

LINEE GUIDA PER L'INTEGRAZIONE DEL FOTOVOLTAICO IN CONTESTI DI PREGIO STORICO E PAESAGGISTICO

Indirizzi per la progettazione e l'installazione di sistemi fotovoltaici integrati nei contesti tutelati ai sensi del Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs 42/2004) in Lombardia.



Regione
Lombardia

in collaborazione con **eurac**
research

Regione Lombardia

Direzione Generale Territorio e Protezione Civile

Direttore generale Roberto Laffi

U.O. Programmazione Territoriale e Paesistica

Dirigente Maurizio Federici

Autori:

Regione Lombardia - Struttura Paesaggio

Stefania Barbieri, Luca Giuseppe Rossi, Sandra Zappella

Eurac Research

Elena Lucchi

Le presenti linee guida sono state redatte all'interno del progetto Interreg IT-CH

“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: Giugno 2019 – Dicembre 2022

Partners:

eurac
research

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI

 **Regione
Lombardia**

SYNAGE 
SPD fotovoltaico in Italia e Svizzera
Energy Partner

ticino * energia

 **Solar
Retrofit**

INDICE

■ INTRODUZIONE

- Il Progetto "*BIPV Meets History*"
- BIPV – Building Integrated Photovoltaic: definizione e differenze con BAPV – Building Applied Photovoltaic
- BIPV e patrimonio edilizio: una relazione possibile?
- Contenuti e struttura delle Linee guida
- A chi sono rivolte le Linee Guida

■ IL CONTESTO DI APPLICAZIONE

- Il paesaggio: un bene collettivo primario
- I beni architettonici secondo il Codice dei beni culturali e del paesaggio
- La disciplina paesaggistica in Lombardia
- Tutela e valorizzazione del paesaggio: l'autorizzazione paesaggistica

■ L'INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI NEL PATRIMONIO COSTRUITO

- 1. Approccio metodologico
- 2. Bilanciamento tra aspetti di integrazione estetica, tecnologica ed energetica
 - 2.1. Criteri e metodi per l'integrazione estetica
 - 2.2. Criteri e metodi per l'integrazione tecnologica
 - 2.3. Criteri e metodi per l'integrazione energetica

■ IL PROCESSO DI INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI

- Proposta di processo progettuale
- Documentazione progettuale minima

■ CRITERI AMBIENTALI MINIMI, CICLO DI VITA, COSTI E BENEFICI DEI SISTEMI BIPV

- Criteri Minimi Ambientali (CAM)
- Ciclo di vita: differenze tra una installazione di fotovoltaico tradizionale e una di tipo BIPV
- Costi e benefici dei sistemi BIPV

■ PIATTAFORME DIGITALI PER LA PROMOZIONE DEL BIPV

■ CONCLUSIONI

■ RINGRAZIAMENTI

■ RIFERIMENTI NORMATIVI IN TEMA DI PAESAGGIO, PIANIFICAZIONE, ENERGIA E AMBIENTE

- Normativa nazionale
- Normativa Regione Lombardia

■ GLOSSARIO

INTRODUZIONE

IL PROGETTO “BIPV MEETS HISTORY”

Il progetto INTERREG IT-CH “*BIPV meets history*” (2019-2022) si è posto l’obiettivo di approfondire le potenzialità dell’utilizzo dei sistemi fotovoltaici integrati (**BIPV – *Building Integrated Photovoltaic***) nei contesti assoggettati a tutela paesaggistica e culturale nei territori transfrontalieri tra Italia e Svizzera, al fine di trovare possibili soluzioni al “conflitto” tra le esigenze di tutela del patrimonio costruito da una parte e, dall’altra, le richieste di aumento progressivo dell’uso di energia prodotta dalle fonti rinnovabili provenienti dalla legislazione europea ed italiana e creare nuove prospettive di mercato per la filiera BIPV applicata nei suddetti ambiti geografici.

Il progetto è stato realizzato da EURAC Research (capofila italiano), dalla Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana - SUPSI (capofila svizzero) e da Regione Lombardia.

BIPV - BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC: DEFINIZIONE E DIFFERENZE CON BAPV – BUILDING APPLIED PHOTOVOLTAIC

Il BIPV è una tecnologia di fotovoltaico integrato nell’edificio di recente introduzione che percorre una logica differente rispetto al fotovoltaico tradizionale. I sistemi BIPV, infatti, non sono da intendersi solamente come dispositivi tecnici per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, ma sono a tutti gli effetti dei componenti dell’involucro edilizio (coperture, lucernai, tettoie e pensiline, sistemi ombreggianti, parapetti, facciate continue), che vanno a sostituire i sistemi edilizi tradizionali, con il vantaggio di rendere attive le superfici passive dell’immobile. Il BIPV è dunque una tecnologia multifunzionale.

Nella tecnologia BAPV, invece, i moduli fotovoltaici sono applicati direttamente sull’edificio mediante strutture di montaggio. I BAPV sono indipendenti dalle parti strutturali dell’involucro edilizio e assolvono unicamente alla funzione di produzione di energia. Tuttavia, con una buona progettazione integrata (architettonica e energetica), anche utilizzando questa tecnologia, è possibile ottenere un buon livello di integrazione estetica nel patrimonio edilizio.

BIPV E PATRIMONIO EDILIZIO: UNA RELAZIONE POSSIBILE?

Il BIPV risulta ad oggi la tecnologia che risulta più facilmente applicabile negli interventi di recupero del patrimonio edilizio storico e paesaggistico. Il BIPV è, infatti, un sistema tecnologico progettato e prodotto su misura, altamente customizzabile per adattarsi e mimetizzarsi nei contesti ambientali di installazione più svariati. L’utilizzo dei BIPV potrebbe quindi rappresentare la soluzione tecnica per integrare le FER (Fonti Energetiche Rinnovabili) negli edifici assoggettati a tutela.

Tra i vari campi di applicazione dei sistemi BIPV, quelli che risultano più idonei quando si interviene sui beni architettonici sono:

- coperture a falda;
- lastrici solari (applicazioni a pavimento con trattamento antiscivolo, calpestabili);
- lucernari, vetrate e serre.

L’applicazione in facciata, invece, risulta critica sugli edifici storici-tradizionali a causa delle caratteristiche materiche dei materiali utilizzati non affini alla natura del vetro dei sistemi FV, mentre rappresenta una preziosa risorsa per gli edifici di nuova costruzione e/o di stampo moderno.

CONTENUTI E STRUTTURA DELLE LINEE GUIDA

Le presenti Linee Guida definiscono i primi criteri per cercare di guidare l'integrazione dei sistemi fotovoltaici sugli edifici ricadenti in contesti tutelati ai sensi del D.Lgs 22 Gennaio 2004 n. 42 "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio" e s.m.i. (di seguito Codice) in Lombardia.

La **prima parte** individua il contesto di applicazione, fornendo una sintetica definizione di beni architettonici e una introduzione alla disciplina di tutela e valorizzazione del paesaggio, con un breve affondo sulla normativa vigente in Lombardia.

La **seconda parte** illustra i principali criteri da considerare per la valutazione dei diversi tipi di intervento, mettendo a sistema gli aspetti di integrazione estetica, tecnologica ed energetica. I criteri sono l'esito di una serie di tavoli di lavoro (Briefing Sessions), organizzati all'interno del progetto, con le Soprintendenze Archeologia, Belle Arti e Paesaggio della Lombardia (di seguito Soprintendenze), rappresentanti delle Pubbliche Amministrazioni e degli Ordini professionali lombardi, nonché di aziende produttrici del settore.

Nella **sezione finale**, viene proposto uno schema che illustra la procedura progettuale che può guidare il professionista a identificare le soluzioni progettuali più appropriate; vengono altresì presentate alcune piattaforme digitali sviluppate nell'ambito del progetto che costituiscono un importante riferimento per tutti gli operatori e dalle quali è possibile attingere informazioni sempre aggiornate sullo stato dell'arte, compresi dettagli tecnico-costruttivi. Infine, vengono forniti dei primi spunti di riflessione su argomenti inerenti il ciclo di vita e i costi/benefici che il fotovoltaico di tipo integrato può portare in tema di salvaguardia e valorizzazione del patrimonio costruito e del paesaggio più in generale.

A CHI SONO RIVOLTE LE LINEE GUIDA

Il documento è rivolto a tecnici e progettisti, alle Pubbliche Amministrazioni e alle Commissioni locali per il paesaggio quale supporto alla valutazione e all'autorizzazione dei progetti, agli operatori del settore interessati ad aprire nuovi mercati (produttori e installatori di componenti edili, aziende del settore energetico ecc.) e agli utenti finali.

AVVERTENZE

Con la consapevolezza che il paesaggio è un bene estremamente complesso e variegato, le presenti Linee guida non pretendono di fornire delle soluzioni standardizzate, da applicare indistintamente in ogni occasione. Rimane quindi imprescindibile la valutazione approfondita di ogni singolo caso, in particolar modo per i progetti che riguardano beni culturali (ai sensi dell'art. 10 del Codice), per i quali l'applicazione di linee guida standard risulta molto critica.

IL CONTESTO DI APPLICAZIONE

IL PAESAGGIO: UN BENE COLLETTIVO PRIMARIO

Il paesaggio è riconosciuto dalla Costituzione italiana (principi fondamentali, art. 9) e dallo Statuto della Regione Lombardia (disposizioni generali, art. 3) quale bene collettivo primario a cui spetta una particolare tutela volta al mantenimento e alla valorizzazione dei valori paesaggistici del territorio, pur in presenza di significative e costanti trasformazioni territoriali.

Nella **Convenzione Europea del Paesaggio** (Firenze, 20 ottobre 2000) il paesaggio è definito come una zona o territorio, quale viene percepito dagli abitanti del luogo o dai visitatori, il cui aspetto e carattere derivano dall'azione congiunta di fattori naturali e antropici. Pertanto, il territorio deve essere valutato sotto il profilo paesaggistico sia in base alla rilevazione, alla lettura ed alla interpretazione dei fattori fisici, naturali, ma anche di quelli storico-culturali ed estetico-visuali.

Condizione essenziale alla base di ogni azione di tutela paesaggistica è la **conoscenza del paesaggio** e delle sue potenzialità, ciò al fine di individuare le condizioni di compatibilità tra queste risorse e le eventuali trasformazioni proposte.

I BENI ARCHITETTONICI SECONDO IL CODICE DEI BENI CULTURALI E DEL PAESAGGIO

Nell'attuale scenario legislativo nazionale, la tutela e valorizzazione del paesaggio trova i suoi riferimenti fondamentali nel D.Lgs 42/2004 " Codice dei beni culturali e del paesaggio " (di seguito Codice).

Con il termine "*beni architettonici*" si definiscono tutti quei manufatti immobili assoggettati a tutela ai sensi del Codice e che possono essere suddivisi in due macro categorie:

| BENI CULTURALI | BENI PAESAGGISTICI |
|---|--|
| Beni culturali, artistici, storici, architettonici – Art. 10 | Aree di notevole interesse pubblico – Art. 136 «Ope legis» - Art. 142 |

Secondo l'articolo 10 "*Sono **beni culturali** le cose immobili e mobili appartenenti allo Stato, alle regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico e a persone giuridiche private senza fine di lucro, ivi compresi gli enti ecclesiastici civilmente riconosciuti, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico*".

I beni architettonici sottoposti a tutela, in quanto beni culturali ai sensi dell'art. 10 sono:

- gli immobili di proprietà pubblica che siano stati costruiti da oltre 70 anni e che presentino interesse storico-artistico, sottoposti a tutela in via provvisoria fino a quando non venga conclusa la verifica della sussistenza dell'interesse artistico o storico;
- gli immobili di proprietà privata, costruiti da oltre 50 anni, quando si sia verificato che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico particolarmente importante, o,

anche quando non siano costruiti da oltre 50 anni, se rivestono un interesse particolarmente importante per il loro riferimento con la storia politica, militare, della letteratura, dell'arte e della cultura in genere ovvero quali testimonianze dell'identità e della storia delle istituzioni pubbliche, collettive o religiose.

Secondo l'articolo 136 del Codice *“i beni di notevole interesse pubblico sono costituiti dalle cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica, le ville, i giardini e i parchi che si distinguono per la loro non comune bellezza, i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, le bellezze panoramiche considerate come quadri e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si goda lo spettacolo di quelle bellezze”*.

Le categorie di **beni assoggettati a tutela “ope legis”** secondo l'art. 142 del Codice, sono elementi fisico-geografici (territori costieri, territori contermini ai laghi, fiumi, rilievi, vulcani, ghiacciai, zone umide), utilizzi del suolo (boschi, foreste e usi civici), testimonianze storiche (università agrarie e zone archeologiche), parchi e riserve naturali.

LA DISCIPLINA PAESAGGISTICA IN LOMBARDIA

Il territorio della regione è molto variegato ed eterogeneo e possiede un patrimonio storico-culturale inestimabile, riconosciuto anche a livello globale: il 58% circa del territorio regionale è soggetto a tutela paesaggistica ai sensi del Codice mentre il 22% è ricompreso in un Parco nazionale o regionale o riserva naturale; significativa è anche la presenza di siti Rete natura 2000(SIC, ZSC, ZPS) pari al 16% del territorio.

La Lombardia è anche la prima regione italiana per numero di siti UNESCO, 11 sui 53 riconosciuti in Italia e, al contempo, è anche la più popolata con più di dieci milioni di abitanti concentrati nella fascia centrale della pianura e nella fascia pedemontana; tale conformazione genera indubbiamente forti pressioni e criticità ambientali ed infrastrutturali.

