento alle disposizioni in ambito italiano con le relative norme e documenti sulla tutela [22; 23; 24]
- **Parzialmente tutelato:** s'identificano come tali gli edifici la cui descrizione, presente nei documenti riportate nella bibliografia della relativa scheda,

specifica parti di esso d'interesse o da tutelare, o l'insediamento risulta essere inserito nell'inventario ISOS [25]. Saranno prese in considerazione le caratteristiche specifiche, caso per caso;

- **Totalmente tutelato:** gli oggetti in questione, sono espressamente elencati negli appositi elenchi o tutelati da leggi federali, nazionali o cantonali [19; 20; 21; 22; 23; 24; 25] dei paesi di riferimento.

Per quanto riguarda le tabelle presenti sulla scheda e riportate in Figura 10, sono volte a chiarire il rapporto tra energia ed edificio, in cui si evidenziano i livelli energetici raggiunti nel post intervento, la parte dell'involucro edilizio coinvolta nell'intervento e il livello di conservazione dell'edificio. Una seconda tabella sintetica fornisce dati relativi al contesto e densità urbana, in quanto fattore che può influenzare la produzione energetica del sistema solare.

In riferimento a questo, si rimanda al progetto pilota [Solarkultur – Cultura solare](#) [26], pubblicato dall'ufficio federale della cultura, che desidera mostrare in che modo sia possibile incrementare la produzione di energia solare con impianti su tetti e facciate, in linea con una cultura della costruzione di qualità. La metodologia di valutazione segue il principio di suddivisione in singole aree, chiamati nel progetto pilota "perimetri d'intervento", che individuano singole aree in cui il tessuto urbano è relativamente omogeneo. Individuati questi, si analizzano le caratteristiche urbanistiche, architettoniche e patrimoniali, valutando quindi la sua idoneità alla valorizzazione dell'energia solare. Poi si stima per ciascun perimetro il potenziale solare e, sulla base di tali valutazioni si definisce quale sia, in un dato perimetro, la priorità di valorizzazione dell'energia solare, che permette di stimare la loro compatibilità in relazione alla cultura della costruzione.

#### CONCEPT EDIFICIO

Efficienza energetica edifici solari	- No target energetico	- Standard (Normative, stato dell'arte)	-Alto (NZE,PEB)	
Intervento	- Nuova costruzione	- esistente		
Livello di valorizzazione conservazione	- Basso	- Medio	- Alto	

#### CONTESTO

Esposizione solare	- Basso	- Medio	- Alto	
--------------------	---------	---------	--------	--

Figura 10 – Scheda Edificio-Tabella -rapporto tra energia ed edificio; contesto urbano

### 3.2.2.2 Scheda tecnologia

La descrizione dell'intervento riguardante la tecnologia utilizzata, e il prodotto BIPV, avviene secondo la modalità grafica proposta e riportando degli schemi illustrativi e la modalità di inserimento del sistema tecnologico nell'involucro edilizio preesistente, in conformità alla definizione della norma specifica per sistemi fotovoltaici integrati BIPV, BS EN 50583:2016 "Il fotovoltaico negli edifici, moduli BIPV" [27], (Figura 11), che trova corrispondenza nei due paesi transfrontalieri in esame.



Figura 11 – Scheda Tecnologia-categorie del "Fotovoltaico negli edifici – norma EN 50583:2016

Di seguito la spiegazione dei simboli:

- **Categoria A:** sistema fotovoltaico BIPV inclinato, integrato sul tetto, non accessibile dall'interno dell'edificio;
- **Categoria B:** sistema BIPV inclinato, integrato sul tetto, accessibile dall'interno dell'edificio;
- **Categoria C:** non inclinato, installazione verticale, non accessibile dall'interno dell'edificio;
- **Categoria D:** non inclinato, installazione verticale, accessibile dall'interno dell'edificio;
- **Categoria E:** integrato esternamente, accessibile o non accessibile dall'interno dell'edificio.

È opportuno chiarire alcuni aspetti tecnici legati al principio di funzionamento degli elementi e alla funzione che i sistemi fotovoltaici assolvono. La tecnologia fotovoltaica maggiormente conosciuta e diffusa, chiamata BAPV (*Building Attached PhotoVoltaics*), consiste nella semplice sovrapposizione di pannelli fotovoltaici in copertura oppure in facciata, la cui funzione è esclusivamente riferita alla produzione di energia elettrica. Oggi, in conseguenza allo sviluppo tecnologico, il mercato offre altri sistemi fotovoltaici chiamati BIPV (*Building Integrated PhotoVoltaics*), ovvero sistemi integrati nell'edificio, i quali oltre ad assolvere la funzione di produrre energia elettrica, assolvono la funzione costruttiva. I componenti del sistema infatti, possono essere integrati nell'involucro edilizio, sia in copertura che in facciata, o in elementi esterni come pensiline, parapetti e lucernai.

Questa tecnologia è particolarmente adatta a progetti di nuova costruzione, vista la possibilità di progettazione totale di tutti i suoi componenti, ma è già stata dimostrata la possibilità di utilizzare questa tecnologia anche sul patrimonio architettonico costruito esistente e storico. In questo particolare caso, il tema dell'integrazione non riguarda soltanto l'inserimento fisico dei moduli nell'involucro edilizio, sebbene questa rimane la sua definizione pratica, ma fa fronte ad aspetti estetici strettamente percettivi, che possano garantire una coerenza non solo tecnologica nel rendere più

efficiente un edificio, ma che sia in grado di restituire una visione d'insieme coerente e armonico nel rispetto di un contesto più ampio.

Nel caso specifico dei prodotti solari fotovoltaici per l'integrazione negli edifici, norme specifiche prima menzionate [27], stabiliscono i requisiti tecnici, tecnologici e costruttivi che devono essere soddisfatti da queste tipologie di prodotti, che sono già diventati prodotti da costruzione. Negli impianti BIPV integrati, l'equilibrio degli aspetti tecnici ed estetici della tecnologia fotovoltaica con quelli della pelle dell'edificio diventa una priorità, senza comprometterne le caratteristiche funzionali, e diventando così un prerequisito per l'integrità della funzionalità. Se il modulo fotovoltaico integrato è smontato, dovrebbe essere sostituito da un componente di costruzione appropriato e in questo caso loro stesso sostituiscono elementi costruttivi dell'edificio, il cui diventa di particolare importanza negli edifici storici e preclude valutare con attenzione lo stato di conservazione e di degrado dell'edificio su cui di deve intervenire. Oltre alla generazione di energia elettrica, questi sistemi fotovoltaici devono essere utilizzati per fornire, ad esempio:

- *Protezione dagli agenti atmosferici*: separazione tra ambienti interni ed esterni, protezione primaria dagli impatti atmosferici: pioggia, neve, vento, grandine;
- *Economia energetica*: come l'isolamento termico;
- Protezione solare e modulazione della luce diurna: come ombreggiatura, illuminazione diurna;
- Isolamento acustico e protezione dal rumore;
- Protezione o proprietà di sicurezza.

Il nuovo standard si applica ai moduli fotovoltaici utilizzati come prodotti da costruzione. Si concentra sulle proprietà di questi moduli fotovoltaici relativi ai requisiti essenziali per l'edilizia come specificato nel Regolamento Europeo sui Prodotti da Costruzione CPR 305/2011, e sui requisiti elettrotecnici applicabili come indicato nella Direttiva Bassa Tensione 2006/95 / CE / o negli standard CENELEC. Come prodotti da costruzione, i moduli BIPV possono essere conformi ai requisiti essenziali definiti nel CPR 305/2011 (Regolamento europeo sui prodotti da costruzione). Aspetti come resistenza meccanica e stabilità; integrità strutturale; sicurezza in uso e in caso di incendio; protezione dalle intemperie (pioggia, neve, vento, grandine); protezione contro il rumore; economia energetica e ritenzione del calore, considerando anche un uso sostenibile delle risorse naturali sono diventati requisiti essenziali, nell'ottica di prodotti sempre più ecosostenibili, sani, efficienti dal punto di vista energetico ed economicamente convenienti.

La definizione normativa di sistemi solari integrati presente nello standard europeo è recepita da tutti i paesi ed è presente nel Decreto ministeriale italiano del 5 maggio 2011 [24], il quale chiarisce le funzioni architettoniche fondamentali dei BIPV tra cui:

- *isolamento termico* per garantire il mantenimento dei livelli di fabbisogno energetico grazie ai valori di trasmittanza termica comparabili e quelli del componente architettonico sostituito;
- tenuta dell'acqua e impermeabilizzazione della struttura edilizia;

- *resistenza meccanica* comparabile con l'elemento edilizio sostituito;
- *isolamento acustico*;
- *protezione dall'irraggiamento solare* per la produzione del carico estivo.

Nella scheda oltre questi simboli grafici che identificano le caratteristiche dell'installazione fotovoltaica BIPV e la sua funzione, integrano una foto del prodotto BIPV e le relative tabelle di sintesi (Figura 12), in cui sono riportate delle informazioni sulla tipologia di moduli utilizzati (standard o adattati al singolo caso), il prodotto e la visibilità dell'intervento. La seconda tabella proporziona informazione sulla parte di edificio coinvolta nell'integrazione, sul suo apporto energetico, e anche quanto l'intervento sia visibile, evidente o più o meno mimetico.

#### TECNOLOGIA

Personalizzazione componenti sistema	- PV standard	- Basso	- Medio	-Alto
Sistema tecnologico	- Copertura (sistema sovrapposto)	- Facciata (sistema sovrapposto)	- Copertura (sistema Integrato)	- Facciata (sistema Integrato)

#### ARCHITETTURA SOLARE

Concept architettonico ed energetico	- Energia ottimizzata - Massima potenza	- Parzialmente adattato - Copertura	- Parzialmente adattato - Facciata	-totalmente adattato
Linguaggio architettonico ed energetico	-Sistema PV evidente	-Sistema PV poco riconoscibile	-Sistema PV altamente mimetizzato	

Figura 12 – Scheda Tecnologia- Tabelle di sintesi che descrivono la tecnologia solare.

### 3.2.3 Valutazione intervento

La fascia dedicata alla valutazione dell'intervento rappresenta la parte propositiva e interpretativa dei dati precedentemente descritti. Attraverso la valutazione proposta, successivamente descritta nel dettaglio in ogni sua parte, si vuole approcciare una metodologia di analisi per oggettivamente segnalare la giusta integrazione del sistema fotovoltaico, studiando i passaggi e gli elementi estetici, tecnologici, funzionali ed energetici degli interventi in esame (Figura 13 e 14). Questa metodologia di valutazione e analisi è basata su una serie di criteri previamente identificati nella legislazione e nelle linee guide studiati nelle precedenti attività del progetto e per le diverse aree transfrontaliere partecipanti (WP3, 3.1) e nella metodologia di valutazione del potenziale solare per ogni area territoriale (WP3 3.2).

L'obiettivo è inoltre verificare se i criteri oggi considerati, sono sufficienti ad analizzare e valutare la compatibilità con la natura storica e paesaggistica negli interventi nei nuclei ed edifici storici. Questa analisi sarà utile per poter in un secondo momento (WP4 4.3), ridirigere e aggiornare delle linee guide di supporto sia alla progettazione, sia alla valutazione degli interventi e per migliorare la prassi in essere e accelerare la diffusione e l'utilizzo di tecnologie BIPV su edifici esistenti, considerando gli aspetti storici, energetici, ambientali ed economici.

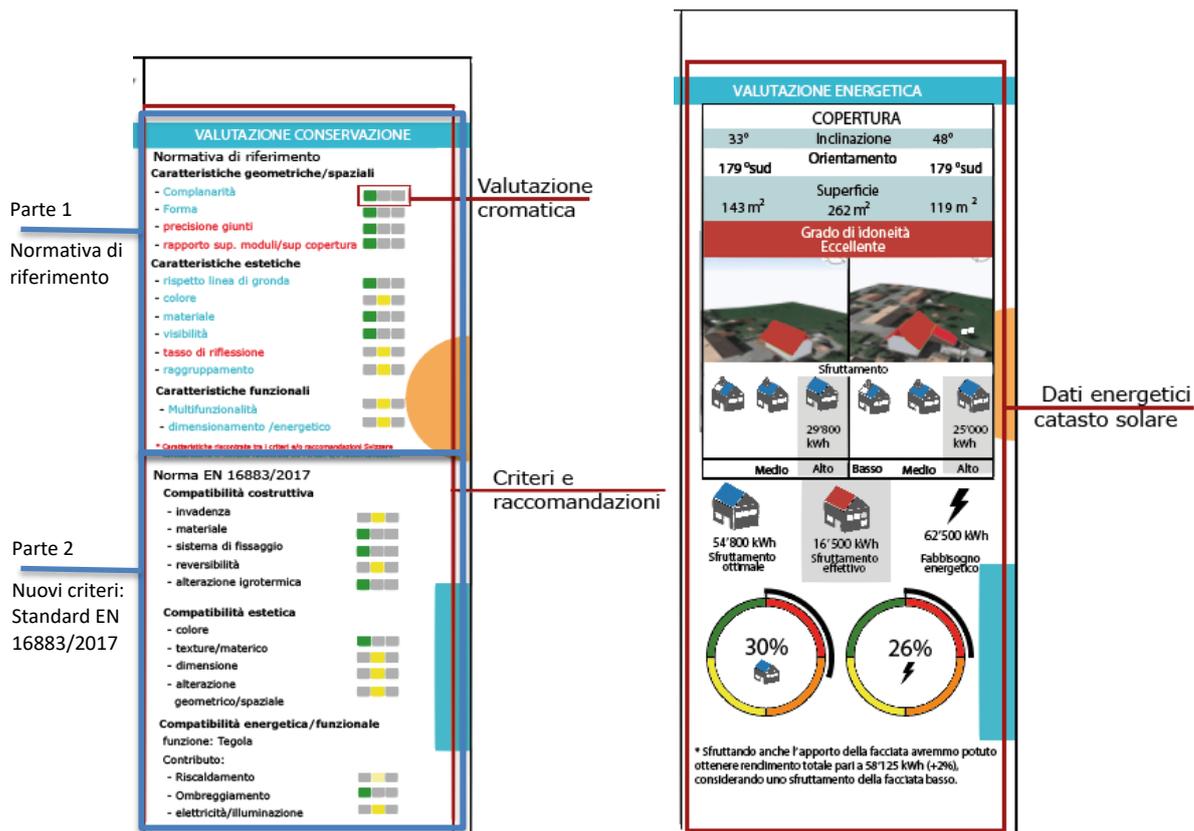


Figura 13 – Scheda edificio - valutazione integrazione    Figura 14 – Scheda tecnologica valutazione energetica

## 4 CRITERI GUIDA E METODI D'INTERVENTO. (attività 4.3)

Il metodo di valutazione degli interventi di retrofit energetico da eseguire sulla materia storica, e dell'integrazione dei sistemi solari rinnovabili integrati, BIPV, deve prendere in considerazione molteplici settori, in linea con il principio di multidisciplinarietà, e che possa attingere i suoi criteri da diverse linee guida e normative. Si vuole avere quanto più possibile, un quadro orientativo che possa interrogarsi su un corretto approccio metodologico per proporre una valutazione degli interventi di integrazione dei sistemi fotovoltaici in edilizia storica e il suo impatto all'interno di un ampio spettro di altri possibili interventi per migliorare l'efficienza energetica di questi edifici, in funzione dei diversi gradi di tutela e protezione, anch'esso tema al centro di dibattiti e progetti di ricerca, come segnalato nell'introduzione. Il recupero in chiave eco-sostenibile del patrimonio edilizio dell'area di cooperazione costituisce un motore di sviluppo economico, legato al risanamento energetico e all'inserimento di impianti solari. Al contempo, richiede criteri coerenti e armonizzati di integrazione paesaggistica, urbanistica, architettonica e procedurale che rispettino le specificità di governance locali e dall'analisi del contesto transfrontaliero sono emersi chiari elementi comuni sui territori che necessitano di un approccio integrato.

Dato che questo progetto intende migliorare il trasferimento tecnologico e culturale su tutta la catena del valore della filiera del fotovoltaico (BIPV) e creare uno strumento operativo replicabile nelle diverse aree transfrontaliere IT-CH per supportare il recupero del patrimonio edilizio esistente, rispondendo alle politiche europee, nazionale e locali e garantendo il rispetto dei valori paesaggistici e architettonici dell'area, i criteri di valutazione e analisi degli interventi considerati tengono conto delle specifiche richieste nei due territori di confine, previamente analizzate e studiate nelle fasi precedenti del progetto (WP3). Nella scelta dei criteri sono stati considerati tutte le disposizioni e le raccomandazioni provenienti dai due paesi di riferimento, fino a ora messi a confronto, per delineare una metodologia di approccio all'inserimento di questa tecnologia solare in edifici esistenti, cercando di cogliere tutti gli aspetti che entrano in relazione tra loro, e per poter utilizzare queste schede nella documentazione e valutazione di casi di studio esemplare e sistemi tecnologici BIPV in modo univoco nelle due aree transfrontaliere (Scheda edificio, Valutazione Parte 1). Inoltre, si è considerato integrare delle informazioni supplementari, integrando dei criteri nuovi per la valutazione degli interventi sugli edifici storici, non ancora contemplati nei paesi di riferimento ma si a livello europeo, in quanto specifici gruppi di lavoro internazionali stanno lavorando sullo standard EN 16883:2017 [28], *“Conservazione dei beni culturali - Linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici”*, aspetto che verrà analizzato successivamente (Scheda edificio, valutazione conservazione Parte 2). Inoltre, nella Scheda tecnologia, Valutazione, raccoglie le informazioni relative alla produzione energetica e all'efficienza energetica raggiunta grazie all'impianto BIPV utilizzato.

## 4.1 CRITERI GUIDA E DI VALUTAZIONE DELL'INTERVENTO – SCHEDA EDIFICIO

### 4.1.1 Valutazione conservativa/compatibilità

La valutazione proposta nella scheda, propone di indagare l'aspetto conservativo dell'integrazione, individuando delle caratteristiche di riferimento, di seguito chiariti, utilizzando uno schema valutativo acromatico (verde-giallo-rosso) dopo aver individuato nelle normative nazionali di riferimento, i criteri e raccomandazioni fondamentali nel paese di appartenenza del caso studio (Figura 13 – Scheda edificio - valutazione integrazione Figura 14 – Scheda tecnologica valutazione energetica).

Questi criteri si strutturano in due parti, un primo elenco di criteri che si riscontrano sia nelle norme di tutela e documenti svizzeri in materia, [19;20;21 e 29] sia in quelle italiane [22;23;24]. Dalle prescrizioni normative di relativi paesi, norme e linee guide che indicano dei criteri da rispettare per l'inserimento dei sistemi fotovoltaici negli edifici e nel paesaggio sono stati identificati dei criteri, quelli in comune le aree territoriali transfrontaliere nel colore blu, quelli unicamente svizzeri in rosso – scheda edificio, valutazione della conservazione - (Figura 15, parte 1). Identificando tra di loro, dalla lettura dei testi, tre macro gruppi che raccolgono le caratteristiche relative a: 1) **Caratteristiche geometrico-spaziali**; 2) **Caratteristiche estetiche** e 3) **Caratteristiche funzionali**, che risultano intendere lo stesso significato per le diverse aree territoriali studiate, per cui univocamente utilizzati.

Il secondo elenco dei criteri considerati -scheda Edificio, valutazione conservazione- (Figura 15, parte 2), va oltre le attuali prescrizioni e raccomandazioni riscontrati nelle norme e linee guida dei paesi messi a confronto in questa ricerca ma considera altri criteri importanti e oggi presi in considerazione a livello europeo nello standard EN 16883:2017 [28], sulle linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici, per la conservazione dei beni culturali, come verrà maggiormente spiegato di seguito. Nella valutazione dell'inserimento dei sistemi solari gli aspetti maggiormente presi in considerazione – alcuni dei quali compatibili con quelli già considerati nelle norme e linee guida dei diversi paesi- riguardano le caratteristiche relative a: 1) **compatibilità costruttiva**; 2) **compatibilità estetica**; 3) **compatibilità estetica e funzionale**.

