



Task 13 Affidabilità e Prestazioni degli Impianti Fotovoltaici

S  
P  
V  
P

# SCHEDA INFORMATIVA

## Tracker Bifacciale

LUGLIO 2024

Autori: Stein, J., Maugeri, G.

Responsabili del Task 13:

Ulrike Jahn, Fraunhofer CSP, Germania

Laura Bruckamn, Case Western Reserve University, Stati Uniti d'America

Giosué Maugeri, RSE, Italia



# Tracker Bifacciale

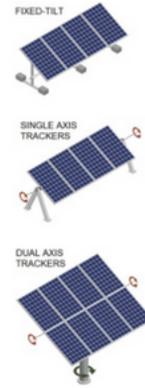
L'energia prodotta dagli impianti fotovoltaici può essere incrementata non solo grazie all'adozione di celle fotovoltaiche più efficienti, ma anche attraverso l'implementazione di nuovi sistemi di installazione.

## Moduli fotovoltaici bifacciali:

Il design delle nuove celle solari consente di sfruttare anche la radiazione che raggiunge il lato posteriore del modulo FV, con valori di bifaccialità che vanno dal 60% a oltre il 90% rispetto al lato anteriore.

## Sistemi di Tracciamento:

I sistemi di inseguimento solare a singolo asse (1T) e a doppio asse (2T) adattano l'orientamento dei moduli fotovoltaici in base alla posizione del sole, minimizzando l'angolo di incidenza della luce solare sui moduli.



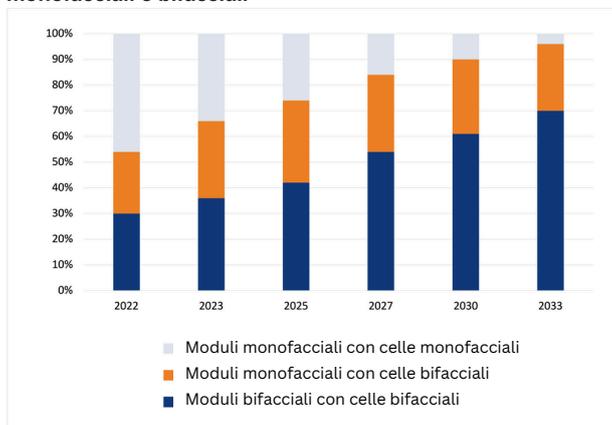
La combinazione di moduli fotovoltaici con tracker a singolo asse (1T) permette di ridurre il costo di produzione dell'energia elettrica da fonte solare grazie a un aumento della produzione di energia pari al 35% rispetto ai sistemi convenzionali.

Secondo alcuni studi, i sistemi di inseguimento solare con tecnologia bifacciale permettono di raggiungere il più basso costo di LCOE (Levelized Cost of Electricity) per più del 90% del mondo. Il valore di LCOE risulta essere inferiore del 16% rispetto ai sistemi convenzionali.

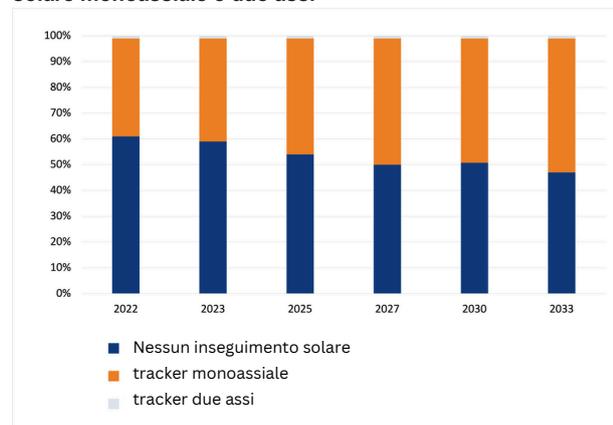
## Sviluppo di mercato

Le celle e i moduli fotovoltaici bifacciali stanno rapidamente conquistando una quota di mercato maggiore rispetto alla tecnologia monofacciale. Anche per i tracker - in particolare per quelli monoassiali (o a singolo asse) - stanno sempre più aumentando la propria quota di mercato.

