



La composizione architettonica delle facciate fotovoltaiche colorate

Le nuove possibilità di produzione stanno trasformando i moduli fotovoltaici
da dispositivi elettrici ad elementi architettonici su misura.



Premessa

Attualmente il valore dominante che viene dato all'impiego della tecnologia solare in ambito edilizio è quello di un edificio che comunica un'immagine di sostenibilità ed innovazione. Il rendimento dell'investimento e l'efficienza energetica non sono i soli parametri del processo decisionale che portano all'impiego o meno dell'integrazione fotovoltaica nel progetto architettonico (cfr1).

Le politiche sulle prestazioni energetiche, che richiedono edifici ad alto rendimento energetico e con un bilancio tra consumi e produzione di energia nullo o positivo, stanno cambiando l'approccio progettuale, incentivando il reale trasferimento tecnologico del fotovoltaico nel campo dell'architettura e nei processi di costruzione.

Per essere interessanti e competitive, le soluzioni fotovoltaiche per il settore dell'edilizia, devono essere "integrate" e "trasformate" per adattarsi alle esigenze del progetto, attraverso una crescente flessibilità dei processi produttivi, così come procedure e regole armonizzate tra settore edilizio ed elettrotecnico (cfr2).

L'industria odierna consente di fornire un'ampia gamma di moduli solari speciali per l'edilizia: la multifunzionalità, la flessibilità, la digitalizzazione, l'automazione e l'economicità del settore ormai consentono di personalizzare "su misura" i sistemi di rivestimento per le coperture e le facciate dell'edificio che, oltre ad apparire come un normale elemento costruttivo, hanno anche la funzione di produrre energia rinnovabile (cfr3).

Glossario

FV	acronimo di "Fotovoltaico", spesso si trova il corrispondente inglese PV "Photovoltaics".	aSi	silicio amorfo, forma allotropica non cristallina del silicio che è possibile depositare in film molto sottili su grandi superfici
BIPV	acronimo di "Building Integrated Photovoltaics", si riferisce a quegli elementi fotovoltaici che sono parte integrante di un edificio producendo allo stesso tempo energia elettrica.	CIGS	le celle fotovoltaiche sono formate da un materiale semiconduttore composito chiamato CIGS (acronimo dall'inglese: copper indium gallium (di) selenide; ossia "(di)seleniuro di rame indio gallio"). Poiché il materiale ha un elevato potere di assorbimento della luce solare, è sufficiente una pellicola (film) molto più sottile rispetto ad altri materiali semiconduttori.
AR	acronimo di "Antiriflesso". Il trattamento antiriflesso può avvenire con varie tecniche di lavorazione superficiale della lastra esterna in vetro allo scopo di ridurre la frazione di radiazione solare riflessa. Il trattamento influisce anche sulla percezione della cella solare	Curtain wall	parete esterna totalmente o parzialmente vetrata, costituita da pannelli prefabbricati uniti e sostenuti da sottili intelaiature metalliche.
cSi	silicio cristallino, è la forma cristallina del silicio, o silicio multicristallino (multi-Si) costituito da piccoli cristalli, o silicio monocristallino (mono-Si), un cristallo continuo. Il silicio cristallino è il materiale semiconduttore dominante utilizzato nella tecnologia fotovoltaica per la produzione di celle solari.		

Nuovo Centro polifunzionale di Pregassona

Diversi progetti pilota negli ultimi anni hanno affrontato il tema dell'involucro solare attivo, con una crescente attenzione alla mimesi delle celle solari in favore di un linguaggio figurativo omogeneo, sobrio e che si avvicina ai materiali della tradizione edilizia piuttosto che all'articolazione standard della cella solare (cfr4).

Il Centro polifunzionale di Pregassona è attualmente (stato marzo 2022) l'edificio pubblico con il più grande impianto fotovoltaico integrato in facciata in Ticino con una potenza installata di circa 170 kWp pari ad una superficie di oltre 1'600 mq.

