

**FOTOVOLTAICO:  
PRONTUARIO PER LA  
VALUTAZIONE DEL SUO INSERIMENTO  
NEL PAESAGGIO E NEI CONTESTI ARCHITETTONICI**

a cura di I. Baldescu / F. Barion



Parco solare Eging am See, Baviera, Germania - *fonte dati:*  
<http://www.martin-bucher.de/mb/45-0-eging-am-see.html>

- Luglio 2011 -



**- ELABORATI OPERATIVI -**

**FOTOVOLTAICO:  
PRONTUARIO PER LA VALUTAZIONE  
DEL SUO INSERIMENTO NEL PAESAGGIO E NEI CONTESTI ARCHITETTONICI**

**Contenuto**

**I. CONSIDERAZIONI GENERALI**

Promozione dell'energia da fonti rinnovabili – dalle direttive UE alla normativa nazionale  
Soluzioni architettoniche ed elementi di mitigazione dell'impatto visivo  
Interventi da considerare prioritari

**II. TIPOLOGIE DI INTERVENTI RICORRENTI**

**1. Interventi prioritari: inserimento di fotovoltaico su coperture e prospetti di fabbricati industriali, produttivi e commerciali**

**2. Impianti fotovoltaici a terra: criteri di valutazione**

2.1. Indice di copertura del suolo

2.2. Modalità di disposizione dei pannelli

2.3. Campo fotovoltaico: caratteristiche del piano sottostante – terreno permeabile, tappeto erboso o terreno coltivato

2.4. Altezza minima delle fasce di pannelli

2.5. Larghezza delle fasce di pannelli

2.6. Tipologie di strutture di sostegno

2.7. Discontinuità o continuità delle fasce fotovoltaiche

**3. Dispositivi fotovoltaici nel singolo edificio**

3.1. Dispositivi non integrati

3.2. Dispositivi parzialmente integrati

3.3. Dispositivi integrati

**III. DESIGN FOTOVOLTAICO E BENI CULTURALI**

## I. CONSIDERAZIONI GENERALI

### La promozione dell'energia da fonti rinnovabili – dalle direttive UE alla normativa nazionale

Due passaggi legislativi importanti sono le seguenti direttive europee:

- Direttiva 2001/ 77/ CE recepita con decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità";
- Direttiva 2009/ 28/ CE, che individua un obiettivo obbligatorio del 20 % di energia da fonti rinnovabili sul consumo di energia complessivo della Comunità entro il 2020, indicando l'obiettivo vincolante nazionale assegnato allo stato italiano, pari al 17%. In data 30 novembre 2010 è stato proposto dal Consiglio dei ministri alla Conferenza unificata e alle Commissioni parlamenti competenti lo schema di decreto legislativo di recepimento a livello nazionale di tale direttiva.

Con le prescrizioni dell'art. 12 del d.lgs. 387/ 2003, come modificato dalla legge 24 dicembre 2007, n. 244, art. 2, si è attuata una razionalizzazione e una semplificazione delle procedure autorizzative.

Il decreto ministeriale 10 settembre 2010, emanato dal Ministero dello sviluppo economico di concerto con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e con il Ministero per i beni e le attività culturali, recante *Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili*, sottolinea come "occorre salvaguardare i valori espressi dal paesaggio", assicurando "l'equo e giusto contemperamento dei rilevanti interessi pubblici in questione, anche nell'ottica della semplificazione procedimentale e della certezza delle decisioni spettanti alle diverse amministrazioni coinvolte nella procedura autorizzativa".

### Soluzioni architettoniche ed elementi di mitigazione dell'impatto visivo

Nella valutazione degli interventi vanno tenuti presenti alcuni concetti maturati in ambito tecnico – legislativo negli ultimi anni.

La definizione di paesaggio, nell'art. 131 del d.lgs. 42/04, si è evoluta rispetto alla previgente normativa ("bellezze naturali"), fino ad estendersi al "territorio espressivo di identità, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni". L'art. 131, al comma 5, contempla anche l'eventualità de "la realizzazione di nuovi valori paesaggistici coerenti ed integrati", da mettere in relazione con il concetto di "paesaggio energetico" varato nelle *Linee guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale*, in corso di pubblicazione, curate dal Comitato di settore del Ministero stesso (collettivo di ricerca condotto dal prof. L. De Santoli, Sapienza - Università di Roma). In questo senso, soluzioni di *design* per il fotovoltaico potrebbero recare un valore aggiunto al paesaggio.

