

Tesi di Laurea

Analisi e ottimizzazione di sistemi fotovoltaici in facciata

I sistemi BIPV a Jesolo

Premessa

Lo spazio verticale ha un grande potenziale di energia solare, specialmente per le aree urbane congestionate, dove le facciate fotovoltaiche di edifici e palazzi a notevole sviluppo verticale (grattacieli) possono contribuire alla generazione di una quota significativa di energia rinnovabile.

Una analoga situazione si ha anche in tutte le strutture ricettive che si affacciano al litorale della penisola italiana, dove lo spazio orizzontale sui tetti è molto spesso non disponibile perché o già utilizzato da altri impianti (climatizzazione e trattamento aria, autoclave, ascensori) o già destinato ad altri usi (solarium, piscina, attici panoramici, lavanderia, ecc.). Anche in queste strutture l'integrazione del fotovoltaico alle facciate degli edifici apre nuove opportunità per il BIPV (building integrated photovoltaics).

Uno dei principali problemi di tali sistemi è l'ombreggiamento reciproco tra i moduli fotovoltaici in quanto può innescare il fenomeno del mismatching elettrico con conseguente perdite di potenza dell'impianto, surriscaldamento delle celle fino a danneggiamento irreversibile delle stesse.

In questo lavoro utilizzeremo un modello 3D parametrico che integra i dati dell'irraggiamento solare nei diversi momenti del giorno e durante tutto l'anno con la modellazione elettrica ad alta risoluzione (singola cella) di moduli fotovoltaici per simulare la resa di energia elettrica di applicazioni fotovoltaiche verticali.

I dati dell'irraggiamento solare utilizzati sono quelli del PVGIS europeo (Photovoltaic Geographical Information System), il modello 3D è stato realizzato con il software AutoCAD mentre le simulazioni energetiche con i software EnergyPlus e PVsyst.

Il framework implementato è in grado di calcolare l'ombreggiatura per i singoli moduli fotovoltaici con un'elevata risoluzione spazio-temporale, che è di grande importanza per la progettazione del sistema elettrico ma ancor più per la finalità di questo lavoro, ossia la determinazione della resa energetica di applicazioni fotovoltaiche verticali, inclinate e diversamente orientate.

La metodologia viene applicata per valutare le prestazioni di diverse configurazioni del sistema di facciata BIPV, nonché la sua sensibilità all'orientamento e alla configurazione dei moduli (interasse/altezza).

Il lavoro vuole verificare non solo l'efficienza di questi sistemi fotovoltaici ma anche se vi sono delle caratteristiche costruttive ottimali in termini di distanza tra i moduli, altezza ed inclinazione. Quest'ultimo, in particolare, è un parametro critico che influenza la quantità di ombreggiamento reciproco e quindi limita l'irraggiamento solare e la generazione di elettricità dei sistemi fotovoltaici.

La pianificazione della configurazione delle stringhe di moduli e l'orientamento delle celle fotovoltaiche in base alle condizioni di ombreggiamento parziale, riduce le perdite per mismatching elettrico e si traduce in una generazione di elettricità significativamente maggiore.

Assunzioni

La longitudine e la latitudine utilizzate per il calcolo sono rispettivamente $\varphi = 45^{\circ}32.0'$ e $\psi = 12^{\circ}38.2'$, corrispondenti alla Città di Jesolo (VE).

Nello studio sono stati considerati tutti i 365 giorni del TMY della serie storica 2005-2020 del database di PVGIS.

I due estremi temporali di studio, per ogni giorno, fanno riferimento all'alba e al tramonto solare, ossia quando la superficie fotovoltaica inizia a ricevere energia sia essa di tipo diretto che diffuso.

Lo studio è su base quart'oraria, cioè tutti i parametri sono stati valutati ogni 15 minuti (unità minima disponibile in PVGIS).

Per la quantificazione della potenza solare e della temperatura ambiente, istante per istante, si è fatto ricorso al database di PV-GIS.

Il calcolo dell'irradianza incidente su un piano inclinato dai dati dell'irradianza orizzontale (trasposizione) è stato fatto con il modello Perez, Ineichen et al. che richiede dei buoni dati sul piano orizzontale, quali sono quelli a nostra disposizione. È stata considerata la componente riflessa (albedo) della radiazione solare con coefficiente $\rho = 0,2$ (condizioni urbane) pur evidenziando che trattasi di una componente particolare suscettibile di variazioni anche notevoli, da contesto a contesto nonché stagionale.

L'irradiazione circumsolare non è stata inclusa nell'irradiazione diffusa per i calcoli dell'ombreggiatura e IAM. Questo al fine di ottenere una simulazione più precisa, in particolare per grandi inclinazioni, ossia nelle installazioni verticali.

Non sono stati considerati gli ombreggiamenti locali dovuti a piante, ostacoli verticali (tralicci, cavi, antenne, camini) ed edifici limitrofi per le considerazioni precedentemente fatte.

L'unità minima fotovoltaica è costituita da n. 5 moduli per una superficie complessiva di 10,3 m² e una potenza nominale di picco di 2,05 kW_p.

Le perdite di potenza a MPP per mismatch nei moduli sono state fissate pari al 2% mentre quelle per resistenza ohmica del circuito di cablaggio a 1,5%.

Una simulazione completa degli ombreggiamenti nel modello 3D nei giorni 21 dicembre e 21 giugno è visibile on line inquadrando con un qualsiasi dispositivo mobile i seguenti QRcode:



QRcode - Video ombreggiamenti nei giorni 21/06 (nero) e 21/12 (rosso) con tilt 50°

Per ulteriori dettagli su questa e sulle altre simulazioni si rimanda all'appendice **Errore**.
L'origine riferimento non è stata trovata..

Conclusioni

L'obiettivo di questa tesi era innanzitutto valutare l'efficienza dei sistemi fotovoltaici integrati in facciata (BIPV) nei diversi orientamenti e configurazioni di base e contemporaneamente verificare se vi sono delle caratteristiche costruttive ottimali in termini di distanza tra i moduli (interasse), altezza ed inclinazione degli stessi.

Come preannunciato nell'introduzione a questo lavoro, il principale problema da affrontare in queste installazioni è rappresentato dagli ombreggiamenti reciproci che innescano fenomeni di mismatching elettrico con conseguente perdita di potenza dell'impianto, surriscaldamento delle celle fino a danneggiamento irreversibile delle stesse.

A questo proposito si è deciso di utilizzare un modello 3D di facciata strutturale elementare, realizzato in AutoCAD, a cui abbiamo abbinato un sistema fotovoltaico reale costituendo così quella che abbiamo definito un'unità minima fotovoltaica. Quest'ultima è stata a sua volta inserita in un contesto architettonico elementare che limitasse le particolarità ma contestualmente consentisse di avere degli spunti importanti di analisi in fase implementativa di un progetto reale: un esempio fra tutti è stato quello di considerare l'edificio privo di logge ma con un cornicione esteso a tutto il perimetro dell'edificio che genera ombreggiamenti sia sul piano verticale che sulla copertura piana.

La combinazione delle informazioni ottenute dal modello 3D complessivo (struttura meccanica, superficie fotovoltaica e involucro edilizio), con quelle relative alla radiazione e più in generale al percorso solare (fornite dal database PVGIS), ha permesso di avere tutte le informazioni necessarie per un proficuo svolgimento delle diverse simulazioni. L'implementazione del modello e dei dati solari nel software di analisi ha permesso il calcolo della producibilità di alcune configurazioni impiantistiche significative da cui sarà agevolmente possibile interpolare situazioni intermedie.

I risultati ottenuti sono convincenti per l'obiettivo primo di questo lavoro di tesi e si rimanda al quadro riepilogativo in tesi.

Dando per consolidata l'importanza che rappresenterà per il futuro del fotovoltaico il settore del BIPV, concludiamo con un ultimo approfondimento sulle tecnologie innovative, a breve disponibili, più adatte e convenienti rispetto alle "azioni" suddette. Attualmente le tecnologie fotovoltaiche più performanti dal punto di vista del rapporto efficienza/prezzo sono in generale quelle del silicio mono e policristallino, ma per l'integrazione in un edificio, a seconda dei casi, la scelta non deve mai essere considerata così ovvia. Numerosi fattori, infatti, contribuiscono a modificare l'approccio e riconsiderare l'analisi puramente economica sotto la luce di diversi ulteriori aspetti.

Come abbiamo visto, di notevole importanza sono la collocazione e l'orientamento dell'edificio, infatti, su una applicazione in facciata, i moduli cristallini (su supporto opaco tradizionale o inglobati in vetri) possono essere preferibili ad altre soluzioni solo nel caso in cui l'edificio in questione abbia un'orientazione a sud (e per interpolazione $\pm 45^\circ$). Se l'edificio non ha una direzione del genere, il loro impiego dovrebbe essere limitato al tetto, proprio perché il limite di queste tecnologie è rappresentato da un notevole calo di efficienza in condizioni di parziale ombreggiamento o di luce indiretta. La tecnologia a film sottile, invece, realizzata con celle al silicio o basate su altri materiali semiconduttori organici o inorganici, permette di massimizzare il rapporto efficienza/prezzo in numerose situazioni reali: è infatti ideale per sfruttare le grandi superfici, come le facciate ed i tetti commerciali e industriali, nonché per applicazione in climi caldi, dove le prestazioni del silicio cristallino decadono assai rapidamente. I film sottili sono inoltre maggiormente versatili, mantenendo buoni rendimenti anche in condizioni di luce diffusa e di parziale ombreggiamento, e presentano notevoli possibilità di adattamento di forma attraverso i substrati flessibili sui quali sono implementati, a tutto vantaggio della componente architettonica ed estetica.