Piano Paesaggistico Regionale (PPR):

approvato nel 2010 [1], il PPR costituisce una sezione specifica del *Piano Territoriale Regionale (PTR)* ma è dotato, tuttavia, di una propria identità e unitarietà. Il PPR è lo strumento attraverso il quale Regione Lombardia persegue sull'intero territorio obiettivi di tutela, valorizzazione e promozione del paesaggio (in linea con la Convenzione europea del paesaggio), in modo integrato con gli altri strumenti di governo del territorio. Il PPR ha una duplice natura in quanto quadro di riferimento per gli strumenti di pianificazione a livello locale e strumento di disciplina paesaggistica tramite l'indicazione di misure di tutela volte alla salvaguardia e alla valorizzazione degli ambiti di maggiore rilevanza, quali laghi, fiumi, navigli, rete irrigua e di bonifica, montagna, centri e nuclei storici, geositi, siti UNESCO, percorsi e luoghi di valore panoramico e di fruizione del paesaggio. Il PPR individua gli ambiti degradati e gli strumenti per un'ottimale riqualificazione paesaggistica degli stessi; inoltre, nell'ottica di una diffusa tutela e valorizzazione del paesaggio, **riconosce all'intero territorio della Lombardia valore paesaggistico**, indicando una metodologia specifica per la difesa anche degli ambiti non assoggettati a specifica tutela paesaggistica. [2]

[1]: si fa presente che è in corso la revisione generale del piano territoriale regionale, comprensivo della componente paesaggistica (approvata con DGR n. XI / 7170 del 17/10/2022)

[2]: Normativa di PPR – Parte V – Esame paesistico dei progetti.

Legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “Legge per il governo del territorio”:

la legge, unificando diverse discipline, ha come obiettivo la definizione delle norme di governo del territorio lombardo, specificando forme e modalità di esercizio delle competenze spettanti alla Regione e agli Enti locali. La Legge unifica le diverse discipline di settore attinenti all’assetto del territorio (es. urbanistica, edilizia, tutela idrogeologica ecc.), ponendosi come “Testo Unico”. In particolare, il titolo V della *Parte II* disciplina l’esercizio delle funzioni sul tema dei beni paesaggistici da parte della Regione.

D.g.r. 22 dicembre 2011 n. IX/2727 “Criteri e procedure per l’esercizio delle funzioni amministrative in materia di beni paesaggistici in attuazione della l.r.11 marzo 2005, n. 12 ”:

il principale obiettivo della D.G.R. consiste nel fornire uno strumento a tutti gli Enti locali dettando criteri, indirizzi e procedure per agevolare l’esercizio delle rispettive competenze paesaggistiche. I principali contenuti ed indicazioni del documento sono relativi a: percorso metodologico per la valutazione paesaggistica dei progetti (cap. 1), individuazione degli oggetti ed ambiti di tutela paesaggistica (cap. 2), attribuzione delle competenze paesaggistiche agli Enti locali (cap. 3), criteri paesaggistici per alcune specifiche categorie di opere ed interventi (cap. 4), procedimento amministrativo in materia di paesaggio (cap. 5), attività di vigilanza e supporto della Regione (cap. 6). Infine, costituiscono parte integrante del provvedimento regionale le appendici al documento che riportano la modulistica e la documentazione per la presentazione dei progetti (appendice A) e le schede degli elementi costitutivi del paesaggio (appendice B).

D.g.r. 8 novembre 2002 n. 7/11045 “Linee guida per l’esame paesistico dei progetti”:

viene proposto un metodo da applicare a tutti i progetti che incidono sull’esteriore aspetto dei luoghi e, quindi, non solo ai progetti edilizi. Il principale obiettivo è quello di portare il paesaggio al centro dell’attenzione degli operatori, diffondendo un linguaggio comune tra progettisti, tecnici comunali, amministratori. Il metodo definisce le modalità di determinazione della *classe di sensibilità del sito* e del *grado di incidenza paesistica del progetto* per giungere alla definizione del livello di impatto paesistico del progetto da parte del proponente dell’intervento. Il PPR ribadisce l’obbligo di un esame paesistico per i progetti che alterano lo stato dei luoghi e l’aspetto esteriore degli edifici su tutto il territorio regionale (ad eccezione degli ambiti assoggettati a tutela ai sensi per i quali valgono le procedure indicate dal Codice e dalla L.r. 12/2005).

D.g.r. 30 dicembre 2009 n.8/10974 “Linee guida per la progettazione paesaggistica di reti tecnologiche e impianti di produzione energetica”:

contengono gli indirizzi per guidare l’integrazione dei progetti di impianti e reti tecnologiche nel paesaggio e sono articolate per tipologia di impianto. Il capitolo 1.2.3 è dedicato a “impianti solari termici e fotovoltaici”, dove vengono fornite indicazioni in merito ai criteri di localizzazione e di posizionamento.

TUTELA E VALORIZZAZIONE DEL PAESAGGIO: L'AUTORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

La tutela del paesaggio consiste in una complessa e articolata gestione di tutto il territorio regionale e, in particolare, degli ambiti vincolati ai sensi del Codice. Essa è volta alla salvaguardia degli "elementi costitutivi" del paesaggio, ossia dei componenti della struttura fisico-morfologica e naturale, del patrimonio storico-culturale e delle strutture relazionali che connettono tutti questi elementi in realtà complesse di valore estetico-culturale.

La tutela deve pertanto esprimersi nella salvaguardia tanto degli elementi di connotazione quanto delle condizioni di fruizione e leggibilità dei paesaggi, ma anche nell'attenzione alla qualità paesaggistica dei nuovi interventi, alla valutazione del loro inserimento nel contesto paesaggistico di riferimento e della loro compatibilità con i valori paesaggistici da questo espressi.

Nei territori assoggettati a specifica tutela paesaggistica in base agli articoli 136 e 142 del Codice, ogni progetto di trasformazione che modifica l'aspetto esteriore dei beni paesaggistici deve essere preventivamente autorizzato tramite il rilascio della "**autorizzazione paesaggistica**" da parte dell'amministrazione competente a cui sono state affidate le funzioni di tutela secondo le competenze stabilite dalla legge regionale 12/2005, previo parere vincolante della Soprintendenza. La valutazione dei progetti deve essere effettuata tenendo in considerazione le motivazioni e i criteri di gestione (laddove esistenti) dello specifico atto di tutela.

L'autorizzazione paesaggistica è atto amministrativo autonomo e preliminare rispetto al titolo abilitativo edilizio e deve comunque essere acquisita prima dell'inizio dei lavori, anche nel caso di interventi soggetti a comunicazione semplice (c.d. di edilizia libera).

Per l'espressione dei provvedimenti paesaggistici sono vigenti due distinte procedure:

- **procedura ordinaria**, definita dall'art. 146 del D.Lgs 42/2004 e s.m.i.,
- **procedura semplificata**, riguarda opere ed interventi di lieve entità individuati nell'Allegato B del D.P.R. 31/2017. Non sono invece soggetti ad autorizzazione paesaggistica le opere e gli interventi di cui all'Allegato A nonché quelli di cui all'art. 4 del D.P.R.

Per gli ambiti non assoggettati a specifica tutela paesaggistica ai sensi del Codice, si ribadisce l'obbligo di **esame paesistico** dei progetti che incidono sull'esteriore aspetto dei luoghi e degli edifici, ai sensi della D.g.r. n. 7/11045 del 2002.

L'INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI NEL PATRIMONIO COSTRUITO

I fattori fondamentali individuati per conseguire l'integrazione dei sistemi fotovoltaici, sia che si tratti di BIPV o BAPV, su edifici esistenti assoggettati a specifica tutela paesaggistica consistono in:

- 1 – un corretto approccio metodologico per garantire l'adeguata tutela del patrimonio costruito;
- 2 – nel bilanciamento tra aspetti di integrazione estetica, tecnologica e energetica.

1 - APPROCCIO METODOLOGICO

Innanzitutto occorre procedere a una verifica per determinare se il bene oggetto di intervento è assoggettato a tutela mediante uno specifico atto amministrativo dello Stato o della Regione ai sensi dell'art. 136 del Codice, oppure risulta tutelato automaticamente in base all'art. 142 del medesimo. Nel primo caso occorre fare riferimento ai criteri di gestione del bene tutelato contenuti nel provvedimento di tutela; qualora tale documento non fosse disponibile, è opportuno riferirsi agli specifici indirizzi e ai criteri contenuti nel Piano Paesaggistico Regionale.

Per la tutela e la gestione delle trasformazioni degli immobili ricadenti in aree assoggettate a tutela ai sensi dell'art. 142 del Codice, ci si deve riferire alle disposizioni e ai criteri emanati dalla Regione, nonché alle indicazioni e prescrizioni dettate dai PTC provinciali e dai PGT con contenuti paesaggistici.

In linea generale, il punto di partenza imprescindibile per intervenire sui beni architettonici è quello di predisporre un buon progetto che richiede:

- analisi storica del bene, delle vicende costruttive e degli interventi succedutisi su di esso;
- rilievo geometrico dello stato attuale del bene e dei materiali costitutivi;
- attenta ricognizione dei valori paesaggistici del contesto territoriale in cui è inserito il bene, censimento e classificazione degli elementi costitutivi del paesaggio;
- conoscenza delle motivazioni della tutela paesaggistica gravante sull'immobile/area nonché dei contenuti e delle indicazioni del Piano Paesaggistico Regionale ovvero dei piani a valenza paesaggistica di maggiore dettaglio (PTC Provinciali e di Parco, PGT);
- analisi degli elementi di valore paesaggistico in esso presenti, nonché le eventuali presenze di beni culturali tutelati dalla parte II del Codice;
- valutazione degli impatti sul paesaggio delle trasformazioni proposte;
- proposta di eventuali elementi di mitigazione e compensazione.

Il progetto deve anche contenere tutti gli elementi utili a consentire l'accertamento della compatibilità dell'intervento rispetto ai valori paesaggistici riconosciuti dalla tutela, nonché la congruità con i criteri di gestione del bene tutelato e la complessiva coerenza con gli obiettivi di qualità paesaggistica contenute negli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale.

Potrebbe essere opportuno avviare un dialogo preliminare con la Soprintendenza territorialmente competente e con gli uffici tecnici degli Enti locali a cui sono attribuite le competenze paesaggistiche, al fine di effettuare una corretta analisi e valutazione del bene e giungere a definire le soluzioni più appropriate per la compatibilità paesaggistica degli interventi.

2 – BILANCIAMENTO TRA ASPETTI DI INTEGRAZIONE ESTETICA, TECNOLOGICA ED ENERGETICA

2.1 – CRITERI E METODI PER L'INTEGRAZIONE ESTETICA

Con integrazione estetica si intende la capacità dell'impianto fotovoltaico (BAPV e BIPV) di rispettare la composizione architettonica, il linguaggio stilistico, compositivo e morfologico di un edificio, integrandosi armoniosamente nel costruito, in modo da risultare, per quanto possibile, meno evidente.

Quando si opera in ambiti assoggettati a tutela paesaggistica, sicuramente **l'aspetto estetico è fondamentale** al fine di garantire che l'inserimento dei sistemi fotovoltaici preservi i caratteri morfologici, materici, cromatici e i valori culturali del patrimonio architettonico: lo stesso concetto di paesaggio, infatti, è strettamente connesso con il dato visuale.

Per questo motivo, si è ritenuto opportuno approfondire i criteri e i metodi che contribuiscono all'integrazione estetica, sebbene questi non debbano essere ritenuti validi ed univoci per ogni intervento.

Il processo di integrazione estetica, infatti, va visto come una procedura specifica per ogni intervento in cui occorre valutare i diversi criteri caso per caso, cercando di rispettarli per quanto tecnicamente possibile.

Per ottenere l'integrazione estetica di un modulo occorre tenere conto di diversi fattori:

1. **Compatibilità visiva:**

- colore;
- riflessione;
- texture;
- pattern;
- trasparenza.

2. **Compatibilità spaziale:**

- complanarità;
- geometria e distribuzione.

COMPATIBILITÀ VISIVA

INTEGRAZIONE ESTETICA

COLORE

Il colore dei diversi moduli ha un elevato impatto visivo sull'edificio e sul contesto costruito o naturalistico di riferimento. La maggior parte dei moduli fotovoltaici standard sono prodotti nella gamma dei colori scuri (nero e blu), ma la produzione di pannelli fotovoltaici colorati, anche nelle tonalità chiare, permette oggi giorno nuove e infinite possibilità di integrazione cromatica di questi impianti.

RIFLESSIONE

Ad esempio, è possibile nascondere le celle fotovoltaiche sotto un *layer* colorato più o meno opaco, rendendole invisibili e, ottenendo un elevato livello di integrazione estetica.

TEXTURE

Occorre tuttavia tenere presente che l'efficienza energetica dei pannelli è strettamente dipendente dalla colorazione e diminuisce tanto più ci si discosta dai colori scuri.

PATTERN

CRITERI DI INTEGRAZIONE CROMATICA:

- scegliere gamme cromatiche compatibili rispetto ai colori dei materiali tradizionali e dell'edificio originario su cui si interviene;
- scegliere gamme cromatiche integrate rispetto all'ambiente urbano o naturale più ampio di riferimento;
- utilizzare i medesimi colori per pannelli e telai;
- prediligere pannelli privi di telai.

TRASPARENZA

In linea generale, per quanto riguarda le coperture tradizionali, tipiche del contesto italiano e lombardo, i colori più diffusi sono quelli nelle gamme dei rossi – terracotta dei manti in tegole e coppi, dei grigio-verdi per i rivestimenti in pietra. La produzione di pannelli fotovoltaici è sempre più in grado di offrire una vasta scelta cromatica, anche con soluzioni customizzate per ottenere prodotti i più simili ai manti di copertura esistenti.

COMPLANARITA'

Tuttavia, rimane ancora di difficile soluzione l'installazione di sistemi fotovoltaici su coperture con materiali tradizionali antichi. (ad esempio i coppo). Questi, infatti, presentano formati e spessori peculiari legati all'origine artigianale degli stessi, nonché una colorazione non uniforme e omogenea determinata dall'esposizione alla luce solare, agli agenti atmosferici e all'azione del tempo.

GEOMETRIA E DISTRIBUZIONE

Allo stato attuale, i coppo fotovoltaici presentano degli aspetti critici in termini di efficienza energetica e di integrazione estetica.

I COLORI DELLA TRADIZIONE STORICA.

Terracotta: in presenza di manti di copertura in tegole.



1



2





1



2

I COLORI DELLA TRADIZIONE STORICA.