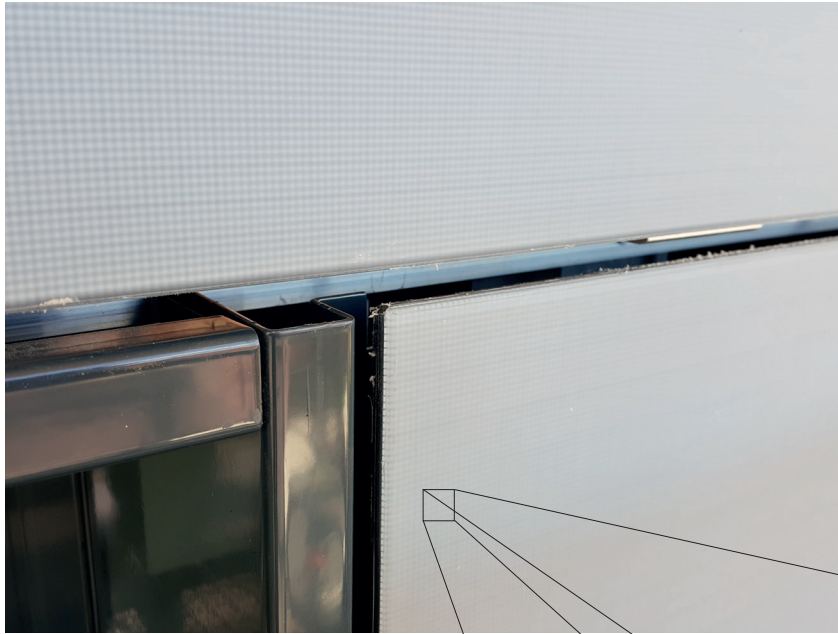
Il Municipio ha scelto di lanciare questa sfida dimostrativa ripensando il concetto di facciata, passando da un classico rivestimento ad una superficie interamente fotovoltaica, senza rinunciare al linguaggio architettonico prescelto grazie alla possibilità di integrare in un sistema classico di facciata ventilata delle lastre fotovoltaiche in vetro colorato prodotte su misura dalla Sunage SA e messe in opera dalla Alsolis SA.



Centro polifunzionale di Pregassona.
Crediti fotografici:
La Regione – Ti Press.

Un trattamento per la patinatura superficiale e la colorazione del vetro frontale, con effetto monocromatico, è la tecnica utilizzata da Sunage e Glassfer sul componente BIPV SUNCOL utilizzato come lastra di rivestimento della facciata dell'edificio.

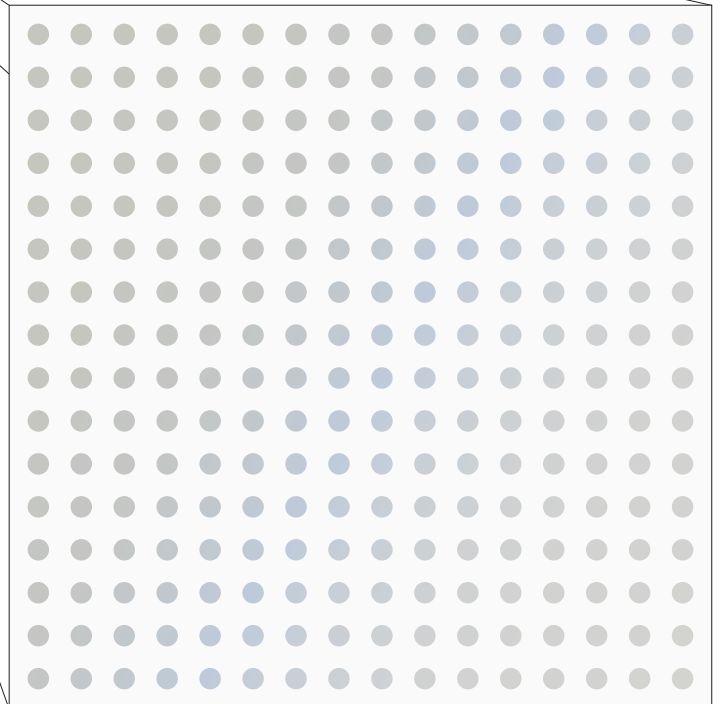
Nel caso specifico è stato ottenuto, unitamente ad un trattamento satinato del vetro, un colore grigio omogeneo grazie alla stampa digitale di una texture sul vetro frontale, studiata per ottenere una percezione cromatica uniforme della facciata, con la completa mimesi delle celle solari.



Vista ravvicinata dei moduli fotovoltaici.

Il vetro colorato mimetizza le celle fotovoltaiche.

Crediti fotografici: SUPSI.