Trend della quota di mercato mondiale dei moduli monofacciali e bifacciali



Trend della quota di mercato mondiale dei sistemi ad inseguimento solare monoassiale e due assi





## Tendenze di mercato e fattori trainanti

- **I costi dipendono** da fattori di progettazione, dalla topologia del terreno e dai prezzi dell'acciaio. I sistemi di inseguimento a un singolo asse (SAT) possono aumentare la resa annuale di circa il 20% rispetto ai sistemi con inclinazione fissa. La consegna affidabile dei materiali, unitamente a una pronta disponibilità di tutto il necessario per la realizzazione degli impianti, è considerata un elemento di valore per i produttori di impianti fotovoltaici, disposti a pagare un prezzo maggiore.
- **I problemi legati alla 'supply chain' e le fluttuazioni dei prezzi** di mercato sono tra i fattori più impattanti: ad esempio, l'uso di fornitori locali può contribuire a compensare costi e le emissioni di carbonio di un progetto, il prezzo dell'acciaio può influire sul costo del progetto.
- Le aziende di tracker sono interessate a coprire nuovi settori di mercato (ad esempio, l'uso duale del terreno con l'agri-fotovoltaico)

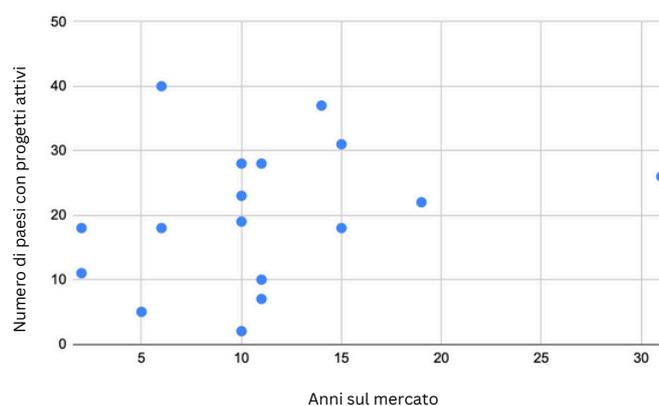
## Panoramica dei sistemi di tracciamento

<b>Metodi di montaggio</b>					<b>Lunghezza dei tracker</b>				
singolo	doppio	inclinato	a 2 assi	a 2 assi nel contesto					
<b>Opzioni di installazione</b>					<b>Certificazioni</b>				
pali impilati nel terreno	pali su basi in calcestruzzo	altri (formati a slitta; a vite)			vento	grandine	affidabilità		
							<ul style="list-style-type: none"><li>• IEC 62817</li><li>• UL 3703</li><li>• UL 2703</li><li>• ISO 9001, 45001, 14001</li></ul>		
<b>Fattori trainanti del movimento</b>					<b>Algoritmi</b>		<b>Metodi di risposta alle condizioni meteorologiche estreme</b>		
motore centrale	architettura indipendente				Backtracking Ottimizzazione per bifacciale Ottimizzazione in presenza di pendenze del suolo Routine per la pulizia Routine per la sicurezza dell'installazione		Il controller del tracker risponde a sensori o segnalazioni da remoto in riferimento a vento, grandine e neve e regola l'inclinazione per ridurre il rischio di danneggiamento sui moduli.		

IEA PVPS Task 13 ha raccolto i dati da interviste condotte su 17 aziende produttrici di tracker (>87% della quota di mercato globale dal 2012 al 2021) e dall'analisi del rapporto globale sui tracker fotovoltaici solari 2022 di Wood Mackenzie.

Le aziende produttrici di tracker sono presenti in diversi paesi del mondo:

- il 70% delle aziende è attivo da almeno 10 anni.
- circa il 50% delle aziende vende tracker in più di 20 paesi.
- più dell'80% delle aziende vende in più di 10 paesi.





## Progettazioni di sistemi per il rendimento e il valore ottimali.

### Backtracking:

Quando inizia a verificarsi l'ombreggiamento tra i moduli FV, l'angolo di inseguimento non segue più il percorso del sole ma si regola all'indietro fino ad evitare l'ombreggiamento. Tutte le aziende produttrici di tracker intervistate offrono la funzionalità di backtracking.

Il **terreno complesso** presenta sfide per alcuni progetti di tracker.

- Variazioni di pendenza, nella direzione normale alle file richiedono l'aggiustamento dell'angolo di inclinazione di ciascuna fila.
- Variazione di pendenza parallele alle file richiedono l'uso di giunti flessibili sui tubi di coppia.

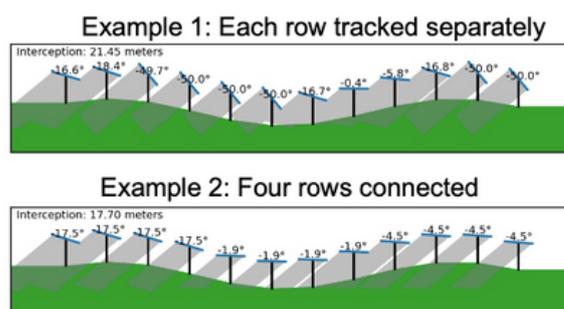


Figure by Kevin Anderson, Sandia

Alcune **condizioni meteorologiche** richiedono aggiustamenti rapidi:

- I controller dei tracker ricevono segnali dai sensori di vento (o talvolta grandine) distribuiti nel campo FV.
- Regolazioni dell'angolo di inclinazione per proteggere il sistema Tracker-modulo:
  - Inclinazione massima - ad esempio, durante grandinate o nevicate
  - Posizione orizzontale - nel caso di raffiche di vento per ridurre l'effetto vela.