Antracite o grigio-verde: per coperture in ardesia o pietra o in sostituzione di coperture metalliche.



1



2



Foto 1: EDIFICIO RESIDENZIALE A VAREN (CH) – photo credits: SUNAGE SA – Balerna (CH)

Foto 2: CHALET PEDEVILLA – Marebbe (Bolzano) – photo credits: Sudio Pedevilla Architects (Brunico – Bz)

COMPATIBILITÀ VISIVA

INTEGRAZIONE ESTETICA

COLORE

RIFLESSIONE

TEXTURE

PATTERN

TRASPARENZA

COMPLANARITA'

GEOMETRIA E
DISTRIBUZIONE

Come accade per tutte le superfici vetrate o riflettenti degli edifici, quando la luce solare colpisce i moduli fotovoltaici può provocare **abbagliamento e riscaldamento dell'ambiente circostante**. Questi **fenomeni dovrebbero essere attentamente evitati**, soprattutto in considerazione del rischio di creare le cosiddette "isole di calore".

Questi fenomeni possono essere risolti preventivamente attraverso una buona progettazione integrata, che valuti contemporaneamente i fattori estetici con quelli tecnico-energetici.

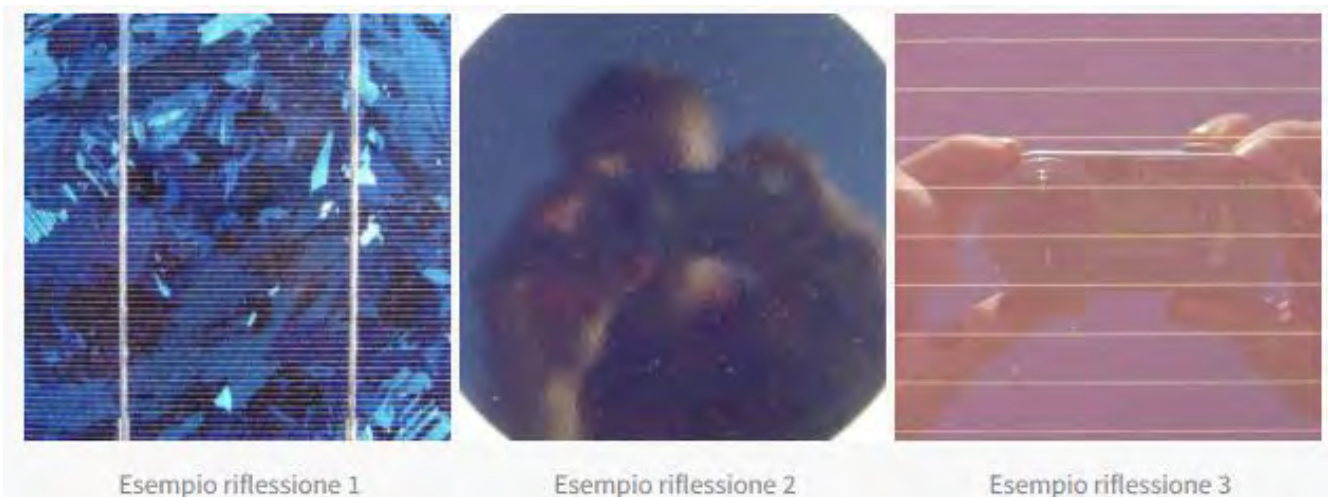
Grazie alla versatilità dei sistemi BIPV e alla vasta disponibilità di dati relativi alla produzione di calore da parte di tutti i componenti fotovoltaici, è possibile progettare sistemi in cui il rischio di riscaldamento dell'ambiente circostante è pari a zero (ad esempio, su una superficie satinata la riflessione della luce solare è pressoché nulla).

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI RIFLESSIONE:

- valutare il materiale da costruzione del pannello e prediligere sistemi fotovoltaici caratterizzati da ridotta riflessione per rispettare le caratteristiche estetiche dei materiali della tradizione costruttiva storica ed evitare il riscaldamento dell'ambiente circostante. E' possibile controllare la riflessione agendo sul colore, sulla texture e sul pattern dei pannelli, oppure ricorrendo a pannelli dotati di particolari rivestimenti antiriflesso, generalmente applicati sulla superficie del vetro. Quest'ultimo accorgimento non risolve totalmente il problema e non può ritenersi l'unica via percorribile per eliminare il fenomeno dell'abbagliamento o altri riflessi di disturbo, ma deve essere abbinato agli altri criteri di integrazione;
- valutare attentamente la posizione relativa del sole, che varia a seconda della latitudine della località, della stagione e dell'ora del giorno, in relazione al posizionamento del pannello per indagare la traiettoria della luce riflessa;
- considerare fattori quali la morfologia dell'edificio, la sua visibilità dall'ambiente circostante (in particolare da punti di osservazione significativi, quali, ad esempio, da spazi pubblici o da punti o percorsi panoramici). A questo scopo, è utile l'elaborazione di fotomontaggi, simulazioni computerizzate e analisi sul posto.



1



Esempio riflessione 1

Esempio riflessione 2

Esempio riflessione 3

2

Foto 1: fonte www.seelectricalservicesltd.com

Foto 2: esempio di pannelli fotovoltaici molto riflettenti - fonte www.bipv.ch

COMPATIBILITÀ VISIVA

INTEGRAZIONE ESTETICA

COLORE

RIFLESSIONE

TEXTURE

PATTERN

TRASPARENZA

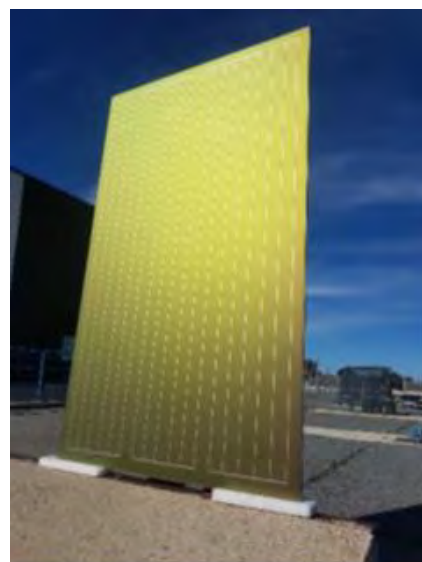
COMPLANARITA'

GEOMETRIA E
DISTRIBUZIONE

La texture nei sistemi fotovoltaici indica una caratteristica dello strato anteriore del vetro che può essere ottenuta mediante diverse tecniche, anche di tipo *custom made*.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI TEXTURE:

- prediligere pannelli fotovoltaici che presentano lo strato anteriore del modulo realizzato con materiale caratterizzato da una grana (texture) grossa e quindi dall'aspetto opaco, per una minore riflessione della luce;
- selezionare texture che aiutino a rendere il pannello fotovoltaico il più simile e coerente possibile con le qualità tattili e visive che contraddistinguono i materiali da costruzione dell'edificio su cui si interviene (texture differenti possono infatti definire una superficie liscia, rugosa ecc.).



Esempi di pannelli fotovoltaici con texture diversa:
A sinistra: pannello fotovoltaico in silicio amorfo
A destra: pannello fotovoltaico in silicio cristallino
Fonte: www.onyxsolar.com

Il pattern all'interno di un pannello fotovoltaico è dato dalla disposizione e dalla dimensione delle diverse celle fotovoltaiche che lo compongono e che vanno a costituire una trama composta da diversi pixel che influenza l'aspetto estetico del modulo.

Grazie all'utilizzo di speciali materiali di rivestimento e di particolari tecniche di stampaggio del vetro, è possibile ottenere sia superfici monocromatiche e omogenee, dove la cella fotovoltaica non è visibile, sia superfici caratterizzate da differenti disegni anche creati su richiesta.

Attraverso il maggiore o minore distanziamento delle celle fotovoltaiche è possibile anche agire sulla maggiore o minore trasparenza del pannello.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI PATTERN:

- scegliere pattern che rendono la cella fotovoltaica non visibile e per avere delle superfici trasparenti o semi-trasparenti. Questa soluzione è adatta per interventi su serre, lucernari, parapetti, pensiline;
- studiare pattern caratterizzati da trame accentuate, anche studiate ad hoc per sperimentare soluzioni creative e artistiche di tipo contemporaneo. Questa opzione trova applicazione preferibilmente in ambiti urbani o su manufatti di tipo moderno e costituisce un'opportunità per riqualificare edifici e strutture obsoleti, degradati o privi di qualità architettonica, quali, ad esempio: opere di infrastrutturazione energetica (centrali termiche ed elettriche); barriere antirumore lungo le infrastrutture viarie (autostrade, ferrovie); pensiline a copertura di parcheggi, fermate di autobus, ecc.; chioschi; parapetti di protezione (balconi e terrazze, camminamenti ecc.); recinzioni e schermature divisorie; elementi di illuminazione e strutture pubblicitarie.

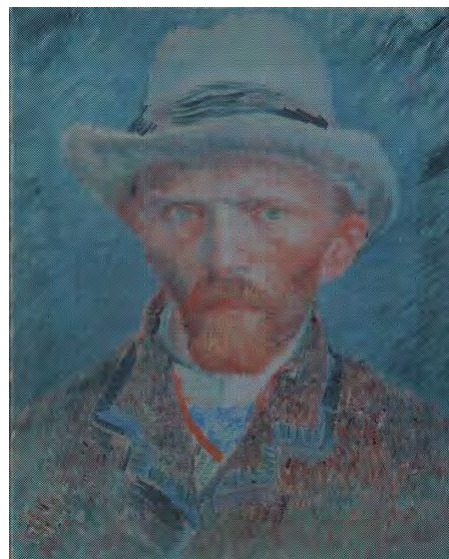




1



2



3

Nei sistemi BIPV vetrati, siano essi in facciata (finestre) o in copertura (lucernai, pensiline ecc.), la trasparenza consente di mantenere un contatto visivo con l'esterno e rappresenta un importante fattore per il benessere termico degli ambienti interni: modulando il grado di trasparenza, infatti, è possibile controllare la quantità di luce solare in ingresso per una maggiore o minore schermatura solare.

La trasparenza dei moduli fotovoltaici dipende dal materiale con cui sono realizzati: ad esempio, nei moduli in silicio monocristallino e multicristallino di tipo vetro-vetro, il grado di trasparenza si ottiene modificando la distanza tra le celle, che possono avere forme e dimensioni diverse. Nei moduli a film sottile, come quelli in silicio amorfo, la trasparenza è invece data dall'assenza dello strato riflessivo posto sotto le celle o da un processo di incisione al laser che permette di ottenere un rivestimento con una trasparenza omogenea, equivalente a quella ottenibile con un vetro colorato.

Grazie allo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche trasparenti, è oggi possibile intervenire energeticamente su parti degli edifici prima precluse (finestre, vetrate, lucernai ecc.). **Occorre però tenere presente che, all'aumentare del livello di trasparenza del modulo fotovoltaico, corrisponde una diminuzione proporzionale della sua efficienza!**

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI TRASPARENZA:

- scegliere il tipo di vetro fotovoltaico (silicio amorfo, silicio cristallino ecc.) a seconda del fabbisogno che si intende soddisfare (ombreggiamento, schermatura visiva, illuminamento ecc.);
- preferire moduli trasparenti per interventi su lucernari, verande, serre e giardini di inverno in parchi storici;
- optare per moduli semi-trasparenti per realizzare schermature solari, pergolati, pensiline di copertura di parcheggi, recinzioni e divisori;
- prevedere livelli di trasparenza differente a seconda della collocazione degli elementi fotovoltaici in rapporto all'edificio storico (in linea generale, una maggiore trasparenza e quindi leggerezza è preferibile nei punti di contatto con l'edilizia storica).











1



2

Foto 1: vetrocamera con concentratore solare luminiscente per produzione di energia elettrica – photo credits: Glass to Power SpA, Rovereto (TN)
Foto 2: cofanetto con campioni colori per vetrocamera con concentratore solare – photo credits: Glass to Power SpA, Rovereto (TN)

COMPATIBILITÀ SPAZIALE

INTEGRAZIONE ESTETICA

COLORE

RIFLESSIONE

TEXTURE

PATTERN

TRASPARENZA

COMPLANARITA'

GEOMETRIA E
DISTRIBUZIONE

La complanarità fa riferimento alla modalità di applicazione dei moduli fotovoltaici che devono essere montati conservando la stessa inclinazione della superficie sulla quale sono posizionati.

Nel caso di applicazioni in copertura, il rispetto dell'inclinazione, dell'orientamento e delle linee generali delle falde del tetto rappresenta uno dei nodi cruciali per quanto riguarda l'installazione di impianti fotovoltaici su edifici esistenti. L'alterazione della percezione del volume dell'edificio risulta, estremamente invasiva e andrebbe in ogni modo evitata, specialmente quando si interviene su edifici tutelati.

Quando si utilizza una tecnologia BAPV sarebbe opportuno valutare l'installazione dei pannelli fotovoltaici sulle parti dell'edificio che risultano meno visibili, in particolare dai luoghi pubblici (cfr. esempi pagine 28 e 29).

La tecnologia BIPV consente di realizzare dei sistemi perfettamente integrati nei componenti costruttivi degli edifici, riducendo, se non annullando, la porzione dell'impianto emergente rispetto alla superficie esistente (cfr. esempi pag. 27).

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI COMPLANARITA':

- evitare una disposizione dei pannelli che vada ad alterare le linee generali dell'edificio oggetto di intervento;
- mantenere l'inclinazione dell'elemento tecnico di riferimento (ad esempio inclinazione delle falde dei tetti, lucernai, serre);
- prediligere l'installazione dei pannelli sulle parti dell'edificio che risultano meno visibili dai maggiori punti di osservazione;
- riduzione dello spessore di pannelli fotovoltaici e dei sistemi di supporto;
- prediligere l'inserimento di pannelli fotovoltaici privi di telaio.