Ruolo della SUPSI

Il team Involucro Innovativo della SUPSI segue il progetto occupandosi dell'analisi del processo costruttivo, dei costi e del monitoraggio delle prestazioni energetiche. Il progetto, supportato dal Fondo Energie Rinnovabili del Cantone e della Città e in collaborazione con il Municipio, con AIL SA, Alsolis SA e Sunage SA, ha come obiettivo lo sviluppo di un modello operativo per promuovere l'implementazione di tecnologie BIPV (Building-integrated photovoltaics). I risultati raccolti costituiranno un riferimento per la definizione degli aspetti di fattibilità tecnica, economica ed energetica di sistemi BIPV e serviranno anche a sensibilizzare e informare i progettisti e gli attori del processo edilizio, sulla base di un caso reale, riguardo alle strategie per il superamento delle barriere ancora legate all'implementazione di questi sistemi.



Vista frontale.

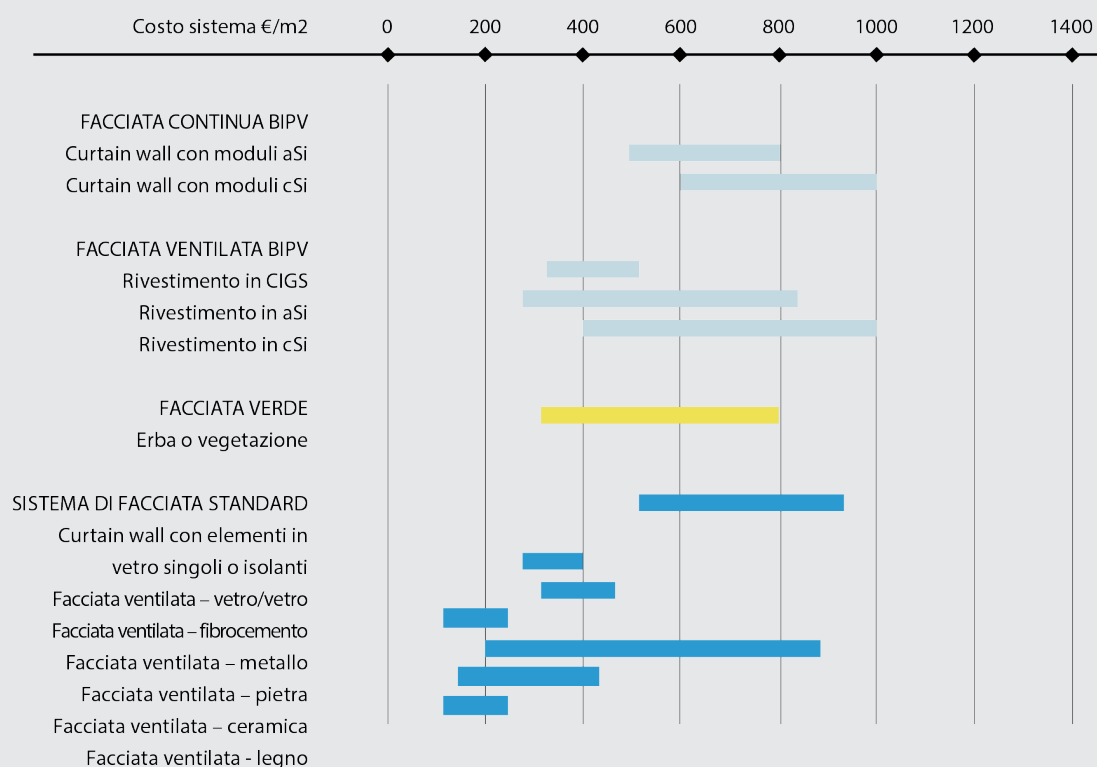
Crediti fotografici:
Alessandro Rabaglio –
Città di Lugano.

Nuove tendenze

Le nuove possibilità di produzione stanno trasformando i moduli fotovoltaici da dispositivi elettrici ad elementi architettonici su misura. I processi di innovazione dei prodotti BIPV (building integrated photovoltaics) sono oggi legati principalmente all'integrazione dell'immagine architettonica. Si stanno sviluppando delle soluzioni che non solo soddisfino le qualità funzionali e di sicurezza, ma che permettano anche di ottenere un determinato design tramite, per esempio, dei colori o dei trattamenti superficiali non omogenei.

L'efficienza e i costi del fotovoltaico consentono oggi un ritorno sugli investimenti BIPV con un grado di competitività simile a quello dei prodotti convenzionali per l'edilizia (cfr5).