## Modellazione delle prestazioni e valutazione del rendimento

Il gruppo di lavoro IEA PVPS Task 13 (Attività 2.3) ha condotto uno studio sulle migliori pratiche di modellazione per i sistemi di tracker bifacciali. Lo studio comprende un confronto tra diversi strumenti di modellazione per valutare la producibilità energetica di questi impianti, variando specifici parametri di progettazione. Ai partecipanti è stato richiesto di simulare un set di sei sistemi fotovoltaici ipotetici, per i quali sono stati forniti dei vincoli di progettazione e i dati meteo del sito di installazione.

### Definizione dello scenario per il confronto della modellazione

Gli scenari sono ipotetici e coprono variazioni in:

- Rapporto di copertura del terreno (GCR Ground Coverage Ratio)
- Albedo
- Altezza dell'asse
- Configurazione
- Superficie del terreno

Scenario	GCR	Albedo	Altezza del mozzo	Configurazione	Superficie del terreno
S1	0.4	0.2	1.5 m	1P, singolo verticale	piana
S2	<b>0.25</b>	0.2	1.5 m	1P, singolo verticale	piana
S3	0.4	<b>0.5</b>	1.5 m	1P, singolo verticale	piana
S4	0.4	0.2	<b>3.5 m</b>	1P, singolo verticale	piana
S5	0.4	0.2	1.5 m	1P, singolo verticale	<b>pendenza del 10% verso est</b>
S6	0.4	0.2	1.5 m	1P, singolo verticale	<b>pendenza del 10% verso sud-ovest</b>



## IEA PVPS Task 13 Activity 2.3 su Tracciamento Bifacciale

L'obiettivo del Task 13 è fornire una piattaforma comune per esaminare gli aspetti tecnici che influenzano la qualità delle installazioni, le prestazioni e l'affidabilità dei moduli e dei sistemi fotovoltaici in vari ambienti e applicazioni. A questo scopo, raccogliamo dati da modelli e misurati da vari sistemi fotovoltaici in tutto il mondo, comprese le pratiche diversificate di ogni paese nonché feedback sulle esperienze avute nell'impiego di tecnologie FV e nella progettazione dei sistemi fotovoltaici vasta gamma di tecnologie e progettazioni dei sistemi fotovoltaici. I risultati della Task 13 vengono diffusi attraverso rapporti, workshop, webinar e pubblicazioni online.

### Sub-Tasks:



1. Affidabilità dei nuovi materiali, componenti e moduli fotovoltaici
2. Prestazioni e durabilità delle applicazioni fotovoltaiche
3. Indicatori di performance tecnico-economica



## Bibliografia

- C. D. Rodríguez-Gallegos, H. Liu, O. Gandhi, J. P. Singh, V. Krishnamurthy, A. Kumar, J. S. Stein, S. Wang, L. Li, T. Reindl, and I. M. Peters. 2020. "Global Techno-Economic Performance of Bifacial and Tracking Photovoltaic Systems." *Joule*, pp. 1514-1541.
- J. S. Stein, C. Reise, J. B. Castro, G. Friesen, G. Maugeri, and E. Urrejola. 2020. "Bifacial Photovoltaic Modules and Systems: Experience and Results from International Research and Pilot Applications." IEA PVPS Task 13 Report IEA-PVPS T13-14:2021.
- M. Fischer et al. 2022. "International Technology Roadmap for Photovoltaics: 2022 Results." VDMA.
- A. Barbón, V. Carreira-Fontao, L. Bayón, and C. A. Silva. 2023. "Optimal design and cost analysis of single-axis tracking photovoltaic power plants." *Renewable Energy* 211: 626–646.
- Y.-M. Saint-Drenan and T. Barbier. 2019. "Data-analysis and modelling of the effect of inter-row shading on the power production of photovoltaic plants." *Solar Energy* Volume 184: 127-147.
- N. AL-Rousan, N. A. Mat Isa, and M. K. Mat Desa. 2018. "Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82: 2548–2569.
- D. Fontani, D. Jafrancesco, P. Sansoni, A. Nicolini, A. D. Giuseppe, A. Pazzaglia, B. Castellani, F. Rossi, and L. Mercatelli. 2023. "Field optimization for bifacial modules." *Optical Materials*, Vol. 138.