1



2





COMPATIBILITÀ SPAZIALE

INTEGRAZIONE ESTETICA

COLORE

RIFLESSIONE

TEXTURE

PATTERN

TRASPARENZA

COMPLANARITA'

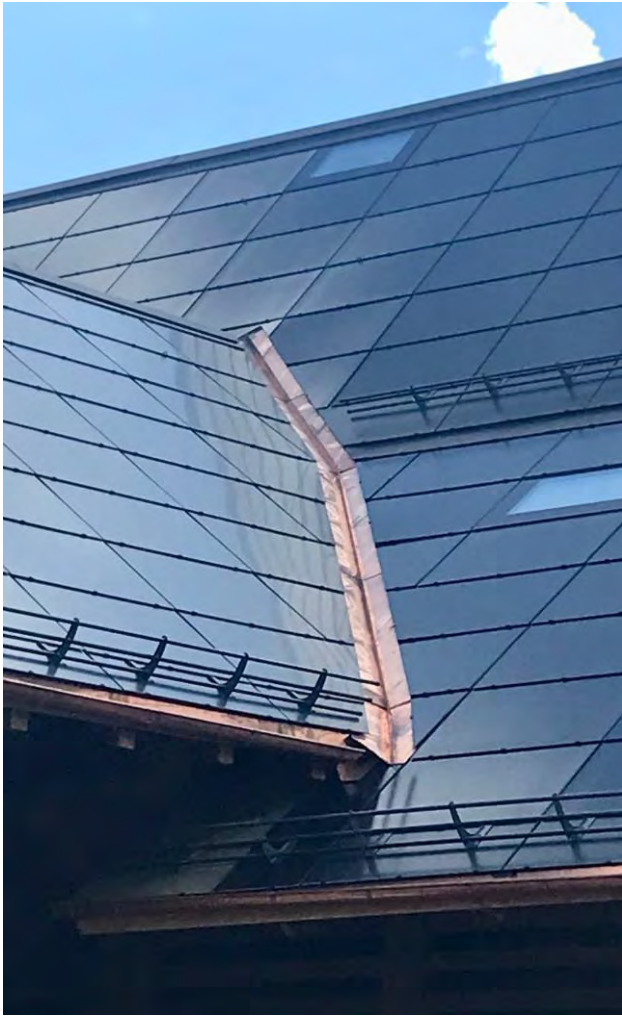
**GEOMETRIA E
DISTRIBUZIONE**

La forma, le dimensioni e lo schema di distribuzione dei pannelli fotovoltaici su una copertura o in facciata ha un impatto determinante per l'integrazione estetica di questi impianti.

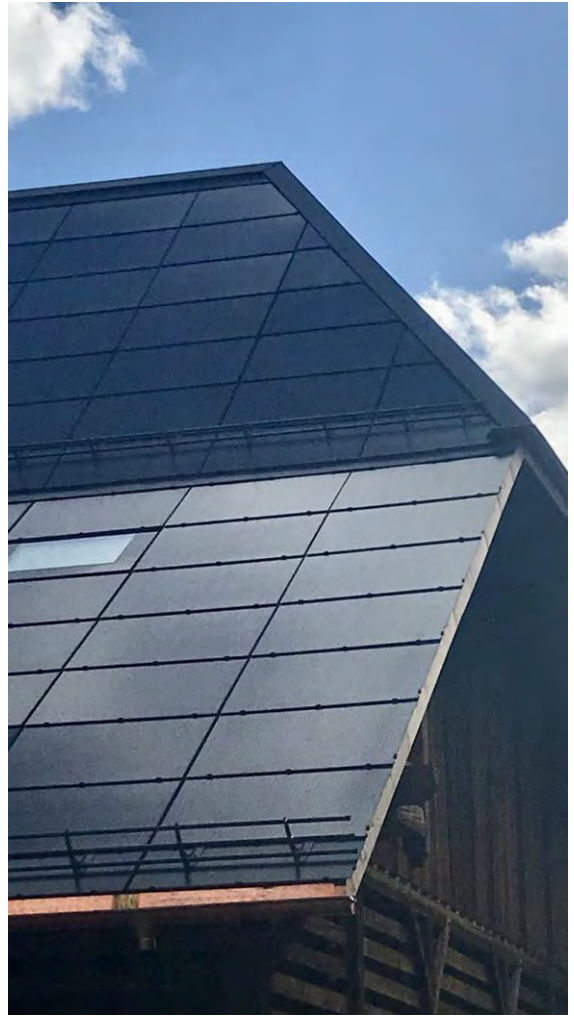
Per quanto riguarda la disposizione dei moduli fotovoltaici sulle coperture a falda, è prassi diffusa la collocazione a gruppi separati per aggirare la presenza di abbaini, lucernari, comignoli e altri manufatti; il risultato più frequente è la tipica distribuzione "a scaletta" che non rispetta le linee inclinate delle falde: queste soluzioni comportano una frammentazione visiva delle falde, rendendo la presenza degli impianti fotovoltaici immediatamente riconoscibile e invasiva.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI GEOMETRIA E DISTRIBUZIONE:

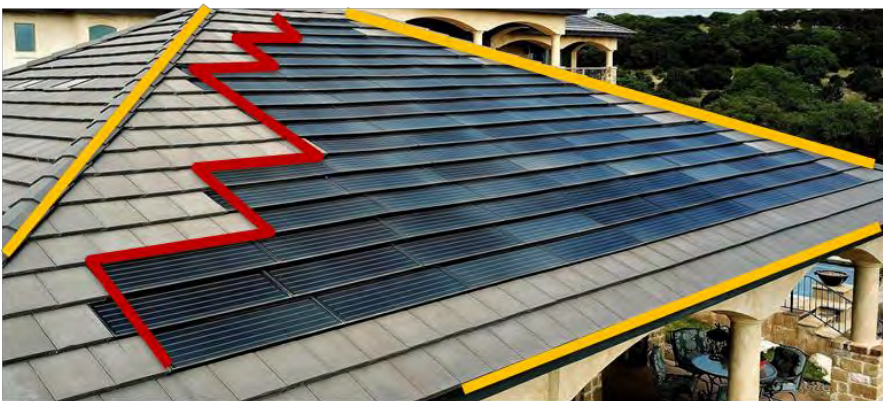
- raggruppare i pannelli in un disegno continuo e regolare, che crei un'immagine compatta e ordinata, preferibilmente posizionati su un'unica e intera falda per ottenere una geometria uniforme ed evitare la frammentazione visiva della falda stessa;
- rispettare i principali schemi compositivi del sistema architettonico, in particolare delle linee compositive di copertura e di facciata;
- porre particolare attenzione ai punti di giunzione tra le diverse falde, agli elementi di gronda, di colmo, alle scossaline ecc.



1



2



3



4



5

Foto 1, 2: pannelli fotovoltaici della ditta 3S – Swiss Solar Solutions AG – photo credits: Elena Lucchi
Foto 3: fonte www.bvisolar.com
Foto 4: fonte www.wegalux.gruppstg.com
Foto 5: pannello "Custom Terracotta", GruppoSTG Srl. – photo credits: GruppoSTG Srl.

2.2. CRITERI E METODI PER L'INTEGRAZIONE TECNOLOGICA

L'integrazione tecnologica rimanda alla multifunzionalità del componente fotovoltaico di tipo integrato (BIPV) che, oltre al compito di produrre energia, assume anche il ruolo di componente edilizio, con funzioni strutturali e architettoniche, sostituendo i materiali da costruzione tradizionali.

Essendo un componente costruttivo a tutti gli effetti, il BIPV è soggetto a:

- **CPR - Regolamento Prodotti da Costruzione (UE) n. 305/2011;**
- al rilascio della **DoP (Dichiarazione di prestazione)**, redatta dal produttore e contenente le informazioni relative alle caratteristiche essenziali del prodotto che attestano la rispondenza ai sette requisiti fondamentali: efficienza energetica e isolamento termico, sicurezza e accessibilità d'uso, resistenza meccanica, riduzione dal rumore, salubrità e igiene negli ambienti, prevenzione incendi, utilizzo sostenibile delle risorse naturali;
- **CSN EN 50583-1 "Photovoltaics in buildings"** (Part I: BIPV modules).

Come per tutte le opere di costruzione, si dovrebbe altresì tener conto dello smaltimento e della possibilità di riciclo/recupero, dei moduli fotovoltaici e degli altri componenti a fine ciclo di vita.

Le funzioni edilizie attribuibili ai BIPV possono essere le seguenti:

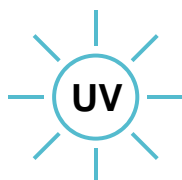
- protezione dagli agenti atmosferici;
- protezione dal rumore;
- isolamento termico;
- ombreggiamento e controllo della luce naturale;
- rigidità, resistenza meccanica ed integrità strutturale;
- igiene, salute ed ambiente;
- sicurezza e accessibilità nell'uso;
- installazione;
- durabilità ed affidabilità;
- qualità.

A seconda del tipo di applicazione, alcuni sistemi fotovoltaici di tipo integrato devono garantire protezione da agenti atmosferici come pioggia, neve, vento, grandine e raggi UV durante la loro vita utile, prevenendo eventuali danni all'involucro edilizio ed evitando effetti negativi sul comfort interno.

I diversi sistemi devono quindi essere progettati e testati in modo da equiparare le prestazioni dei componenti edilizi classici che sostituiscono.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI:

- impermeabilità all'acqua;
- impermeabilità all'aria (le infiltrazioni d'aria hanno un impatto diretto sulle prestazioni energetiche e sul comfort acustico interno!)
- resistenza al vento;
- resistenza alla rottura da neve, grandine, urti in genere;
- sistemi di protezione dall'umidità da condensa.



PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

Secondo il CPR 305/2011, *“Le opere di costruzione devono essere concepite e realizzate in modo che il rumore cui sono sottoposti gli occupanti e le persone situate in prossimità si mantenga a livelli che non nuocciano alla loro salute e tali da consentire soddisfacenti condizioni di sonno, di riposo e di lavoro”*

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI PROTEZIONE DAL RUMORE:

- studiare la corretta integrazione del modulo fotovoltaico nell'edificio affinché il modulo stesso non produca rumore in condizioni di vento;
- progettare l'integrazione dei moduli fotovoltaici con materiali fonoisolanti per creare una barriera acustica e contribuire a smorzare o reindirizzare il rumore di fondo indesiderato.



Come tutte le opere di costruzione, anche i sistemi fotovoltaici integrati devono essere efficienti sotto il profilo dell'isolamento termico.

Oltre a soddisfare il fabbisogno energetico dell'edificio su cui sono installati, i sistemi fotovoltaici integrati possono contribuire a ridurre i carichi annuali di riscaldamento e raffrescamento in modo passivo.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI ISOLAMENTO TERMICO:

- progettare i sistemi fotovoltaici in copertura e di rivestimento in facciata in combinazione con materiali isolanti;
- progettare la retro ventilazione dei pannelli per controllare il surriscaldamento dell'impianto stesso e dell'ambiente circostante;
- valutare l'utilizzo di particolari moduli fotovoltaici dotati di sistemi di recupero di calore sul lato posteriore.



INTEGRAZIONE TECNOLOGICA

PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

PROTEZIONE DAGLI
AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL
RUMORE

ISOLAMENTO
TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

I sistemi fotovoltaici integrati su elementi vetrati o semitrasparenti devono garantire la presenza di un'illuminazione naturale atta a soddisfare le esigenze di comfort visivo degli utenti.

Come illustrato nella sezione dedicata all'integrazione estetica, in riferimento al pattern e alla trasparenza, i moduli fotovoltaici integrati nelle superfici vetrate possono contribuire a controllare l'ombreggiamento durante l'estate e l'illuminazione naturale degli ambienti interni. In questo modo si possono ridurre i consumi di energia legati all'uso di sistemi di illuminazione artificiale e di raffrescamento estivo.

CRITERI DI INTEGRAZIONE A LIVELLO DI CONTROLLO DELLA LUCE NATURALE:

i parametri da considerare nella progettazione dei sistemi fotovoltaici integrati sono:

- contatto visivo con l'esterno;
- controllo dell'abbagliamento;
- requisiti di contrasto luminoso;
- luminanza e i livelli di illuminamento.



A seconda che il pannello fotovoltaico sia usato come elemento di copertura, di rivestimento in facciata o come dispositivo di schermatura solare, variano i requisiti meccanici e di stabilità che il pannello stesso deve soddisfare.

Esistono applicazioni particolari, come le pavimentazioni fotovoltaiche o le coperture in vetro fotovoltaico, che richiedono una maggiore resistenza al carico e rigidità strutturale rispetto a moduli fotovoltaici standard e necessitano pertanto di particolari attenzioni nella progettazione.

In particolare, come previsto per tutti i componenti strutturali in vetro per l'edilizia, deve essere garantita l'integrità post-rottura del sistema, ossia, in caso di collasso del componente, non deve essere compromessa la stabilità globale del sistema e sia ridotto al minimo il rischio di danni a persone o a cose (vetri temprati, induriti di sicurezza).

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI RIGIDEZZA, RESISTENZA MECCANICA E INTEGRITA' STRUTTURALE:

i sistemi fotovoltaici integrati applicati in copertura devono generalmente garantire:

- resistenza a carichi di neve e vento;
- tolleranza ai carichi imposti durante i lavori di costruzione e manutenzione;
- requisiti aggiuntivi di resistenza al carico e agli urti per le vetrate calpestabili;
- proprietà del vetro laminato nel caso di elementi in vetro-vetro.

I sistemi fotovoltaici applicati verticalmente in facciata devono generalmente garantire:

- maggiore rigidità alla flessione dovuta all'installazione verticale dei pannelli;
- resistenza a carichi vento superiori per installazioni ad altezze elevate;
- maggiore resistenza ai carichi puntuali dati dalle schermature;
- proprietà del vetro laminato nel caso di elementi in vetro-vetro.