Gli impianti per la produzione di energie rinnovabili, che vengono giudicati nell'immediato solamente in relazione al loro impatto visivo sul paesaggio e all'aspetto finanziario (fruizione degli incentivi statali per la loro realizzazione) potrebbero avere a lungo termine effetti positivi di rilievo non solo per l'ambiente ma anche per la stessa conservazione delle caratteristiche essenziali del paesaggio, attraverso il minor consumo delle superfici architettoniche grazie alla riduzione dell'inquinamento e il recupero produttivo di alcune aree industriali dismesse.

### Interventi da considerare prioritari

Il DM 10 settembre 2010, nell' Allegato 1, parte IV, punto 16, elenca una serie di requisiti la cui sussistenza qualifica positivamente le proposte progettuali che li contemplano.

Si riportano qui due elementi, considerati di particolare importanza in rapporto alla tutela paesaggistica:

- interventi che contemplano "il minor consumo possibile del territorio" (lett. c): per esempio, sono da considerare positivi sotto tutti i profili gli interventi proposti sulle coperture di fabbricati industriali, sulle coperture di parcheggi multipiano, o come intervento a pergola su aree di parcheggio;

- il riutilizzo di aree compromesse da attività antropiche pregresse o in atto (brownfield), tra cui siti industriali, cave, discariche, siti contaminati ai sensi della Parte IV, Titolo V del d.lgs 152/ 2006 (recante "Norme in materia ambientale"): in questo senso, per esempio, un intervento inserito in un sito degradato o in prossimità di aree degradate ha un forte connotato positivo anche all'interno di zone tutelate dal punto di vista paesaggistico (aree tutelate per legge o dichiarate di notevole interesse pubblico).

In questo senso, sono da considerare pertanto **positivi e prioritari** i seguenti interventi:

- **barriere antirumore lungo i tratti autostradali** o lungo le ferrovie, realizzate con pannelli fotovoltaici;
- **recupero delle coperture e delle facciate dei capannoni industriali**, convertiti al fotovoltaico (secondo le stime della CRESME, nel Veneto nel 2003 il volume dei capannoni esistenti era di 550 milioni mc; con un calcolo approssimativo, considerata un'altezza media di 10 m, risulta una superficie di coperture di c. 55 milioni mq, pari a 5500 ha di coperture industriali da sfruttare).

## II. CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PROGETTI

### 1. INTERVENTI PRIORITARI: FOTOVOLTAICO SULLE COPERTURE O SUI PROSPETTI DI FABBRICATI INDUSTRIALI, PRODUTTIVI O COMMERCIALI

Gli interventi in questione sono da considerare positivamente, anche se ricadenti in aree di tutela paesaggistica, laddove non implicino consumo di territorio e si pongano come modalità di recupero di aree industriali o vengano installati su costruzioni produttive esistenti (industriali, agricole, commerciali).

Si prendono in considerazione qui tre situazioni, senza volerne esaurire la casistica:

- Fotovoltaico su copertura di edifici industriali;
- Fotovoltaico incorporato nel tetto di serre;
- Fotovoltaico sul tetto di edifici di parcheggio multipiano;
- Fotovoltaico su prospetti di edifici industriali, centri commerciali, ecc.



**+ esempio positivo**  
Esempio di impianto su copertura di edificio industriale.



**+ esempio positivo**  
Impianto di circa 1634 KWp su copertura di centro commerciale.



**+ esempio positivo**  
Pannelli fotovoltaici su falde di copertura di serre – intervento che permette di sfruttare superfici “tecnologiche” per eccellenza.



**+ esempio positivo.**  
Pannelli fotovoltaici a livello di copertura di serre.



**+ esempio positivo**

Pannelli fotovoltaici inseriti nelle barriere anti-rumore dell'autostrada – esempio di impianto con la capacità di 1MW sulla Brennero – Modena, tra le uscite Rovereto Sud e Rovereto Nord.



**+ esempio positivo**

Facciata solare per un edificio ad uso uffici.

## 2. IMPIANTI FOTOVOLTAICI A TERRA: CRITERI DI VALUTAZIONE

Si propone qui, con particolare riguardo agli impianti fotovoltaici, una serie di accorgimenti di mitigazione dell'impatto visivo, volti al miglioramento della qualità architettonica e paesaggistica dei progetti.

Criteri di valutazione dei progetti:

- indice di copertura del suolo;
- modalità di raggruppamento dei pannelli;
- finitura del piano sottostante;
- altezza minima e altezza massima della fasce di pannelli;
- discontinuità o continuità della superficie delle fasce di pannelli;
- larghezza delle fasce di pannelli;
- tipologie di strutture di sostegno;
- integrazione dei pannelli nelle superfici dell'edificio.