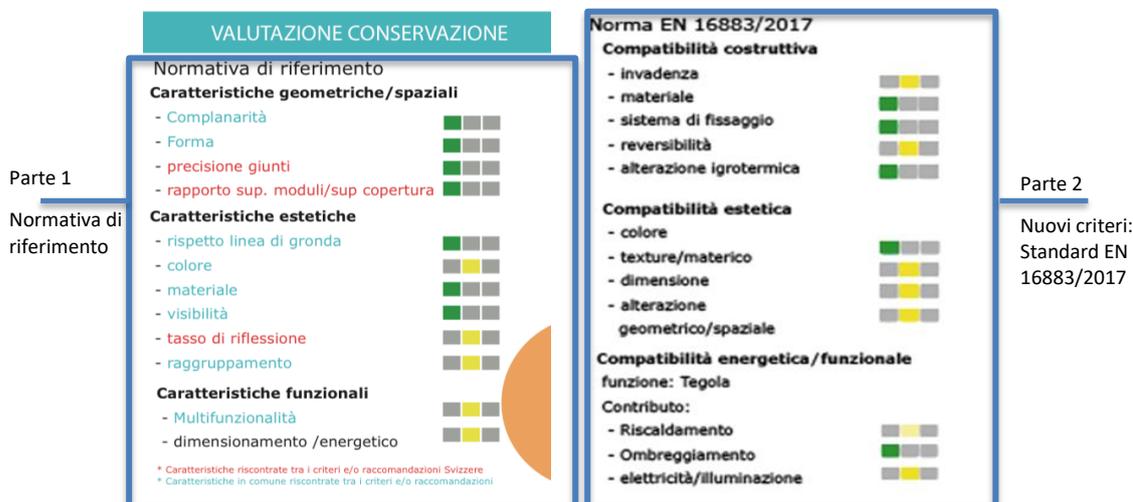


Figura 15 – Esempio Scheda Edificio – valutazione conservazione – caratteristiche di riferimento

Prima di elencare i criteri selezionati in queste due parti della scheda relativa l'edificio e gli esempi di buone pratiche analizzati è necessaria aprire una parentesi per spiegare il metodo alla base della scelta di questi criteri e perché questi sono stati accuratamente selezionati. La base di questi criteri come precedentemente indicato è l'analisi effettuato in precedenti fasi del progetto ed è relativa anche al punto WP4 4.3 Linee guida d'intervento.

#### 4.1.2 Descrizione del metodo per la selezione dei criteri di valutazione dell'intervento

##### 4.1.2.1 Parte 1 – Normativa di riferimento, area territoriale transfrontaliera

Nello specifico si riportano alcuni elementi essenziali di ogni area territoriale, alla base della scelta dei criteri riportati nelle schede:

SVIZZERA

#### **Normativa LPT e OPT**

Le normative svizzera di riferimento per l'inserimento del fotovoltaico sono la legge federale sulla pianificazione del territorio (LPT) e la relativa ordinanza (OPT) [19, 20].

I criteri sono puntualmente individuati come segue:

#### **OPT**

##### **Art. 32a**

L'impianto è considerato sufficientemente adatto se:

- a. sporge ortogonalmente di al massimo 20 cm dalla superficie del tetto;
- b. visto frontalmente e dall'alto, non sporge oltre la superficie del tetto;
- c. in base allo stato della tecnica, presenta un basso grado di riflessione;
- d. si presenta come superficie compatta.

Iter autorizzativo

Per quanto riguarda la documentazione necessaria all'installazione dei sistemi fotovoltaici, si dispone la necessità di autorizzazione edilizia per impianti solari in vari casi, come chiarito dalla legge federale sulla pianificazione del territorio (LPT):

#### **LPT**

##### **Art 18 a:**

1. Nelle zone edificabili e nelle zone agricole gli impianti solari sufficientemente adattati ai tetti non necessitano dell'autorizzazione di cui all'art.22 capoverso 1. Simili progetti devono essere unicamente annunciati all'autorità competente.
2. Il diritto cantonale può:
  - a) Designare tipi di zone edificabili dove l'aspetto estetico è meno importante, nelle quali anche altri impianti solari possono essere esentati dall'autorizzazione;

- b) Prevedere l'obbligo dell'autorizzazione in tipi chiaramente definiti di zone protette.
3. Gli impianti solari nell'ambito di monumenti culturali o naturali di importanza cantonale o nazionale sottostanno sempre all'obbligo dell'autorizzazione. Non devono pregiudicare in modo sostanziale tali monumenti.
4. Per il rimanente, l'interesse a utilizzare l'energia solare negli edifici esistenti o nuovi prevale in linea di principio sugli aspetti estetici.

### **Regime Paesaggistico, RLE [29]**

Come disposto dalla modifica del Regolamento di applicazione della legge edilizia, entrata in vigore il 25 maggio 2014, è stato definito quali di essi non soggiacciono a licenza (RLE, Art. 3a)<sup>1</sup>, ha designato l'autorità competente per la procedura di semplice annuncio<sup>2</sup> e distinto per quali specifiche zone protette rimane invece necessaria la licenza di costruzione<sup>3</sup>.

Lavori soggetti a licenza edilizia, sono definiti nel Art. 4, capoverso h:

4h) "la sostituzione di serramenti e la posa di impianti solari nei nuclei, nelle zone di protezione del paesaggio (art. 95 e seguenti della legge sullo sviluppo territoriale del 21 giugno 2011), nel Piano di utilizzazione cantonale dei paesaggi con edifici ed impianti protetti (PUC-PEIP), negli insediamenti elencati nell'inventario federale degli insediamenti svizzeri da proteggere d'importanza nazionale (ISOS) e nei perimetri di rispetto dei beni culturali" ([art. 22 legge sulla protezione dei beni culturali del 13 maggio 1997](#))

### **Raccomandazioni e Linee Guida**

#### **Linee guida cantonali Ticino "Interventi nei nuclei storici. Criteri di valutazione paesaggistica nell'ambito della procedura edilizia"**

Il documento "*Interventi nei nuclei storici. Criteri di valutazione paesaggistica nell'ambito della procedura edilizia*" (2016) [21], redatto dall'Ufficio della natura e del paesaggio e dalla Commissione del paesaggio, intende chiarire i concetti ritenuti fondamentali nell'ambito di un intervento in un insediamento storico, concetti che sono tradotti nei criteri con i quali sono esaminati le notifiche e le domande di costruzione. La valutazione dell'inserimento paesaggistico degli interventi, deve infatti fondarsi su criteri chiari ed espliciti, che costituiscono una premessa indispensabile ad assicurare coerenza e unitarietà di giudizio e garantire ai progettisti, committenti ed enti pubblici un chiaro modo di procedere. Rimane il concetto di base dell'approccio "caso per caso" data la specificità riscontrabile in ogni progetto, edificio e spazio libero di un nucleo storico, per la loro specificità materica, storica e

---

<sup>1</sup> Cfr. RLE, art. 3m

<sup>2</sup> Ibidem, art. 3a

<sup>3</sup> Ibidem, art. 4h): gli impianti solari nei nuclei, nelle zone di protezione del paesaggio (art. 102 e seguenti della legge sullo sviluppo territoriale del 21 giugno 2011), nel Piano di utilizzazione cantonale dei paesaggi con edifici ed impianti protetti (PUC-PEIP), negli insediamenti elencati nell'inventario federale degli insediamenti svizzeri da proteggere d'importanza nazionale (ISOS)\*e nei perimetri di rispetto dei beni culturali (art. 22 legge sulla protezione dei beni culturali del 13 maggio 1997).

architettonica. Questo comporta l'impossibilità di fissare rigidi criteri di giudizio o imposizioni progettuali.

Il documento fornisce generiche informazioni sullo sviluppo ed espansione delle città e dei villaggi ticinesi, descrivendo l'evoluzione dell'assetto territoriale del Canton Ticino. Con questa premessa, sintetizza in cinque punti l'importanza e il valore degli insediamenti storici come segue:

1. Valore paesaggistico: I nuclei sono strutture edificate aventi unità, identità e riconoscibilità proprie e di conseguenza costituiscono un'entità di riferimento e di qualità all'interno del territorio circostante.
2. Valore urbano: è dato dalla coerenza e dalla riconoscibilità della struttura edilizia dell'insediamento, dall'aggregazione dei volumi, dal ritmo della successione degli edifici, dall'unità dei materiali costruttivi, dalla qualità spaziale delle vie, delle piazze, dei giardini e degli orti.
3. Valore architettonico: espresso talvolta da singole architetture dal particolare pregio, talvolta dall'accostamento seriale di diverse costruzioni anche individualmente modeste, la cui somma porta ad un complesso edilizio unitario e di qualità.
4. Valore della coerenza costruttiva: l'utilizzo di materiali costruttivi e di finitura identica o simile (appartenenti al luogo), di comuni sistemi strutturali e di uno specifico sapere tecnologico ha portato ad un'unitarietà e ad una coerenza d'insieme che nelle zone residenziali odierne è difficile trovare.
5. Valore storico testimoniale: gli insediamenti storici sono la testimonianza materiale di una cultura antica con modi di abitare e di costruire specifici e riconoscibili.

Ponendo particolare attenzione al valore degli edifici e degli spazi liberi del nucleo, vengono definiti puntualmente i valori architettonici o costruttivo-strutturali di cui si compone un edificio nel suo rapporto con l'aggregato di cui fa parte e nel rapporto tra "pieno e vuoto" in relazione agli spazi liberi, come giardini, orti o piazze. La valutazione di ogni intervento che interessa un insediamento storico viene effettuata dall'Ufficio della natura e del paesaggio che applica il principio dell'*inserimento ordinato ed armonioso* attraverso il sistema di attribuzione di valori precedentemente riportato. Gli interventi di trasformazione, in presenza di valori architettonici, storici e urbanistici dovranno essere finalizzati alla loro conservazione e valorizzazione, pertanto il progetto, pur funzionale a un ammodernamento degli spazi o un adeguamento delle diverse infrastrutture, dovrà proporre modi, tecniche, soluzioni e materiali costruttivi che rispettino e dialoghino correttamente con le specificità degli elementi qualitativi del nucleo, dell'edificio e degli spazi liberi ad essi correlati.

In relazione alla modalità di intervento previsti, si riscontrano:

- a. Modificare il volume esistente;
- b. Trasformare la funzione: edifici rurali, porticati logge e autorimesse;
- c. Demolire;
- d. Interventi sugli spazi esterni;

- e. Ricostruire, costruire a nuovo;
- f. Scegliere dettagli, materiali ed elementi costruttivi;
- g. Posare un isolamento termico;
- h. Posare pannelli solari.

Dalla lettura del testo di riferimento è possibile estrapolare dei criteri, anche se non puntualmente definiti o presentati sotto forma di scheda tecnica. Il principio base si fonda sul rispetto delle disposizioni cantonali, e nella fattispecie degli strumenti urbanistici di riferimento (PR), nel rispetto dell'edificio originario. Gli interventi non devono in qualunque caso entrare in conflitto con il paesaggio circostante.

Lo stesso testo delle linee guida cantonale dedica un paragrafo a parte per i criteri riferiti ai sistemi fotovoltaici. Da questo è stato possibile estrapolare i seguenti criteri:

- **Complanarità:** i pannelli possono essere integrati direttamente nella falda, oppure poggiare direttamente sopra la copertura del tetto. In questo caso devono presentare la stessa pendenza della falda con strutture di appoggio sottili, evitando pesanti supporti tecnici o costruzioni artificiali. All'esterno devono essere visibili solo i pannelli;
- **Colore e vari modelli:** materiali e colori sono decisi per una corretta integrazione;
- **Raggruppamento:** "l'insieme si deve presentare come una superficie compatta rettangolare, unitaria e senza scalini";
- **Rispetto della geometria:** "I pannelli devono essere inseriti o appoggiati sul tetto rispettando gli elementi che conferiscono allo stabile l'individualità della sua forma e del suo carattere architettonico e in particolare le linee che disegnano il contorno della costruzione (...)";
- **Basso tasso di riflessione:** "il materiale di cui si compone il sistema fotovoltaico deve avere un basso tasso di riflessione";
- **Visibilità:** si deve tener conto della visibilità del tetto in dai punti di vista dell'osservatore e del paesaggio circostante.

ITALIA

## Normativa

### Il fotovoltaico nel D.lgs 28/2011 [24].

Il decreto legislativo precedentemente presentato, presenta un chiaro riferimento ai sistemi solari. Il decreto fa riferimento alle procedure autorizzative da seguire in caso di inserimento di sistemi fotovoltaici anche in ambiti tutelati, dettagliatamente spiegati nel paragrafo dell'iter autorizzativo.

In riferimento alla modalità d'inserimento si riportano di seguito:

Allegato 3, punto 4

"In caso di utilizzo di pannelli solari termici o fotovoltaici disposti sui tetti degli edifici, i predetti componenti **devono essere aderenti o integrati nei tetti medesimi, con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda.**"

Art.11

1. I progetti di edifici di nuova costruzione ed i progetti di ristrutturazioni rilevanti degli edifici esistenti prevedono l'utilizzo di fonti rinnovabili per la copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento secondo i principi minimi di integrazione e le decorrenze di cui all'[allegato 3](#). (...).

2. Le disposizioni di cui al comma 1 non si applicano agli edifici di cui alla Parte seconda e all'[articolo 136, comma 1, lettere b\) e c\), del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42](#), e successive modificazioni, e a quelli specificamente individuati come tali negli strumenti urbanistici, qualora il progettista evidenzi che il rispetto delle prescrizioni implica un'alterazione incompatibile con il loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai caratteri storici e artistici.

### **Raccomandazioni e Linee Guida**

#### **MiBACT, Linee d'indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale [23]**

Per l'estrapolazione dei criteri da prendere in considerazione rispetto alla ricerca che si vuole affrontare, si prende in considerazione il testo fornito dal Ministero dei beni culturali e del turismo, *MiBACT Linee d'indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale, 2015* [23], in cui si manifesta espressamente l'assenza di una riflessione specifica sul rapporto tra il restauro e gli impianti, anche e soprattutto, in riferimento alle prestazioni di comfort attese dai vecchi edifici. Gli interventi sulla materia storica, molto spesso, anche se supportati da studi diagnostici e puntuali sull'integrazione di nuove tecnologie, rischia di compromettere l'identità dell'edificio e del suo contesto. Si riscontra una volontà da parte degli stessi produttori di tecnologie all'avanguardia di ridurre gli impatti che i nuovi prodotti possono recare al costruito.

Lo stesso testo attinge i criteri dal campo del consolidamento strutturale, che oggi forse risulta quello più avanzato e prossimo agli sviluppi teorici del restauro, alcuni concetti-base che possono risultare fondamentali e da prendere in considerazione. Tra questi distingue "l'adeguamento" dal "miglioramento" strutturale. Il testo distingue l'adeguamento, in funzione d'una completa rispondenza alle attuali norme di legge e prescrizioni, anche europee, mentre il miglioramento impiantistico è interpretato in funzione d'una appropriata e misurata qualità prestazionale, rappresentata da una modalità meno schematica, che dichiara più appropriata e flessibile per avvicinare il bene architettonico o archeologico alle esigenze di adeguata fruizione, vicina ai moderni standard di sicurezza, accessibilità e comfort ambientale<sup>4</sup>.

Il testo fornisce una panoramica di interventi, nell'ottica del criterio-base del "miglioramento", che possono essere presi in considerazione durante un progetto di retrofit, esponendo anche quelle che sono le proprietà dei materiali coinvolti, nonché l'impatto che questi hanno sulla materia storica da un punto di vista costruttivo,

---

<sup>4</sup> *MiBACT, op. Cit. pp. 41- 42*

estetico e funzionale, sulla base dei seguenti aspetti: *principio di funzionamento*; *applicabilità* della soluzione; *vantaggi e svantaggi* (rischi) e *sinergie e interazioni* del comportamento tecnico-funzionale di singoli elementi in relazione al comportamento globale in un'ottica sistemica. Si considera la tipologia di intervento effettuato, riferendosi all'alterazione geometrico-spaziale che gli elementi dell'intervento realizzano rispetto all'involucro (*adeguamento superficiale*, senza alterare le linee dell'edificio o *integrazione volumetrica*, quando si apportano delle variazioni volumetriche all'edificio). Ogni intervento è infine valutato secondo i seguenti criteri, che si riferiscono alle componenti funzionali, estetiche e costruttive dell'intervento:

- Compatibilità
- Reversibilità
- Invadenza

Ad ognuno dei criteri viene assegnata la valutazione dell'intervento secondo livelli di fattibilità: 1. Bassa; 2. Media; 3. Alta.

Un esempio di scheda di valutazione di un intervento di retrofit energetico per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale, nel MiBACT si mostra in Figura 16.

In.01

M.01

M.04

## Isolamento all'estradosso della copertura non ventilato

**Principio di funzionamento**

L'isolamento all'estradosso della copertura non ventilato consente di migliorare la coibentazione dell'involucro e di ridurre i ponti termici di forma e di struttura. L'intervento prevede la rimozione e sostituzione del manto di copertura attraverso l'applicazione di uno strato continuo di pannelli isolanti protetti all'esterno da uno strato di finitura, che può essere composto dalle tegole nel caso di tetti spioventi, o da ghiaia o pavimento nel caso di tetti piani. Per garantire la reversibilità del sistema, è buona norma utilizzare giunti a secco per i pannelli isolanti; inoltre, è necessario verificare che la struttura portante sia compatibile con il sovraccarico derivante dalla posa dei pannelli. A seconda delle caratteristiche specifiche della copertura, è possibile optare per la soluzione tecnologica del tetto caldo o del tetto rovescio; l'uso di barriera al vapore può essere evitato utilizzando isolanti impermeabili o integrando l'uso di isolanti igroscopici e traspiranti (come i materiali fibrosi M.4) con una pendenza dell'1,5-2% sotto lo strato isolante per far defluire l'acqua. Nella posa, è necessario verificare la continuità del manto isolante per evitare infiltrazioni; i punti maggiormente critici riguardano i ponti termici per forma, i punti di raccolta delle acque meteoriche e le pendenze.

**Applicabilità**

L'isolamento all'estradosso della copertura non ventilato rappresenta un'alterazione dei prospetti dell'edificio; può dunque essere realizzato solo nel caso in cui sia compatibile con i caratteri estetici e tecnologici della copertura. Nel caso di tetti spioventi, qualora le tegole esistenti siano in buone condizioni o abbiano un valore storico ed estetico che ne richieda la conservazione, esse possono essere ripristinate sulla nuova copertura. Dato che l'isolamento esterno consente l'uso della struttura portante della copertura come massa termica, la soluzione è ottimizzata per ambienti sottotetto utilizzati e con funzionamento continuo dell'impianto di riscaldamento.

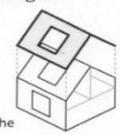
**Vantaggi - Svantaggi - Rischi**

Lo svantaggio maggiore dell'isolamento all'estradosso della copertura non ventilato riguarda la necessità di rifacimento complessivo del tetto, che può modificare i prospetti esterni. Se lo strato isolante è all'estradosso, analogamente all'isolamento a cappotto delle chiusure verticali In.5, esso garantisce l'eliminazione dei ponti termici strutturali, aumentando la temperatura superficiale delle pareti interne e riducendo il rischio di condensa. L'uso di isolante esterno consente di sfruttare l'inerzia termica della struttura portante della copertura per stabilizzare le condizioni di comfort interne e ottimizzare il funzionamento dell'impianto di climatizzazione. In caso di tetti a falda o con struttura a scheletro, il sistema rappresenta una protezione della struttura dagli shock termici, contribuendo ad aumentarne la durata.