INTEGRAZIONE TECNOLOGICA

PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

I materiali che compongono il modulo BIPV, come il vetro, il telaio, la struttura portante, la scatola di giunzione e il cablaggio, devono essere concepiti e realizzati in modo da non rappresentare, durante tutto il loro ciclo di vita, una minaccia per l'igiene, la salute e la sicurezza dei lavoratori e degli utilizzatori finali, nonché causare un impatto eccessivo sull'ambiente e sul clima.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI IGIENE, SALUTE E AMBIENTE:

- evitare l'uso di materiali tossici o di quantità significative di materiali rari, ove possibile;
- progettare i prodotti in modo da poter essere facilmente separati per permettere le attività di dismissione e di riciclaggio;
- selezionare i prodotti di maggiore qualità dal punto di vista della salute e sicurezza per l'uomo e l'ambiente attraverso l'analisi attenta delle informazioni relative al ciclo di vita dei pannelli fornite dai produttori;
- garantire adeguata tenuta all'acqua del sistema fotovoltaico e dell'elemento tecnico su cui viene inserito.



I criteri relativi al tema di sicurezza e accessibilità nell'uso fanno riferimento al CPR 305/2011 che specifica che *"Le opere di costruzione devono essere concepite e realizzate in modo che il loro funzionamento o uso non comporti rischi inaccettabili di incidenti o danni, come scivolamenti, cadute, collisioni, ustioni, folgorazioni, ferimenti a seguito di esplosioni o furti"*.

I sistemi fotovoltaici integrati devono essere progettati per garantire la sicurezza elettrica, costruttiva, meccanica e antincendio alla stregua di tutti i componenti costruttivi tradizionali.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI SICUREZZA:

- tenere in considerazione, anche nella progettazione di impianti fotovoltaici di tipo domestico o in ambiti non soggetti ai controlli di prevenzione incendi, la sicurezza antincendio in quanto, essendo paragonabili a delle vere e proprie centrali elettriche, l'installazione di impianti fotovoltaici può comportare un aggravio del rischio di incendio. A tal proposito, può essere utile riferirsi alle Linee guida per l'installazione degli impianti FV emanate dal Ministero dell'interno – Dipartimento Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile;
- eseguire una regolare manutenzione periodica dell'impianto, verificando la corretta funzionalità e integrità di ogni suo componente.



INTEGRAZIONE TECNOLOGICA

PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

La corretta messa in opera dei pannelli fotovoltaici è determinante per il successo finale del progetto, sia dal punto di vista impiantistico (rendimento ed efficienza) che architettonico (integrazione estetica).

L'esecuzione "a regola d'arte" di un impianto è il risultato di due fattori: da una parte la comprovata preparazione tecnico-professionale degli installatori, dall'altra il ruolo del direttore dei lavori che deve controllare e supervisionare le varie fasi della messa in opera, al fine di assicurare il rispetto del progetto autorizzato.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI INSTALLAZIONE:

- rivolgersi a operatori qualificati (ai sensi del D.L 28/2011) in possesso dei requisiti tecnico-professionali all'installazione e alla manutenzione straordinaria di impianti energetici alimentati da Fonti Rinnovabili (formazione obbligatoria, patentino FER);
- affidare la direzione dei lavori a professionisti di qualificata esperienza, affinché sia assicurato il rispetto di tutte le specifiche tecniche e architettoniche del progetto, le misure di sicurezza, gli obblighi e gli adempimenti predisposti dalle normative vigenti;
- esecuzione di test di collaudo al termine dei lavori.



La sostituzione di un modulo guasto è sicuramente più complessa quando l'elemento è integrato nell'involucro edilizio rispetto a quando è semplicemente applicato. L'aspetto manutentivo deve essere valutato e pensato già in fase di progetto.

Tuttavia, le moderne tecnologie BIPV hanno compiuto enormi progressi, rendendo la sostituzione dei singoli pannelli fotovoltaici più semplice.

È comunque importante che i moduli fotovoltaici integrati abbiano lo stesso livello di durata e affidabilità degli altri componenti edilizi entro cui si vanno ad integrare.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI DURABILITA' E AFFIDABILITA':

- prevedere una regolare attività di manutenzione periodica dell'impianto;
- garantire l'accessibilità del sistema fotovoltaico per attività di pulizia, manutenzione e sostituzione di singoli moduli o pannelli;
- seguire e rispettare le istruzioni per la pulizia e la manutenzione dei pannelli fornite dalle ditte produttrici.



INTEGRAZIONE TECNOLOGICA

PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

La presenza di garanzie sui moduli fotovoltaici fornite dai produttori può essere d'aiuto per orientare la scelta verso prodotti affidabili e di qualità.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI QUALITA' E AFFIDABILITA':

- verificare la presenza della garanzia contro i difetti di fabbricazione;
- verificare la presenza della garanzia di rendimento del pannello fotovoltaico o la garanzia sulle prestazioni: con questa il produttore garantisce una soglia di rendimento minima sull'arco dei 25-30 anni. I pannelli fotovoltaici subiscono un calo fisiologico delle prestazioni sui 20-30 anni, calo stimato in genere a circa l' 1% l'anno (circa 20% in 25 anni). In genere questi parametri sono comunque abbastanza standardizzati tra le varie case produttrici, ma può rimanere comunque un utile elemento di confronto;
- analizzare la scheda tecnica fornita dal produttore: in essa vengono riportate tutte le caratteristiche del pannello fotovoltaico, pertanto, insieme all'affidabilità del produttore, essa costituisce lo strumento di riferimento principale per il confronto tra prodotti.



INTEGRAZIONE TECNOLOGICA

PROTEZIONE DAGLI AGENTI ATMOSFERICI

PROTEZIONE DAL RUMORE

ISOLAMENTO TERMICO

LUCE E OMBRA

RESISTENZA

IGIENE E SALUTE

SICUREZZA

INSTALLAZIONE

DURABILITA'

QUALITA'

2.3 CRITERI E METODI PER L'INTEGRAZIONE ENERGETICA

L'integrazione energetica esprime la capacità del fotovoltaico (BAPV e BIPV) di produrre energia. Questa è influenzata da diversi fattori che possono essere considerati come criteri guida per valutare il livello di integrazione energetica:

- esposizione (orientamento e inclinazione);
- ombreggiamento;
- materiali;
- ventilazione.

Per un'adeguata integrazione energetica sarebbe sufficiente installare il maggior quantitativo possibile di pannelli fotovoltaici, scegliendo la tipologia di pannello solo in base alla sua efficienza e posizionandolo in modo da captare la maggior quantità di radiazione solare.

Tuttavia, per far sì che un sistema fotovoltaico sia ben integrato, specialmente in contesti di pregio storico, architettonico e paesaggistico, non è possibile ridurre l'analisi alla sola valutazione energetica, ma è necessario trovare il giusto equilibrio tra le esigenze dettate dal mantenimento dei canoni estetici e quelle volte alla riduzione dei consumi energetici negli edifici attraverso un'attenta progettazione integrata.

ESPOSIZIONE

Nei sistemi tradizionali, per realizzare un impianto fotovoltaico veramente efficiente occorre valutare il giusto **orientamento** (angolazione di azimut in riferimento ai punti cardinali) dei pannelli fotovoltaici e calcolare il corretto grado di **inclinazione** (angolazione di tilt rispetto al piano orizzontale) durante la fase di progettazione.

OMBRE

Nel caso della tecnologia di fotovoltaico integrato BIPV, il calcolo dei valori di tilt è pressoché ininfluenza, essendo il pannello fotovoltaico integrato nella copertura anche di tipo orizzontale.

MATERIALI

Ne consegue che, per l'applicazione dei BIPV, risulta fondamentale la corretta valutazione dell'orientamento dell'edificio al fine di individuare le parti su cui andare ad operare.

VENTILAZIONE

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI ESPOSIZIONE:

- individuare il lato dell'edificio maggiormente esposto all'irraggiamento solare durante l'intera giornata. In linea generale, i pannelli sono più produttivi quando i raggi del sole sono perpendicolari alla loro superficie, pertanto l'esposizione migliore è quella rivolta a Sud; qualora non fosse una soluzione praticabile, è consigliabile mantenere un orientamento compreso tra Sud-Est e Sud-Ovest, con uno scostamento massimo di 45° rispetto al Sud. E' comunque sempre necessario valutare il potenziale solare dell'area specifica o del singolo edificio;
- prediligere, se tecnicamente fattibile dal punto di vista del rendimento energetico dei pannelli, l'installazione dei pannelli sulle parti dell'edificio che risultano meno visibili dai maggiori punti di osservazione, in particolare dai luoghi pubblici;
- stimare la diminuzione del rendimento dei pannelli fotovoltaici al variare dell'orientamento dei moduli rispetto alle condizioni ottimali per valutare la convenienza all'installazione dell'impianto.

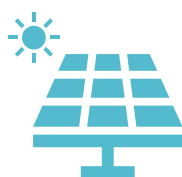


La presenza di ombre proiettate sui moduli fotovoltaici influisce negativamente sulla prestazione energetica del sistema fotovoltaico, diminuendone l'efficienza e causando perdite di potenza. E' sufficiente che anche un solo pannello sia interessato da ombreggiamenti per penalizzare il rendimento di tutti gli altri pannelli ad esso collegati (stringa).

Gli ostacoli che possono causare ombreggiamenti e inficiare la produzione di energia, sono molteplici: alberi ad alto fusto, edifici limitrofi, comignoli, aggetti o altri manufatti presenti sulla copertura del fabbricato.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI OMBREGGIAMENTO:

- scegliere la porzione idonea, il più possibile sgombra da ostacoli quali aggetti, comignoli, alberi ecc.;
- effettuare un calcolo degli ombreggiamenti; a tal fine si può ricorrere all'utilizzo di software di simulazione con i quali è possibile studiare le ombre proiettate a ogni ora del giorno e in ogni stagione dell'anno;
- utilizzare diodi bypass, ottimizzatori o microinverter capaci di migliorare le prestazioni dei moduli anche in condizioni di ombreggiamento;
- operare una costante pulizia dei moduli per rimuovere sporcizia, polvere, materiale biologico.



ESPOSIZIONE

OMBRE

MATERIALI

VENTILAZIONE

ESPOSIZIONE

OMBRE

MATERIALI

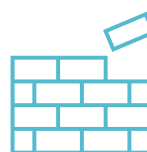
VENTILAZIONE

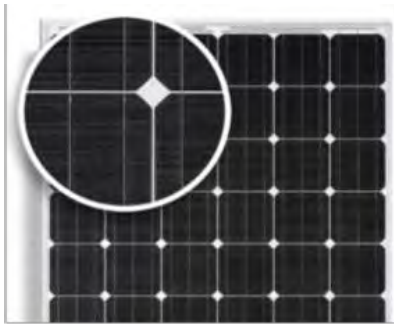
La ricerca e la sperimentazione hanno portato la tecnologia dei pannelli fotovoltaici a livelli sempre più alti e performanti per quanto riguarda l'efficienza energetica.

La quantità di energia prodotta, dal punto di vista tecnologico, dipende da diversi fattori: materiali da costruzione, colorazione, trasparenza ecc.

CRITERI DI INTEGRAZIONE A LIVELLO DI MATERIALI:

- scelta del materiale: esistono diverse tecnologie fotovoltaiche, ognuna con caratteristiche diverse a seconda del tipo di cella o tecnologia impiegata. Le più diffuse sono: silicio monocristallino, silicio policristallino, a film sottile, in silicio amorfo, CIS, CIGS etc. A seconda del tipo di materiale utilizzato e del tipo di tecnologia e struttura chimica impiegata si possono definire tre sistemi diversi di fotovoltaico: di prima, seconda e terza generazione. Il fotovoltaico di **prima generazione** corrisponde al fotovoltaico tradizionale, con pannelli in silicio policristallino e monocristallino. Il fotovoltaico di **seconda generazione** è rappresentato dai moduli a film sottile, la cui applicazione si è diffusa molto negli ultimi anni e che offre una notevole riduzione nel costo dei materiali rispetto alla generazione precedente, sebbene abbia valori di efficienza minori. Infine, il fotovoltaico di **terza generazione** è la categoria più innovativa, ancora in via di sviluppo, a cui appartengono le celle multigiunzione e i dispositivi organici OPV (Organic Photovoltaics);
- colorazione e trasparenza del modulo: sul mercato sono presenti ricche gamme cromatiche che permettono di ottenere una ottimale integrazione visiva dei moduli fotovoltaici in contesti differenti, fornendo anche soluzioni personalizzate. Occorre tuttavia considerare la perdita di rendimento energetico legata alla maggiore o minore trasparenza e all'uso di colori chiari.

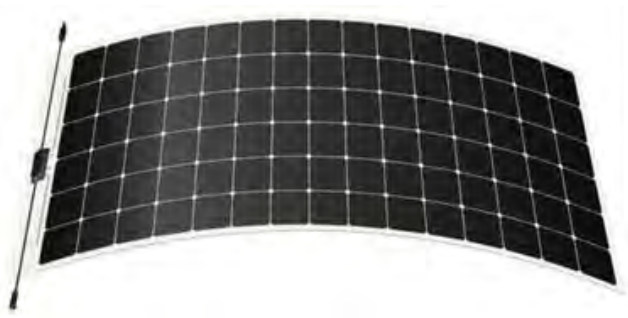




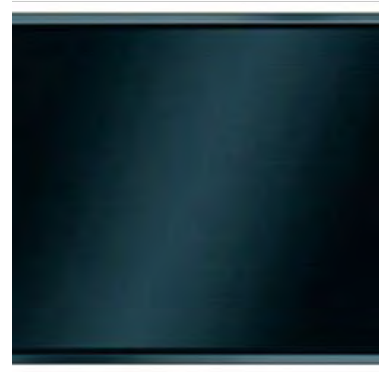
1



2



3



4



5

Foto 1: pannello in silicio monocristallino - fonte: www.solarinnova.net

Foto 2: pannello in silicio policristallino - fonte: www.solarinnova.net

Foto 3: pannello a film sottile - fonte: <https://maxeon.com>

Foto 4: pannello in CIS - fonte: <https://sunisyoud.wordpress.com>

Foto 5: tipologie di pannelli fotovoltaici - fonte: www.energysage.com

Il controllo della temperatura dei pannelli è importante per evitare la perdita di rendimento causata dal surriscaldamento degli stessi, così come la trasmissione di calore verso l'ambiente circostante.

