



IL FOTOVOLTAICO DI OGGI È TUTTA UN'ALTRA STORIA



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

BIPV meets history

individuazione di casi studio esemplari

Autori

Alessia Peluchetti, Stefano Capuzzi, Andrea Costa, Carlotta Cocco

Coordinamento: Isabella Dall'Orto – Regione Lombardia

Dettaglio documento:

Titolo “Individuazione di casi studio esemplari a livello di soluzioni progettuali, di buone pratiche dal punto di vista procedurale ed attuativo”

Report No: 5

Work Package: WP4

Data di pubblicazione: 23/12/2020

Versione: 1.0

Dettaglio progetto:

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

Codice progetto: 603882

Codice CUP: D56C18000610007

Durata del progetto: Maggio 2019 - Ottobre 2021 (30 mesi)

Partners:



Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI



ticino * energia



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

SOMMARIO

Il progetto mira a creare nuove prospettive di business nei territori transfrontalieri tra Italia e Svizzera per la filiera del fotovoltaico integrato (BIPV) nel recupero del patrimonio edilizio storico e del paesaggio, rispondendo alle politiche europee, nazionali e locali in fatto di efficienza energetica e di tutela del patrimonio culturale. La filiera sarà basata sulla complementarità di expertise tra Pubbliche Amministrazioni, ricerca e imprese dei settori della costruzione e del fotovoltaico al fine di aprire un mercato che porterà benefici economici e produttivi per tutti gli attori della catena del valore.

L'analisi del contesto legislativo, normativo e procedurale, l'individuazione delle barriere e delle potenzialità di mercato e la stima del potenziale solare di un'area di confine permetteranno di individuare le possibilità di sviluppo di tale mercato. Il coinvolgimento di tutti utenti servirà ad aumentare la conoscenza e a rimuovere gli ostacoli che rallentano la diffusione delle tecnologie BIPV in questi contesti. Il progetto raccoglierà casi di studio esemplari a livello europeo e internazionale (sia a carattere architettonico sia aziendale), definendo criteri guida e strumenti per favorire la diffusione del BIPV. Il materiale sarà la base per la creazione di una piattaforma digitale e dello sviluppo di nuovi modelli di business e meccanismi finanziari per gli stakeholders coinvolti. La disseminazione dei risultati e del materiale sviluppato nel progetto intende migliorare il trasferimento tecnologico e culturale su tutta la catena del valore e creare uno strumento operativo replicabile nelle diverse aree transfrontaliere.

INDICE

SOMMARIO	3
INDICE	4
1. INTRODUZIONE	5
2. INDIVIDUAZIONE DEI CASI STUDIO ESEMPLARI.....	5
2.1 Criteri utilizzati per l'analisi	6
3. ANALISI CASI STUDIO ESEMPLARI.....	7
3.1 Edifici storici o in contesti storici	9
Municipio di Linares - Spagna	9
Municipio di Alzira – Spagna.....	12
Stazione di King's Cross – Londra, Gran Bretagna.....	15
3.2 Ville soggette a tutela paesaggistica.....	16
Villa Castelli – Bellano, Italia	17
3.3 Edifici rurali	21
Cascina Marianna – Landriano, Italia.....	21
3.4 Edifici di tipo industriale o produttivo	24
Magazzino Doganale – Essen, Belgio	24
Cantina di Colterenzio – Appiano, Italia.....	27
4. CONCLUSIONI.....	30

1. INTRODUZIONE

L'analisi dei casi studio esemplari è un passaggio cruciale per il progetto al fine di analizzare e prendere come esempio delle specifiche implementazioni dei BIPV.

Con questo lavoro si vuole individuare casi studio esemplari a livello di soluzioni progettuali, di buone pratiche dal punto di vista procedurale ed attuativo selezionando dei progetti innovativi e all'avanguardia nell'adozione della tecnologia BIPV, approfondendo così l'iniziale attività di ricognizione dello stato dell'arte di implementazione di queste tecnologie nel parco edilizio esistente condotta nella task 1. I progetti presentati sono stati in parte selezionati dalla ricognizione precedentemente svolta ed in parte a partire dai progetti in cui R2M Solution è coinvolta direttamente o indirettamente attraverso il proprio network di progetti LEED, BREEAM, di ricerca e in qualità di società di rivendita e consulenza di ONYX Solar in Italia.

I progetti sono stati selezionati sulla base di una serie di "KPIs" (Key Performance Indicators), indicatori di prestazione, quali ad esempio le prestazioni raggiunte, l'energia prodotta, la tipologia di procedura autorizzativa attuata per procedere all'implementazione del BIPV. L'analisi dei casi studio si ricollega all'analisi del patrimonio immobiliare svolta nel WP3, analizzando l'applicazione delle tecnologie BIPV su alcune delle tipologie edilizie individuate con il lavoro precedente.

L'obiettivo è quello di individuare casi studio esemplari di applicazione dei sistemi BIPV tra le tipologie edilizie precedentemente analizzate per favorire e sviluppare le potenzialità di integrazione, in maniera virtuosa, di queste tecnologie in ambiti tutelati, nel rispetto delle caratteristiche storico-artistiche del patrimonio e del paesaggio.

2. INDIVIDUAZIONE DEI CASI STUDIO ESEMPLARI

L'individuazione di casi studio consente di evidenziare le applicazioni in cui il sistema fotovoltaico è stato integrato nell'edificio e armonizzato nei caratteri estetici del fabbricato. L'analisi di queste soluzioni può consentire di tracciare la strada verso una maggiore diffusione di sistemi BiPV in contesti storici, tutelati e di pregio, sottolineando casi considerati "best practices" e favorendo la diffusione di conoscenza sul tema a diversi stakeholders. La realizzazione di sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili è imposta dalla legislazione europea nel contesto della riqualificazione del patrimonio edilizio, tuttavia le soluzioni fotovoltaiche integrabili nei sistemi costruttivi tradizionali risultano ancora poco conosciute e quindi poco diffuse. L'integrazione architettonica nel tessuto urbano e nel patrimonio edilizio esistente delle fonti di energia rinnovabile e degli interventi di riqualificazione, costituirà una delle sfide principali dei prossimi anni. La definizione e l'adozione di

soluzioni in grado di aumentare la sostenibilità degli edifici e al tempo stesso migliorarne la qualità estetica ed architettonica sarà uno dei principali obiettivi comune per i tecnici del settore, committenti, enti e collettività nell'ambito della riqualificazione edilizia.