**Sinergie e Interazioni**

L'isolamento esterno della copertura non ventilato è maggiormente efficace nella riduzione dei ponti termici se abbinato all'isolamento esterno delle chiusure verticali corrispondenti In.4 e alla sostituzione, integrazione o rinnovo degli infissi In.7-8; per evitare fenomeni di condensa, è bene garantire un certo grado di ventilazione al sistema.

**unità tecnologica**



chiusure orizzontali superiori opache

adeguamento superficiale      integrazione volumetrica

compatibilità   reversibilità   invasività

B	M	A	B	M	A	B	M	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tipologia d'intervento

Criteri di valutazione degli interventi



impermeabilizzante      isolante esterno

azioni:      isolare      scambiare

                 captare      accumulare

                 distribuire      dissipare

**Aspetti d'impatto degli interventi sulla materia storica da un punto di vista costruttivo, estetico e funzionale**

**Riferimenti normativi**

UNI EN ISO 13788:2003, Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

UNI EN ISO 10211:2008, Ponti termici in edilizia, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

D.M. 26.01.2010, Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici.

Figura 16 – Esempio scheda tecnica interventi, Linee d'indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale, 2015, MiBACT.

### Il fotovoltaico nel MiBACT:

Dal relativo paragrafo dedicato al fotovoltaico, è possibile individuare le seguenti raccomandazioni:

- **Complanarità:** si riferisce all'inclinazione dei pannelli integrati in copertura, la quale deve essere la stessa dell'originale;
- **Raggruppamento:** la disposizione dei pannelli in copertura deve essere predisposta in fasce continue e regolari, piuttosto che sparsi, realizzando zone omogenee. Si raccomanda infatti di *“studiare la disposizione dei pannelli in una striscia continua su tutta la lunghezza (...), o là dove possibile, su tutta la copertura della falda meglio esposta”*
- **Rispetto della linea di gronda:** *“la disposizione dei pannelli (...) al di sopra della linea di gronda”*, non si contempla nessuna possibilità di sporgenza degli elementi di cui si compone il sistema fotovoltaico.
- **Alterazione percettiva:** elemento di criticità, si tiene conto della possibile alterazione dell'edificio storico sotto un punto di vista volumetrico, materico e superficiale della materia storica. Si consiglia di tenere conto dei principi generali del restauro tra cui:
  - reversibilità dell'intervento;
  - **non invasività** rispetto alle strutture storiche.

Rimane comunque preferibile delocalizzare la produzione dell'energia in un campo solare esterno realizzato se possibile senza consumo del territorio.

GSE, Gestore Servizi Energetici, Ministero dello Sviluppo Economico

Soggetto di riferimento per il Conto energia, il GSE [30] è l'holding pubblica di riferimento per la promozione e lo sviluppo sostenibile in Italia attraverso l'erogazione d'incentivi economici destinati alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Attraverso un documento di riferimento<sup>5</sup>, lo stesso GSE classifica l'impianto in una delle tipologie di integrazione architettonica descritte dal Decreto Ministeriale del 19 febbraio 2007.

Nel testo è possibile riscontrare due tipologie d'integrazione architettonica parziale e totale. Inoltre lo stesso testo fornisce esempi di sistemi fotovoltaici applicati all'edilizia, fornendo delle specifiche sulla tecnologia utilizzata e sulla modalità della posa in opera a seconda del caso particolare.

In generale è possibile riscontrare i seguenti criteri per un corretto inserimento:

- **Complanarità:** i moduli fotovoltaici installati su tetti, coperture, facciate, balaustre e parapetti di edifici e fabbricati devono essere installati in modo complanare alla superficie di appoggio senza sostituire materiale nel caso di integrazione architettonica parziale e totale;
- **Rispetto della linea di gronda:** il modulo non superi il filo superiore delle tegole per più del proprio spessore;

---

<sup>5</sup> Cfr. GSE, Guida agli interventi validi ai fini del riconoscimento dell'integrazione architettonica del fotovoltaico, 2007, [www.gsel.it](http://www.gsel.it)

- **Rispetto della geometria della falda:** la posizione dei moduli deve rispettare le linee della falda;
- **Compattezza dei moduli:** limitare al massimo lo spazio di separazione tra il perimetro esterno dei moduli e la porzione residua del tetto preesistente.

### Iter autorizzativo

I precedenti criteri sono, infatti, individuati dallo stesso GSE in accordo alle disposizioni D.M del 3 marzo 2011, n 28 (Tabella 1)

Tabella 1 - Interventi soggetti a Comunicazione o PAS. (Procedura Abilitativa Semplificata), fonte GSE - <https://www.gse.it/normativa/autorizzazioni>

FONTE	MODALITA' OPERATIVE/ DI INSTALLAZIONE	POTENZA (kW)	PROCEDURA PREVISTA
FOTOVOLTAICA	<b>Impianti aderenti o integrati nei tetti degli edifici.</b> Gli impianti devono avere la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda ed i loro componenti non devono modificare la sagoma degli edifici stessi. Inoltre, la superficie dell'impianto non deve essere superiore a quella del tetto sul quale viene realizzato e l'impianto non deve ricadere nel campo di applicazione del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.)	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti compatibili con il regime di SSP<sup>3</sup> non situati nei centri storici</b> (zona A del P.R.G. comunale) realizzati su superfici esistenti o loro pertinenze	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti con moduli sugli edifici con superficie complessiva non superiore a quella del tetto</b> non ricadenti nei casi precedenti	Qualsiasi	PAS
	<b>Impianti al di sotto della soglia ex tab. A D.Lgs. 387/2003</b> non ricadenti nei casi precedenti	0 - 20	PAS

L'installazione del fotovoltaico richiede sempre un'autorizzazione da parte della pubblica amministrazione. Questa, può essere una semplice comunicazione preventiva al comune, nei casi semplici, o anche Autorizzazione Unica (AU), nei casi complessi. Tra questi estremi esiste un'altra procedura autorizzativa chiamata "Procedura Abilitativa Semplificata" (PAS), strumento autorizzativo semplificato per la quale le singole regioni possono ampliare il campo di applicazione, che sostituisce la precedente procedura definita "DIA", che nel 2011 cambia denominazione.

Generalmente per i piccoli impianti d'immediata realizzazione sui tetti degli edifici complanari e che non modificano la sagoma della copertura, basta la semplice comunicazione preventiva dei lavori all'ufficio comunale.

### Regime Paesaggistico DPR 31/2017 [31]

A chiarimento delle ulteriori disposizioni in merito al procedimento autorizzativo, il regolamento recante l'individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzativa semplificata, chiarisce che per ogni intervento edilizio si deve sempre verificare il suo eventuale assoggettamento ai vincoli previsti dalle normative dei beni culturali e del paesaggio ([D.Lgs. n. 28/2011](#) e [D.Lgs. n. 42/2004](#)) [32, 33]. Gli interventi che possono essere realizzati senza autorizzazione paesaggistica sono presentati nei relativi allegati A e B, perché definiti di "lieve entità". Il regolamento ha infatti come obiettivo di ridurre la procedura per la verifica dei vincoli, giustificata dalla mancanza o dallo scarso impatto paesaggistico degli interventi presi in considerazione.

L'Allegato A esclude dall'autorizzazione paesaggistica:

*A.6) l'installazione di pannelli solari (termici o fotovoltaici) a servizio di singoli edifici, laddove posti su coperture piane e in modo da **non essere visibili** dagli spazi pubblici esterni; installazione di pannelli solari (termici o fotovoltaici) a servizio di singoli edifici, purché integrati nella configurazione delle coperture, o posti in aderenza ai tetti degli edifici con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda degli edifici, ai sensi dell'[art. 7-bis del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28](#), non ricadenti fra quelli di cui all'[art. 136, comma 1, lettere b\) e c\) del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42](#);*

L'Allegato B sottopone ad autorizzazione paesaggistica semplificata:

*B.8) l'installazione di pannelli solari (termici o fotovoltaici) a servizio di singoli edifici, purché integrati nella configurazione delle coperture, o posti in aderenza ai tetti degli edifici con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda degli edifici ricadenti fra quelli di cui all'[art. 136, comma 1, lettere b e c\) del Codice, del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42](#); installazione di pannelli solari (termici o fotovoltaici) a servizio di singoli edifici su coperture piane in posizioni visibili dagli spazi pubblici esterni.*

Per esclusione si prevede l'autorizzazione paesaggistica ordinaria, prevista nel art.146, comma 3, del del D.Lgs. 42/2004 ([Codice dei beni culturali e del paesaggio](#)):

*"...l'installazione di pannelli solari (termici e fotovoltaici) con caratteristiche diverse da quelle esposte in precedenza, su beni sottoposti a vincolo ai sensi dell'art. 136, comma 1, lett. b) e c) del D.Lgs. n. 42/2004, ossia al servizio di più edifici, realizzati su coperture non piane o non integrati nelle coperture."*

#### 4.1.2.2 Parte 2 – Considerazioni a livello EU - Nuovi criteri: Standard EN 16883/2017

EUROPA

##### **Normativa**

Il Comitato Scientifico Internazionale per l'Energia e la Sostenibilità dell'ICOMOS e le diverse direttive europee, recepite nei diversi paesi (si veda documento, WP3 3.1) stabiliscono l'importanza di considerare un approccio consensuale e uniforme da attuare, date le diverse esigenze e i vari aspetti da indagare, quando si interviene per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici volti alla conservazione dei beni culturali, tra cui esigenza di ridurre il più possibile i consumi di energia primaria, migliorare il livello delle condizioni termiche e acustiche, la qualità dell'aria interna e le condizioni di illuminazione naturale, oltre a preservare i valori storici, architettonici e paesaggistici e a minimizzare gli impatti ambientali.

La procedura proposta dalla normativa europea EN 16683/2017 [28], per la scelta degli interventi migliorativi della prestazione energetica negli edifici storici, si basa sull'investigazione, sull'analisi e sulla documentazione dell'edificio, compreso il suo significato di bene culturale. La procedura valuta l'impatto di questi interventi sulla conservazione degli elementi caratterizzanti l'edificio. L'elemento innovativo della

norma è di considerare l'applicazione dei criteri individuati, non solo agli edifici ufficialmente riconosciuti come "beni culturali" ma si estende a tutto il patrimonio storico. Quest'apertura consente di percepire una volontà da parte dell'Unione Europea di ampliare lo sguardo e poter consentire di intervenire sul costruito, avanzando proposte orientate sulla giusta integrazione degli elementi, con un approccio più consapevole e meno discriminatorio, anche verso quegli edifici non direttamente tutelati dalla legge, ma che partecipano comunque all'identità urbana.

A questo proposito, come già menzionato, il gruppo di lavoro e di esperti internazionali dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, IEA SHC Task59, sta attualmente lavorando nell'adattamento e revisione della norma per verificarne l'idoneità dei criteri per i diversi possibili interventi, tra cui l'inserimento di sistemi solari (es. interventi nelle finestre, nei sistemi di condizionamento e ventilazione HVAC, energie rinnovabili solari e strategie di retrofit) [5]. I principali parametri e criteri per la valutazione degli interventi sono elencati nella tabella successiva (Tabella 2).

*Tabella 2 - Adattamento della norma sulla base del gruppo di lavoro solare, Subtask C, IEA-SHC Task59*

<b>EN 16883/2017 [28]</b>	
<b>Categoria di valutazione</b>	<b>Criteri di valutazione</b>
Compatibilità Tecnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rischi igrotermici</li> <li>• Rischi strutturali</li> <li>• Rischi di corrosione</li> <li>• Rischi di reazione al sale</li> <li>• Rischi biologici</li> <li>• Reversibilità</li> </ul>
Significato del patrimonio culturale e il suo contesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rischio impatto materico</li> <li>• Rischio impatto visivo</li> <li>• Rischio impatto spaziale</li> </ul>
Redditività economica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costi capitale</li> <li>• Costi operativi, inclusi costi di manutenzione</li> <li>• Ritorno dell'investimento</li> <li>• Risparmio economico</li> </ul>
Energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Performance energetica e domanda di energia in termini di: Energia primaria (totale);</li> <li>Classificazione energetica primaria (non rinnovabile)</li> <li>Classificazione energetica primaria (rinnovabile)</li> </ul>
Qualità ambientale interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condizioni ambientali interne adatte alla conservazione del contenuto edilizio</li> <li>• Condizioni ambientali interne adatte alla conservazione della fabbrica</li> <li>• Condizioni ambientali adatte a raggiungere buoni livelli di comfort degli occupanti</li> <li>• Emissioni di altre sostanze nocive</li> </ul>
Impatto sull'ambiente esterno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissioni gas serra di misure attuate e operative</li> <li>• Emissione di altre sostanze nocive</li> <li>• Uso delle risorse naturali</li> </ul>
Aspetti d'uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influenza dell'uso e sugli utenti dell'edificio</li> <li>• Conseguenze del cambio di utilizzo</li> <li>• Conseguenze dell'aggiunta di un nuovo locale tecnico</li> <li>• Accessibilità per gli utenti di gestire i sistemi di controllo.</li> </ul>

#### 4.1.2.3 Analisi di confronto e considerazioni finale nella scelta dei criteri di valutazione

Le normative prese in considerazione chiariscono il procedimento autorizzativo. Per una più chiara lettura del campo di applicazione delle autorizzazioni, si distingue il regime edilizio e paesaggistico. Le normative italiane non prevedono nessuna autorizzazione paesaggistica purché gli impianti installati non siano visibili da spazi pubblici. Si porta all'attenzione il punto 4 della LPT legge di pianificazione territoriale Svizzera (Ticino), la quale dichiara esplicitamente il prevalere degli aspetti energetici su quelli estetici, che introduce un punto essenziale su cui riflettere nell'integrazione dei sistemi fotovoltaici nell'edilizia storica. Tali punti si riferiscono alle norme di tutela e documenti svizzeri in materia e italiani, previamente menzionati.

Dalla lettura delle linee guida appartenenti ai due paesi, è necessario riscontrare ed evidenziare una visione comune, sebbene esista una differenza nell'applicazione dell'approccio. Si riscontra una volontà comune di evidenziare e presentare le problematiche connesse agli interventi di retrofit nell'involucro edilizio esistente, presentando un approccio metodologico rispettoso delle fasi di cui si compone il progetto di retrofit. In merito a questo si riscontra il rimando ad un'analisi tipologico processuale che coinvolge l'edificio oggetto di retrofit, portando alla conoscenza delle sue peculiarità costruttive e architettoniche utili a definire il carattere dell'edificio nel suo rapporto con il contesto. La cosiddetta fase conoscitiva fa in modo di scegliere le modalità e gli interventi che meglio si possono integrare, mediati da un'attenta interpretazione dei dati raccolti, nel rispetto delle tecniche costruttive locali del passato. Nelle linee guida cantonali ticinesi, non si evidenziano possibili scenari di applicabilità degli interventi, con esempi di realizzazioni specifici, né una parte grafica. Si riscontra comunque un cenno alle normative energetiche e conservative di riferimento. Per quanto riguarda l'applicazione del metodo, si evidenzia nel testo fornito dal MiBACT una più precisa descrizione degli interventi e dei criteri per l'applicazione di questi, anche se a tratti non puntualizzati, presentando vantaggi e svantaggi legati a vari scenari possibili attraverso opportune schede con simboli grafici e normative energetiche di riferimento.

Nella nuova norma europea EN 16683/2017 si individuano dei criteri comuni a quelli già presente in norme, regolamenti e prescrizioni non vincolanti riscontrati nei territori di riferimento ma anche nuovi criteri legati all'impatto energetico, aspetti economici e d'utilizzo del sistema solare.

In aggiunta, senza voler entrare nel particolare e le specifiche contenute nelle leggi dei diversi paesi messi a confronto, perché fatto in precedenza in precedenti documenti di questa ricerca, nell'intervenire sulla materia storica, si vuole fare anche un piccolo accenno ai criteri-guida del restauro [34, 35], e i presupposti che li hanno generati, frutto di dibattiti internazionali, ufficializzati nelle diverse Carte del Restauro [36, 37], espressione di idee e interpretazioni del "come restaurare". Il concetto di restauro intenso come "*intervento volto a rimettere in efficienza un prodotto dell'attività umana*" [38] è alla base del procedimento, definito 'critico', il quale individua i principi guida, che non determina con esattezza le azioni da intraprendere nel fare restauro, ma consente di temperare queste attraverso i

seguenti criteri, molti dei quali sono già considerati in tutti i documenti precedentemente analizzati:

- **Distinguibilità:** Ogni intervento di restauro deve essere riconoscibile, quindi qualsiasi parte aggiunta deve essere distinguibile dall'originale, senza recare disturbo alla visione dell'opera. Se questo non è rispettato, si corre il rischio di praticare un restauro di fantasia ponendo un'errata lettura dell'opera.
- **Reversibilità:** qualsiasi intervento di restauro, sia "conservativo" sia "estetico", deve poter essere rimosso, senza danneggiare l'originale.
- **Compatibilità:** i materiali impiegati non devono recare danno fisico né estetico ai materiali originali, devono avere quindi stesse proprietà chimico-fisiche- meccaniche.
- **Minimo intervento:** Limitare l'interventi di restauro al minimo indispensabile. Questo principio è molto importante perché in questo modo si limitano le componenti invasive che l'opera subisce ad ogni intervento, ma soprattutto perché in questo modo si garantisce il rispetto di tutte quelle informazioni sulla costituzione e sulla storia del manufatto.
- **Multidisciplinarietà:** l'interagire tra diverse discipline/professioni, che collaborano insieme nella ricerca e nello scambio di conoscenze, convengono allo scopo di ottenere un lavoro più completo e rispettoso possibile della materia storica.

In questa visione, il restauro è visto come *processo critico* e *atto creativo*, che contempla la necessità di eliminare le aggiunte che danneggiano l'integrità formale, il divieto di ricostruire nei casi in cui le distruzioni abbiano provocato la perdita dell'unità figurale e il permesso di modeste ricostruzioni, purché non sostanziali e assolutamente sicure.

#### 4.1.3 Criteri guida e di valutazione selezionate nelle schede ed elaborati

##### 4.1.3.1 CRITERI RELATIVI LA LEGISLAZIONE, RACCOMANDAZIONI E LINEE GUIDA

Per l'individuazione delle caratteristiche, estrapolate dai criteri e dalle prescrizioni normative di relativi paesi, identificando nella scheda, quelli in comune nel colore blu, quelli svizzeri in rosso, s'individuano tre macro gruppi: **a) Caratteristiche geometrico-spaziali; b) Caratteristiche estetiche; c) Caratteristiche funzionali.**

Ad ognuno di questi macro gruppi sono stati associati dei criteri specifici che, dalla lettura dei testi fino a ora citati, risultano intendere lo stesso significato, per cui univocamente utilizzati

##### **a) Caratteristiche geometrico-spaziali**

Si riferiscono a tutte quegli elementi coinvolti nell'integrazione, che entrano in relazione con l'aspetto spaziale degli elementi sostituiti. In tutti i testi si marca la necessità di non alterare le linee che caratterizzano l'edificio, rilevando nello specifico i seguenti punti:

- **Complanarità:** si riferisce all'inclinazione dei pannelli integrati in copertura, la quale deve essere la stessa della copertura originale.

Questa caratteristica si riscontra tra disposizioni e i criteri svizzeri [19; 20] e nelle linee guida cantonali ticinesi dei nuclei e dei centri storici [21]

Le linee guida del MiBACT [23], in cui si rileva che, nel caso di edifici storici, la soluzione di mantenere la stessa complanarità, possa in qualche modo diminuire notevolmente l'efficienza energetica, per cui si suggerisce di trovare una sistemazione alternativa, al di fuori dell'edificio tutelato, è comunque contemplata l'integrazione del fotovoltaico attraverso i BIPV, nel rispetto e nel mantenimento della complanarità e dell'orientamento della copertura originale, costituendo i requisiti minimi di compatibilità di tale inserimento. Nel decreto legislativo del 3 marzo 2011, n° 28, [24] in riferimento all'integrazione del fotovoltaico, si dispone l'obbligo di mantenere lo stesso orientamento e la stessa inclinazione della copertura originale.