Il sito www.solarchitecture.ch, gestito dalla SUPSI in collaborazione con ETHZ e Swissolar, è la piattaforma sull'architettura solare che riporta tutti i più recenti sviluppi legati alla tecnologia solare e fornisce informazioni agli architetti.



Costo in €/m² di sistemi bipv per facciate così come di applicazioni standard.

Fonte: "Building Integrated Photovoltaics: A practical handbook for solar buildings' stakeholders" [cfr1].

"FV" invisibile, una tecnologia pronta per il mercato

Trattamenti speciali, colori o disegni applicati al vetro permettono di mascherare le celle fotovoltaiche e di realizzare un aspetto figurativo compatibile con le svariate esigenze dei prodotti comunemente usati nell'edilizia, con una perdita non significativa delle prestazioni elettriche.

Si possono utilizzare diverse soluzioni per personalizzare ogni strato del modulo fotovoltaico: ad esempio colorando le celle; modificando o colorando i contatti elettrici; utilizzando trattamenti del vetro nella parte anteriore o posteriore; stampando una trama sul materiale di incapsulamento o cambiando il substrato posteriore.

Le soluzioni applicabili nella tecnologia del vetro sono utilizzate anche per i moduli fotovoltaici in vetro e permettono di "mimetizzare" le celle fotovoltaiche utilizzando colori, disegni, trame o modelli speciali che permettono di dare al prodotto FV un nuovo aspetto che permette di moltiplicare le scelte progettuali.

L'aumento della qualità edilizia e urbana delle installazioni fotovoltaiche, per favorire una migliore accettazione da parte dei professionisti e del pubblico di questa tecnologia, sta diventando realtà (cfr6).



Facciata multifunzionale sviluppata da PIZ in collaborazione con SUPSI e Onyx solar (a).

Fonte:
BIPVBOOST www.bipvboost.eu.

Vengono utilizzate diverse tecniche:

- | | |
|----|---|
| a) | rivestimenti antiriflesso sulle celle fotovoltaiche; |
| b) | strati o filtri intermedi colorati, o con trame (ad esempio: fotografie ad alta risoluzione stampate con le tecniche di stampa dell'industria grafica); |
| c) | filtri solari (ad esempio: filtri ottici selettivi con proprietà di dispersione, trattamenti selettivi dello spettro visivo); |
| d) | trattamenti di lavorazione del vetro frontale (ad esempio: vetro colorato su base ceramica, rivestimenti satinati o macro-strutturati, tecniche di sabbiatura e stampa digitale). |

La maggior parte di queste soluzioni sono pronte per il mercato e sono già state utilizzate in diversi progetti pilota dimostrativi.

a) Poiché il silicio cristallino grezzo presenta elevati valori di riflessione, sia i moduli monocristallini che quelli multicristallini includono un rivestimento antiriflesso (AR). Questo spessore è generalmente ottimizzato per aumentare l'efficienza di conversione e dà alle celle il loro tipico colore blu. Di conseguenza la variazione dello spessore del rivestimento antiriflesso permette di ottenere altri colori oltre al blu, influenzando però sull'efficienza della cella fotovoltaica. Colori come il blu, il verde, il giallo, l'arancione e il rosa possono essere ottenuti variando lo spessore AR con conseguente spostamento dalla zona di riflessione minima (infrarosso) alla parte visibile dello spettro. I produttori di celle cristalline di questo tipo sono molto pochi e di conseguenza questa soluzione non attualmente molto diffusa.

b) Oggigiorno è possibile stampare un'immagine ad alta definizione tra le celle e il vetro di copertura coprendo totalmente le celle fotovoltaiche.

c) Altre soluzioni prevedono un filtro selettivo applicato sul vetro frontale, in grado di riflettere la radiazione solare dello spettro visibile rendendo colorata o bianca la superficie del modulo, e convertendo la parte infrarossi in energia.