L'analisi dei casi studio si ricollega all'attività di analisi del patrimonio immobiliare svolta nel WP3 e che ha nell'area di studio selezionata, costituita dall'area transfrontaliera della provincia di Como, un particolare riferimento ad ambiti tutelati. Lo studio delle ricorrenze morfologiche e tipologiche degli immobili presenti nell'area campione, ha portato all'individuazione e classificazione delle tipologie edilizie ricorrenti nell'area di analisi e rappresenta la base per valutare le potenzialità di integrazione dei BIPV nelle diverse tipologie edilizie presenti sul territorio.

L'obiettivo del presente report è quello di individuare casi studio esemplari di applicazione dei sistemi BIPV tra le tipologie edilizie individuate nel lavoro precedente, per favorire e sviluppare le potenzialità di integrazione, in maniera virtuosa, di queste tecnologie in ambiti tutelati, nel rispetto delle caratteristiche storico-artistiche del patrimonio e del paesaggio.

~~Partendo da una analisi di una specifica area territoriale,~~ L'analisi può costituire una risorsa per valutare in generale la compatibilità delle tecnologie fotovoltaiche integrate nel patrimonio culturale esistente e supportare la diffusione dei sistemi BIPV in un processo di riqualificazione edilizia di elevata qualità architettonica e in termini di sostenibilità.

2.1 Criteri utilizzati per l'analisi

La selezione dei casi studio è stata basata su diversi criteri, con l'obiettivo di individuare soluzioni BiPV dei sistemi fotovoltaici che possano considerarsi "best practices" in termini di integrazione architettonica e allo stesso tempo rappresentative di diverse tipologie edilizie comuni e potenzialmente replicabili in diversi ambiti analoghi.

In particolare, i criteri adottati per l'individuazione dei casi studio sono principalmente i seguenti:

- Integrazione architettonica dei sistemi fotovoltaici nel linguaggio architettonico dell'edificio: i casi analizzati comprendono sia esempi dove il fotovoltaico è stato integrato nell'edificio fino quasi ad essere difficilmente percepibile, sia casi in cui le caratteristiche estetiche del BIPV vengono utilizzate come linguaggio, dialogando con il fabbricato e con il contesto esistente. Oltre all'integrazione estetica di questi elementi, sono state valutate anche l'integrazione tecnologica, energetica e paesaggistica. I casi selezionati possono essere considerati "best practices" dal punto di vista dell'integrazione architettonica ed estetica nell'edificio;
- Rappresentatività delle tipologie edilizie: gli edifici selezionati presentano caratteristiche tipologiche, morfologiche e funzionali presenti in diversi contesti nazionali ed europei, seppure declinati in diversi e specifici stili

architettonici locali. La ricerca è stata mirata ad individuare, per quanto possibile, casi studio relativi a tipologie di edifici con caratteristiche analoghe a quelle individuate nel Report di analisi del patrimonio immobiliare sviluppato nel deliverable A.3.2;

- Replicabilità dell'intervento: sono state privilegiate buone pratiche che si ritiene possano essere replicate su diversi edifici esistenti, risolvendo problematiche generali di integrazione architettonica degli impianti fotovoltaici con soluzioni che possono essere estese ad altre situazioni simili.

Sulla base dei criteri sopra riassunti, sono stati individuati alcuni casi studio ritenuti di maggior interesse presenti sul territorio italiano e, considerando che le tecnologie BiPV applicate ad edifici esistenti in contesti storici o di tutela, come emerso anche nei Task precedenti, sono ancora poco diffuse, selezionando casi studio anche a livello europeo. Per questo motivo si è privilegiata la scelta di casi che possono costituire "best practices" e che, anche se situati in contesti diversi dall'area di studio, possono rappresentare tipologie edilizie (ad esempio palazzi storici con corte interna, edifici storici industriali o produttivi o di archeologia industriale) con caratteristiche analoghe a quelle presenti sul territorio oggetto di analisi.

3. ANALISI CASI STUDIO ESEMPLARI

I progetti selezionati sono relativi a interventi che riguardano edifici storici, edifici soggetti a tutela storico artistica secondo l'art. 10 del D. Lgs. 42/04, ed edifici posti in un contesto tutelato e quindi soggetti a tutela paesaggistica secondo gli art. 136 e 142 del D. Lgs. 42/04. La maggior parte dei progetti riguardano applicazioni di BiPV in copertura o su lucernari. Ciò è dovuto al fatto che altre applicazioni di sistemi fotovoltaici integrati, come ad esempio le installazioni in facciata, rappresentano soluzioni che comportano trasformazioni importanti dell'esistente e richiedono un grado molto elevato di integrazione estetica e paesaggistica con il contesto esistente, talvolta complesso da raggiungere. Pertanto, queste soluzioni sono generalmente adottate per edifici di nuova costruzione o eventualmente per edifici presenti in contesti non tutelati o non storici, che non necessitano di un alto grado di integrazione morfologica, estetica e paesaggistica.

Si nota in generale un utilizzo ancora molto limitato di queste tecnologie in edifici residenziali, mentre sono maggiormente diffuse in edifici adibiti a terziario, produttivi, luoghi di culto ed edifici pubblici.

La selezione dei casi studio si è basata sulle tipologie edilizie in linea con quelle individuate nel Report di analisi del patrimonio immobiliare sviluppato nel deliverable A.3.2, che si possono riassumere in:

- Edifici storici o situati in nuclei di antica formazione, come i centri storici;
- Ville soggette a tutela paesaggistica;
- Edifici rurali, come cascine, soggetti a tutela paesaggistica;

- Edifici di tipo industriale o produttivo.

Per ciascuna delle tipologie è stato individuato un caso di “best practice” principale, analizzato più nel dettaglio, ed uno o più casi studio secondari, con l’intento di mostrare possibili sfumature e declinazioni di interventi di BIPV sulle tipologie edilizie individuate.