- **Forma:** I parametri di riferimento per la valutazione si rifanno alle caratteristiche geometrico/ spaziali dell'elemento integrato, rispetto alla visione globale dell'intervento. La forma cui si fa riferimento corrisponde all'insieme di tutte quelle geometrie e linee caratterizzanti la superficie di riferimento.

In merito all'argomento, Nel rapporto stilato dal GSE [30], per quanto riguarda le specifiche per l'integrazione architettonica totale nelle coperture, chiarisce che:

- Il modulo non debba superare il "filo superiore delle tegole per più del proprio spessore;
- Limitare al massimo lo spazio di separazione tra il perimetro esterno dei moduli e la porzione residua del tetto preesistente;
- La posizione dei moduli rispetti la geometria della falda.

Per evitare le eventuali discontinuità possono essere utilizzati elementi di raccordo come scossaline, mezzi coppi, ecc. Inoltre, per rispettare la forma originaria del tetto è possibile utilizzare moduli "dummies", non attivi, con forme svariate, per una migliore integrazione del sistema solare.

- **Precisione giunti:** Raccomandazione concernente la percezione estetica e tecnica dell'intervento. La precisa disposizione dei giunti tra pannelli, contribuisce ad avere una visione d'insieme di un corretto intervento d'integrazione.

Nella linea guida del Canton Ticino [21] si parla di "*posizione dei pannelli e la forma unitaria dell'impianto*", in cui si fa esplicitamente riferimento al posizionamento "*senza scalini*" dei moduli. Questo punto viene chiarito ed esplicitato solo nei documenti del Canton Ticino, anche se potrebbe essere implicitamente rilevato nella normativa italiana, che richiede omogeneità e rispetto delle linee, generalmente inteso [23; 24].

- **Rapporto superficie di copertura:** Dalle disposizioni normative specifiche al grado di tutela dell'edificio, il primo principio nella valutazione

dell'ammissibilità dell'intervento è la massima estensione superficiale dei pannelli sul tetto.

Il limite di rapporto di copertura (superficie del tetto a falda/ superficie dei pannelli) comune alla maggior parte delle normative tecniche e in documenti specifici relativi l'integrazione di sistemi fotovoltaici [39] è del 40%, ma esistono situazioni specifiche con un grado di tolleranza inferiore (15%), con un'ulteriore indicazione della possibilità di coprire una sola pendenza, in piccoli edifici rurali isolati o raggruppati, considerando le dimensioni ridotte del tetto.

#### **b) Caratteristiche estetiche**

Si valuta l'insieme di tutti gli elementi coinvolti nell'integrazione, che, in una visione sistemica siano in grado di restituire l'immagine dell'edificio post intervento, almeno con pari qualità architettonica originaria.

Di cui fanno parte i seguenti criteri considerati nella scheda:

- **Raggruppamento:** viene disposto dalla normativa in materia di tutela del territorio e del paesaggio, che per questioni estetiche percettive, la disposizione dei pannelli in copertura sia predisposta in fasce continue e regolari, piuttosto che sparsi realizzando zone non omogenee.

Nelle linee guida MiBACT [23], si raccomanda di “studiare la disposizione dei pannelli in una striscia continua su tutta la lunghezza (...), o là dove possibile, su tutta la copertura della falda meglio esposta”.

- **Colore:** nella valutazione proposta nelle schede, si considera positivo (verde), quando il colore dei moduli scelti è simile agli elementi sostituiti, e quando in generale, risulta ben integrato con il contesto.

In tutti i documenti visionati, il colore è una componente fondamentale nel valutare l'integrazione dell'intervento, e questo punto si presenta in tutti i documenti di entrambi i paesi.

- **Materiale:** riferita alla “texture”, consistenza o trama del materiale, considerata come caratteristica materica degli elementi che contribuiscono all'integrazione dei moduli, per cui la valutazione sarà positiva là dove si riscontra una continuità estetica/percettiva con gli elementi della preesistenza.
- **Tasso di riflessione:** questo criterio è riscontrato solo nella normativa svizzera [20], la quale richiede che i livelli siano bassi, così da consentire una integrazione corretta nel rispetto del contesto paesaggistico.
- **Rispetto linea di gronda:** Nella valutazione proposta si tiene conto del rispetto delle disposizioni nelle normative vigenti, tenendo presente che questa distinzione potrebbe essere stata fatta per motivi tecnico/funzionali, perché potrebbe essere relativa alla zona di accumulo di neve e sporizia in cui avviene una riduzione dell'efficienza energetica dei moduli, anche se , come chiaramente individuato, per esempio in alcuni testi [21], la possibilità

di eccedere nella sporgenza, fa riferimento a motivazioni puramente estetiche.

Nelle norme e documenti svizzeri, si fa riferimento al criterio individuato nella legge federale svizzera [19], art 45, e nella linea guida per i nuclei dei centri storici [21], in cui è consentita una sporgenza ortogonale massima di 20 cm, giustificato *“dall’isolamento termico o per un migliore impiego delle energie rinnovabili, ribadita nell’ OPT 32a., comma a) [20].* Per quanto riguarda le norme e documenti Italiani, la suddetta voce è individuata anche nelle linee guida MiBACT [23], la quale raccomanda *“la disposizione dei pannelli (...) al di sopra della linea di gronda”,* per cui il criterio di assegnazione del punteggio per la valutazione, rimane il medesimo a quello svizzero.

- **Visibilità/riconoscibilità:** la visibilità dell’intervento, e quindi la capacità di riconoscibilità degli elementi di cui si compone il sistema, è considerata come un fattore negativo (rosso), se molto visibile o riconoscibile.

Si rimanda al dibattito sulla materia del restauro [34;35;38] e la riconoscibilità dell’intervento [36;37]. Inoltre, nella normativa svizzera [20], è espressamente chiarita la *“non sporgenza oltre la superficie del tetto, nella vista frontale e dall’alto”*.

Nell’assegnazione di questo parametro valutativo, si tiene conto del metodo riscontrato nel progetto di ricerca svizzero SuRHIB *“Sustainable Renovation of Historical Buildings”* [40;41]. Ciascuna misura d’intervento è stata classificata in base ad un codice di colore prestabilito, in funzione dei differenti livelli di fattibilità e di impatto sull’edificio. In questo progetto, si stabilisce quindi che, il colore verde sarà assegnato a quegli interventi con basso livello d’impatto, e che quindi non alterano percettivamente e significativamente l’edificio. Anche il LESO (*Laboratoire d’énergie solaire et physique du bâtiment*) dell’EPFL (*Ecole polytechnique fédérale de Lausanne*), in collaborazione con architetti e autorità, ha studiato l’accettabilità dell’integrazione delle soluzioni solari per sviluppare uno strumento per valutare la loro integrazione architettonica, e visibilità nei diversi contesti, *“LESO-QSV Architectural integration tool”* [42;43], il che definisce un nuovo approccio per promuovere l’energia solare preservando il contesto urbano e tenendo conto di aspetti quali la sensitività del contesto. Lo strumento di analisi della visibilità dei siti LESO-QVS, definisce livelli minimi di qualità dell’integrazione, identificando i fattori necessari per impostare politiche di energia solare, in grado di preservare la qualità dei contesti urbani esistenti. Lo strumento aiuta le autorità a definire e implementare i requisiti di accettabilità locale sulla base delle *“criticità”* architettoniche legate all’integrazione dei sistemi solari. Si individuano tre livelli di visibilità e sensibilità utilizzando la nomenclatura basso-medio-alto, i quali identificano una griglia di *“situazioni critiche, per le quali devono essere determinate le aspettative di qualità”*. La qualità degli interventi e dell’integrazione dei sistemi solari, tiene conto di aspetti legati alla: 1) *geometria del sistema*; 2) *la materialità* e 3) *il reticolo o trama modulare del sistema solare*, ed in base a tre colori diversi: verde (molto coerente); giallo (parzialmente coerente) e rosso (non coerente), valuta la coerenza del sistema solare le caratteristiche considerate (Figura 17).

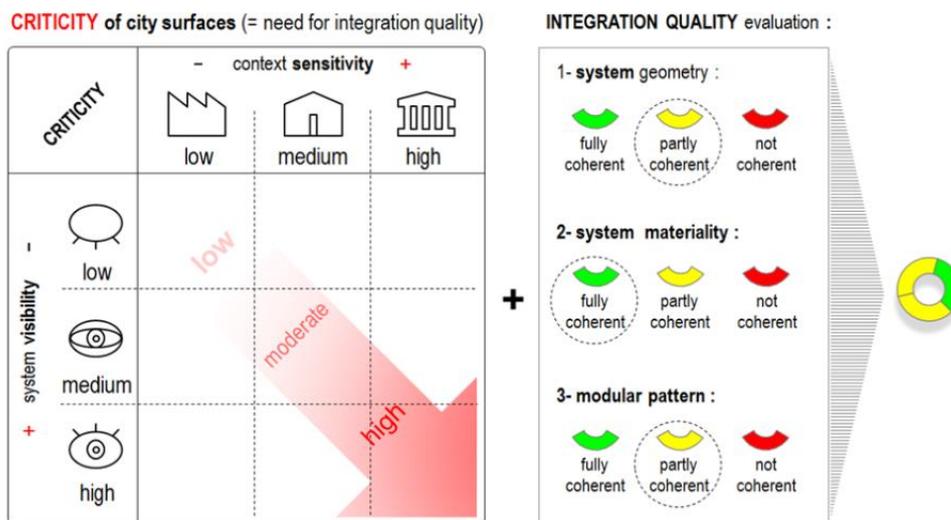


Figura 17 – Architectural - Integration quality evaluation method LESO-QSV. Fonte: LESO -EPFL

Il metodo LESO-QSV propone anche come adattare le politiche di energia solare alla specificità urbane locali incrociando le informazioni precedenti con gli strumenti di mappatura solare, per stabilire le priorità di intervento, sussidi ecc. Questo metodo è stato applicato a diversi casi studio nell'ambito di progetti per la pianificazione urbana.

### c) Caratteristiche funzionali

Si riferiscono agli aspetti legati alla funzione svolta dal sistema solare e alle caratteristiche energetiche. Si distinguono:

- **Multifunzionalità:** si riferisce alla categoria e alla tecnologia utilizzata per l'intervento. I BIPV ricoprono, oltre la funzione di produzione di energia, anche funzioni tecnologiche. Nel caso delle coperture e facciata, ricoprono la funzionalità di protezione dalle intemperie, quindi parte integrante dell'involucro vero e proprio. Mentre per gli altri elementi esterni s'intendono pensiline, parasole e parapetti, con le relative funzioni da assolvere.
- **Dimensionamento / Energetico:** Si definiscono interventi di riqualificazione energetica di un edificio quelli che hanno un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio. Nella valutazione proposta si tiene conto dei requisiti energetici raggiunti grazie all'intervento, considerando positivi (in verde), tutti quelli con una classificazione energetica post interventi come categoria B.

Tali interventi coinvolgono quindi una superficie inferiore o uguale al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e/o consistono nella nuova installazione, nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all'edificio o di altri interventi parziali, compresa la sostituzione del generatore. In tali casi, i requisiti di prestazione energetica richiesti si applicano ai soli componenti edilizi e impianti oggetto di intervento, e si riferiscono alle loro relative caratteristiche tecno-fisiche o di efficienza.

Si fa riferimento alle normative europee (Direttiva 2009/28/CE, [44]) che hanno come obiettivo quello di contrastare il cambiamento climatico e promuovere l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, proponendo obiettivi (20%) vincolanti per i paesi membri, e al tasso di ristrutturazione obbligatori relativi agli edifici a energia quasi zero, della direttiva 2010/31/UE [45] sulla prestazione energetica nell'edilizia (Oj L 153, 18.6.2010, p.13). L'obbligo di ristrutturare gli edifici del governo centrale, impone agli stati membri di garantire che, quando gli edifici esistenti sono sottoposti a ristrutturazioni importanti, la loro prestazione energetica sia migliorata in modo da soddisfare i requisiti minimi di prestazione energetica.

#### 4.1.3.2 CRITERIA RELATIVI LA NORMA EN 16883/2017

Come già anticipato la nuova norma UE EN 16883, stabilisce l'importanza di considerare un approccio consensuale e uniforme da attuare [28], date le diverse esigenze e i vari aspetti da indagare, tra cui esigenza di ridurre il più possibile i consumi di energia primaria, migliorare il livello delle condizioni termiche e acustiche, la qualità dell'aria interna e le condizioni di illuminazione naturale, oltre a preservare i valori storici architettonici e paesaggistici e a minimizzare gli impatti ambientali. Per questo, negli elaborati prodotti, si confrontano i criteri riscontrati attualmente, nei paesi di riferimento, nelle diverse legislazioni e raccomandazione delle linee guida, con i criteri di valutazione stabiliti nello standard europeo. A questo proposito, si riscontra che anche se è possibile riscontrare delle similitudini, se non formali, si trovano nuovi criteri che possono essere considerati con differenze sostanziali, in quanto **criteri riguardanti i benefici energetici del sistema solare sono integrati nella valutazione.**

La presente norma europea fornisce linee guida per il miglioramento sostenibile della prestazione energetica degli edifici storici, come edifici notevoli dal punto di vista storico, architettonico o culturale, nel rispetto del loro significato di bene culturale, ma non è limitato agli edifici ufficialmente designati come bene culturale, ma si applica agli edifici in cui è possibile riconoscere elementi di pregio. Presenta una procedura normativa di lavoro per la scelta degli interventi migliorativi della prestazione energetica, basata sull'investigazione, sull'analisi e sulla documentazione dell'edificio, compreso il suo significato di bene culturale. La procedura valuta l'impatto di questi interventi sulla conservazione degli elementi caratterizzanti l'edificio. Il testo normativo fornisce il significato della terminologia utilizzata, con esplicito riferimento agli altri documenti [44;45;46;47], utilizzati per la redazione dell'intero testo, tra cui la definizione di "compatibilità", concetto chiave nella valutazione proposta, inteso come la "*capacità dell'intervento di utilizzare altro materiale senza mettere a rischio l'importanza o la stabilità del patrimonio*".

In linea con la metodologia d'individuazione dei criteri e delle raccomandazioni in precedenza analizzate, si ripropone una classificazione simile, riferendosi però al concetto di compatibilità esplicito nella norma EN 16883/2017, individuando i parametri idonei per concentrare l'attenzione sull'intervento di integrazione dei BIPV, anche se, come in precedenza chiarito, la norma cerca di inglobare tutti gli interventi coinvolti nel retrofit energetico, generalmente inteso. Grazie a gruppi di lavoro specifici, attivi nei Subtasks C, all'interno delle attività della Agenzia

Internazionale dell'Energia IEA-SHC Task 59 e che inglobano esperti internazionali nella materia, nello specifico il gruppo solare di ricerca, si sta definendo il campo di azione dei criteri applicabili ai sistemi solari. Si riportano di seguito i criteri individuati relativi il lavoro svolto dal suddetto gruppo, e individuati nella parte 2 della scheda elaborata (Figura 15), in base alla compatibilità degli interventi:

**a) Compatibilità Costruttiva/strutturale/Tecnica**

S'intende la capacità degli elementi integrati, di relazionarsi, al sistema costruttivo generale, secondo una visione sistemica e con un approccio olistico.

- **Materica**: s'intendono tutti gli elementi di cui si compone il sistema integrato, che entra in relazione con la materia storica;
- **Sistema di fissaggio**: sarà valutato i requisiti strutturali e meccanici per la struttura di supporto, considerando sicure condizioni operative adeguate e sufficiente resistenza meccanica per evitare eccessive deformazioni.
- **Reversibilità**: si valuterà la possibilità di disinstallare il sistema RES, ristabilendo la condizione precedente all'intervento, riguardo ai materiali utilizzati per l'incollaggio e il fissaggio.
- **Alterazione igrotermica**: sarà valutata la probabilità di accumulo di umidità sul retro dei pannelli, considerando le fonti di umidità interne ed esterne riguardo al livello di integrazione del sistema data la possibile presenza di vapore, o le alte temperature raggiunte dai moduli solari in funzione.

**b) Compatibilità estetica**:

Si riferisce a tutti i contributi ottico/percettivi causati dagli interventi sulle pareti esterne e sul tetto.

L'impatto visivo, riguarda due aspetti principali: 1) il cambiamento visivo ed estetico della superficie storica e 2) il cambiamento delle relazioni geometriche delle superfici. Il primo aspetto è particolarmente rilevante quando sono ancora presenti tegole storiche, finiture murali, frantumazioni di finestre e copertura di superfici attraverso aggiunte di nuovi strati con diverse proprietà cromatiche e superficiali. Le proprietà geometriche, invece hanno più relazione con aspetti dimensionali e di alterazione geometrico spaziale in quanto queste possono essere modificate quando si applicano sistemi solari costituiti da elementi di dimensioni diverse, elementi ombreggianti, ad esempio sporgenze del tetto, persiane delle finestre, ringhiere dei balconi. La valutazione viene quindi sempre eseguita riguardo ai seguenti punti:

- **Colore**
- **Texture/materico**
- **Dimensione**
- **Alterazione geometrico/spaziale**

### c) Compatibilità energetica/ funzionale:

Prestazioni energetiche e domanda di energia operativa in termini di classificazione dell'energia primaria (totale e rinnovabile).

Viene esplicitata la funzione a cui sono destinati i componenti del sistema integrato. S'individuano dei criteri che indagano aspetti legati alla qualità ambientale interna, impatto sull'ambiente esterno e alla funzione, ossia agli effetti positivi o negativi dei sistemi applicati sull'utente. Da questa interpretazione, si estrapolano i seguenti punti, relativi ai BIPV, che mettono in relazione il ruolo dell'utente e l'aspetto energetico derivante dall'impianto solare. Tre principali criteri sono stati identificati e riassumono questi aspetti:

- **Riscaldamento:** s'intende l'apporto energetico passivo e attivo rispetto ai livelli prestazionali iniziali dell'edificio, cioè quanto effettivamente il sistema solare produce in termini di produzione energetica, ma al contempo il contributo funzionale del sistema, per la sua caratteristica di essere integrato e sostituire quindi parti dell'involucro edilizio.
- **Ombreggiamento:** anche in questo caso è valutata la capacità del sistema rispetto al suo contributo attivo e passivo di raffrescamento, sia da un punto di vista della produzione energetica, ma anche la sua capacità di costituire elementi in grado di schermare l'irraggiamento solare sulle superfici.
- **Elettricità/illuminazione:** Si valuta la capacità dell'impianto solare di contribuire all'intervento di retrofit energetico.

## 4.2 CRITERI GUIDA E DI VALUTAZIONE DELL'INTERVENTO – SCHEDA TECNOLOGIA

### 4.2.1 Valutazione energetica

Valutazione energetica, riguarda principalmente il sistema solare fotovoltaico BIPV utilizzato, e documenta le soluzioni tecniche (WP4, attività 4.2). La valutazione del sistema proposta fa in modo di confrontare i dati energetici ottenuti dall'intervento di retrofit del caso studio affrontato, con quelli potenzialmente sfruttabile nell'edificio.

Per i casi di studio in Svizzera, i dati del potenziale solare sfruttabile negli edifici è fornito dal catasto solare, come è già stato analizzato in fasi precedenti del progetto (WP3, attività 3.2), in modo da utilizzare uno strumento accessibile e conosciuto da un gran bacino di utenze. Di seguito si chiarisce il ruolo del catasto solare, nelle sue specifiche, e la metodologia applicata per l'analisi di confronto.