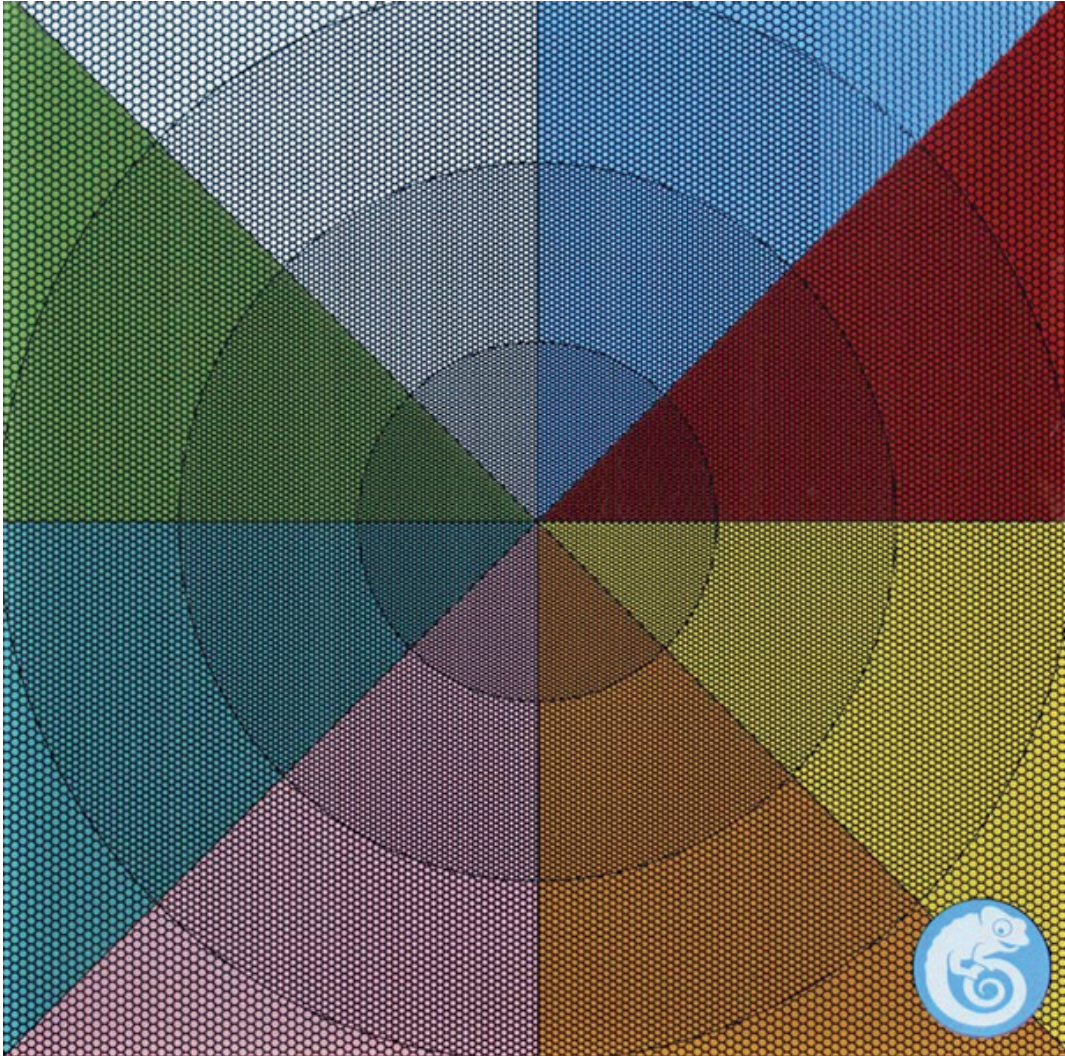


Lamine intermedie con trame (b).
Crediti fotografici:
Kaleo Solar



Lamine intermedie colorate (c).
Crediti fotografici:
SwissINSO

- d) Altre tecniche prevedono che sul vetro frontale sia stampato uno schema puntinato con inchiostri ceramici e personalizzabili tramite immagini o pattern che da una certa distanza si stabilizza e diventa omogeneo.



Trattamenti di lavorazione
del vetro frontale (d).
Crediti fotografici:
ColorBlast®

Si rende attenti che sostituire un tradizionale vetro solare frontale al fine di ottenere un rivestimento fotovoltaico colorato influisce sulla prestazione dei moduli. Le attività di analisi sulla riduzione della produzione di energia fotovoltaica dovuta ai trattamenti volti a modificare l'estetica del vetro frontale, come le attività di test condotte da SUPSI, consentono di definire delle correlazioni fra le diverse opzioni di progettazione (trattamenti del vetro e diverse colorazioni) e le loro condizioni operative quali elementi attivi della facciata (cfr7).

Conclusioni

La realizzazione di facciate BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) con moduli convenzionali neri e blu ha rappresentato un primo passo di innovazione. Oggigiorno gli architetti sono alla ricerca di facciate attive il cui design sia vettore di nuovi linguaggi architettonici. Per questo motivo, i produttori BIPV hanno iniziato a personalizzare i moduli fotovoltaici in modo da soddisfare le esigenze di architetti e committenti.

Questo implica tuttavia una "ombreggiatura" delle celle fotovoltaiche e una conseguente riduzione della produzione di energia, che deve essere attentamente calibrata per ottenere una personalizzazione efficiente dei moduli BIPV. In particolare, la sfida di bilanciare in modo ottimale la qualità estetica con l'efficienza energetica ed elettrica, così come garantire l'affidabilità e la sicurezza dei prodotti, è uno dei motori dell'innovazione e di collaborazione tra ricerca, industria e architetti.

Trattandosi di una delle componenti del "sistema edificio", il BIPV non dovrebbe essere considerato come una fonte di reddito, ma come un investimento con un extra-costi che ha anche un beneficio economico e che, a differenza dei materiali tradizionali, è in grado di generare un ragionevole periodo di ammortamento. La competitività di questo investimento dipende chiaramente dalle condizioni locali, dal progetto e dal livello di compensazione del costo dell'energia elettrica oltre che da eventuali programmi di incentivazione.

Detto questo, in molti casi il BIPV appare già come un investimento interessante, per esempio sulle coperture degli edifici residenziali. Anche quando ci si concentra sulle facciate, le prestazioni energetiche sono legate alla competitività dell'installazione, all'autoconsumo e ad altri fattori progettuali che vanno ottimizzati al fine di realizzare anche la competitività economica e di non rinunciare al contributo delle superfici verticali, sempre più indispensabili, nel sistema edificio-impianto.

Inoltre, altri parametri, oltre al costo, possono contribuire in modo significativo a migliorare la competitività. I miglioramenti tecnologici guidano il mercato e hanno portato al miglioramento dell'efficienza dei moduli e alla maggiore durata di vita del sistema. Oltre a ciò, modelli di business innovativi, che valorizzano il consumo sul posto dell'energia elettrica prodotta dall'impianto BIPV, permettono di aumentarne la competitività.

Infine, anche l'immagine ecologica o l'estetica unica che il BIPV può dare ad un edificio, può influire sul valore di locazione. Inoltre il costo di vendita e il grado di occupazione di un edificio possono essere aumentati, contribuendo così positivamente, ma indirettamente, alla competitività del BIPV [cfr8].

Essendo il sole una fonte sostenibile, rinnovabile e inesauribile per la generazione di energia elettrica, non utilizzarlo sembra quasi contro-intuitivo, soprattutto considerando l'impatto sociale e ambientale di altre forme di generazione di energia. L'industria del fotovoltaico si sta rapidamente evolvendo così da rendere i prodotti FV sempre più efficienti, più accessibili, più sostenibili e più efficacemente integrati nel processo costruttivo e architettonico. Investire nella ricerca applicata, come nel caso del progetto del centro polifunzionale di Pregassona [cfr9], è estremamente importante per incorporare sempre più questa tecnologia nella vita di tutti i giorni.

Riferimenti

[cfr1]	BIPV Status Report 2020 elaborato dal Becquerel Institute e SUPSI
[cfr2]	P. Bonomo, F. Parolini, E. Saretta, F. Frontini, M. Caccivio, G. Bellenda, J. M. Vega de Seoane, D. Valencia, M. Machado, S. Boddaert – Performance assessment of BIPV Systems from current normative framework to next developments – 2019 – EUPVSEC 2019, Marsiglia
[cfr3]	www.bipvboost.eu
[cfr4]	www.solarchitecture.ch
[cfr5]	BIPV Status Report 2020 elaborato dal Becquerel Institute e SUPSI
[cfr6]	Report IEA-PVPS T15-07: 2019 – Coloured BIPV: market, research and development
[cfr7]	E. Saretta, P. Bonomo, F. Frontini, BIPV Meets Customizable Glass: A Dialogue between Energy Efficiency and Aesthetics – 2018 – reperibile negli atti della 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, pp.1472-1477
[cfr8]	www.bipvboost.eu
[cfr9]	www.supsi.ch/isaac/ricerca-applicata/involucro-innovativo/Verso-EST.html



Città di Lugano
www.lugano.ch

In collaborazione
con

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana
SUPSI