I criteri sviluppati in seguito non sono vincolanti, ma costituiscono parametri qualitativi da considerare in rapporto al caso singolo.

Le indicazioni quantitative sono state ricavate dallo studio di alcuni esempi significativi, tenendo conto dell'obiettivo di evitare l'effetto "terra bruciata" per il terreno sottostante le fasce fotovoltaiche:

- le strutture sono da disporre in modo tale da favorire la circolazione dell'aria e dell'acqua piovana;
- si deve studiare l'integrazione tra dispositivi e vegetazione (tappeto erboso oppure coltivazioni).

### 2.1. Indice di copertura del suolo

Il rapporto tra la superficie coperta dai pannelli, in proiezione verticale, e la superficie totale della parcella di terreno non dovrebbe superare alcuni livelli:

Larghezza delle fasce di pannelli	Indice di occupazione	Note
6-7m (4-5 pannelli)	30%	
2,5-3,5m (2 pannelli)	40%	

### 2.2. Modalità di disposizione dei pannelli

I modelli ricorrenti sono i seguenti:

- Distribuzione a fascia (esempi di larghezza variabile).
- Distribuzione ad isola.

Tipologia	Vantaggi	Svantaggi	Mitigazione dell'impatto
Modello a fascia	Semplificazione tecnologica - continuità di inserimento.	Uniformità visiva eccessiva.  Incidenza maggiore con conseguente impermeabilizzazione del terreno sottostante.	Limitazione della larghezza delle fasce di pannelli.
Modello a isola	Possibilità di adeguarsi alle differenziazioni del territorio;  Scala minore degli interventi.	Gruppi isolati di pannelli – maggiore spesa di installazione.	

	
<p><b>+ esempio positivo</b>                  Inserimento di fasce strette di pannelli con supporto centrale.                  E' possibile continuare ad utilizzare a pascolo il terreno sottostante.                  Localizzazione: Neureichenau, Baviera, Germania.                  Fonte: <a href="http://www.martin-bucher.de">www.martin-bucher.de</a></p>	<p><b>+ esempio positivo</b>                  Inserimento di fasce di pannelli alternate a raggruppamenti ad isola.                  Modello molto adatto per il recupero di aree industriali degradate, in abbandono.                  Localizzazione: Mohrbach, Germania - "Paesaggio energetico".                  Fonte: <a href="http://www.energielandschaft.de">http://www.energielandschaft.de</a></p>
	
<p><b>+ esempio positivo</b>                  Parco solare su terreno collinare, orientamento delle fasce secondo le linee di massima pendenza.                  Indice di occupazione: 40% ca.                  Le strutture possono diventare una specie di maxi-scultura dello spazio, conferendo al luogo una nuova identità.                  Localizzazione: Hoelswang, Germania.                  Fonte: <a href="http://www.martin-bucher.de">www.martin-bucher.de</a></p>	<p><b>+ esempio positivo ma migliorabile</b>                  Parco solare su terreno pianeggiante.                  Si nota l'ampia distanza che intercorre tra le fasce di pannelli.                  Intervento adatto per il recupero di terreni agricoli in disuso.                  Localizzazione: Pocking, Germania.                  Fonte: <a href="http://www.martin-bucher.de">www.martin-bucher.de</a></p>



**+ positivo ma migliorabile**

Parco su terreno collinare: orientamento delle fasce di pannelli secondo l'andamento delle curve di livello. La frammentazione e la distribuzione a macchia degli impianti è un fatto positivo, che evita di generare nella zona collinare un elemento di schiacciante uniformità.

In queste situazioni, la riconversione a paesaggi energetici dei vecchi pascoli, ormai in disuso, ha contribuito ad impedire la ricrescita spontanea della vegetazione boschiva, fenomeno che nel massivo alpino centrale ha determinato un calo notevole della biodiversità negli ultimi 20 anni.

Localizzazione: Moehrbach, Germania.

Fonte: [www.martin-bucher.de](http://www.martin-bucher.de)

### 2.3. Campo fotovoltaico: caratteristiche del piano sottostante – terreno permeabile, tappeto erboso o terreno coltivato

Minimizzare l'impatto degli interventi significa anche conservare, per il terreno di implementazione, la massima percentuale di permeabilità.

Il terreno deve rimanere a prato, oppure a pascolo, o in alternativa si deve studiare l'alternanza di fasce di coltivazione alle fasce fotovoltaiche.



#### - esempio negativo

Filari di pannelli fotovoltaici appoggiati a terra attraverso strutture di sostegno molto basse – I pannelli fotovoltaici occupano il suolo in modo tale che la superficie risulta “costruita”. Il suolo viene reso impermeabile, viene impedita la crescita della vegetazione, ecc.



#### - esempio negativo

Filari di pannelli fotovoltaici disposti su basse strutture di sostegno, su una superficie continua in asfalto o cemento. La superficie sotto le fasce fotovoltaiche dovrebbe rimanere permeabile – del tipo tappeto erboso o altro tipo di vegetazione ecc.



#### + esempio positivo

Fotovoltaico e terreno con vegetazione a prato. I pannelli fotovoltaici occupano il suolo in modo tale che la superficie risulti permeabile. Localizzazione: Hoelwang, Germania. Fonte: [www.martin-bucher.de](http://www.martin-bucher.de)



#### + esempio positivo

Pannelli fotovoltaici in filari di 3 pannelli, su struttura di sostegno in legno. I pannelli fotovoltaici occupano il suolo in modo tale che la superficie risulti permeabile. Localizzazione: Sonnen, Germania. Fonte: [www.martin-bucher.de](http://www.martin-bucher.de)

## 2.4. Altezza minima e massima delle fasce di pannelli

La progettazione della conformazione fisica delle "ali" dei pannelli è condizionata da diversi elementi tecnici, connessi tra altro al rendimento energetico e alle necessità strutturali (orientamento dettato dalla massima esposizione solare possibile, eventuali azioni del vento e necessità di evitare fenomeni aerodinamici ecc.). In ogni caso, si deve garantire che il terreno sottostante non diventi "terra bruciata" e sia raggiunto sia dal sole che dalla pioggia. Si propone l'adozione del seguente principio:

- l'altezza della superficie dei pannelli rispetto al suolo deve essere maggiore di  $h = 1,50$  m.



### + esempio positivo

Si nota come rispettare un'altezza minima dei pannelli permette la crescita della vegetazione sottostante.

Localizzazione: Eging am See, Germania.

Fonte: [www.martin-bucher.de](http://www.martin-bucher.de)

## 2.5. Larghezza delle fasce di pannelli

Si possono considerare meno invasivi visivamente e più adatte a rispettare le caratteristiche del terreno le fasce di pannelli di larghezza contenuta (2 pannelli).

In ogni caso, si sconsiglia l'uso di fasce fotovoltaiche più larghe di 3-4 pannelli (5 m).



### + esempio positivo

Sistemi fotovoltaici in filari di 2 pannelli, su struttura di sostegno in legno.

I pannelli fotovoltaici occupano il suolo in modo tale che la superficie risulti permeabile.

Localizzazione: Eging am See, Germania.

Fonte: [www.martin-bucher.de](http://www.martin-bucher.de)



### + esempio positivo

Pannelli fotovoltaici in filari di 2 pannelli, su struttura di sostegno in legno.

I pannelli fotovoltaici occupano il suolo in modo tale che la superficie risulti permeabile.

Localizzazione: Neureichenau, Germania.

Fonte: [www.martin-bucher.de](http://www.martin-bucher.de)

## 2.6. Tipologie di strutture di sostegno

Tipologia	Vantaggi	Svantaggi	Mitigazione dell'impatto
Struttura in profilati di acciaio –  appoggio su un telaio semplice	Dal punto di vista tecnico – semplicità della soluzione.	Uniformità visiva eccessiva.  Impatto visivo molto tecnologico.  Problemi di corrosione delle strutture.	Limitare la larghezza delle fasce di pannelli. Studiare sistemi strutturali, eventualmente reticolari, che si armonizzino con l'ambiente, creando un'immagine scultorea.
Strutture reticolari in tubolare di alluminio o acciaio, oppure in legno di rapida crescita -	Dà la possibilità di utilizzare elementi portanti modulari di piccole dimensioni, di facile assemblaggio e trasporto.  Possibilità di elaborazioni architettoniche più interessanti dal punto di vista strutturale – paesaggistico.  Se di alluminio o legno, non presenta rilevanti problemi di corrosione o degrado.	Impatto visivo molto tecnologico.	Studiare delle disposizioni planimetriche che possono dare un plus-valore al paesaggio, quali maxi-sculture nel paesaggio.  E' possibile utilizzare strutture reticolari lignee, realizzate con legno di rapida crescita.
Strutture con ancoraggio centrale e due ali laterali – larghezza 2 pannelli	Fasce di pannelli più strette – minor impatto negativo sul terreno sottostante.	Densità minore – necessità di una maggior superficie di terreno per raggiungere la stessa potenza elettrica.	Studiare delle disposizioni planimetriche che alternano filari di vegetazione con filari di fasce di pannelli – sono compatibili dal punto di vista tecnologico? - quali per esempio:  - corsi di vite e fasce di pannelli?  - corsi di alberi da frutta e fasce di pannelli?



### + esempio positivo

Strutture reticolari in alluminio disposti in fasce di pannelli. Si continua ad utilizzare a pascolo il terreno sottostante. Localizzazione: Pocking, Baviera, Germania.  
 Fonte: [www.martin-bucher.de](http://www.martin-bucher.de)



### + esempio positivo

Strutture reticolari in legno a rapida crescita (robinia europea). Si continua ad utilizzare a pascolo il terreno sottostante. Le strutture sono bio-degradabili. Localizzazione: Hoelswang, Baviera, Germania.  
 Fonte: [www.martin-bucher.de](http://www.martin-bucher.de)



**- esempio negativo**

Impianto solare ad isola con plinti in calcestruzzo.  
L'intervento risulta molto invasivo visivamente.  
Circa il 10% della superficie del terreno impiegato è resa impermeabile in modo del tutto inutile.

## 2.7. Discontinuità o continuità delle fasce fotovoltaiche

Per evitare un impatto visivo di eccessiva uniformità, nel caso di interventi di piccole dimensioni, è preferibile ricorrere a soluzioni che evitino la superficie continua: per esempio, realizzare delle fasce parallele, distaccate, della larghezza di 1 pannello.



**+ esempio positivo ma migliorabile**

Pergola fotovoltaica che sfrutta un terreno coltivato a vigneto in Puglia.  
I pannelli sono sistemati in filari assai distanti fra loro, con sistemi di regolazione dell'inclinazione, in modo da permettere la sussistenza di colture sul terreno sottostante.  
Localizzazione: Mola di Bari (Ba)  
Fonte: <http://www.100ambiente.it>



**+ esempio positivo**

Pergola fotovoltaica realizzata a copertura di una superficie di parcheggio.  
I pannelli fotovoltaici diventano allo stesso tempo degli elementi di schermatura/ ombreggiatura del parcheggio sottostante.  
In questo modo si crea una superficie discontinua di copertura.  
Fonte:  
<http://glispecialistidelrisparmioenergetico.blogspot.com/>



**+ esempio positivo**

Pergola fotovoltaica al di sopra della superficie di parcheggio.  
I pannelli fotovoltaici diventano allo stesso tempo degli elementi di schermatura/ ombreggiatura per il parcheggio sottostante.  
Fonte: <http://www.basinandrangewatch.org/Solar-TheSolution.html>



**+ esempio positivo**

Pergola solare sul lungomare di Bocca di Magra, La Spezia – **esempio positivo** – design progetto PVACCEPT. Struttura leggera, intervento non invasivo e reversibile.  
Fonte: <http://www.pvaccept.de>



**+ esempio positivo**

Studio di recinzione fotovoltaica - design progetto PVACCEPT.

I pannelli sono sistemati in filare discontinuo; è stato scelto un pannello di rivestimento verdastro per la migliore integrazione nel contesto e un minor impatto visivo.

Fonte: <http://www.pvaccept.de>

**- esempio negativo**

Pannelli fotovoltaici a tettoia compatta.

Su una superficie di maggior estensione, la superficie a pannelli costituisce un elemento invasivo esteticamente.

### 3. FOTOVOLTAICO ALLA SCALA DEL SINGOLO MANUFATTO

Il criterio di differenziazione delle tipologie di impianti è il loro posizionamento in relazione all'edificio. In genere, i sistemi vengono differenziati con i seguenti criteri.

1. **Impianto non integrato** – impianto distaccato dall'edificio (pergole, filari di pannelli appoggiati a terra);
2. **Impianto parzialmente integrato** – caratterizzato dalla sovrapposizione degli elementi fotovoltaici alle superfici dell'edificio, senza sostituzione dei materiali costituenti l'edificio. Per esempio, entrano in questa categoria i pannelli appoggiati alle falde de tetto, sopra al manto di copertura;
3. **Impianto integrato** – caratterizzato dalla sostituzione dei materiali originali con i dispositivi fotovoltaici (manto di copertura parzialmente costituito da elementi fotovoltaici; vetri delle finestre sostituiti da dispositivi fotovoltaici trasparenti o semitrasparenti ecc.).

In ogni caso, vanno tenuti presenti alcuni requisiti tecnici. La resa massima dei pannelli è condizionata dall'esposizione verso sud e dall'inclinazione ortogonale alla direzione dei raggi solari; in effetti, la soluzione di maggior rendimento è quella ad inclinazione regolabile. Nel caso di installazione di pannelli in copertura, diventa ovvia la convenienza di installare i pannelli fotovoltaici sulla falde esposte a sud, eventualmente a sud-est oppure sud-ovest.

Non sono ammissibili, a scala di singoli manufatti, nel caso di tetti a falda, dei sistemi di sostegno dei pannelli con inclinazione diversa rispetto alle superfici dell'edificio.

#### 3.1. Impianti non integrati

Tipologia	Vantaggi	Svantaggi / punti delicati	Mitigazione dell'impatto
Impianto non integrato - elementi generali	<p>Dal punto di vista tecnico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- soluzione progettuale più semplice dal punto di vista architettonico, perché non interferisce direttamente con l'immagine dell'edificio;</li> <li>- possibilità di sfruttare una maggior area di terreno (per esempio, i giardini retrostanti l'immobile ecc.).</li> </ul>	<p>Necessità di studiare aspetti connessi all'uso del suolo - vegetazione / coltivazioni / tappeto erboso – per l'area coperta dalle strutture sollevate da terra.</p> <p>Necessità di studiare gli aspetti connessi alla pavimentazione, per non rendere impermeabile una superficie maggiore del necessario.</p>	<p>Risultano di minor impatto visivo le strutture a pergolato, staccate da terra, coperte con fasce di pannelli distanziate tra di loro, in modo da permettere la naturale caduta al suolo delle acque piovane;</p> <p>Sono da evitare, nella composizione dell'inserimento dei pannelli, le superfici coperte molto uniforme, di ampie dimensioni, che rendono il terreno impermeabile ed inutilizzabile per le coltivazioni.</p>
a. Impianto a pergola	<p>Permette di sfruttare il terreno sottostante per le colture;</p> <p>Potrebbe presentare un doppio vantaggio se utilizzata come elemento schermante per le aree di parcheggio.</p>	<p>Se la copertura della pergola è continua, la superficie coperta può diventare eccessiva, con conseguente impermeabilizzazione di terreno.</p>	
b. Dispositivi fotovoltaici organizzati come recinzione	<p>Non introduce un elemento nuovo come delimitazione spaziale, ma riprende un confine esistente oppure si appoggia ad una struttura di delimitazione (recinzione) già esistente.</p>	<p>Necessità di una soluzione tecnica studiata anche a livello cromatico.</p> <p>Per il momento, la gamma cromatica di larga produzione è assai ristretta. Comunque sono in fase sperimentale diverse soluzioni tecnologiche.</p>	<p>Posizionamento degli elementi fotovoltaici distanziati l'uno dall'altro, in modo da non rendere l'idea di "barriera autostradale".</p> <p>Scelta dei pannelli con una gamma cromatica compatibile con i colori del contesto.</p>

<p><b>c.</b> Filari di pannelli su strutture di altezza contenuta oppure appoggiati direttamente a terra</p>		<p>Studio attento degli aspetti connessi alla pavimentazione, per evitare l'eccessiva impermeabilizzazione della superficie.</p> <p>Impossibilità di sfruttare il terreno sottostante per uso agricolo oppure come zona verde.</p>	
--	--	--	--

Nota. Rientrano tra gli impianti non integrati anche gli altri esempi citati in precedenza, quali la pergola, la recinzione fotovoltaica, ecc.

### 3.2. Dispositivi parzialmente integrati

Tipologia	Vantaggi	Svantaggi / punti delicati	Mitigazione dell'impatto
<p>Dispositivi parzialmente integrati: pannelli inseriti al di sopra delle superfici dell'edificio, parallelamente ad esse, senza la sostituzione dei materiali originali</p>	<p>Impatto minimo sulla volumetria dell'edificio</p> <p>Se realizzato su un edificio esistente, permette di inserire i pannelli senza smontaggio dei materiali originali.</p>	<p>Necessità di un preventivo studio attento dell'immagine finale, per non distorcere la percezione dell'edificio.</p>	<p>Studiare la distribuzione in relazione al singolo caso. Evitare gli inserimenti a macchia irregolare.</p> <p>Prediligere l'inserimento delle fasce fotovoltaiche in modo da non contrastare le linee architettoniche dell'edificio.</p> <p>Non sono ammissibili in zona di tutela paesaggistica gli inserimenti con inclinazione diversa da quella delle falde del tetto (su strutture di sostegno elevate rispetto al piano del tetto).</p>
<p><b>a.</b> Impianti fotovoltaici inseriti sui tetti piani degli edifici non industriali</p>	<p>Intervento che consente il recupero di tetti altrimenti poco sfruttati.</p>	<p>Studiare i coni visuali e la percezione dell'impianto, per controllare l'eventuale impatto visivo</p>	<p>Limitare l'altezza massima dell'impianto all'altezza del parapetto del tetto piano.</p>
<p><b>b.</b> Impianti inseriti sulle falde inclinate del tetto</p>			<p>Inserire i pannelli in falda, nella fascia perimetrale, lungo la linea di gronda.</p> <p>Non sono ammessi impianti con inclinazione diversa rispetto a quella della falda del tetto.</p>
<p><b>c.</b> Frangisole / ringhiere / persiane utilizzate come supporto per i dispositivi fotovoltaici.</p>	<p>Inserimento reversibile, esterno all'edificio.</p> <p>Potrebbe costituire un elemento interessante di design.</p>	<p>Elemento esterno all'edificio.</p>	<p>Adeguamento cromatico e design compatibile con il contesto.</p>



**+ esempio positivo ma migliorabile**

Pannelli fotovoltaici a livello della copertura, in campo continuo – Val d’Aosta. In questa situazione, dati i materiali (copertura in lastre di pietra), la presenza del fotovoltaico non costituisce una variazione cromatica significativa. Nel caso di tetti in cotto si deve ridurre la superficie di pannelli rispetto all’estensione massima del tetto, prediligendo la disposizione in fasce che sottolineano i profili dell’edificio.



**+ esempio positivo ma migliorabile**

Pannelli fotovoltaici a livello di copertura –Val d’Aosta. Le fasce di pannelli seguono l’andamento della linea di massima pendenza del tetto. In questa situazione, il posizionamento si rifà anche alla partizione della facciata. In linea di massima si considera preferibile l’inserimento dei pannelli in fasce nella parte bassa della falda, lungo la linea di gronda.



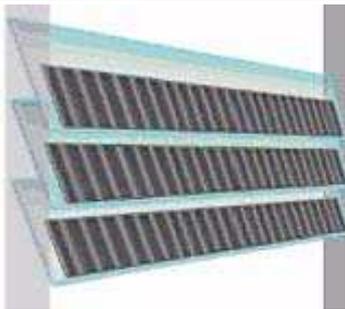
**- esempio negativo**

Dispositivo fotovoltaico parzialmente integrato, inserito sulla falda del tetto senza sostituzione dei materiali - negativo per la distribuzione geometricamente irregolare dei pannelli. In questo modo si perde la percezione della forma e della *texture* della copertura, la percezione generale del volume dell’edificio storico.



**- esempio negativo**

Pannelli fotovoltaici inseriti in completamento alle falde del tetto. Viene alterata la volumetria dell’edificio.

	
<p><b>+ esempio positivo ma migliorabile</b> Frangisole, ringhiere, persiane fotovoltaiche. I moduli fotovoltaici sono applicati in serie su fasce di sostegno a livello della balaustra o su strutture esterne verticali. La soluzione è altamente reversibile. La forma deve essere studiata in modo da non occultare eventuali elementi di valore estetico quali ringhiere decorate in ferro battuto ecc.</p>	
	
<p><b>+ esempio positivo ma migliorabile</b> Frangisole fotovoltaico – esempio di applicazione tecnologica.</p>	

### 3.3. Impianti integrati

Tipologia	Vantaggi	Svantaggi / punti delicati	Mitigazione dell'impatto
Dispositivi integrati: pannelli inseriti a sostituzione degli elementi dell'edificio	Impatto minimo sulla volumetria dell'edificio	Necessità di uno studio attento dell'immagine finale, per non distorcere la percezione dell'edificio.  Se realizzato su un edificio esistente, l'intervento non è di facile reversibilità.	Studiare la conformazione in relazione al singolo caso. Evitare gli inserimenti "a chiazza irregolare".  Prediligere l'inserimento di fasce di pannelli che non contrastino con le linee architettoniche dell'edificio.
<b>a.</b> Impianti fotovoltaici inseriti sui tetti a falda	Non modificano il volume dell'edificio.  Seguono il piano della falda del tetto.	Studiare i coni visivi che permettono la percezione degli elementi dell'impianto, per avere la minima invasività visiva.  Rendono solamente sulle falde esposte verso Sud, Sud-est o sud ovest.	Inserire i pannelli disponendoli su una fascia perimetrale lungo la linea di gronda.
<b>b.</b> Impianti a gel fotovoltaico inserito sulle vetrate	Non modificano il volume dell'edificio.	Alterano il colore delle vetrate.  Soluzione valida negli edifici con ampie vetrate.	



**+ esempio positivo ma migliorabile**

Pannelli fotovoltaici a livello copertura – forma geometrica regolare, che sottolinea la forma del tetto - provincia di Terni.  
 E' preferibile l'inserimento dei pannelli in fasce lungo la linea di gronda.



**+ esempio positivo**

Dispositivi fotovoltaici semitrasparenti – gel fotovoltaico - applicati a sostituzione delle vetrate dell'edificio - Centro CiSol, Barcellona.

Tale elemento è particolarmente utile per studiare l'inserimento del fotovoltaico sulle facciate moderne in contesti storici, sfruttando le superfici vetrate senza inserire altri elementi aggiuntivi.

[http://www.us.schott.com/2009\\_architecture/english/references/iberica.html](http://www.us.schott.com/2009_architecture/english/references/iberica.html)

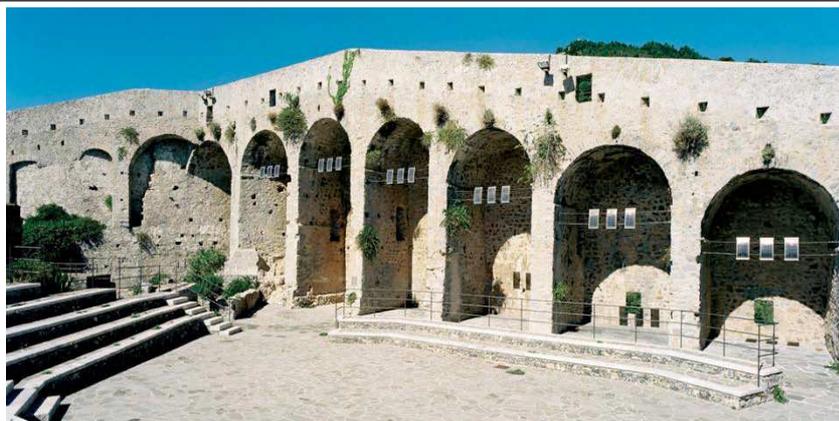
**+ esempio positivo**

Dispositivi fotovoltaici semitrasparenti applicati a sostituzione delle vetrate dell'edificio. Ballard library, Seattle, USA.

Tale elemento è particolarmente utile per studiare l'inserimento del fotovoltaico su facciate moderne in contesti storici, sfruttando le superfici vetrate senza inserire altri elementi aggiuntivi.

[http://www.us.schott.com/2009\\_architecture/english/references/iberica.html](http://www.us.schott.com/2009_architecture/english/references/iberica.html)

#### 4. DESIGN FOTOVOLTAICO E BENI CULTURALI: CASI –STUDIO



**+ esempio positivo**

Dispositivi fotovoltaici “solar flags”, Castello Doria a La Spezia.  
L'elemento fotovoltaico è poco invasivo rispetto al particolare contesto architettonico; la soluzione è studiata *ad hoc*.  
A destra immagini riprese durante il montaggio degli elementi.

Fonte:  
<http://www.pvaccept.de>



**+ esempio positivo**

Dispositivi fotovoltaici semitrasparenti utilizzati per pannelli pubblicitari o di segnalazione.  
Museo civico Ubaldo Formentini, La Spezia, pannello di segnalazione all'ingresso e dettaglio del pannello con superficie “dot-print” (pellicola perforata che permette l'accesso della luce al materiale fotovoltaico in componenza del pannello).  
A destra immagine di dettaglio del dispositivo a matrice semitrasparente.

Fonte:  
<http://www.pvaccept.de>

	
<p><b>+ esempio positivo</b> Dispositivi fotovoltaici semitrasparenti utilizzati per pannelli pubblicitari o di segnalazione.</p> <p>Marbach sul Neckar, Germania, testo di Schiller sulle mura della città. A destra immagine di dettaglio del dispositivo.</p>	<p>Fonte: <a href="http://www.pvaccept.de">http://www.pvaccept.de</a></p>
	
<p><b>+ esempio positivo da valutare, tecnologia in fase sperimentale</b> Dispositivi fotovoltaici ad elementi di piccole dimensioni, "edera fotovoltaica"</p>	<p>Fonte: <a href="http://www.solarivy.com">http://www.solarivy.com</a></p>

Suggerimenti bibliografici e risorse on-line:

AA. Vv, Linee guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale – MIBAC, in corso di pubblicazione (2011), a cura di L. DE SANTOLI  
Hermannsdorfer I., Rub C., Solar Design. Photovoltaics for Old Buildings, Urban Scape, Landscapes, Jovis – Berlin 2005  
Final report – PV Accept Project (Photovoltaic accept) - Progetto di ricerca - <http://www.pvaccept.de/ita/index.htm>