Nella scheda, si riportano i dati riguardanti le superfici coinvolte nell'integrazione (facciata/tetto), inserendo una visuale 3D dell'edificio in esame ottenuti dalla consultazione del sito evalo.ch [48], segnalando il grado di idoneità delle superfici di riferimento secondo i dati del catasto solare [49], come illustrato nella Figura 13 e in Figura 18.

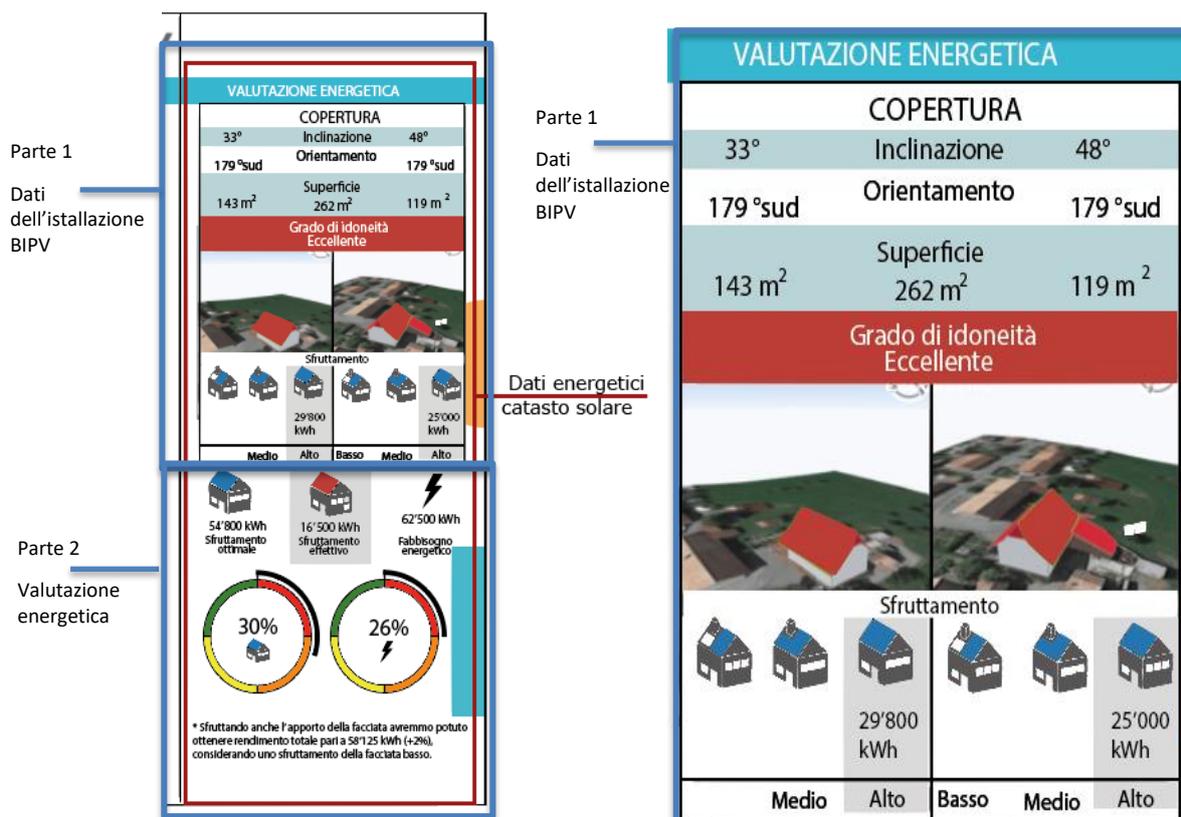


Figura 18 – Scheda Tecnologia: valutazione energetica – dati caratteristiche superfici coinvolte nell'integrazione

#### 4.2.1.1 Potenziale solare sfruttabile

Come premessa alla valutazione, e già spiegato nel documento di riferimento (Rapporto WP3, 3.2) viene specificato che i dati di potenziale della produzione solare rappresentati negli strumenti di mappatura del territorio esistenti (come il catasto solare) sono generalmente da considerarsi “indicativi” in quanto il loro scopo non è quello di quantificare con esattezza il potenziale solare (che potremmo denominare “potenziale realistico”) quanto piuttosto di predisporre scenari di sfruttamento di parchi immobiliari secondo diversi gradi di idoneità per favorire e promuovere la diffusione delle energie rinnovabili e utilizzare al meglio gli incentivi finanziari messi a disposizione della popolazione e degli enti pubblici e privati. La maggior parte dei catasti solari riferiti al patrimonio edilizio, mostrano ad esempio la mappatura territoriale delle parti di tetto/facciata idonee, dal punto di vista dell'insolazione ricevuta, alla posa di un impianto solare termico e fotovoltaico, tenendo conto in alcuni casi anche dell'inclinazione e di eventuali ombre dovute a costruzioni prossime. Il potenziale di irraggiamento solare considerato varia tipicamente in base all'esposizione, all'altitudine, alle ore di insolazione e al clima locale ed è affetto in genere da un'incertezza superiore al 10% legata ai metodi di calcolo e alle semplificazioni introdotte.

Aspetto essenziale è che questi strumenti, non tenendo in considerazione il grado di compatibilità ed integrabilità effettiva dell'organismo edilizio, consentono di porre le basi per analisi più approfondite legate a ogni singolo progetto specifico, per passare

dal “potenziale teorico” alla valutazione della produzione effettiva di energia attraverso analisi tecnico/costruttive e ponderazioni urbane e architettoniche sul singolo edificio. È importante sottolineare che tuttavia l’indicazione emergente dalla mappatura solare funge da stimolo e sensibilizzazione e quindi si pone spesso come il fattore chiave per l’avvio dei processi decisionali che rispondono alla domanda di quanta elettricità o calore è possibile produrre sfruttando l’energia solare utilizzando la superficie della copertura o delle facciate a disposizione. Dunque la definizione di un grado di sfruttamento realistico delle superfici edilizie sarebbe utile, introducendo oltre al potenziale di insolazione anche una ponderazione dei fattori edilizi favorevoli/sfavorevoli all’integrazione di sistemi solari. I calcolatori solari correlati consentono, infatti, anche di stimare approssimativamente la produzione energetica, il costo totale e i tempi di ammortamento di un impianto. Ad esempio, la mappatura solare del Cantone Ticino risulta uno strumento determinante per il raggiungimento degli obiettivi del Piano energetico cantonale (PEC). A livello di territorio la carta mostra il potenziale di irraggiamento solare annuo per metro quadrato. Sull’edificio invece lo strumento si concentra finora sull’identificazione delle parti di tetto/facciata idonee alla posa di un impianto solare.

In Svizzera, il potenziale solare a scala territoriale è usualmente valutato attraverso lo strumento del catasto solare, sia a livello federale che cantonale. L’Ufficio federale dell’Energia (UFE), in collaborazione con l’Ufficio federale di topografia (swisstopo) e l’Ufficio federale di meteorologia e climatologia (MeteoSvizzera), rende disponibili delle piattaforme ([Tettosolare.ch](http://Tettosolare.ch) o [Facciatasolare.ch](http://Facciatasolare.ch) reperibili al sito <http://www.bfe-gis.admin.ch/sonnenfassade/?lang=it>, [49]) il cui scopo è di conoscere in via preliminare quanta elettricità o calore è possibile produrre sulla facciata (o copertura) di un edificio grazie all’installazione di sistemi solari. È tuttavia necessario ricordare che l’analisi del potenziale solare proposta da queste piattaforme non si sostituisce a una consulenza specialistica e che su queste piattaforme non sono disponibili informazioni sull’obbligo e sull’idoneità al rilascio dell’autorizzazione edilizia. In particolare, i calcoli dei rendimenti massimi fotovoltaici o solari termici si basano sullo sfruttamento dell’intera (massima superficie dei moduli) o parziale (sfruttamento limitato oppure sfruttamento medio) superficie di tetto o facciata dell’edificio. S’intende per sfruttamento massimo, lo sfruttamento ottimale dell’intera superficie utile e per sfruttamento parziale, solo una parte della superficie utile, considerando uno sfruttamento limitato quando si utilizza fino la terza parte della superficie utile, oppure sfruttamento medio, quando si sfrutta per tre quarti la superficie utile a disposizione, si veda Figura 19.



Figura 19 – Cattura dal sito *sonnenfassade.ch*. Il tool consente di fare una stima del rendimento energetico. Elementi tipologici come finestre, porte, balconi o gronde non sono presi in considerazione. È possibile considerare una porzione di utilizzo della facciata in via semplificata.

Sebbene tale metodo rappresenti uno dei più efficaci ed avanzati a livello nazionale rispetto ai metodi e modelli esistenti, esso si basa sull'approssimazione della superficie idonea, con la superficie geometrica lorda, senza tenere in considerazione altri fattori (ad es. elementi architettonici, fattori tipologici, rientranze e sporgenze, balconi, cornicioni, ecc.) che possono influenzare il valore reale del potenziale solare della superficie presa in considerazione. Elementi come finestre, porte, balconi o gronde che potenzialmente interferiscono alla posa di pannelli o moduli solari, non sono presi in considerazione e perciò i rendimenti effettivi potrebbero differire dai valori calcolati in questi tool. La superficie realmente utilizzabile può quindi risultare in alcuni casi notevolmente inferiore. Quest'aspetto è già stato precisato in precedenza (Rapporto WP3, 3.2), anche se in alcuni progetti di ricerca [50;51], quest'argomento è stato già introdotto al fine di esprimere dei fattori ponderali per una stima più realistica del potenziale solare che possano essere applicabili sin dalle fasi iniziali di valutazione per includere i principali aspetti archetipici dell'edificio che condizionano l'integrazione dei sistemi solari fotovoltaici.

Per quanto riguarda il calcolo del potenziale solare, la piattaforma attuale, offre la possibilità di ottenere, per singole sub-sezioni geometriche in cui viene discretizzata la facciata/tetto in base al rilievo geometrico, e attraverso questo fornire il potenziale solare, espresso come irraggiamento ricevuto nel corso di un anno (kWh/anno):

$$\text{Potenziale Solare [kWh/a]} = \text{SL [m}^2\text{]} \cdot \text{IRR}_{\text{MEDIO}} [\text{kWh/m}^2\text{a}] \quad [51]$$

dove:

SL: valore lordo della superficie di facciata/tetto ottenuta da swissBUILDINGS3D 2.0

IRR<sub>MEDIO</sub>: valore dell'irraggiamento solare medio annuale sulla facciata/tetto

Riportando nel dettaglio la parte relativa al catasto solare Svizzero, si vogliono ricordare alcuni aspetti importanti da considerare:

Il catasto solare offre uno strumento di analisi e di indagine utile e accessibile a tutti gli utenti, e non solo a tecnici, che vogliono avere delle informazioni in merito alla capacità di sfruttamento delle superfici irradiate, dotandoli di sistemi solari;

- Calcola i dati di irraggiamento relativi alla superficie analizzata (Irraggiamento medio annuo, kWh e Irraggiamento totale annuo, kWh/a).
- Le superfici considerate non includono elementi di costruzione quali abbaini, lucernari, camini e balconi. La superficie del tetto realmente utilizzabile può quindi risultare notevolmente inferiore. Le superfici di tetto utilizzabili vengono sfruttate nella misura del 70 per cento. Si tiene così conto del fatto che dette superfici di tetto non possono mai essere ricoperte integralmente da moduli fotovoltaici. Il motivo è da ricondurre a restrizioni di tipo costruttivo e/o tecnico. Le superfici di facciata utilizzabili vengono sfruttate nella misura del 45-60 per cento a seconda del tipo di edificio. Come premesso, tuttavia, la valutazione di tutti gli elementi influenti sul reale potenziale solare di facciata/tetto è possibile solamente con una valutazione di un progettista sul singolo caso e non è oggetto del presente lavoro;
- I dati forniti, si basano su un livello di rendimento energetico di moduli standard, ossia del 17%, e con una performance Ratio dell'80%; fattore che permetterebbe una valutazione di confronto con altri sistemi tecnologici diversi (es. film sottile; CIGS, soluzioni innovative con celle solari invisibili, con partner, texture o colori, ecc.);
- Inoltre, il calcolatore solare permette di conoscere i dati relativi al potenziale del Comune di localizzazione e il quantitativo di elettricità prodotta e provvede informazioni anche su dati economici e di costo dell'impianto (link ai calcolatori solari).

Nelle schede di valutazione, il confronto tra i dati reali dell'impianto BIPV nei casi di studio di buone pratiche con i dati relativi il potenziale solare dell'edificio calcolati tramite il catasto solare, Scheda tecnologia - Parte 2 (Figura 20), vuole mettere in luce la capacità del sistema integrato di offrire una soluzione che si discosta dalla soluzione standard considerata dal catasto, e dimostrare che l'approccio rappresentato dall'utilizzo di nuovi prodotti più rispettosi in materia d'integrazione con il contesto, siano da preferire perché analogamente efficienti dal un punto di vista prettamente energetico prestazionale, anche perché contribuiscono in maniera non indifferente al reale fabbisogno energetico totale del caso analizzato.

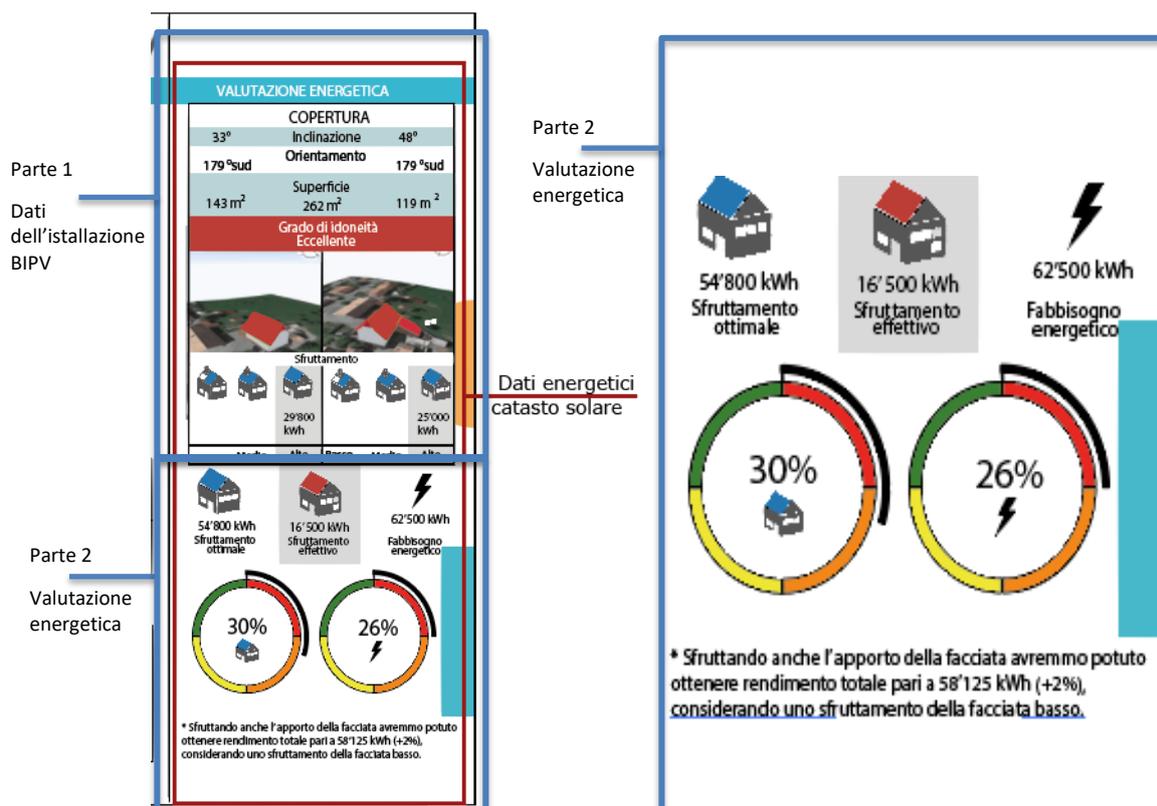


Figura 20 – Scheda Tecnologia: valutazione energetica – dati caratteristiche superfici coinvolte nell'integrazione

Quest'analisi intende rendere chiaro ed intuitivamente fruibile, da una parte, lo sfruttamento effettivo del potenziale solare utile fruibile e il contributo del sistema solare all'efficienza energetica complessiva dell'edificio.

Nell'esempio riportato in Figura 20, lo sfruttamento effettivo del potenziale solare fruibile corrisponde al valore 30% rispetto a quello ottimale per la superficie considerata e il contributo del sistema solare all'efficienza energetica complessiva dell'edificio, corrisponde al valore 26% del fabbisogno energetico. Inoltre, viene ipotizzato di sfruttare anche le altre superfici idonee al caso, così da poter ottenere un incremento del rendimento totale e valutare teoricamente la fattibilità del loro utilizzo, considerando i possibili benefici da un punto di vista energetico nel di rispetto del carattere storico culturale del bene oggetto dell'intervento.

#### 4.2.2 Criteri guida applicati nelle schede ed elaborati

In Figura 21, si presenta un esempio di Scheda Tecnica, relativa la tecnologia BIPV, e modello di soluzione tecnologica per sistema d'involucro attivo (Task 4.2), utilizzata in un caso di studio e buoni esempi (Task 4.1). In questo esempio, la valutazione energetica del sistema BIPV utilizzato riporta uno sfruttamento effettivo del potenziale solare del 97%, il che significa che sfrutta al massimo le superficie, in questo caso di copertura dell'edificio, e l'impianto fotovoltaico utilizzato contribuisce il 154% al fabbisogno energetico dell'edificio, il che significa che l'edificio produce più energia di quanto ne ha bisogno, grazie al sistema fotovoltaico integrato nella

copertura dell'edificio, con un surplus d'energia, *Plus Energy Building* (PEB). In questo caso specifico l'edificio non individua nessun grado di tutela, sia per l'edificio che per il sito di appartenenza, ma si percepisce comunque un valore paesaggistico del contesto poco antropizzato, e per questo motivo anche il grado di libertà nella progettazione dell'impianto solare è stato maggiore.

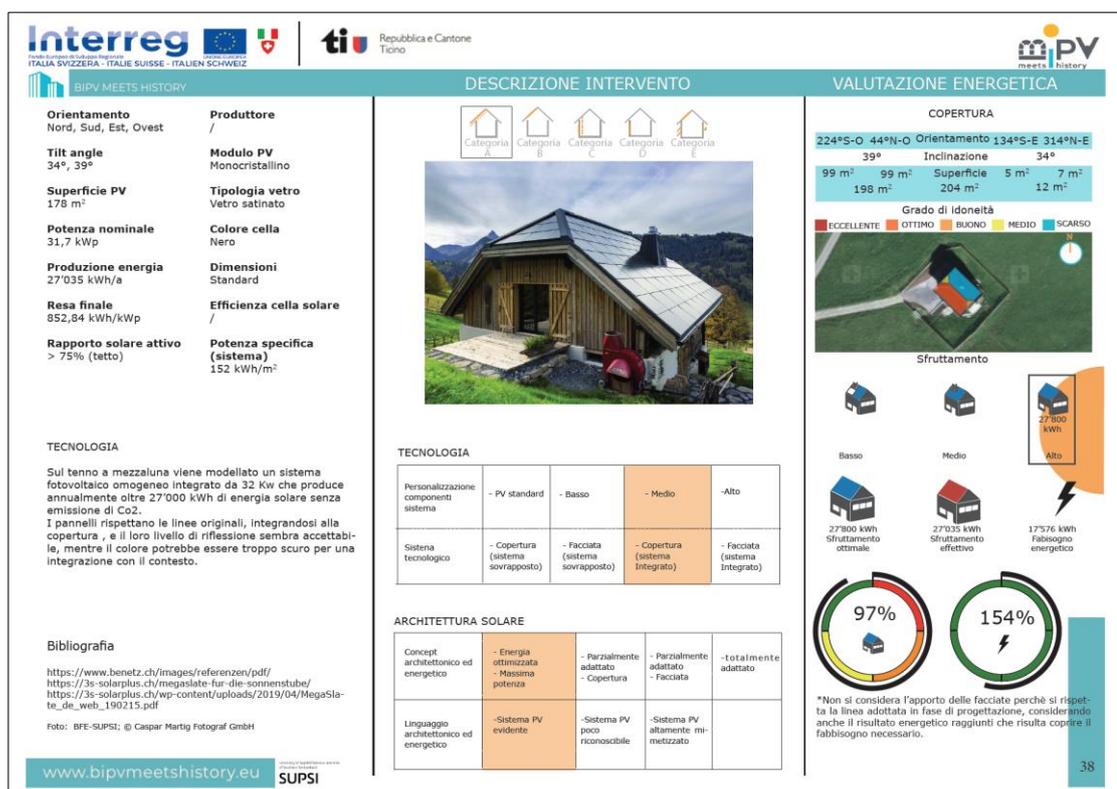


Figura 21 – Esempio relativo ad una scheda relativa la Tecnologia BIPV e relativa valutazione energetica dell'impianto solare utilizzato.