Una buona ventilazione, preferibilmente di tipo naturale, è fondamentale per abbassare la temperatura e mantenere alta l'efficienza produttiva dei moduli fotovoltaici.

La tipologia di ventilazione dipende dal posizionamento dei moduli e dalla loro integrazione nell'involucro. Si possono distinguere tre principali categorie: pannelli non ventilati, moderatamente ventilati e ventilati.

CRITERI PER L'INTEGRAZIONE A LIVELLO DI VENTILAZIONE:

- prevedere l'integrazione tra tetto ventilato e pannelli fotovoltaici: nella realizzazione dei moderni sistemi di integrazione di queste due tecnologie, è possibile considerare i pannelli fotovoltaici alla stregua delle tegole di copertura, facendoli diventare parte integrante della struttura del tetto ventilato;
- controllare il coefficiente di temperatura: indica la perdita di rendimento per ogni grado in più di temperatura. Questo dato, reperibile nelle schede tecniche del produttore, varia a seconda della qualità dei moduli: per i moduli di scarsa qualità il coefficiente è di circa lo 0,5% per grado centigrado, questo valore può migliorare fino ad arrivare ad uno 0,25% per grado centigrado, per i pannelli di buona qualità.



INTEGRAZIONE ENERGETICA

ESPOSIZIONE

OMBRE

MATERIALI

VENTILAZIONE

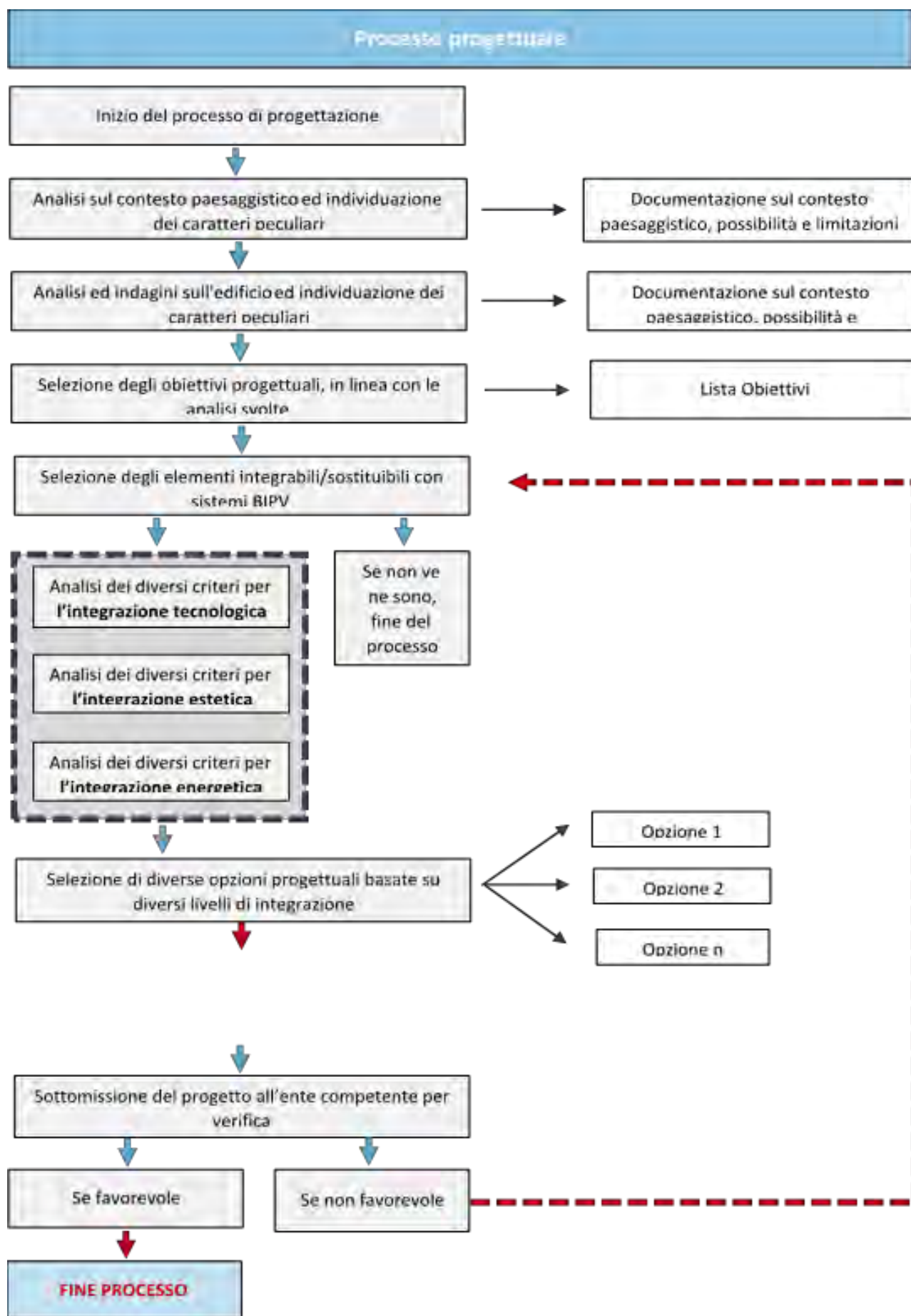
IL PROCESSO DI INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI

Il processo di integrazione dei sistemi fotovoltaici nel patrimonio costruito è un compito molto complesso, che prevede l'analisi ed il connubio di molteplici fattori, che potrebbero arrivare ad escludersi l'un l'altro: da una parte le esigenze dettate dalla conservazione del patrimonio storico-architettonico e paesaggistico, dall'altra la volontà di conseguire gli obiettivi energetici prefissati a livello europeo e nazionale, minimizzando il più possibile i consumi degli edifici.

Il ruolo del progettista sta proprio nel trovare la giusta armonia tra integrazione estetica, tecnologica ed energetica, valutando caso per caso l'applicabilità dei diversi criteri.

Di seguito è riportata una procedura schematica, che riassume il processo che dovrebbe essere intrapreso dal progettista. La procedura non definisce prescrizioni, ma può essere utilizzata come riferimento utile per guidare il progettista a identificare le soluzioni progettuali più appropriate.

Viene fornito, inoltre, un **elenco dei documenti progettuali minimi** che devono accompagnare l'istanza di autorizzazione paesaggistica, con una breve illustrazione dei contenuti che devono contenere. Tale elenco non è esaustivo, ma deve essere valutato e calibrato caso per caso, in rapporto al tipo di intervento, concordando di volta in volta la portata dei documenti con le Soprintendenze competenti. Questo elenco può essere una guida da tenere in considerazione per interventi che interessano anche ambiti non assoggettati a specifica tutela, al fine di elaborare progetti attenti al corretto inserimento paesaggistico.



DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE MINIMA (IN BASE ALL'ACCORDO AI SENSI DELL'ART. 3 DEL DPCM 12/12/2005 RELATIVO ALLA DOCUMENTAZIONE CHE DEVE ACCOMPAGNARE LE ISTANZE DI AUTORIZZAZIONE PAESAGGISTICA TRA REGIONE LOMBARDIA E LA DIREZIONE REGIONALE PER I BENI CULTURALI E PAESAGGISTICI DELLA LOMBARDIA DEL MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITA' CULTURALI)

Le domande di autorizzazione paesaggistica relative ad interventi di trasformazione del territorio lombardo dovranno essere corredate dalla documentazione, alla scala adeguata ed in relazione al tipo di intervento, costituita dalla relazione paesaggistica, dagli elaborati dello stato di fatto e dagli elaborati di progetto.

Relazione paesaggistica: *contiene tutti gli elementi necessari alla verifica della compatibilità dell'intervento, con riferimento specifico alle motivazioni del vincolo paesaggistico gravante sull'area nonché ai contenuti e alle indicazioni del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) ovvero dei piani a valenza paesaggistica di maggiore dettaglio (PTC Provinciali e di Parco, strumenti urbanistici comunali). La relazione deve motivare ed evidenziare la qualità dell'intervento anche per ciò che attiene al linguaggio architettonico e formale adottato in relazione al contesto d'intervento; dare conto dello stato di fatto dei luoghi, in particolare del contesto paesaggistico di riferimento (naturale, agricolo tradizionale, agricolo industrializzato, urbano, periurbano e insediativo diffuso e/o sparso) e della morfologia dell'ambito (costiero/rivierasco, di pianura, collinare montano) e indicare gli elementi di valore paesaggistico in esso presenti nonché le eventuali presenze di beni culturali tutelati dalla parte II del Codice; illustrare le caratteristiche progettuali dell'intervento e l'effetto paesaggistico conseguente la realizzazione dell'intervento proposto e gli eventuali elementi di mitigazione e compensazione proposti.*

Elaborati per la rappresentazione dello stato di fatto

- 1. Inquadramento territoriale (corografia, aerofotogrammetria, stralcio del PTC Provinciale o di Parco se vigenti, dello strumento urbanistico comunale, nonché fotopiano, se esistente);*
- 2. Planimetria generale con individuazione degli elementi costitutivi e rappresentativi del paesaggio;*
- 3. Piano quotato, comprendente le specie vegetali presenti relazionato alla più vicina sede stradale; nel caso di territorio in declivio il progetto sarà corredato da una o più sezioni quotate estese a tutto il territorio oggetto dell'intervento, con indicazione dei movimenti di terra previsti in scavo e riporto nonché le opere di contenimento delle terre.*
- 4. Rilievo dello stato di fatto dell'edificio o di altri manufatti (piante e coperture, prospetti e sezioni significative in scala 1:100), descrittivo delle finiture originali (ad esempio, il tipo di intonaco, di pitturazione delle superfici, dei materiali di copertura, ecc.);*
- 5. Documentazione fotografica che rappresenti da più punti di vista, in modo panoramico, l'edificio o l'area oggetto dell'intervento.*

Elaborati di progetto

- 1. Planimetria con l'inserimento ambientale del progetto (1:500, 1:5000) che individui i caratteri estetici e percettivi dell'intervento in relazione al contesto;*
- 2. Piante, prospetti e sezioni significative;*
- 3. Indicazione dei materiali di impiego, dei relativi colori (campionati) e dei sistemi costruttivi con rappresentazione, se necessaria, degli eventuali particolari;*
- 4. Sezioni ambientali schematiche (1:500, 1:1000) rappresentative del rapporto fra l'intervento e il contesto paesaggistico assoggettato a tutela;*
- 5. Rappresentazione fotografica della simulazione in loco dell'opera progettata (mediante paline o altro metodo di rappresentazione reale dell'ingombro) o fotomontaggio che ne evidenzi l'inserimento nel contesto paesaggistico, in relazione al tipo di intervento proposto;*
- 6. Eventuale indicazione degli elementi di mitigazione e compensazione.*

CRITERI AMBIENTALI MINIMI, CICLO DI VITA, COSTI E BENEFICI DEI SISTEMI BIPV

CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM)

I CAM [1, 2], adottati con decreto del Ministero della Transizione Ecologica, sono *i requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato*. I CAM si riferiscono a svariati campi di acquisto di prodotti, manufatti e servizi per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione. Nel settore dell'edilizia, i CAM sono rivolti agli interventi di nuova costruzione o ristrutturazione/manutenzione degli edifici, con la finalità di aumentare il numero di appalti "verdi".

Il D.Lgs 18 aprile 2016, n.50 "Codice Appalti" ha reso obbligatoria l'applicazione dei CAM da parte di tutte le stazioni appaltanti, sia in qualità di criteri premianti sulle offerte per la partecipazione alle gare di appalto, sia in qualità di prescrizioni "in entrata", indicanti i requisiti sui prodotti e sulle lavorazioni, incoraggiando così le imprese ad adeguarsi, rendendosi più sostenibili.

Al tema "**Approvvigionamento energetico**" sono dedicate delle specifiche tecniche (paragrafi 2.2.5 e 2.3.3) finalizzate a garantire che, negli interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione o di riqualificazione energetica, sia previsto un sistema di approvvigionamento energetico da impianti a fonti rinnovabili, in grado di coprire in parte o in toto il fabbisogno energetico complessivo dell'edificio, all'interno del sito stesso dell'edificio.

Un altro aspetto innovativo e interessante introdotto dai CAM è quello relativo all'obbligo per ogni progetto di prevedere un **piano di manutenzione dell'opera**, in cui sia descritto il programma delle verifiche inerenti le prestazioni ambientali dell'edificio, e di un **piano per il disassemblaggio e la demolizione selettiva dell'opera** a fine vita, che permetta il riutilizzo o il riciclo dei materiali, componenti edilizi e degli elementi prefabbricati utilizzati, allo scopo di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali. Anche gli impianti fotovoltaici, se progettati per essere disassemblabili, devono essere inclusi nel piano.

L'inserimento dei BIPV nei CAM non è ancora compiutamente attuato; i motivi possono essere ricercati nel fatto che sono prodotti di recente comparsa sul mercato e per la loro natura altamente «sartoriale», che li rende ancora, al momento, prodotti di nicchia.

In particolare, i temi del ciclo di vita, del disassemblaggio, del recupero e riuso dei sistemi BIPV rappresentano campi ancora da esplorare con i quali la ricerca e i produttori dovranno sicuramente interfacciarsi e confrontarsi se vogliono aprirsi ad un mercato più ampio, soprattutto nel settore dei lavori pubblici. Allo stato attuale, i dati a disposizione sono pochi e in divenire (le applicazioni sono di recente installazione), tuttavia, per una prima riflessione, può essere interessante sviluppare un primo confronto con gli impianti di tipo tradizionale, che invece rappresentano una tecnologia ormai matura.

[1]: Affidamento dei servizi di progettazione e di affidamento di lavori per interventi edilizi (approvato con D.M. del 23 giugno 2022, n. 256, GURI n. 183 del 6 agosto 2022 – in vigore dal 4 dicembre 2022;

[2]: Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici (approvato con D.M. del 11 ottobre 2017, GURI n. 259 del 6 novembre 2017

CICLO DI VITA: DIFFERENZE TRA UNA INSTALLAZIONE FOTOVOLTAICA TRADIZIONALE E UNA DI TIPO BIPV

Il linea generale, la vita utile di una installazione BIPV può essere stimata intorno ai 20-25 anni; bisogna però tenere in considerazione che, al termine di questo periodo, l'impianto continua a produrre energia, seppure con una resa minore, mantenendo la sua funzione di componente edilizio (copertura, rivestimento di facciata ecc.). Il ciclo di vita degli impianti fotovoltaici tradizionali, invece, è unicamente legato alla capacità di produzione di energia del modulo fotovoltaico e solo in misura marginale alla struttura di supporto.