I casi esaminati presentano in alcuni casi soluzioni in cui il sistema fotovoltaico è stato integrato nell’edificio in modo poco percepibile. In altri casi invece le peculiarità estetiche (anche in termini di schema e trama geometrica) delle celle fotovoltaico sono state utilizzate in maniera più evidente nello sviluppo del progetto. Sono stati in genere selezionati casi nei quali l’integrazione dell’elemento fotovoltaico è stata massimizzata, mentre non sono stati riportati i casi (alcuni dei quali sono stati citati nel report del task A3.1) in cui il sistema fotovoltaico è stato utilizzato come elemento architettonico in maniera più radicale ed esplicita. Tra questi casi studio sono stati individuati interventi caratterizzati da una buona integrazione energetica o tecnologica, e che pertanto, sotto questo punto di vista, possono essere considerati “best practices”. Tuttavia, questi interventi non sempre hanno preservato i caratteri materici ed estetici dell’esistente e, pertanto, sono caratterizzati da un’integrazione estetica e paesaggistica limitata. La preservazione materica e la perfetta integrazione visiva degli elementi architettonici degli edifici, soprattutto se soggetti a tutela storico artistica, sono caratteristiche imprescindibili per ottenere il nulla osta preventivo dalla rispettiva Soprintendenza o dall’ente preposto competente, i quali possono impedire l’installazione di questi sistemi se ne individuano l’incompatibilità con il contesto storico paesaggistico esistente. Per questo motivo, in questo report, sono stati privilegiati casi studio con un buon grado di integrazione estetica, che possono risultare maggiormente soggetti al dialogo e al processo decisionale con enti preposti alla tutela.

Gli interventi selezionati sono stati descritti sia dal punto di vista qualitativo, come ad esempio la tipologia di BIPV ed il posizionamento, sia da quello quantitativo, come la metratura, la capacità e i kWp secondo i seguenti punti:

- Nome del progetto;
- Data intervento;
- Area geografica
- Tipologia di applicazione BIPV;
- Tecnologia BIPV;
- Posizione BIPV;
- Metratura BIPV installata e kWp;
- Ambito tutelato/edificio storico;
- Immagini del progetto.

Nella descrizione dell’intervento, oltre ai dati indicati, è stata sviluppata una sintetica descrizione degli aspetti di rilievo del progetto, con focus sul BIPV. Si è inoltre cercato di evidenziare le motivazioni per le quali l’intervento può essere considerato una “best practice” e gli aspetti importanti per considerare l’intervento rappresentativo o replicabile.

3.1 Edifici storici o localizzati in contesti storici

I Nuclei di Antica Formazione sono parti del territorio costituite da tessuti urbani densi che presentano caratteristiche storiche, identitarie, morfologiche e tipologiche, riconoscibili dalla stratificazione dei processi della loro formazione. Queste aree sono ricche di edifici con valore storico monumentale o paesaggistico, e quindi soggetti a tutela. I palazzi urbani e le ville rappresentano i luoghi storici di dimora della città e rappresentano le due tipologie di edilizia storica più diffuse all'interno del territorio. Come best practices sono stati individuati il Municipio di Linares e quello di Alzira in Spagna, che ricordano la tipologia edilizia del palazzo urbano storico e la Stazione di King's Cross a Londra, che è un esempio di applicazione dei sistemi BiPV su edifici storici tutelati.

Municipio di Linares - Spagna

NOME DEL PROGETTO	Municipio di Linares
DATA INTERVENTO	Non disponibile
AREA GEOGRAFICA	Linares - Jaèn, Andalusia, Spagna
TIPOLOGIA DI APPLICAZIONE BIPV	Vetri fotovoltaici con celle in silicio cristallino
POSIZIONE BIPV	Lucernario su corte interna - sostituzione lucernario esistente
SUPERFICIE BIPV INSTALLATA	80 m ²
POTENZA DI PICCO BIPV	5 kWp
AMBITO TUTELATO/EDIFICIO STORICO	Edificio del XIX secolo di importante valenza storica ed architettonica per la città.

L'intervento si inserisce nel contesto di ristrutturazione e ampliamento del Municipio di Linares, in Andalusia, che ha portato alla riqualificazione di un edificio di valore storico-monumentale e rappresentativo per la città. Il lucernaio esistente è stato sostituito con vetri fotovoltaici in silicio cristallino di forma rettangolare e triangolare per una superficie di circa 80 m². Il serramento semi-piano che costituisce il lucernario, è composto da vetrocamera costituita da vetro fotovoltaico, camera interna con gas e vetro interno basso emissivo. La disposizione delle celle nei vetri è

stata studiata per lasciare parti vetrate libere per l'ingresso della luce naturale. Il lucernario assolve quindi diverse funzioni:

- protezione da agenti atmosferici;
- illuminazione naturale degli ambienti;
- schermatura solare e riduzione dei carichi termici estivi dell'edificio;
- isolamento termico dell'edificio;
- produzione di energia elettrica rinnovabile.

La produzione di energia elettrica fotovoltaica dell'intervento è stimata in 35 anni pari a 208 MWh e le emissioni di CO₂ evitate nello stesso arco temporale sono pari a 139 tonnellate.

L'intervento è stato selezionato come "best practice" dal momento che il sistema fotovoltaico è invisibile dall'esterno ed armonizzato all'interno di un elemento architettonico come il lucernaio in grado di assolvere diverse funzioni, integrandosi esteticamente nell'intervento. Lo schema delle celle fotovoltaiche in silicio cristallino definisce una schermatura solare che si pone in relazione con l'edificio esistente con una propria espressività architettonica.

L'intervento può essere considerato rappresentativo perché realizzato su una tipologia di edificio storico a corte presente sul territorio italiano, in diversi stili e architettonici locali e sfumature: a titolo di esempio si possono trovare diversi palazzi storici o nobiliari di simile tipologia, che ospitano uffici pubblici o musei.



Figura 1 – Vista esterna del Municipio di Linares – fonte: www.onyx-solar.com



Figura 2 – Lucernario visto dalla corte interna– fonte: www.onyxsolar.com



Figura 3 – Dettaglio della struttura del lucernario e dei vetri fotovoltaici – fonte: www.onyxsolar.com



Figura 4 – Lucernario con evidenza dell'effetto di ombreggiamento -- fonte: www.onyxsolar.com



Figura 5 – Vista del lucernario dall'esterno -- fonte: www.onyxsolar.com

Municipio di Alzira – Spagna

Il Municipio di Alzira, nei pressi di Valencia (Spagna), è stato oggetto di riqualificazione con la realizzazione un lucernario sulla corte interna costituito da vetro fotovoltaico amorfo con un grado di trasparenza del 10%. La soluzione consente l'ingresso della luce naturale, ma al tempo stesso evita (con un adeguato fattore solare) il surriscaldamento estivo che può verificarsi nei climi come quello di Valencia. Il sistema fotovoltaico risulta quindi integrato nel lucernario piano della struttura (che ha una superficie di 112 m²), grazie anche al silicio amorfo che rende sostanzialmente non percepibile internamente ed esternamente la presenza del sistema fotovoltaico stesso. La potenza installata è pari a circa 5,1 kWp ed è in grado

di produrre circa 1.000 kWh di energia elettrica ogni anno. Il caso riportato rappresenta una pratica analoga al caso precedente relativo al Municipio di Linares, applicato in una tipologia edilizia simile, in cui la differenza risiede nell'utilizzo di vetri con silicio amorfo anziché cristallino. Questo comporta l'assenza, dal punto di vista estetico ed architettonico, dello schema geometrico delle celle di silicio cristallino, usate anche come elemento di ombreggiamento nel caso precedente, a favore di un vetro con celle in silicio amorfo semitrasparente, in cui la tecnologia fotovoltaica si integra nella vetrata fino ad essere percepita come un vetro con un certo grado di oscurazione/trasparenza.



Figura 6 – Vista esterna del Municipio di Alzira– fonte: www.onyxsolar.com



Figura 7 – Vista interna del lucernario – fonte: www.onyxsolar.com

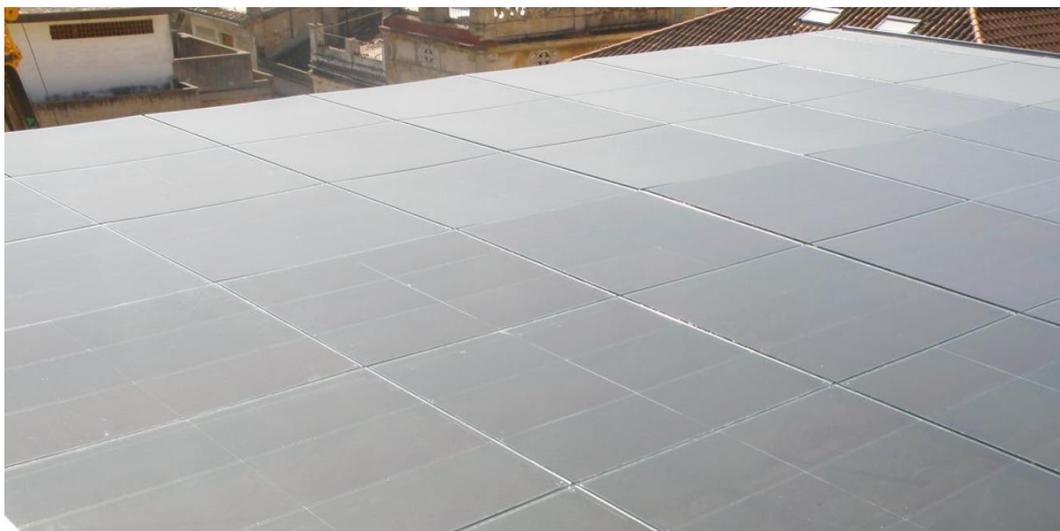


Figura 8 – Vista esterna del sistema fotovoltaico integrato nel lucernario– fonte: www.onyxsolar.com



Figura 9 – Dettaglio del lucernario e dei vetri fotovoltaici– fonte: www.onyxsolar.com

Stazione di King's Cross – Londra, Gran Bretagna

La stazione ferroviaria di King's Cross a Londra è un edificio storico tutelato secondo la normativa inglese come "monumento classificato" di grado I, cioè di interesse eccezionale. Nel 2012 la copertura a volta in acciaio e vetro della struttura è stata riqualificata con l'inserimento di quasi 1.400 vetri fotovoltaici, per una superficie di 2.300 m², in grado di produrre circa 175.000 kWh annui di energia elettrica e di evitare l'emissione di 100 tonnellate annue di CO₂. L'intervento costituisce un esempio di ottima integrazione tecnologica ed energetica, è il più esteso sistema BIPV in Gran Bretagna ed evidenzia una "best practice" in ambito di riqualificazione sostenibile in un edificio tutelato di eccezionale interesse monumentale.



*Figura 10 – Vista interna della stazione di King's Cross della copertura vetrata -fonte
www.romag.co.uk*

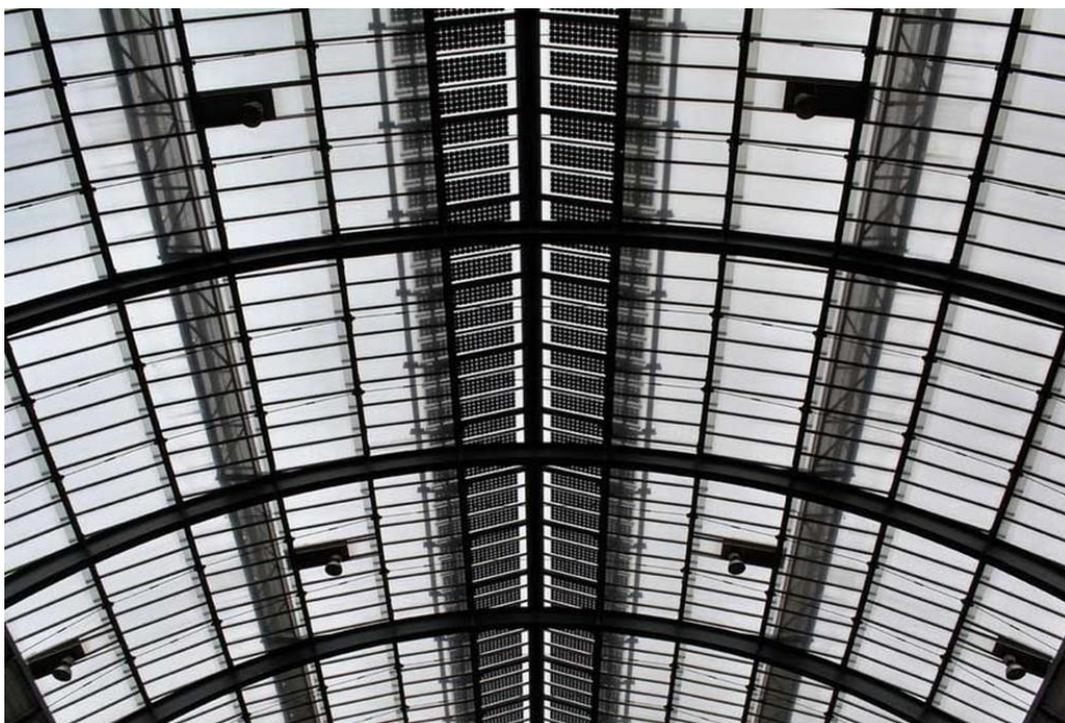


Figura 11- Dettaglio della copertura e del sistema fotovoltaico integrato - fonte www.romag.co.uk

3.2 Ville soggette a tutela paesaggistica

Le ville di pregio storico – architettonico rappresentano una tipologia di edilizia storica altamente diffusa all'interno del territorio dell'area di studio. Oltre alle ville situate nei nuclei di antica formazione, che corrispondono al luogo storico di dimora, la tipologia edilizia "villa" è anche diffusa nel resto del territorio come meta prescelta di villeggiatura e si caratterizza nel duplice aspetto di residenza connessa con le attività agricole e residenza di pregio panoramico. La villa tipica dei contesti suburbani, a differenza della tipologia "villa" tipica del centro storico, è situata in ambiti soggetti a tutela paesaggistica (parchi, rive di laghi etc.), ed è caratterizzata dalla presenza di ampi parchi e giardini. Come best practice è stata selezionata villa Castelli, che è un esempio della tipologia edilizia della villa situata in aree soggette a tutela paesaggistica.

Villa Castelli – Bellano, Italia

NOME DEL PROGETTO	Villa Castelli
DATA INTERVENTO	Dal 2013
AREA GEOGRAFICA	Bellano, Lecco , Italia
TIPOLOGIA DI APPLICAZIONE BIPV	Pannelli in silicio monocristallino flessibili di ridotto spessore
POSIZIONE BIPV	Integrazione in copertura inclinata opaca
SUPERFICIE BIPV INSTALLATA	89 m ²
POTENZA DI PICCO BIPV	10 kWp
AMBITO TUTELATO/EDIFICIO STORICO	Villa storica situata sulle sponde del lago di Como soggetta a tutela paesaggistica.

Villa Castelli, situata sulla sponda est del lago di Como nel comune di Bellano (LC), è un edificio storico della seconda metà del XIX secolo e oggetto di rinnovamento nel 1925. E' soggetto a tutela paesaggistica secondo gli articoli 136 e 142 del D. Lgs. 42/2004 e da un vincolo urbanistico che stabilisce il mantenimento delle strutture interne di pregio.

Nel 2013 Villa Castelli è stata sottoposta ad un intervento di riqualificazione profonda con l'obiettivo di migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio, nel rispetto dei caratteri storici e di pregio, combinando quindi restauro conservativo e riqualificazione energetica dell'involucro e degli impianti. Le strutture edilizie disperdenti dell'edificio, sono state infatti oggetto di importanti interventi di isolamento termico dall'interno ed è stata prevista l'installazione di serramenti performanti (triplo vetro basso emissivo) in luogo degli esistenti. Relativamente agli impianti sono stati installati una pompa di calore geotermica per il riscaldamento, un sistema di ventilazione meccanica e un impianto fotovoltaico integrato in copertura. L'edificio è stato oggetto anche di Certificazione secondo il protocollo CasaClima R[®] (facendo anche da edificio pilota), vincendo il CasaClima award 2016

Il sistema BIPV installato in copertura, che consente di soddisfare quasi in maniera completa alle necessità energetiche primarie dell'edificio, ha una potenza nominale pari a 10 kWp, una superficie di 88,76 m² ed è realizzato con pannelli in silicio monocristallino flessibili e sottili incollati direttamente sulla copertura metallica di nuova realizzazione dell'edificio. I pannelli sono stati realizzati appositamente per

il progetto e sono di colore grigio antracite al fine di integrarsi esteticamente con la copertura opaca dell'edificio. Il progetto del BIPV si è quindi sviluppato grazie ad un lungo percorso progettuale ed una stretta collaborazione tra progettisti, Soprintendenza, produttori della copertura e dei pannelli fotovoltaici. La copertura esistente era in coppi e sebbene una prima versione del progetto prevedesse la realizzazione di una nuova copertura in pietra, si è poi optato per una copertura metallica che richiama i colori della copertura tradizionale. L'integrazione progettuale dei pannelli ha quindi seguito l'iter di definizione della soluzione progettuale della copertura, per cui inizialmente sono state studiate soluzioni BIPV su un tetto in pietra grigia. In relazione a questo caso studio sono presenti informazioni dettagliate inerenti al percorso progettuale e decisionale, con particolare riferimento all'integrazione architettonica di queste soluzioni in ambito tutelato. I principali criteri posti alla base del progetto, relativamente all'impatto estetico del BIPV, sono stati i seguenti: complanarità; rispetto delle linee e della forma della falda, disposizione dei pannelli e scelte cromatiche. Dall'altro lato la Soprintendenza responsabile del progetto ha valutato come criteri fondamentali nell'integrazione:

- le caratteristiche estetiche dei pannelli, come colore e finitura superficiale;
- disposizione geometrica dei moduli in rapporto alla forma delle falde e all'orientamento dell'edificio;
- aderenza e complanarità alla copertura;
- assenza di superfici riflettenti;
- visibilità dell'impianto dall'intorno, in particolare dalla quota strada, dal lago e in relazione al paesaggio circostante.

Villa Castelli costituisce una "best practice" perché può essere considerato a tutti gli effetti un caso pilota di integrazione di sistemi BIPV in contesti tutelati. In Villa Castelli sono stati combinati restauro conservativo e riqualificazione energetica profonda, con il raggiungimento di elevati standard di efficienza energetica e di qualità architettonica. Il caso è interessante anche perché permette di evidenziare quali possano essere gli aspetti e i criteri da seguire nella progettazione, al fine di ottenere un' integrazione tra elemento tecnologico ed edificio tutelato. Il dialogo ed il percorso progettuale tra progettisti, Soprintendenza e produttori/fornitori di tecnologie è un aspetto importante che è stato evidenziato come buona pratica in questo caso e che ha permesso di raggiungere gli obiettivi di integrazione architettonica di tecnologie moderne ed innovative come i sistemi fotovoltaici.

Villa Castelli, inoltre, può essere considerata rappresentativa perché riguarda una tipologia edilizia (villa soggetta a tutela paesaggistica) oggetto di analisi del patrimonio immobiliare nel delivarabile A3.2 e situata in un territorio limitrofo a quello oggetto di analisi con le stesse caratteristiche tipologiche e morfologiche. Infine, costituisce una tipologia edilizia tutelata e diffusa sul territorio italiano, dove si possono trovare diversi edifici analoghi sulle sponde marine e lacustri, in parchi regionali e nazionali o altri territori di valenza paesaggistica.



Figura 12 – Vista esterna di Villa Castelli dopo la riqualificazione- fonte: www.agenziacasaclima.it



Figura 13- Vista aerea della copertura in cui si nota l'integrazione del sistema fotovoltaico - fonte BiPV.eurac.edu



Figura 14- Dettaglio di un pannello fotovoltaico- fonte BiPV.eurac.edu



Figura 15 – Vista del sistema fotovoltaico integrato alla copertura- - fonte BiPV.eurac.edu

3.3 Edifici rurali

Sino a qualche decennio fa il paesaggio era caratterizzato anche dalla presenza di edifici rurali, cascine e casolari, tal volta soluzioni a metà tra la casa di villeggiatura e l'azienda agricola. Oggi tali elementi sono presenti in numero ridotto o vertono in condizioni precarie. Sebbene la maggior parte di questi edifici abbia perso la sua funzione originaria e, in genere, è stata inglobata nel tessuto urbanizzato ed ha trovato utilizzo come edificio residenziale, è ancora possibile osservarne i caratteri originali, quali ad esempio la tipologia a corte, la presenza di logge, l'uso del mattone come materiale predominante e del coppo come copertura. Solo una piccola parte delle cascine "storiche" è tuttora adibita a sede di azienda agricola. Come best practices è stata individuata la Cascina Marianna come esempio per la tipologia edilizia della cascina situata in aree rurali.

Cascina Marianna – Landriano, Italia

NOME DEL PROGETTO	Cascina Marianna
DATA INTERVENTO	Non disponibile
AREA GEOGRAFICA	Landriano, Pavia, Italia
TIPOLOGIA DI APPLICAZIONE BIPV	Pannelli in silicio cristallino
POSIZIONE BIPV	Integrazione in copertura inclinata opaca
SUPERFICIE BIPV INSTALLATA	190 m ² c.a.
POTENZA DI PICCO BIPV	19,44 kWp
AMBITO TUTELATO/EDIFICIO STORICO	Cascina storica

La cascina Marianna è una cascina storica rurale situata a Landriano, in provincia di Pavia. L'edificio, che deriva il suo nome dagli antichi possessori, oggi ospita una azienda agricola didattica sperimentale Menozzi, che costituisce una sede distaccata della facoltà di agraria di Milano. Nella cascina si svolgono sia normali attività di produzione del latte sia attività sperimentali in ambito di coltivazione dei campi e l'allevamento su temi come l'alimentazione, la sanità e il benessere dei capi di bestiame.

Sulla copertura di uno degli edifici della cascina è stato realizzato un impianto fotovoltaico con 108 pannelli in silicio cristallino di potenza nominale e pari a 19,44 kWp, progettato in modo che l'energia prodotta venga autoconsumata nella attività dell'azienda. I pannelli sono installati nella copertura inclinata esistente in coppi grazie ad un sistema di fissaggio che ha permesso l'integrazione nella falda. Sebbene non siano state rispettate le caratteristiche materiche e morfologiche dei materiali, limitandone l'integrazione estetica e paesaggistica, l'intervento presenta una buona integrazione tecnologica ed energetica.

Questo caso rappresenta un tipico caso di impianto fotovoltaico in silicio cristallino integrato in falda inclinata opaca. La tipologia edilizia su cui è installato l'impianto, una cascina, rappresenta una delle tipologie individuate nel Report di analisi del patrimonio immobiliare sviluppato nella Task A.3.2 e diffusa, in diverse forme, nel territorio italiano. Pertanto, il caso si può considerare rappresentativo perchè evidenzia una soluzione di installazione di BIPV sfruttando la copertura di edifici agricoli e cascine.



Figura 16 – Copertura con impianto fotovoltaico integrato della Cascina Menozzi - fonte enerpoint.it



Figura 17 – Dettaglio della copertura e dei pannelli fotovoltaici i - fonte enerpoint.it



Figura 18 – Vista esterna della copertura e dell'impianto fotovoltaico - fonte google street view

3.4 Edifici di tipo industriale o produttivo

Nella categoria edifici produttivi rientrano sia quegli edifici di archeologia industriale ~~valore storico~~, testimonianze degli insediamenti industriali del passato, sia gli edifici produttivi che pur non avendo un valore storico architettonico ~~artistico~~ si prestano molto bene all'applicazione di BIPV poiché sono generalmente caratterizzati da forme regolari, coperture piane e grandi superfici vetrate. Inoltre, molti edifici industriali, dismessi o degradati, sono localizzati in zone classificate come ambiti strategici di riqualificazione urbana e pertanto si prestano a progetti di ristrutturazione e rigenerazione. La tipologia dell'edificio varia a seconda del tipo di attività insediata, anche se costantemente si ripetono le caratteristiche di grandi volumi semplici di due o più piani con finestre centinate e tetto piano o a capanna. Come best practices sono stati individuati il Magazzino Doganale di Essen e la Cantina di Colterenzio, che ricordano la tipologia edilizia dell'archeologia industriale.

Magazzino Doganale – Essen, Belgio

NOME DEL PROGETTO	Magazzino Doganale
DATA INTERVENTO	2018-2019
AREA GEOGRAFICA	Essen, Belgio
TIPOLOGIA DI APPLICAZIONE BIPV	Vetri fotovoltaici con celle in silicio amorfo
POSIZIONE BIPV	Lucernario su copertura - sostituzione lucernario esistente
SUPERFICIE BIPV INSTALLATA	750 m ²
POTENZA DI PICCO BIPV	Non disponibile
AMBITO TUTELATO/EDIFICIO STORICO	Edificio adibito a magazzino doganale del 1902 situato al confine tra Olanda e Belgio.

Il Magazzino Doganale di Essen è un edificio storico tutelato del 1902 in stile neorinascimentale realizzato in muratura e struttura in acciaio. Il fabbricato si trovava in stato di abbandono e nel 2018-2019 è stato oggetto di una riqualificazione mirata ad introdurre sistemi e materiali sostenibili in un contesto storico di pregio. L'intervento ha previsto anche la realizzazione di un lucernario

realizzato con vetri fotovoltaici in sostituzione dell'esistente (ormai scomparso) per una superficie di circa 750 m², sviluppato per tutta la lunghezza dell'edificio. I vetri fotovoltaici integrati nella vetrocamera sono composti da celle in silicio amorfo semi-trasparente, che hanno permesso di raggiungere il desiderato livello di trasparenza per l'illuminazione interna dell'edificio. I vetri consentono sia di generare elettricità, sia di lasciare penetrare la luce. In particolare, il grado di trasparenza dei vetri fotovoltaici è stato valutato tramite studi termo-igrometrici. Queste analisi hanno permesso di definire una soluzione che lasciasse entrare una adeguata quantità di luce solare per garantire l'illuminazione naturale dell'edificio, ma al tempo stesso che non avesse un impatto negativo sulle strutture in acciaio del tetto storico.

Il BIPV è in grado di produrre in 35 anni circa 627 MWh di energia elettrica e di evitare l'emissione di 420 tonnellate di CO₂ nell'atmosfera.

L'intervento relativo al lucernario fotovoltaico è parte di un progetto Europeo Interreg di Fiandre e Paesi Bassi relativo a soluzioni atte a rendere sostenibili gli edifici storici.

La realizzazione è considerata "best practice" in quanto l'installazione dei vetri fotovoltaici ha permesso ad un edificio storico tutelato di essere maggiormente sostenibile ed efficiente dal punto di vista energetico. La soluzione risulta inoltre totalmente integrata nell'edificio, in quanto i vetri fotovoltaici offrono un adeguato livello di schermatura/trasparenza per l'edificio generando al tempo stesso elettricità. L'impiego di celle con silicio amorfo rende praticamente non percepibile (il lucernario è posto a 16 metri circa di altezza) il fatto che si tratti di un vetro fotovoltaico e quindi non si rileva un impatto estetico rilevante sull'edificio.

L'intervento può essere considerato rappresentativo perché realizzato su una tipologia architettonica diffusa anche nel territorio italiano con analoghe caratteristiche, che comprende magazzini, opifici, edifici industriali dell'inizio del XX secolo ed edifici considerati di archeologia industriale.



Figura 19 – Vista esterna dell'edificio a seguito della riqualificazione - fonte: www.onyxsolar.com



Figura 20 – Interno dell'edificio prima dell'intervento - fonte: www.onyxsolar.com



Figura 21 – Vista interna della nuova copertura e della vetrata fotovoltaica integrata nel lucernario – fonte: www.onyxsolar.com



Figura 22 – Vista esterna di lucernario e copertura dopo la riqualificazione - fonte: www.onyxsolar.com



Figura 23 – Dettaglio della vetrata fotovoltaica del lucernario - fonte: www.onyxsolar.com

Cantina di Colterenzio – Appiano, Italia

Un altro esempio di edificio produttivo oggetto di riqualificazione e in cui è stato impiegato un sistema BIPV, è rappresentato dalla Cantina di Colterenzio in Appiano (BZ), Italia. Nel 2009 l'edificio originale degli anni Settanta è stato oggetto di una riqualificazione, mirata alla sostenibilità ambientale, che ha portato ad un progetto in cui le strutture esistenti sono state integrate con tecnologie innovative come il fotovoltaico. Il BIPV, in questo caso, è installato su una tettoia semitrasparente

costituita da una struttura portante in acciaio: i pannelli fotovoltaici sono costituiti da due strati di vetro trasparente in cui sono alloggiati celle in silicio monocristallino. La soluzione progettuale ha previsto di installare i vetri fotovoltaici solo sul lato del lucernario rivolto verso sud consentendo quindi di lasciare entrare la luce naturale e al tempo stesso di schermare la luce solare diretta: il particolare effetto di ombreggiamento della copertura è infatti stato studiato progettualmente come elemento di valenza architettonica, in relazione anche ai materiali e agli elementi architettonici realizzati nell'edificio. La superficie di vetro fotovoltaico è pari a 236 m², con una potenza nominale di picco pari a 27,7 kWp, in grado di produrre circa 28.300 kWh elettrici annui.

Data la qualità estetica della soluzione, il processo progettuale e realizzativo non ha visto sostanziali modifiche all'aspetto architettonico originale, garantendo un'elevata integrazione estetica e minimizzando le difficoltà per l'ottenimento dei permessi di costruzione.

Rispetto al caso precedente del Magazzino Doganale di Essen, la Cantina di Colterenzio evidenzia come l'integrazione nella tettoia di vetri fotovoltaici con un più marcato schema di ombreggiamento dato dalle celle di silicio cristallino, sia stata oggetto di sviluppo progettuale in grado di realizzare un particolare ed espressivo effetto architettonico e di luce. Per questo motivo il caso può considerarsi significativo in quanto rappresenta una "best practice" di integrazione architettonica ed estetica di vetri fotovoltaici su tettoie con struttura metallica, di cui si possono trovare diversi esempi analoghi in contesti storici produttivi o industriali.

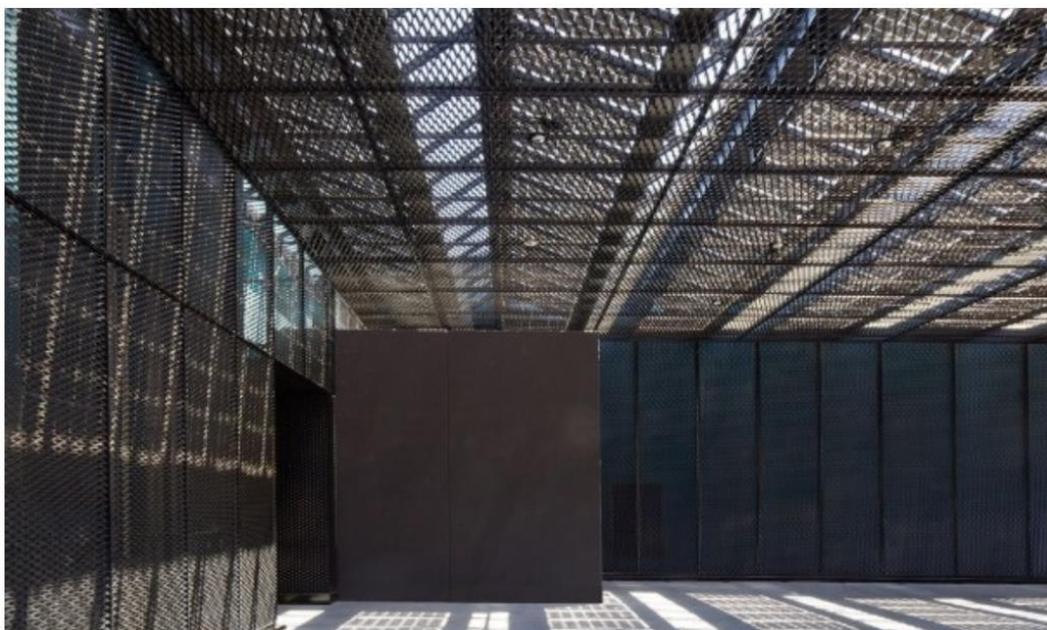


Figura 24- Vista interna dell'edificio dopo l'intervento di riqualificazione - fonte BiPV.eurac.edu



Figura 25 – Dettaglio della copertura e del lucernario con le vetrate fotovoltaiche -fonte www.BiPV.eurac.edu -

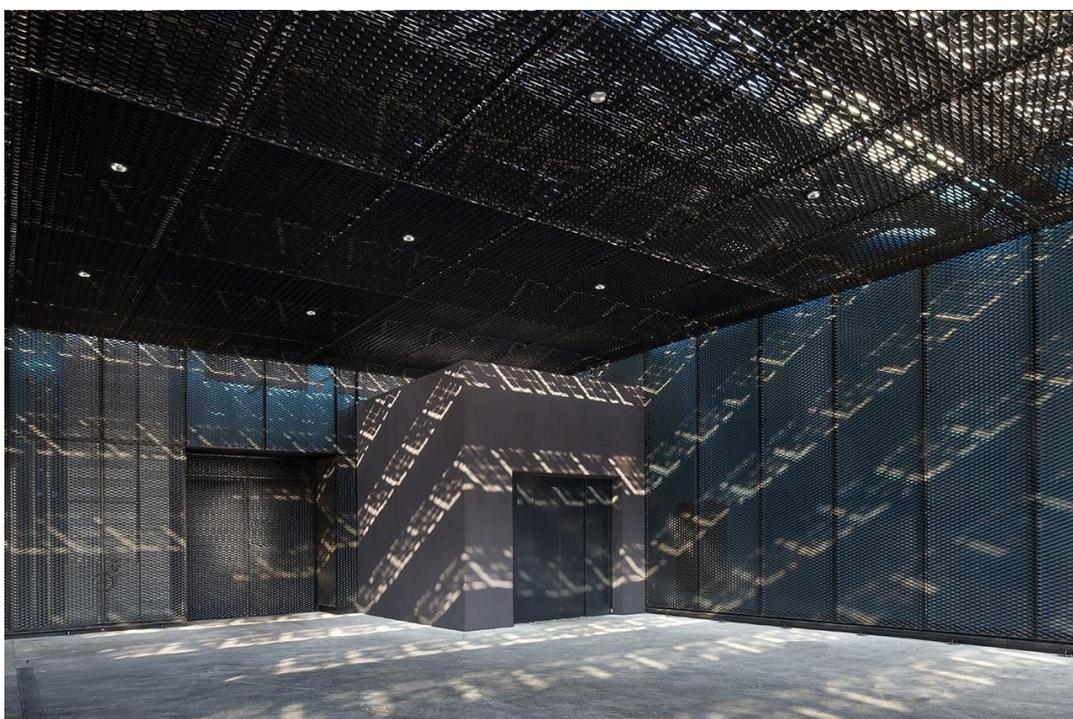


Figura 26 – Effetto di ombreggiamento creato dalle vetrate fotovoltaiche - fonte BiPV.eurac.edu

4. CONCLUSIONI

Gli obiettivi europei di produzione di energia rinnovabile, porteranno nei prossimi anni ad un aumento della potenza fotovoltaica installata. Per questo motivo risulterà un tema fondamentale la realizzazione di sistemi fotovoltaici integrati su edifici con soluzioni di qualità architettonica, in grado di dialogare con il patrimonio esistente e di valorizzarlo. Questo aspetto appare ancora più importante, e al tempo stesso complesso, nell'ambito degli edifici tutelati. Il tema è stato approfondito nel WP 4 attraverso l'individuazione di "best practice" e l'analisi di casi studio in cui i sistemi fotovoltaici sono stati integrati con approcci virtuosi in contesti tutelati storici, paesaggistici o monumentali.

Seppure il BIPV non sia ancora attualmente molto diffuso, si possono evidenziare diversi tipi di "best practice" che mirano all'integrazione estetica, tecnologica, energetica e paesaggistica dei BIPV in diversi ambiti. Nel presente report la scelta è ricaduta sulle tipologie edilizie rappresentative della analisi svolta nella task A3.2, estendendo la ricerca non solo al territorio analizzato in precedenza (Comune di Como), ma estendendola a ad altre zone limitrofe, italiane e anche estere, dato l'esiguo numero di casi studio disponibili. E' stata inoltre considerata la relazione alla replicabilità in contesti simili, evidenziando le soluzioni applicate su determinate tipologie edilizie che possono essere riprese su diversi edifici analoghi, seppure anche declinati in diversi stili architettonici.

I casi analizzati, sono stati selezionati anche con l'intento di evidenziare diversi approcci al tema dell'integrazione dei sistemi fotovoltaici in contesti storici e tutelati. Sono quindi state riportate sia soluzioni con un'alta integrazione estetica, in grado di mascherare il sistema fotovoltaico fino quasi a renderlo non percepibile, sia interventi in cui esso invece è stato utilizzato come linguaggio architettonico capace di instaurare un interessante dialogo con l'esistente. Si è cercato inoltre di mostrare soluzioni in cui il progetto è stato in grado di esaltare la valenza estetica dei sistemi fotovoltaici, facendone di fatto un elemento di pregio non solo dal punto di vista della sostenibilità, ma anche dal punto di vista architettonico. In alcuni dei casi riportati, la vetrata fotovoltaica assume diverse funzioni in grado di concorrere non solo all'efficienza energetica, ma anche al comfort termico degli utenti degli edifici: schermatura solare, protezione dagli agenti atmosferici, limitazione delle dispersioni termiche, illuminazione naturale etc.

Nei casi analizzati il BIPV è principalmente usato in copertura ed in diversi casi integrato all'interno di lucernari vetrati. Ciò deriva dal fatto che attualmente i casi in cui il BIPV è stato utilizzato in facciata in contesti storici o tutelati sono limitati e spesso legati a riqualificazioni profonde dell'edificio, che possono cambiarne significativamente l'aspetto ed avere quindi un dialogo più complesso con il tema della tutela. Dall'analisi emerge come sia molto difficile individuare best practices nelle quali tutti i canoni di integrazione estetica, tecnologica, energetica e paesaggistica siano rispettati allo stesso tempo.

I risultati dell'analisi delle best practices individuate, offrono comunque una panoramica sullo stato dell'arte di implementazione della tecnologia BiPV nel parco edilizio esistente, offrendo degli esempi di integrazione delle tecnologie BiPV per le differenti tipologie edilizie presenti sul territorio, agevolando una possibile replicazione degli interventi in altri contesti.