Questo tipo di analisi permette di valutare il sistema e soluzione tecnologica BIPV impiegata, relativo non solo la tecnologia solare, ma anche le caratteristiche specifiche del sistema in rapporto l'integrazione dello stesso nell'edificio storico e la modalità d'integrazione del sistema (ad es. integrato in copertura, facciata, elemento accessorio, secondo un sistema di classificazione internazionalmente riconosciuto), se si raggiungono elevati standard di efficienza energetica e si l'intervento valorizza la conservazione dell'edificio e dell'area circostante, per mantenere e preservare il carattere e significato, considerando anche se l'intervento utilizza un linguaggio e concetto architettonico ed energetico consono con le caratteristiche singolari dell'edificio studiato.

# 5 DOCUMENTO DI RACCOLTA DI CASI DI STUDIO E SOLUZIONI ESEMPLARI IN SVIZZERA

In Svizzera, sono stati documentati ventidue casi di studio esemplare (Figura 22), la maggior parte dei quali sono stati riconosciuti dal Premio Solare Svizzero [1], ed in alcuni casi con il Premio Solare Europeo [2] e che integrano una o più di un modello di soluzioni tecnologiche per sistema d'involucro attivo BIPV. Il "Premio Solare Europeo", promosso da EUROSOLAR premia, sin dal 1994, Amministrazioni Comunali, imprese, industrie, privati, tecnici, ingegneri, architetti, proprietari ed utilizzatori di impianti solari e organizzazioni che hanno intervenuto nella progettazione e realizzazione di tecnologie innovative per l'uso delle energie rinnovabili, allo scopo di promuovere la l'uso delle energie rinnovabili verso una strategia globale per l'uso razionale dell'energia a basso tasso d'inquinamento e verso una più vasta autonomia energetica.

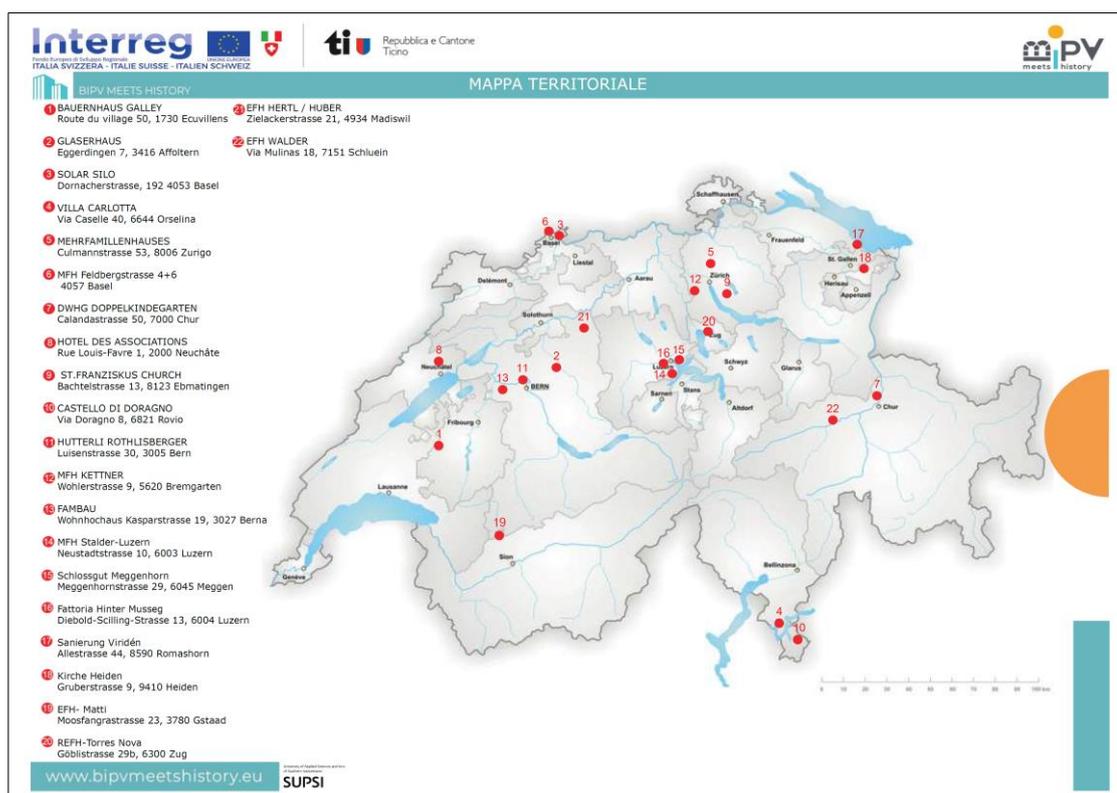


Figura 22 – Casi studio esemplare in Svizzera. Progetti realizzati analizzati e riconosciuti la maggior parte con il premio solare Svizzero, Swiss Solar Prize, ed in alcuni casi con il Premio Solare Europeo.

Ogni progetto documentato si compone di una Scheda di Progetto (Scheda Edificio, WP4 4.1), illustrata in Figura 23, e di una Scheda Tecnica della tecnologia BIPV utilizzata, modello di soluzioni tecnologiche per sistema d'involucro attivo, come si

illustra in Figura 24. Le schede sono state documentate e valutate secondo la metodologia riportata nei capitoli precedenti.

Scheda Edificio

BEST PRACTICE

---

**Indirizzo**  
Via Doragno 8, 6821 Rovio

**Città**  
Rovio/TI

**Tipologia edificio**  
Residenziale

**Tipologia intervento**  
Retrofit

**Anno di costruzione**  
1118-1127, retrofit 2013-2017

**Architetto**  
DeltaZERO sa (De Angelis Mazza Architetti)

Castello di Doragno

L'edificio, in un contesto naturale, sorge su un promontorio, rispecchiando l'originaria funzione difensiva tipica dei castelli. Durante il XIX secolo, per trasformare le rovine in una residenza privata, sono stati eseguiti interventi di ricostruzioni delle parti mancanti, imitando lo stile medioevale. Per aumentare la superficie abitativa, vengono modificati gli ambienti, aggiungendo un quarto piano, una scala in calcestruzzo e modificando la tipologia di copertura, dotando il tetto di una sola falda. L'ultimo intervento effettuato, ha ricercato e differenziato gli elementi originali del castello, sotto la supervisione e l'approvazione dell'ufficio dei beni culturali. L'edificio è composto da due corpi di fabbrica principali, uno ad Ovest che comprende un piano seminterrato e 2 piani fuori terra e uno ad Est che comprende 3 piani fuori terra.

**Bibliografia**  
Archivio Atlas  
DeltaZERO architetti; <https://www.deltazero.net/usa/>  
Foto: DeltaZERO; © Luciano Coraggio

DESCRIZIONE INTERVENTO

Corte
Blocco
Torre
Schiera
Linea

Non tutelato
Parzialmente tutelato
Tutelato

Il villaggio di Rovio è presente nell'Inventario federale dei siti del patrimonio svizzero di importanza nazionale ISOS (UFC)

CONCEPT EDIFICIO

Efficienza energetica edifici solari	- No target energetico	- Standard (Normative, stato dell'arte)	- Alto (NZEB, PER)
Intervento	- Nuova costruzione	- esistente	
Livello di valorizzazione conservazione	- Basso	- Medio	- Alto

CONTESTO

Esposizione solare	- Basso	- Medio	- Alto
--------------------	---------	---------	--------

VALUTAZIONE CONSERVAZIONE

**Caratteristiche geometriche/spaziali**

- Complanarità █
- Forma █
- precisione giunti █
- rapporto superficie moduli/copertura █

**Caratteristiche estetiche**

- rispetto delle linee █
- colore █
- materiale █
- visibilità █
- tasso di riflessione █
- raggruppamento █

**Caratteristiche funzionali**

- Multifunzionalità █
- dimensionamento /energetico █

\* Caratteristiche riscontrate tra i criteri A/B - raccomandazione B/C/D/E

\* Caratteristiche in comune riscontrate tra i criteri A/B - raccomandazione B/C/D/E

**Norma EN 16883/2017**

**Compatibilità costruttiva**

- materiale █
- sistema di fissaggio █
- reversibilità █
- alterazione igrotermica █

**Compatibilità estetica**

- colore █
- texture/materico █
- dimensione █
- alterazione geometrico/spaziale █

**Compatibilità energetica/funzionale**

funzione: Tetto ventilato

Contributo:

- Riscaldamento █
- Ombreggiamento █
- elettricità/illuminazione █

www.bipvmeetshistory.eu

SUPSI

19

Figura 23 – Scheda relativa il progetto, caso di studio esemplare documentato, WP4, Attività 4.1 (Scheda Edificio)

Scheda Tecnologia BIPV:

BEST PRACTICE

---

**Orientamento**  
Sud-ovest/ Sud-est

**Prodotore**  
ISSOL ©

**Modulo PV**  
Monocristallino

**Superficie vetro**  
Satinato

**Coloro cella**  
Nero

**Dimensioni**  
136 x 136 mm

**Efficienza cella solare**  
20,05%

**Efficienza cella solare (sistema)**  
164 kWh/m<sup>2</sup>

**TECNOLOGIA**

ISSOL offre soluzioni ad alto contenuto tecnologico per l'integrazione degli edifici (BIPV). Questa tecnologia PV è conforme ai regolamenti per l'integrazione del fotovoltaico per tutti i paesi.

Nel caso del Castello, insieme al sistema solare termico, sono stati utilizzati 67 moduli integrati in due falde appartenenti a due edifici adiacenti. La soluzione applicata è stata presentata dagli architetti, che hanno curato i vari interventi di riqualificazione, prevedendo anche elementi di ricorrido nelle superfici delle falde per una migliore integrazione.

**Bibliografia**  
Archivio Atlas  
DeltaZERO architetti; <https://www.deltazero.net/usa/>  
Foto: DeltaZERO; © Luciano Coraggio

DESCRIZIONE INTERVENTO

Categoria 1
Categoria 2
Categoria 3
Categoria 4
Categoria 5

**TECNOLOGIA**

Personalizzazione componenti sistema	- PV standard	- Basso	- Medio	- Alto
Sistema tecnologico	- Copertura (sistema sovrapposto)	- Facciata (sistema sovrapposto)	- Copertura (sistema integrato)	- Facciata (sistema integrato)

ARCHITETTURA SOLARE

Concept architettonico ed energetico	- Energia ottimizzata - Massima potenza	- Parzialmente adattato - Copertura	- Parzialmente adattato - Facciata	- totalmente adattato
Linguaggio architettonico ed energetico	- Sistema PV evidente	- Sistema PV poco riconoscibile	- Sistema PV altamente mimetizzato	

VALUTAZIONE ENERGETICA

**COPERTURA**

234°S-O	Orientamento	324°S-E
19°	Inclinazione	13°
102 m <sup>2</sup>	Superficie	65 m <sup>2</sup>
102 m <sup>2</sup>	167 m <sup>2</sup>	65 m <sup>2</sup>

Grado di idoneità

ECCELLENTE
OTTIMO
BUONO
MEDIO
SCARSO

**Strutturamento**

9'900 kWh

Basso

19'100 kWh

Medio

29'000 kWh

Alto

29'000 kWh Strutturamento ottimale

16'400 kWh Strutturamento effettivo

11'747 kWh Rendimento energetico

56%

140%

\*Sfruttando anche l'apporto della facciata sud-est avremmo potuto ottenere rendimento totale pari a 39'000 kWh (+35%), considerando uno sfruttamento totale.

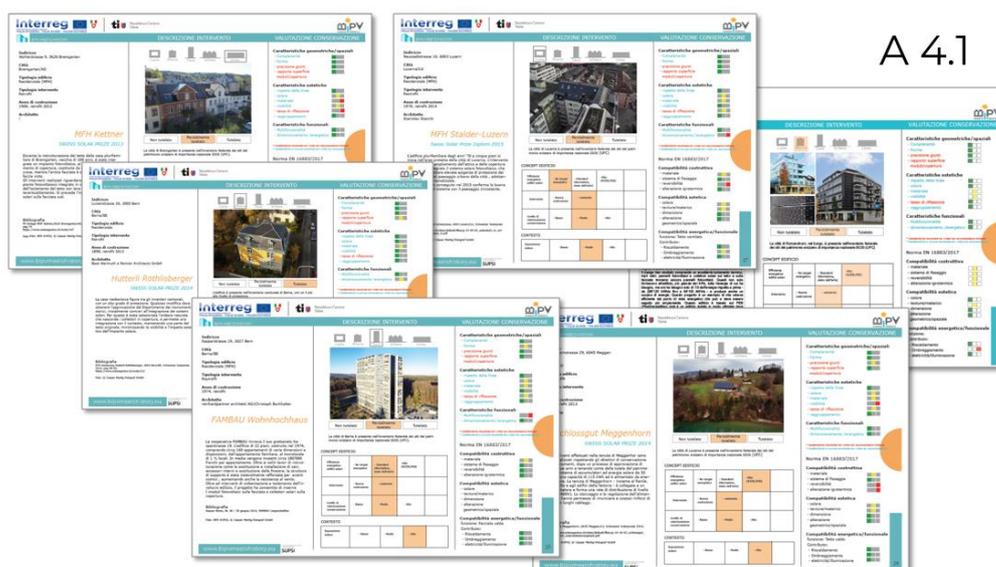
www.bipvmeetshistory.eu

SUPSI

20

Figura 24 – Scheda relativa la soluzione tecnologica BIPV, WP4, Attività 4.2 (Scheda Tecnologia).

Molteplici esempi sono stati studiati che riguardano diverse tipologie architettoniche ed edifici, edifici a corte, edifici multifamiliari a schiera, edifici singoli, edifici a torre e blocco, edifici integrati in contesti urbani o rurali e di valore paesaggistico, ognuno con singolarità e caratteristiche intrinseche che mostrano diversi approcci all'integrazione di sistemi solari e di retrofit energetico nel contesto degli edifici esistenti e di pregio storico. Alcuni esempi si riportano in Figura 25 e Figura 26.



A 4.1

Figura 25 – Esempi di schede relative i casi di studio esemplare in Svizzera, relative l'attività 4.1.



A 4.2

Figura 26 – Esempi di schede delle soluzioni tecnologiche BIPV nei casi di studio in Svizzera, relative l'attività 4.2.

Questo lavoro risulta dettagliato nel documento segnalato nel capitolo 2:

- [Documento di raccolta casi studio in Svizzera.](#)

## 6 CORSI DI FORMAZIONE (WP2, 2.4)

Il materiale prodotto è stato utilizzato anche per sviluppare del materiale didattico da utilizzare in corsi di formazione di base e continua, realizzati in SUPSI (WP2, 2.4).

Nei corsi 2018-2019 ed in particolare nel corso 2019-2020, l'integrazione dei sistemi solari BIPV, nell'edilizia storica è stato un tema integrato nel corso "PROGETTARE L'ARCHITETTURA SOLARE" -corso opzionale R677.01, 2ECTS, 40 ore/lezioni- del terzo anno, Semestre VI nel Bachelor di Architettura (DACD-SUPSI), dove hanno partecipato un totale di 24 studenti, nei due anni 2018-2019 e 2019-2020.

L'obiettivo della formazione è stato affrontare la tematica dell'integrazione dei sistemi BIPV nell'edilizia, considerando aspetti tecnologici e d'integrazione architettonica, nonché le condizioni del sito, la legislazione, il dimensionamento e calcolo del sistema FV (BIPV), per poter valutare la fattibilità dell'utilizzo in un contesto reale.

Nel corso Corso R677 (Edizione 2018-2019) è stato scelto un caso di studio reale per l'esercitazione con gli studenti, corrispondente un edificio storico tutelato, la *Scuola Elementare di Stabio*, dell'architetto Tita Carloni, esempio significativo del movimento moderno in Ticino che è parte dell'Inventario dei beni culturali del Canton Ticino ([La tutela del Moderno nel Cantone Ticino, 2012](#)), Figura 27. Nel Corso (Edizione 2019-2020) realizzato online dovuto alle condizioni imposte dalla Pandemia Covid-19, gli studenti hanno utilizzato le Schede relative i casi di studio e delle soluzioni tecnologiche BIPV come materiale didattico durante le lezioni, Figura 28.

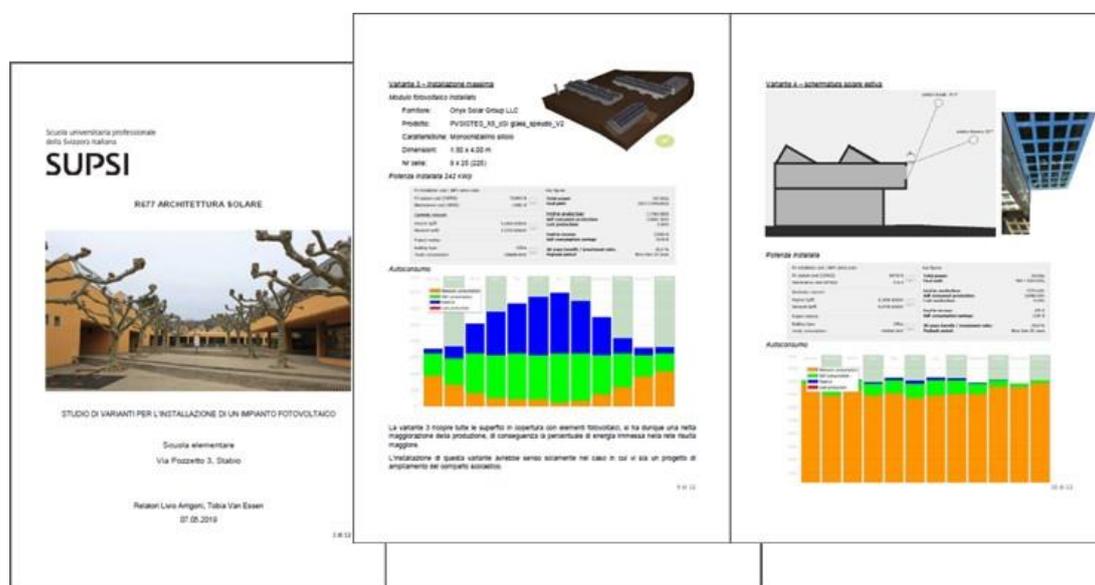


Figura 27 – Esempi di elaborato realizzato durante il corso R677 “Progettare l’architettura Solare”, Bachelor in Architettura (SUPSI), nell’edizione 2018-2019.

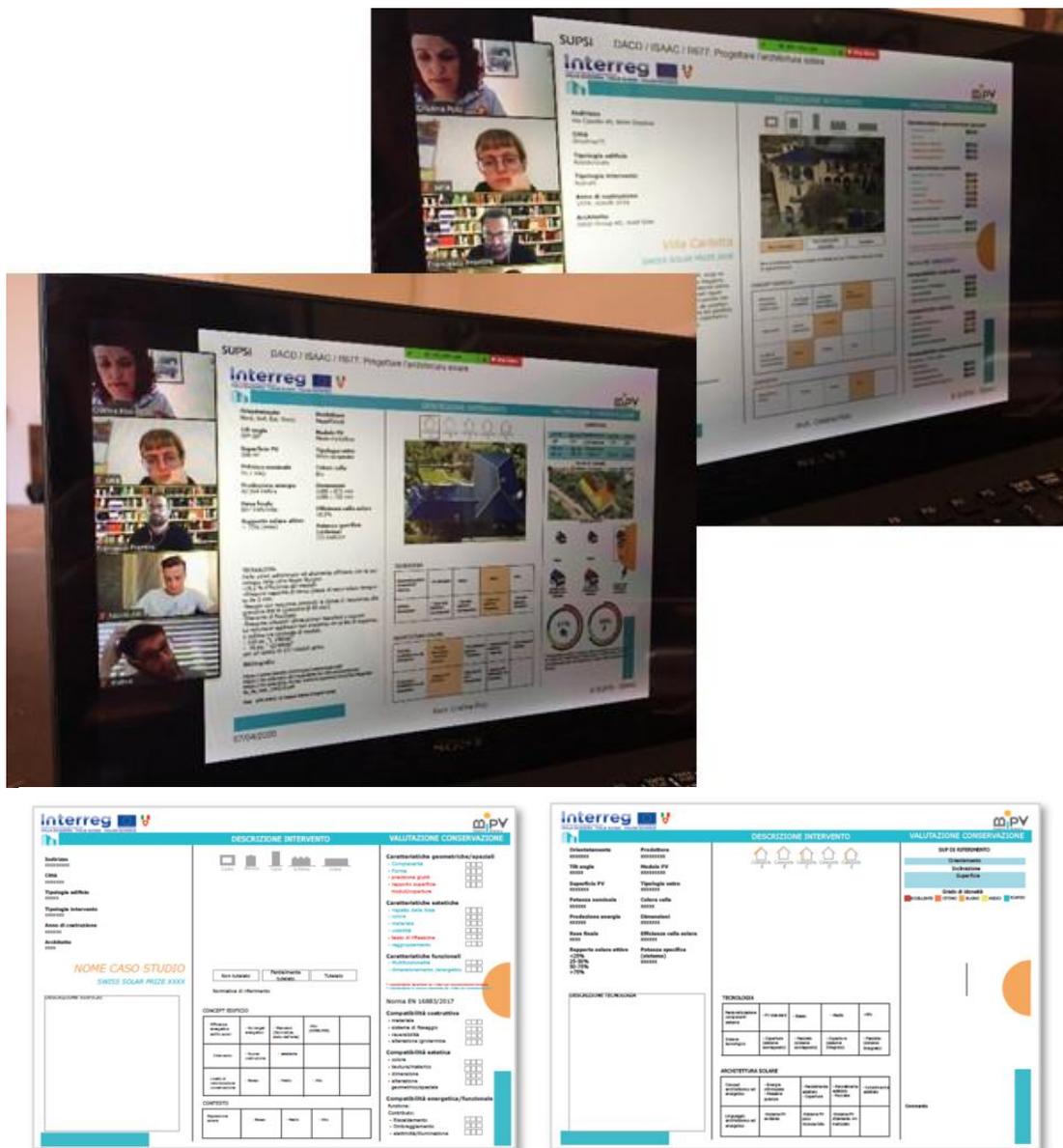


Figura 28 – Utilizzo del materiale didattico sviluppato nel corso R677 “Progettare l’architettura Solare”, del Bachelor in Architettura (SUPSI), edizione 2019-2020.

Inoltre, questo materiale servirà a disseminare e divulgare il progetto e i risultati raggiunti ad un pubblico più esteso, attraverso le piattaforme digitali vincolate al progetto, mirate per diversi target di utenza (architetti, ingegneri, aziende del settore della costruzione e dell’industria manifatturiera vincolata al solare, proprietari di immobili e pubblico in generale).

## 7 PIATTAFORMA DIGITALE SVIZZERA

La [Piattaforma digitale svizzera](https://www.solarchitecture.ch) gestita dal partner di progetto SUPSI ([www.solarchitecture.ch](https://www.solarchitecture.ch)), ha lo scopo di promuovere la costruzione di edifici solari trasferendo l'attenzione dalla tecnologia all'architettura.

L'obiettivo principale di questo sito web (Fig., con il supporto di partner industriali del settore BIPV, è quello di promuovere la costruzione di edifici solari trasferendo l'attenzione dalla tecnologia all'architettura, Progetti concreti e storie di realizzazioni esemplari dimostrano oggi la fattibilità e la qualità degli edifici solari in termini di estetica, tecnologia costruttiva e sostenibilità.

Questo sito web, in quanto piattaforma svizzera multidisciplinare e inclusiva sull'energia solare, è gestito e sviluppato grazie alla collaborazione fra quattro partner principali: SUPSI; Il Politecnico federale di Zurigo (ETHZ); Swissolar che è l'associazione professionale svizzera per l'energia solare. Rappresenta l'industria solare svizzera, i progettisti, gli installatori, i produttori e gli altri attori dell'industria solare; SvizzeraEnergia istituito dal Consiglio federale svizzero per promuovere l'efficienza energetica e le energie rinnovabili. Il programma sensibilizza l'opinione pubblica svizzera sulle questioni energetiche. Inoltre, la piattaforma ha un Sounding Board come organizzazione di riferimento il cui scopo è quello di supportare nel processo decisionale riguardante la qualità dei contenuti.

La piattaforma digitale svizzera (Figura 29), disponibile nelle tre lingue ufficiali (italiano, francese, tedesco) e inglese, integrerà alcuni dei casi di studio analizzati grazie al progetto BIPV meets History considerando l'integrazione del solare e del BIPV in edifici esistenti (risanamenti) e di pregio ed in edifici storici e in aree protette e sensibili (Figura 30).



Figura 29 – La piattaforma digitale svizzera è resa disponibile nel sito del progetto BIPV meets History per tutti gli stakeholder nella sezione BIPV per te (<https://www.bipvmeetshistory.eu/bipv-per-te/>)

## BIPV Swiss Competence Center



**Solaris 416**  
New residential building  
2017  
Zurich - ZH  
Huggenbergerfries  
Architekten AG

**Building in Hofwiesenstrasse**  
Residential building renovation  
2016  
Zurich - ZH  
Viridén + Partner AG

**Solar Silo**  
Renovation historical industrial area  
2014  
Basel - BS  
Baubüro in situ AG

Figura 30 – Esempi di progetti architettonici riportati nella piattaforma (e.g. Solaris 416, esempio di nuova costruzione; Edificio residenziale a Zurigo, esempio di risanamento e ampliamento di una palazzina residenziale; Solar Silo, edificio in un'area storica progettata).

Sono stati già pubblicati sul sito diversi casi di studio svizzeri (Figura 31):

- [Solar Silo](#)
- [Rural house Galley](#)
- [St. Francis Church](#)
- [Die Mobilier Renovation \(retrofit\)](#)
- [Castello di doragno](#)

**Risanamento Chiesa San Francesco**

**Indirizzo**  
Saulhofstrasse 13, 8003 Ebmatingen, ZH, Svizzera

**Posizione**  
47°21'37" N | 8°58'08" E

**Altitudine**  
626 MSLM

**Architetto Daniel Studer**

\*FV e FVT appaiono identici e possono essere applicati insieme senza compromettere l'unità architettonica\*.

### FV e FVT combinati

La Chiesa di San Francesco è stata trasformata in un edificio "Plus Energy" con un'efficienza energetica del 221% e zero emissioni di CO<sub>2</sub>. Eretta nel 1989 e ampliata nel 2008, la ristrutturazione parziale che comprendeva tetto, facciate e un nuovo sistema di riscaldamento con pompe di calore è stata limitata all'edificio originale. Malgrado ciò si è raggiunta un'armonia architettonica: gli elementi prefabbricati per tetti in FVT orientati a sud-ovest incorporano assorbitori e tubi idraulici, oltre a un isolamento aggiuntivo che migliora la struttura della copertura esistente. Mentre un tetto fotovoltaico orientato a nord-est è stato realizzato con gli stessi moduli fotovoltaici e gli stessi dettagli architettonici del tetto in FVT, il COP del nuovo sistema di riscaldamento è 6.8.

Pianta del piano terreno.

Vista da sud-est del sistema di copertura FVT.

### Energia

Consumo energetico totale	0 kWh	Produzione energetica	123961 kWh
Consumo energetico netto	0 kWh	Autosufficienza	0%
Fonte di riscaldamento	Heat pump		

## Involucro dell'edificio

Tetto    Facciata    Superficie vetrata

### Applicazione

Tegole solari integrate nel tetto a falde

### Descrizione

Tetto a falde in legno isolato con 24 cm di lana minerale

### Coefficiente U

0.16 W/m<sup>2</sup>K

### Sistema di fissaggio

Eternit Integral II, sistema di fissaggio puntuale (binari in legno)

### Altro

FVT e FV utilizzando moduli identici



Montaggio degli elementi solari BS2 FVT sul tetto esistente



Sistema di copertura PV (binari) e sistema FVT (binari) durante il montaggio

## Costi

Costo totale dell'edificio

Risanamento: 1'200'000 CHF

Costo al m<sup>2</sup>

n/a



Il fronte originale del tetto ha dovuto essere riprogettato a causa dell'aumento dello spessore dell'isolamento del tetto.

## Parti coinvolte

### Proprietario

Parrocchia cattolica romana di Egg

### Architetto

Daniel Studer, dipl. Arch. ETH SIA, Hüttenmattweg 19, 5213 Völnachern, www.studerarchitekt.ch

### Partner di ricerca

BS2 AG, Brandstr. 33, 8952 Schlieren - W+P Engineering AG, Zwoerstr. 129, 8003 Zurigo

### Installatore fotovoltaico

Winsun AG, Bieschi Mattenstrasse 2, 3940 Steg VS

### Fotografie

Daniel Studer - Bildschirmfoto

## Premi e riconoscimenti



Premio svizzero solare 2019 - Edifici Plus Energy

Premio europeo solare 2019 - Proprietari e gestori di impianti a energia rinnovabile

### Publicazioni

Emueuerbare-Energien-2019-1 S. 14ff.

Solaris #03 2019 S. 31

Zürich Oberländer/Anzeiger von Uster 22.3.2019 S. 9

Figura 31 – Esempio di alcune informazioni riportate nei caso studio raccolti (Risanamento Chiesa di San Francesco, Ebmatingen ZH Svizzera, ristrutturazione e rinnovamento energetico di un edificio storico, evocazione degli edifici del movimento moderno in Svizzera)

Un approfondimento specifico di alcuni casi di studio (Figura 32) è stato fatto per includere dei dettagli tecnici sulle soluzioni BIPV utilizzate (soluzioni di copertura e di facciata) quale strumento utile ai professionisti per ampliare la conoscenza costruttiva delle soluzioni tecniche proposte nei casi di studio “best practice”. Questi approfondimenti sono stati effettuati per i seguenti esempi:

- [St. Francis Church Refurbishment](#) (a)
- [Solar Silo](#) (b)
- [Die Mobilier Renovation](#)

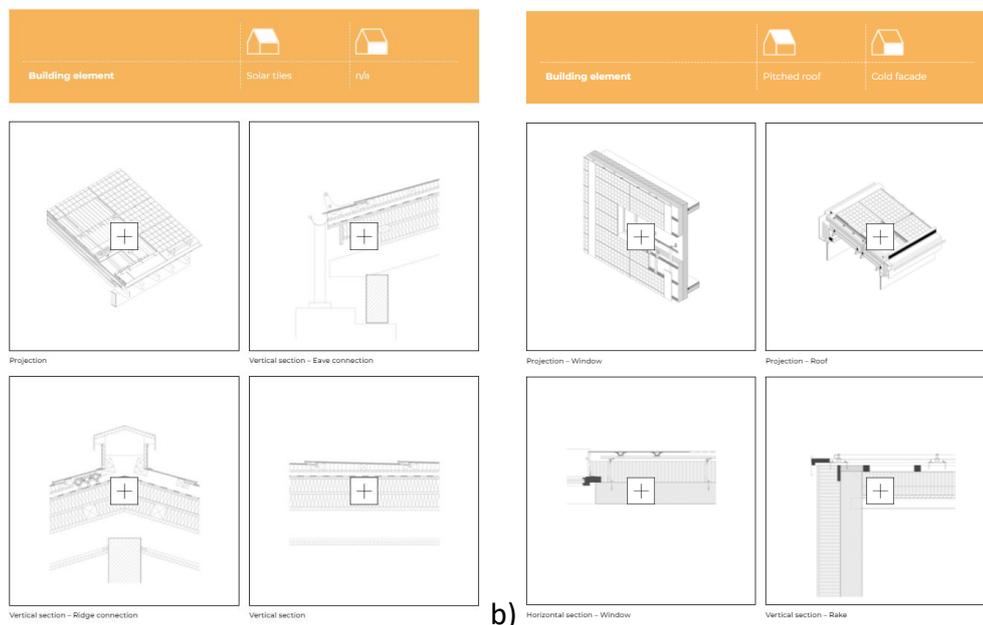


Figura 32 – Approfondimenti per sistemi costruttivi e tecnologici BIPV (WP4 4.2) sia per sistemi di copertura che sistemi di facciata fotovoltaica. Esempio relativo ai casi di studio (best-practice) in edifici storici ed esistenti.

In ogni caso di studio tutte le informazioni e i dettagli relativi le soluzioni tecnologiche BIPV e costruttive (es. Figura 33) utilizzate nel progetto sono scaricabili in formato PDF.

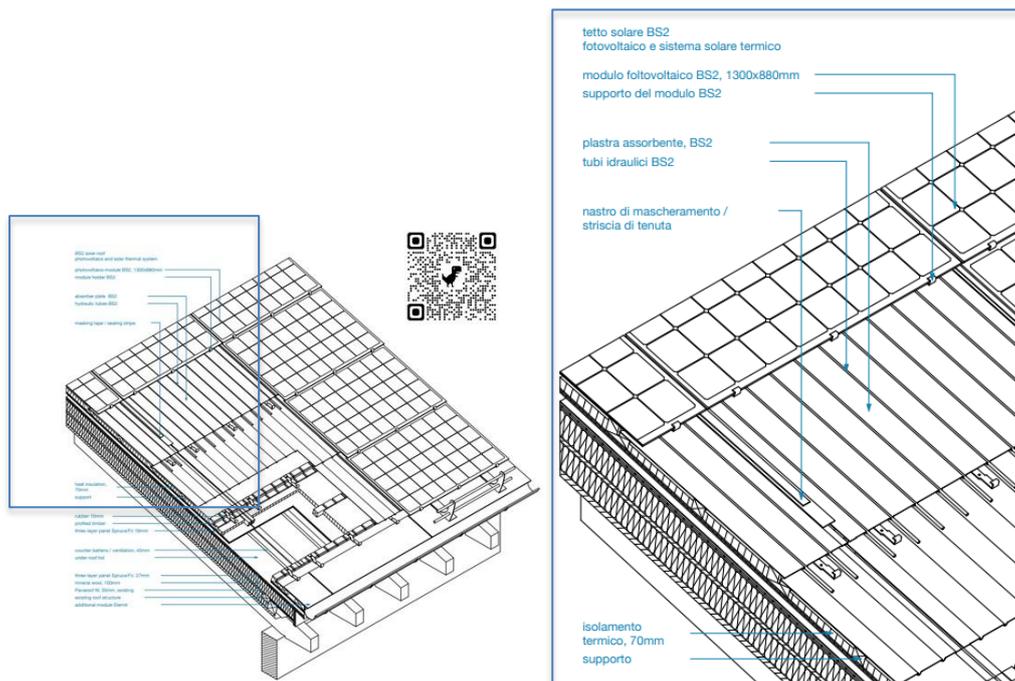


Figura 33 – Esempio di dettagli costruttivi sulle soluzioni tecniche BIPV (WP 4, 4.2). La documentazione offre uno strumento di dettaglio utile ai professionisti del settore edile e della filiera del BIPV (installatori, produttori di moduli, ecc.)

Le informazioni documentate raccolgono sia gli aspetti estetici e di design, gli aspetti progettuali, tecnici, costruttivi e d’installazione, sia gli aspetti legati alla produzione energetica e dei costi d’investimento.

Inoltre, la piattaforma digitale svizzera raccoglie una specifica sezione dedicata ai prodotti e tecnologie BIPV in commercio ed in continuo sviluppo (WP4 4.2) raccoglie i prodotti modello di soluzioni tecniche per sistema d’involucro BIPV, oltre a dettagli, notizie, approfondimenti tecnici legate all’innovazione tecnologica ed eventi relativi il settore fotovoltaico.

- [Modelli di soluzioni tecnologiche per sistema d’involucro attivo](#) (Figura 34)

**SEZIONE**

Prodotti

**TIPI DI SISTEMA**

Tutto

**TIPO DI APPLICAZIONE**

Tutto

**TETTO**

Tutto

**FACCIATA**

Tutto

**ALTRO**

Tutto

**CATEGORIA DI EDIFICIO**

Tutto

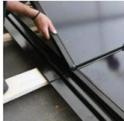
**AZIENDE**

Tutto



**ELEMENTI SEEN**

Gli elementi di design SEEN sono disposti direttamente sul foglio di laminazione utilizzato per l'assemblaggio dei moduli fotovoltaici. Gli elementi sono liberamente selezionabili in materialità, forma, dimensione e posizionamento sul foglio di laminazione.



**SOLRIF® XL**

Il sistema Solrif trasforma i laminati fotovoltaici privi di telaio in un sistema di produzione di energia. Applicato su una semplice struttura di listelli di legno...



**ETERNIT INTEGRAL II**

Integral II è una soluzione ad alte prestazioni per la copertura di tetti solari. Con la sua forma piatta e senza telaio, questo modulo PV può essere...



**DOMA FLEX KROMATIX**

La flessibilità è la carta vincente dei collettori di grandi superfici DOMA FLEX. Disponibili in qualsiasi forma e dimensione, possono essere...



**ISSOL-VACALLO-A**

La vetrata fotovoltaica è stata progettata per svolgere una funzione architettonica essenziale e per sostituire i materiali da costruzione convenzionali non attivi.



**ERTEX SOLAR VSG MODULO IN VETRO STRATIFICATO DI SICUREZZA**

L'utilizzo di moduli fotovoltaici composti da vetri stratificati...

Figura 34 – Esempio di soluzioni tecniche per sistema d’involucro BIPV nella piattaforma digitale svizzera.

56

Altri casi di studio sono stati integrati in una linea temporale [Timeline BIPV in architettura – 40 anni di evoluzione](#), che raccoglie assieme ai casi svizzeri, esempi in Italia e nel mondo, rappresentativi dell'evoluzione negli ultimi 40 anni del BIPV a partire dai primi esempi dove la tecnologia solare è entrata a far parte dell'organismo edilizio, fino alla progressiva sperimentazione dei suoi rapporti con il linguaggio architettonico (Figura 35). La mostra ha riscontrato un grande interesse mediatico a livello locale.

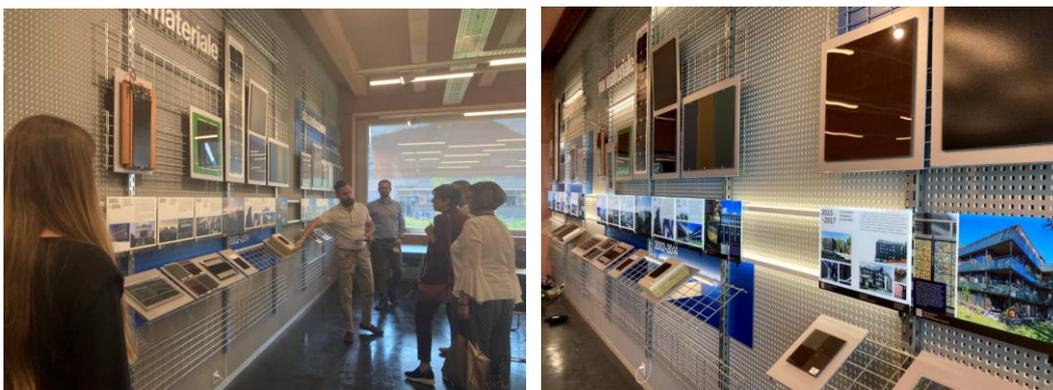
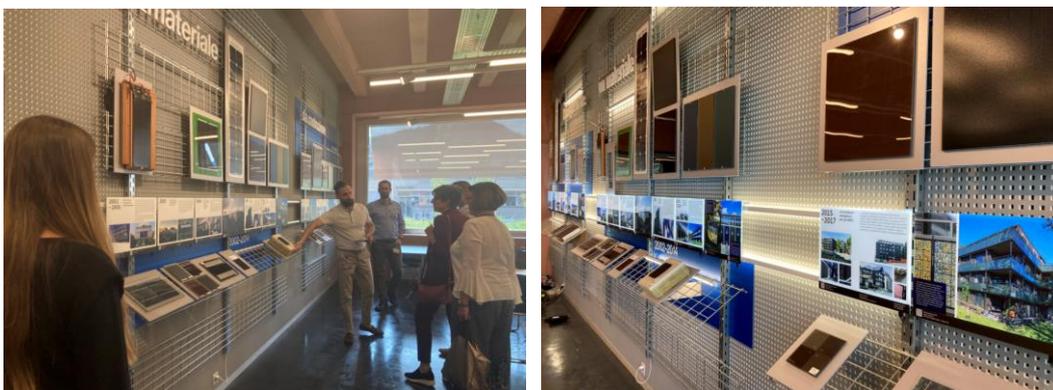


Figura 36 – Mostra “L’energia solare: un materiale da costruzione”.

Figura 35 – Timeline temporale con diversi casi di studio in Svizzera, Italia e nel mondo.

Ulteriormente, sulla base di questi esempi e grazie alla collaborazione con aziende produttrici della filiera del fotovoltaico, che hanno donato dei campioni di moduli fotovoltaici BIPV e tecnologie rappresentativi dei diversi periodi temporali, è stato possibile organizzare la mostra “[L’energia solare: un materiale da costruzione](#)” (Figura 36), organizzata dal Centro Svizzero di Competenza per il BIPV. Tema dell’esposizione è stato l’evoluzione negli ultimi 40 anni del BIPV, dove si ripercorrono le principali tappe di questa sintesi tra tecnica e architettura all’interno del settore noto come “*Building Integrated Photovoltaic*” BIPV, nel quale una costante ricerca di “progetto integrato” ha fatto da filo conduttore dalle prime esperienze fino alle recenti realizzazioni. La mostra è stata promossa dal Dipartimento ambiente costruzioni e design della Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), con la partecipazione di Istituto design e Istituto sostenibilità applicata all’ambiente costruito. La mostra ha riscontrato un grande interesse mediatico a livello locale.



*Figura 36 – Mostra “L’energia solare: un materiale da costruzione”.*

Anche nella [Piattaforma digitale italiana](#) sono stati pubblicati sulla diversi casi di studio svizzeri:

- [Casa Rurale Galley](#)
- [Edificio rurale a Seegräben](#)
- [Solar Silo](#)
- [Castello Doragno](#)

Ambedue piattaforme digitali sono in continua evoluzione e le informazioni verranno aggiornate successivamente oltre l’orizzonte temporale del progetto, anche con le documentazioni raccolte all’interno del progetto.

## 8 CONCLUSIONI

Questo documento presenta la metodologia utilizzata per la raccolta di buone pratiche progettuali, dei casi di studio esemplare di edifici con integrazione BIPV nel retrofit energetico, che considerano l’utilizzo di sistemi solari integrati, ovvero BIPV, in edifici esistenti ed storici e in contesti di particolare interesse e di pregio architettonico e paesaggistico, e l’analisi dei suddetti esempi in base alla compatibilità dell’intervento nel rispetto della conservazione e dei valori storici (WP4, Attività 4.1). Quest’informazione si integra in delle schede di sintesi che integrano tutti gli aspetti fondamentali per la valutazione degli interventi, sulla base della normativa e legislazione vigente nei territori di riferimento del progetto (Svizzera, Ticino e Italia, Lombardia ed Alto Adige) e delle disposizioni e raccomandazioni oggi in vigore. Inoltre, sono stati introdotti nuovi criteri di valutazione sulla base delle attuali ricerche condotte in ambito europeo ed internazionale e dell’applicabilità degli standard europei in vigore relativi le Linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici e per la conservazione dei beni culturali (Norma EN 16883:2017).

Inoltre, si documenta la metodologia di analisi e di raccolta dati di alcune delle soluzioni tecnologiche BIPV e di buone pratiche dal punto di vista tecnico, sulla base dell’utilizzo reale nei progetti di risanamento di edifici esistenti e storici di alcune soluzioni tecnologiche solari attive con dei prodotti BIPV della filiera produttiva dei sistemi solari fotovoltaici integrati ovvero BIPV (WP4, Attività 4.2).

L’informazione raccolta è sintetizzata in delle schede di sintesi, strutturate in tre parti fondamentali: 1) dati principali dell’edificio, dell’intervento e del sistema BIPV utilizzato; 2) descrizione degli aspetti fondamentali che caratterizzano l’intervento; 3) valutazione, a seconda dei criteri di compatibilità dell’intervento col carattere storico dell’edificio (scheda edificio) e nel caso della tecnologia, la valutazione dell’intervento in termini energetici, utilizzando come strumento di valutazione gli strumenti di mappatura solare per confrontare con i dati reali (scheda tecnologia). Le schede sintetizzano e sfruttano i risultati ottenuti in precedente attività: WP3 3.1 (Legislazione) e WP3 3.2 (Strumenti di mappatura solare e potenziale solare), e

considerano tutti i fattori che possono incidere nella produzione energetica, considerando i sistemi BIPV più adatti, ma vincolati dagli sviluppi tecnologici del periodo in cui sono stati utilizzati.

La metodologia utilizzata permette un confronto a molteplici livelli; tenendo conto allo stesso tempo del carattere storico e dei vincoli di protezione dell'edificio; delle caratteristiche morfologico-costruttive dell'edificio e del potenziale sfruttamento delle superfici; dei criteri per l'inserimento del sistema solare (valutazione della compatibilità tecnica, funzionale ed estetica) e della tecnologia solare fotovoltaica e BIPV utilizzata in rapporto all'efficienza energetica dell'impianto solare e del suo contributo nell'efficienza energetica complessiva dell'edificio stesso. Questi elementi sono la base dei Criteri guida e metodi d'intervento per l'integrazione del fotovoltaico (WP4, Attività 4.3), che sono stati definiti considerando le caratteristiche in ambedue territori e considerando e in relazione agli ambiti paesaggistici e alle tipologie architettoniche di riferimento (multipli sono state i casi documentati) e per tanto con possibilità di replicabilità e armonizzazione nelle diverse aree transfrontaliere.

È stata di conseguenza elaborata una documentazione specifica relativa a casi di studio esemplari nell'area di cooperazione dei partner e pratiche di successo affinché altre MPMI possano seguirne l'esempio con soluzioni progettuali (edifici con buona integrazione BIPV) modello, considerando aspetti estetici e di design, gli aspetti tecnici e costruttivi e d'installazione, normativi, di conservazione dell'edificio e di rispetto per le caratteristiche specifiche vincolanti nel caso degli edifici storici e di contesti paesaggistici degni di essere preservati. Questa documentazione permette di favorire la competitività delle imprese del settore, per superare le sfide e barriere e per rafforzare le relazioni tra PMI nel settore favorendo la crescita della competitività e le possibili integrazioni nei sistemi economici locali.

Queste soluzioni permettono di stimolare un cambiamento verso la produzione, l'installazione e l'utilizzo di innovative soluzioni solari e sono utili ai diversi livelli e gruppi di target, quali investitori, promotori e proprietari d'immobili, progettisti, sviluppatori del sistema e prodotto BIPV, installatori, consulenti energetici, ecc. nonché per le pubbliche amministrazioni e gli uffici tecnici previsti all'autorizzazioni degli impianti solari e alla sorveglianza del impatto paesaggistico ed estetico in particolari situazioni specifiche, come è il caso degli edifici storici e nelle aree naturali e culturali protette.

Il materiale tecnico sviluppato, su buoni esempi (Task 4.1) e dei modelli di soluzioni tecnologiche per sistema d'involucro attivo (Task 4.2), serve come modello di replicabilità in quanto adatto alle tipologie edilizie transfrontaliere identificate come potenziale mercato nel Task 3.2. L'analisi ha permesso di identificare dei prodotti nella filiera del tessuto industriale transfrontaliero corrispondente alle possibili richieste del potenziale mercato ed è utile per le aziende e MPMI del territorio, per contribuire allo sviluppo futuro di nuovi prodotti, migliorando le competitività delle aziende del settore, utili a successive fasi del progetto (WP5).

Per ultimo, il metodo di valutazione delle soluzioni documentate, sia da un punto di vista del progetto e dell'intervento nell'edificio, sia dal punto di vista della soluzione

tecnica BIPV e tecnologica utilizzata, ha definito dei criteri di attuazione e di valutazione, che sono utili per aggiornare le linee guida d'intervento (WP4, Task 4.3), considerando gli aspetti singolari e specifici dell'area territoriale e la loro potenziale replicabilità in altri contesti delle aree territoriali limitrofi. I risultati e la metodologia adottata sono stati utili per la discussione nell'ambito dei tavoli di discussione (WP3, Task 3.4) e per sviluppare del materiale didattico utilizzato nell'ambito della formazione di base e continua in SUPSI (WP2, Task 4.2).

## 9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] "SOLAR AGENTUR SCHWEIZ", "AGENCE SOLAIRE SUISSE", "SOLAR AGENCY SWITZERLAND" (SAS / ASS), <https://www.solaragentur.ch/fr>
- [2] Premio solare Europeo, <https://www.eurosolar.de/en/>
- [3] Interreg Alpine Space ATLAS Advanced Tools for Low-carbon, high-value development of historic architecture in the Alpine Space. Durata progetto: 17/04/2018 - 16/04/2021, <https://www.alpine-space.eu/projects/atlas/en/home>
- [4] HiBER ATLAS, <https://www.hiberatlas.com/it/su-atlas-917.html>
- [5] IEA-SHC Task 59, "Deep renovation of historic buildings towards lowest possible energy demand and CO2 emission (nZEB)", <http://task59.iea-shc.org>
- [6] SUPSI, <http://www.bipv.ch/index.php/it/about-it>
- [7] SUPSI, <https://solarchitecture.ch/>
- [8] Direttiva 2018/844/UE, Nuova direttiva efficienza energetica nell'edilizia, 19 giugno 2018.
- [9] Strategia energetica 2050, Confederazione Svizzera; Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC. <https://www.uvek.admin.ch/uvek/it/home/energia/strategia-energetica-2050.html>
- [10] 3ENCULT- Efficient Energy for EU Cultural Heritage, <http://www.3encult.eu>
- [11] EFFESUS: Energy Efficiency for EU Historic Districts' Sustainability. Seventh Framework Programme, <http://www.effesus.eu/>
- [12] RIBUILD: Robust Internal Thermal Insulation of Historic Buildings, <http://ribuild.eu/>
- [13] SECHURBA: Sustainable energy communities in historic urban areas, <http://www.itabc.cnr.it/progetti/sustainable-energy-communities-in-historic-urban-a>
- [14] BIPV meets history. Value-chain creation for the building integrated photovoltaics in the energy retrofit of transnational historic buildings" <https://front-interreg.devel.demotestwip.it/it/progetti>
- [15] Mattoni di Co2ol: Cambiamento climatico, patrimonio culturale e monumenti efficienti dal punto di vista energetico, <http://www.co2olbricks.eu/index.php?id=43>

- [16] Nina Mekacher, Elenco dei monumenti complessi e siti archeologici d'importanza nazionale, Ufficio federale della cultura (2012);
- [17] Nina Mekacher, Elenco dei monumenti complessi e siti archeologici d'importanza regionale ai sensi dell'art. 13 LPN, Ufficio federale della cultura (2012);
- [18] Inventario PBC – Ufficio dei beni culturali <https://www.babs.admin.ch/>
- [19] RU 1979 1573. 700 Legge federale sulla pianificazione del territorio del 22 giugno 1979 (Stato 1° gennaio 2019) - Federal Law on Land Use Planning (LPT), 22 June 1979, <https://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/19790171/index.html>
- [20] RS 700.1 OPT 32°a, Ordinanza sulla pianificazione del territorio, 28 giugno 2000, <https://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/20000959/index.html>
- [21] Linee Guida cantonali. Interventi nei nuclei storici Criteri di valutazione paesaggistica nell'ambito della procedura edilizia. Febbraio 2016 [https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/direttive/DT\\_DSTM\\_SST/Interventi\\_n\\_ei\\_nuclei\\_storici\\_022016.pdf](https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/direttive/DT_DSTM_SST/Interventi_n_ei_nuclei_storici_022016.pdf)
- [22] Il Codice dei beni culturali e del paesaggio, decreto legislativo 22 gennaio 2004, n.42, [https://www.beniculturali.it/mibac/multimedia/MiBAC/documents/1226395624032\\_Codice2004.pdf](https://www.beniculturali.it/mibac/multimedia/MiBAC/documents/1226395624032_Codice2004.pdf)
- [23] Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale, MiBACT. [https://soprintendenza.pdve.beniculturali.it/wpcontent/uploads/2018/04/Linee\\_indirizzo\\_miglioramento\\_efficienza\\_energetica\\_nel\\_patrimonio\\_culturale.pdf](https://soprintendenza.pdve.beniculturali.it/wpcontent/uploads/2018/04/Linee_indirizzo_miglioramento_efficienza_energetica_nel_patrimonio_culturale.pdf)
- [24] Decreto legislativo del 3 marzo 2011, n° 28, attuazione direttiva 2002/28/CE, sulla promozione dell'energia da fonti rinnovabili.
- [25] ISOS - Federal inventory of Swiss settlements to be protected of national importance, <https://www.bak.admin.ch/bak/it/home/patrimonio-culturale/patrimonio-culturale-e-monumenti-storici/isos---inventario-federale-degli-insediamenti-svizzeri-da-proteg.html>
- Link: <https://map.geo.admin.ch/>, Inventario federale ISOSPEC
- [26] Cultura solare – Conciliare energia solare e cultura della costruzione / Solarkultur – Solarenergie gekonnt mit Baukultur verbinden / Culture solaire – Concilier énergie solaire et culture du bâti (2019). <https://www.bak.admin.ch/solarkultur>
- [27] EN 50583-1:2016 - Photovoltaics in buildings - Part 1: modules; BS EN 50583-2:2016 - Photovoltaics in buildings - Part 2: systems.
- [28] EN 16883:2017 *Conservation of cultural heritage. Guidelines for improving the energy performance of historic buildings*; (IT) UNI EN 16883:2017. Titolo: Conservazione dei beni culturali - Linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici.
- [29] 705.110 Regolamento di applicazione della legge edilizia (RLE), del 9 dicembre 1992, Consiglio di Stato della Repubblica e Canton Ticino,

<https://m3.ti.ch/CAN/RLeggi/public/index.php/raccolta-leggi/legge/num/407>

- [30] GSE, Gestore Servizi Energetici, Ministero dello Sviluppo Economico, <https://www.gse.it>
- [31] Decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 2017, n. 31. Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, 22 marzo 2017, n. 68.
- [32] Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili", recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. (11G0067), pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n.71 del 28-03-2011 - Suppl. Ordinario n. 81.
- [33] Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 45 del 24 febbraio 2004 – Suppl. Ordinario n. 28.
- [34] G. Giovannoni, Il restauro dei monumenti, Roma: Cremonese; 1931.
- [35] R. Bonelli, Restauro – restauro architettonico. In Enciclopedia Universale dell'Arte, XI. Venezia- Roma; 1963.
- [36] Carta di Atene, 1931, la conservazione dei monumenti d'arte e di storia, ottobre 1931.
- [37] Carta di Venezia, 1964, Secondo congresso internazionale degli Architetti e Tecnici dei Monumenti, maggio 1964.
- [38] C. Brandi, Teoria del restauro. Torino: Einaudi; 1977.
- [39] Applicazioni tecniche fotovoltaico, <https://www.swissolar.ch/>. Guide to solar systems. Stand März 2020, Ausgabe 2.1, Leitfaden Solaranlagen gemäss Art. 18a des Raumplanungsgesetzes mit Empfehlungen an Projekträger und Behörden, EnergieSchweiz  
[https://www.swissolar.ch/fileadmin/user\\_upload/Fachleute/Photovoltaik/Leitfaeden/200309\\_Leitfaden\\_RPG\\_Langfassung.pdf](https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Fachleute/Photovoltaik/Leitfaeden/200309_Leitfaden_RPG_Langfassung.pdf)
- [40] C.S. Polo Lopez and F. Frontini, 2013, *Solar Energy Integration – Challenge and Chance for Conservation Architects*. Energy Forum Advanced Building Skins Series. Economic Forum. Landsberger Str. 155 80687 Munich, Germany info@economic, Bressanone, Italy. ISBN 978-3-9812053-6-7
- [41] C.S. Polo López, F. Frontini, 2014, Energy efficiency and renewable solar energy integration in historical buildings heritage. Energy Procedia, Volume 48, 2014. Pages 1493–1502.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.169>
- [42] MC. Munari Probst & C. Roecker, Solar Energy promotion and Urban Context protection: LESO QSV (Quality – Site – Visibility) method, in proceedings PLEA 2015, Bologna, Italy 2015

[https://www.epfl.ch/labs/leso/research/domains/renewables\\_integration/leso-qsv/](https://www.epfl.ch/labs/leso/research/domains/renewables_integration/leso-qsv/).

- [43] MC. Munari Probst & Christian Roecker. Approaches, Methods and Tools for Solar Energy in Urban Planning (August 2018). *QSV: a method for reconciling solar energy and heritage preservation*, contribution in: Chapter 4, 4.3 (Pages: 60-63). IEA SHC Task 51/ Report B2. DOI: 10.18777/ieashc-task51-2018-0004  
[http://task51.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Task51\\_ReportB2\\_180815.pdf](http://task51.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Task51_ReportB2_180815.pdf)
- [44] EN 15603, Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings.
- [45] EN 16096, Conservation of cultural property – Condition survey and report of built cultural heritage.
- [46] EN 16247-2: Energy audits- Part 2: Buildings
- [47] EN ISO 13790, Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling
- [48] eVALO- Kalkulator. Tool pdi analisi per il calcolo energetico  
[www.evalo.ch/de](http://www.evalo.ch/de)
- [49] Catasto solare Svizzero [www.tettosolare.ch](http://www.tettosolare.ch) / [www.facciatasolare.ch](http://www.facciatasolare.ch)
- [50] Pierluigi Bonomo, Cristina S. Polo López, Erika Saretta, Paolo Corti, Francesco Frontini (2018). bFAST: a methodology for assessing the solar potential of façades in existing building stocks. Eurosun2018, 12th International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry, Rapperswill (Switzerland), 11-13 September 2018. ISES conference proceedings. p.p. 122 – 132. ISBN 978-3 -9820408-0-6.  
doi:10.18086/eurosun2018.06.08
- [51] Pierluigi Bonomo, Cristina S. Polo Lopez, Erika Saretta, Francesco Frontini. Report bFAST Studio del potenziale solare delle facciate “Facciate Attive Solari Ticino” (2018). ISAAC-SUPSI