Per quanto riguarda lo smaltimento, poiché nei sistemi BIPV la componente fotovoltaica è secondaria rispetto alla struttura architettonica in cui è integrata, che invece rappresenta la parte principale, la possibilità di avviare le diverse componenti al trattamento più opportuno e, quindi, al recupero è fortemente dipendente dalle tecniche di riciclo e/o rigenerazione dell'elemento architettonico in cui è inserito. E' comunque importante avviare la componente fotovoltaica ad un corretto smaltimento per evitare qualsiasi rischio di inquinamento ambientale: attualmente la norma IEC 61730, per i BIPV, prevede l'adesione da parte dei produttori a un consorzio per lo smaltimento del modulo fotovoltaico con un costo calcolato a €/pezzo.

Inevitabilmente il mondo della ricerca e della produzione dei BIPV dovrà confrontarsi con la sfida di rendere il disassemblaggio, il recupero e il riciclo di questi prodotti sempre più spinto, al fine di massimizzare la suddivisione delle diverse componenti per diminuirne la percentuale da smaltire. La questione non è affatto marginale se si considera la larga diffusione che gli impianti fotovoltaici avranno in risposta alla crisi energetica e alle richieste normative europee e nazionali.

COSTI E BENEFICI DEI SISTEMI BIPV

Se messi a confronto direttamente con i pannelli fotovoltaici tradizionali, i costi delle soluzioni BIPV sono sicuramente più alti, sebbene un tale paragone non sia di fatto del tutto corretto.

Occorre infatti ribadire che i sistemi fotovoltaici integrati sono dei veri e propri componenti edilizi che, oltre a produrre energia elettrica da fonte rinnovabile, esercitano anche funzioni architettoniche e strutturali; pertanto, sarebbe più corretto parlare di **extra-costo** rispetto ai sistemi costruttivi tradizionali che i BIPV vanno a sostituire nell'involucro edilizio. Un esempio è costituito dai sistemi BIPV per le coperture, nei quali i moduli PV vengono utilizzati in sostituzione delle tradizionali tegole, per realizzare un manto di copertura discontinuo che abbia caratteristiche di impermeabilità, resistenza alle sollecitazioni chimiche, fisiche e meccaniche. La valutazione dell'investimento iniziale dovrebbe quindi tener conto della spesa non sostenuta per l'installazione dello strato funzionale originale.

Parlando di costi, non si può non affrontare il tema del Return of Investment (ROI), ossia il tempo necessario per recuperare l'investimento economico sostenuto per l'acquisto dell'impianto. A tal proposito, nell'ambito del progetto "BIPV meets History" è stato condotto un interessante studio volto a sviluppare una metodologia per la quantificazione dell'impatto economico dell'integrazione estetica del BIPV, applicato a un caso pilota nella città di Como. [1]

Si anticipano qui alcune conclusioni alle quali è pervenuto lo studio: *“La metodologia sviluppata permette di calcolare un parametro economico sintetico riferito a parametri edilizi, per valutare l’extracosto imputabile alle installazioni BIPV innovative... Sicuramente gli alti costi di acquisto attuali di questa tecnologia sul mercato italiano sono tali da rendere questa soluzione progettuale poco competitiva sul mercato. Tuttavia, valutare la profittabilità dell’intervento secondo parametri economici rapportati alla superficie di installazione, come viene normalmente fatto per installazioni fotovoltaiche tradizionali, non tiene conto della specificità dell’intervento che utilizza il fotovoltaico come elemento costruttivo, diventando pertanto parte integrante del manufatto edilizio. Occorre quindi fornire un parametro economico sintetico che possa essere confrontato con altri parametri economici nel settore dell’edilizia. In questo report, l’extracosto imputabile ad un livello avanzato di integrazione architettonica, mediante l’uso di BIPV innovativo, è stato riferito alla superficie utile dell’edificio su cui viene installato il fotovoltaico. Questo costo può essere facilmente assorbito da una maggiore valutazione dell’edificio sul mercato, in quanto edificio con un più alto livello di autosufficienza energetica, che utilizza una percentuale maggiore di energia proveniente da fonti rinnovabili”*.

Si può quindi giungere ad affermare che la valutazione dei costi/benefici di un sistema BIPV non può unicamente essere basata sul ROI, come è prassi comune, ma occorre prendere in considerazione anche dei benefits di tipo ambientale e sociale, difficilmente riconducibili ad un prezzo standard riconosciuto dal mercato.

Tra questi si possono citare:

- il valore estetico;
- la possibilità di intervenire sul patrimonio costruito in ambiti assoggettati a tutela altrimenti esclusi da operazioni di riqualificazione energetica;
- la possibilità di applicazione su parti dell’involucro edilizio altrimenti precluse ai sistemi fotovoltaici tradizionali quali vetrate, lucernai, serre, lastrici solari ecc.;
- la elevata customizzazione che consente di progettare soluzioni ad hoc per ciascun intervento, grazie all’infinità di proposte cromatiche, dimensionali, di finitura (opaca, trasparente, semitrasparente, con disegni a stampa ecc.);
- la possibilità (unica) di rendere energeticamente attivi elementi costitutivi dell’involucro edilizio solitamente passivi (non produttivi in termini energetici);
- una maggiore qualità diffusa del paesaggio.

Il paesaggio così come i beni architettonici sono un patrimonio collettivo che ha reso il nostro territorio unico e irripetibile, il cui valore deve essere preservato. I costi indubbiamente maggiori delle tecnologie BIPV devono quindi essere valutati non solo in base al prezzo dei materiali, ma considerando in prospettiva anche il beneficio derivante dall’integrazione estetica di FER su beni contraddistinti da un elevato valore sociale, culturale e ambientale.

PIATTAFORME DIGITALI PER LA PROMOZIONE DEL BIPV

La maggior parte dei professionisti non conosce le nuove possibilità tecnologiche di integrazione dell'energia solare nell'architettura e, pertanto, non le applica nella pratica progettuale. Sono invece enormi le potenzialità di un approccio multidisciplinare che unisce energia e architettura.

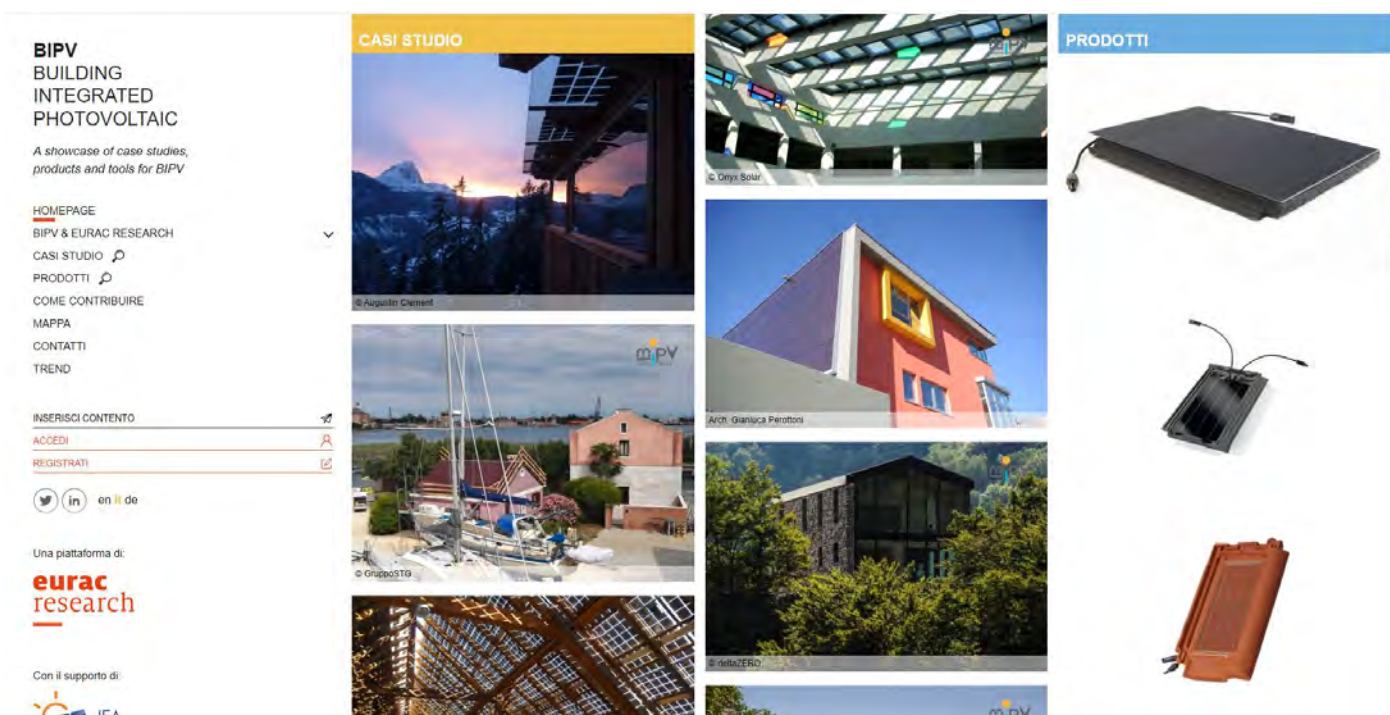
Come anticipato in premessa, una delle barriere più forti alla diffusione delle soluzioni di fotovoltaico di tipo integrato è indubbiamente la conoscenza. In un'epoca contraddistinta dalla velocità dell'informazione e dalla rapida evoluzione tecnologica, le piattaforme digitali costituiscono il mezzo di comunicazione più adatto poiché costantemente aggiornato con le ultime novità.

Di seguito presentiamo due piattaforme sviluppate nell'ambito del progetto e che costituiscono un punto di riferimento per tutti gli operatori del settore.

<https://integratedpv.eurac.edu/it>

Gli obiettivi della piattaforma italiana sono quelli di descrivere in modo dettagliato i casi di studio più significativi di architettura solare in contesti di pregio, fornire supporto alla progettazione sin dalla fase dell'early design, favorire la comunicazione tra stakeholders, creare una rete di contatti e restituire in modo sempre aggiornato lo stato dell'arte del BIPV, con una panoramica sul mercato e sui prodotti innovativi (customizzabili). Tra i contenuti più interessanti della piattaforma si segnalano: i casi studio analizzati e la sezione "Trends" dove è inserito un focus sulle modalità di integrazione dei sistemi fotovoltaici di tipo integrato in ambiti assoggettati a tutela ai sensi del Codice.

La piattaforma attribuisce grande importanza alle immagini relative sia ai casi studio sia ai prodotti BIPV compatibili con i contesti tutelati.

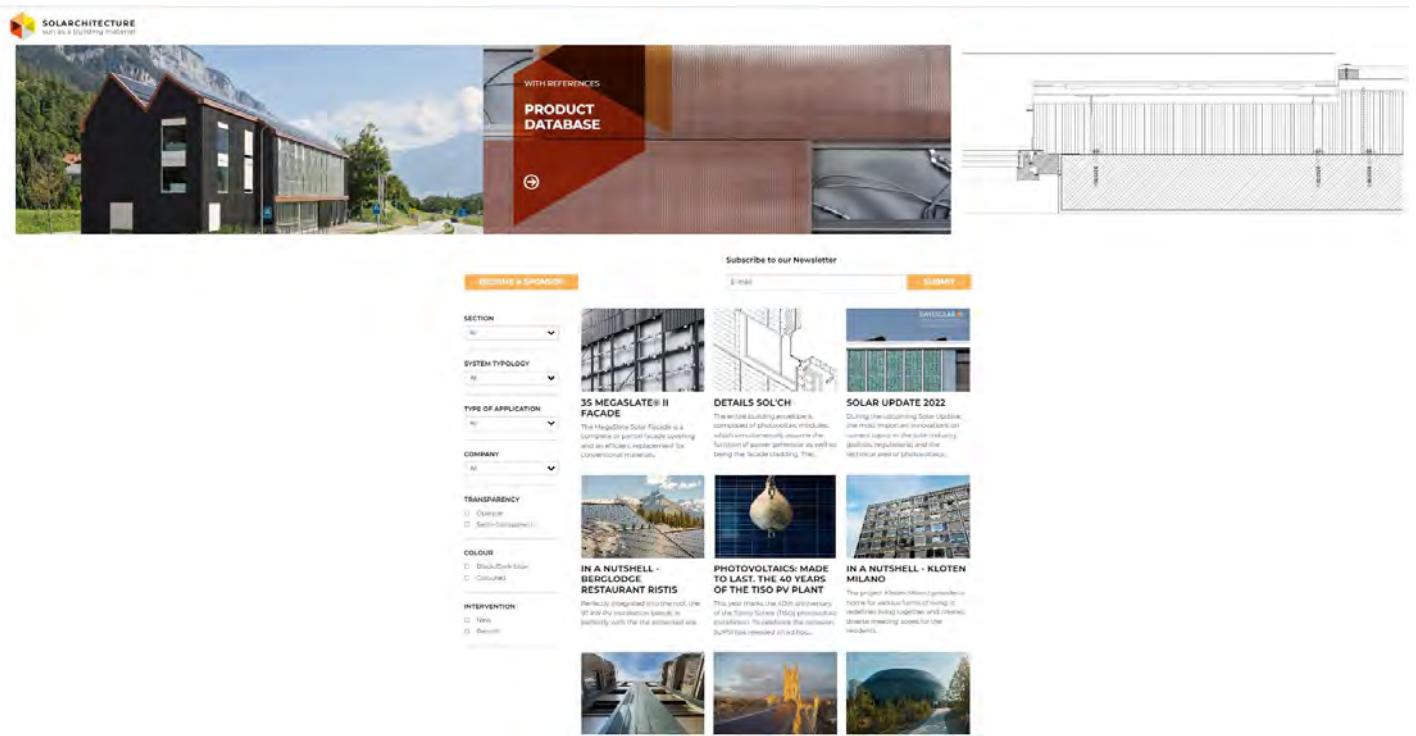


La nuova piattaforma svizzera sull'architettura solare si focalizza non solo sui sistemi tecnologici BIPV ma anche sulla qualità architettonica. L'obiettivo principale è promuovere la costruzione di edifici solari spostando l'attenzione dalla tecnologia all'architettura, incoraggiando sia gli architetti che i clienti ad adottare nuovi concetti costruttivi, comunicando in modo innovativo le soluzioni da adottare e utilizzando un approccio più complesso in cui l'energia, l'architettura e la costruzione sono parte di un unico concetto di design. Questo sito web è gestito e sviluppato grazie alla collaborazione fra quattro partner principali: SUPSI - Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana; il Politecnico federale di Zurigo (ETHZ); Swissolar, l'associazione professionale svizzera per l'energia solare che rappresenta i professionisti del solare svizzeri; SvizzeraEnergia, organo istituito dal Consiglio federale svizzero per promuovere l'efficienza energetica e le energie rinnovabili.

Il sito si struttura in:

- casi studio;
- prodotti;
- dettagli tecnici;
- conoscenza;
- storie.

La sezione dedicata ai prodotti e alle tecnologie BIPV illustra le soluzioni tecniche in commercio ed in continuo sviluppo; inoltre, fornisce dettagli tecnico-costruttivi, approfondimenti tecnici legati all'innovazione tecnologica e notizie di eventi relativi al settore fotovoltaico.



CONCLUSIONI

Le presenti Linee guida riassumono i principali risultati del lavoro di ricerca e di analisi sviluppato nell'ambito del progetto INTERREG IT-CH "BIPV MEETS HISTORY", che ha preso in considerazione le diverse tecnologie disponibili ad oggi sul mercato, alcuni casi studio esemplari italiani ed internazionali, il sistema normativo ed autorizzativo nazionale (derivata da quella europea) e regionale.

Il lavoro svolto all'interno del progetto ha fatto emergere le criticità e le barriere di maggiore rilievo nell'impiego della tecnologia fotovoltaica integrata sul territorio italiano e regionale, in particolare, nei contesti tutelati dal punto di vista paesaggistico.

Grazie ai tavoli di lavori organizzati con le Soprintendenze territoriali della Lombardia, le aziende produttrici leader del settore e i principali stakeholders (ordini professionali, tecnici degli EELL, ANCI, ANCE ...) è stato possibile individuare alcuni temi ritenuti sostanziali ai fini di superare gli ostacoli che frenano la diffusione della tecnologia fotovoltaica sul patrimonio costruito e che possono essere così sintetizzati:

1° PROGETTAZIONE INTEGRATA E BILANCIAMENTO TRA ASPETTI ESTETICI, TECNOLOGICI ED ENERGETICI

Solitamente negli interventi di installazione di impianti fotovoltaici il progetto impiantistico viene sviluppato dai tecnici unicamente sotto il profilo della performance energetica, in modo disgiunto dal progetto architettonico. Agli impianti fotovoltaici, invece, può e deve essere attribuita una valenza architettonica affinché il loro inserimento, specialmente sul patrimonio storico-architettonico e paesaggistico, venga progettato in modo integrato, anche dal punto di vista compositivo. I sistemi BIPV rappresentano oggi la soluzione che permette l'integrazione estetica delle tecnologie fotovoltaiche sul costruito grazie alle infinite possibilità di customizzazione che offrono.

2° STUDIO DI SOLUZIONI SITO-SPECIFICHE

Non esistono soluzioni corrette o sbagliate a priori o tecnologie valide in qualunque contesto. In considerazione della vastità ed eterogeneità del patrimonio costruito, rimane imprescindibile la valutazione sito-specifica per ciascun intervento, che prenda in considerazione e metta a sistema le caratteristiche costruttive, materiche, cromatiche, compositive dell'edificio, il contesto paesaggistico più ampio in cui si inserisce e gli aspetti tecnologici ed impiantistici del fotovoltaico.

Attraverso un confronto collaborativo con le Soprintendenze, gli uffici tecnici delle Pubbliche Amministrazioni e le Commissioni per il paesaggio comunali, provinciali e regionali è possibile arrivare ad un progetto condiviso, che soddisfi contemporaneamente le richieste di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e di integrazione estetica della tecnologia fotovoltaica sugli edifici assoggettati a tutela.

3° DIFFUSIONE DI UNA MAGGIORE CULTURA E CONOSCENZA DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI INTEGRATI

Il progetto Interreg BIPV meets History mira a diffondere una cultura dei sistemi fotovoltaici di tipo integrato allo scopo di innescare nuovi processi virtuosi di collaborazione e cooperazione tra il mondo della ricerca e dell'industria, delle istituzioni e della cultura, affinché vi sia una crescita della competitività e della qualità del mercato del fotovoltaico integrato, rendendolo accessibile a un sempre più ampio numero di utenti finali.

RINGRAZIAMENTI

I nostri più sentiti ringraziamenti per i preziosi contributi forniti vanno a tutti gli stakeholders che hanno partecipato alle briefing sessions organizzate nel corso del progetto e per il contributo attivo alla predisposizione e revisione delle presenti Linee guida, tra cui:

Antonella Ranaldi - Soprintendente Archeologia, belle arti e paesaggio per la Città Metropolitana di Milano;

le Soprintendenze provinciali nella persona dei seguenti funzionari: Maria Mimmo (Soprintendenza per le province di Como, Lecco, Monza-Brianza, Pavia, Sondrio e Varese); Federica Bergamini (Soprintendenza per le province di Como, Lecco, Monza-Brianza, Pavia, Sondrio e Varese); Fiona Colucci (Soprintendenza per le province di Bergamo e Brescia); Alessandra Chiapparini (Soprintendenza per le province di Cremona, Lodi e Mantova);

le ditte che hanno partecipato a vario titolo al progetto: Marina Gemmi – GLASStoPOWER; Sofia Tiozzo Pezzoli, Ylenia Romano e Andrea Spedicato – GruppoSTG; Emanuele Lanteri - Solar Retrofit Sagl; Andrea Costa, Alessandro Turina, Roberta Roffi e Alessia Peluchetti – R2M Solutions; Elena Canosci e Gazmend Luzi – Sunage SA;

Maurizio Cabras – ANCI Lombardia;

Valentina Rossi – ANCE Lombardia;

Ludovico Danza – Consiglio Nazionale delle Ricerche (ITC-CNR);

Luca Bertoni – CROIL Consulta Regionale Ordini degli Ingegneri Lombardia;

Fabio Signorelli, Franco Mazzei – Consulta Regionale dei Geometri e Geometri laureati della Lombardia

Antonio Rubagotti e Francesco Cappa – Consulta Regionale Lombarda degli Ordini degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori

Franco Pé – Studio di architettura Pé

Massimiliano Romagnoli – Comune di San Giuliano Milanese

Martina Pelle, Jennifer Adami – Eurac Research

Marina Rezzonico – Ticino Energia

Cristina Polo e Pier Luigi Bonomo – SUPSI

per Regione Lombardia: Rosanna Maria Centemeri, Isabella Dall’Orto, Barbara Grosso, Michele Galli, Cinzia Pedrotti, Antonella Pivotto;

Gian Luca Gurrieri (DG Ambiente e Clima)

Si ringraziano per il prezioso materiale fotografico:

Elena Lucchi (Eurac Research), SUPSI, Angelo Margutti, Studio architetto Franco Pé di Carimate (Co), Studio Pedevilla Architects di Brunico (Bz), GruppoSTG Srl di Bergamo, SUNAGE SA di Balerna (CH), Glass to Power SpA di Rovereto (Tn), SolarLab SA di Losanna (CH), FAI – Fondo per l’Ambiente Italiano.

RIFERIMENTI NORMATIVI IN TEMA DI PAESAGGIO, PIANIFICAZIONE, ENERGIA E AMBIENTE

NORMATIVA NAZIONALE

PAESAGGIO E PIANIFICAZIONE [1]

- DPR 6 giugno 2001, n. 380 – *Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.*
- D. Lgs 22 gennaio 2004, n. 42 – *Codice dei beni culturali e del paesaggio.*
- DPR 13 febbraio 2017, n. 31 – *Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata.*
- MIBACT – *Linee guida di indirizzo per il miglioramento energetico del patrimonio culturale.*

ENERGIA E AMBIENTE [1]

- Piano d'Azione Nazionale – (PAN)
- Strategia Energetica Nazionale 2017 – (SEN)
- Piano Nazionale Integrato per l'Energia ed il Clima (PNIEC) – Dicembre 2019
- D. Lgs 19 agosto 2005, n. 192 – *Attuazione della direttiva (UE) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, e della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*
- D. Lgs 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.*
- DM 15 Marzo 2012 – *Definizione e qualificazione degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili e definizione della modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi da parte delle regioni e delle provincie autonome.*
- D. Lgs 4 luglio 2014, n. 102 – *Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.*
- DM Sviluppo Economico 11 maggio 2015 - *Metodologia da applicare per rilevare i dati necessari a misurare il raggiungimento degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili di energia.*
- Decreto Interministeriale 26 Giugno 2015 – *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.*
- D. Lgs 18 luglio 2016, n. 141 - *Disposizioni integrative al decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, di attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.*
- D.Lgs 8 novembre 2021, n. 199 - *Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.*
- D.L. 1° marzo 2022, n. 17 - *Misure urgenti per il contenimento dei costi dell'energia elettrica e del gas naturale, per lo sviluppo delle energie rinnovabili e per il rilancio delle politiche industriali.*
- D.L. 30 aprile 2022, n. 36 - *Ulteriori misure urgenti per l'attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR).*

- Legge n. 34 del 27 aprile 2022 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 1° marzo 2022, n. 17, recante misure urgenti per il contenimento dei costi dell'energia elettrica e del gas naturale, per lo sviluppo delle energie rinnovabili e per il rilancio delle politiche industriali.
- D.L. n. 50 del 17 maggio 2022 - coordinato con la legge di conversione 15 luglio 2022, n. 91 recante: Misure urgenti in materia di politiche energetiche nazionali, produttività delle imprese e attrazione degli investimenti, nonché in materia di politiche sociali e di crisi ucraina.
- D.L. n. 144 del 23 settembre 2022 - Ulteriori misure urgenti in materia di politica energetica nazionale, produttività delle imprese, politiche sociali e per la realizzazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR).

NORMATIVA REGIONE LOMBARDIA

PAESAGGIO E PIANIFICAZIONE

- DGR n. VII/11045 del 8 novembre 2002 – Linee guida per l'esame paesistico dei progetti.
- Legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 - Legge per il governo del territorio.
- DGR 10974/2009 - Linee guida per la progettazione paesaggistica di reti tecnologiche e impianti di produzione energetica
- DCR 19 gennaio 2010 - Piano Territoriale Regionale (PTR) e Piano paesaggistico regionale (PPR)
- DGR n. IX/2727 del 22 dicembre 2011 - Criteri e procedure per l'esercizio delle funzioni amministrative in materia di beni paesaggistici in attuazione della l.r. del 11 marzo 2005, n. 12.
- Legge Regionale 28 novembre 2014, n. 31 - Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e la riqualificazione del suolo degradato
- DGR n. XI/207 dell'11 giugno 2018 - Misure di semplificazione e incentivazione per il recupero del patrimonio edilizio
- Legge regionale 26 novembre 2019, n. 18 – Misure di semplificazione e incentivazione per la rigenerazione urbana e territoriale, nonché per il recupero del patrimonio edilizio esistente. Modifiche e integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio) e ad altre leggi regionali.

ENERGIA E AMBIENTE

- Programma Regionale Energia, Ambiente e Clima (PREAC)
- Legge regionale 18 aprile 2012 n. 7 – Misure per la crescita, lo sviluppo e l'occupazione.
- Decreto n. 8711 del 21 ottobre 2015 - Regolamentazione dei percorsi di formazione abilitanti e di aggiornamento per "installatore e manutentore straordinario di impianti energetici alimentati da fonti rinnovabili, ai sensi dell'articolo 15, comma 2, del decreto legislativo 3 marzo 2011 n. 28".
- DGR n. XI/4803 del 31 maggio 2021- Approvazione delle nuove linee guida regionali per l'autorizzazione degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili (fer) a seguito degli aggiornamenti della normativa nazionale in materia.

GLOSSARIO

BIPV: Building Integrated Photovoltaic | Fotovoltaico integrato

a-Si: Amorphous silicon | Silicio Amorfo

BAPV: Building Attached Photovoltaics | Fotovoltaico applicato

BIPVT: Building-integrated photovoltaic-thermal | Fotovoltaico integrato-termico

CdTe: Cadmium telluride photovoltaics | Tellururo di cadmio

CIGS Copper: indium gallium selenide | Diseleniuro di rame, indio e gallio

CIS: Copper indium selenide | Diseleniuro di rame e indio

EED: Energy Efficiency Directive | Direttiva sull'efficienza Energetica

EPBD: Energy Performance Building Directive | Direttiva sulle prestazioni energetiche degli edifici

FER: Renewable Energy Resources (RES) | Fonti di Energia Rinnovabile

mc-Si: Multicrystalline Silicon | Silicio Policristallino

nZEB: Nearly Zero Energy Buildings | Edifici ad energia quasi zero

OPV: Organic Photovoltaics | Fotovoltaico Organico

PV: Photovoltaic | Fotovoltaico

RED: Renewable Energy Directive | Direttiva sull'energia rinnovabile

sc-Si: Singlecrystalline Silicon | Silicio Monocristallino

UE: European Union | Unione Europea

VOC: Volatile organic compounds | Composti organici volatili

Il mondo del fotovoltaico integrato è in continuo sviluppo ed espansione, per rimanere aggiornati vi invitiamo a iscrivervi alla newsletter visitando il sito:

www.bipvmeetshistory.eu

Seguiteci anche su:

