



Ricerca di Sistema elettrico

## Metodologia on-field per l'analisi dello sporcamento degli specchi

G. Cara, A Benedetti, M. Montecchi

Metodologia on-field per l'analisi dello sporcamento degli specchi

Dicembre 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 – 3<sup>a</sup> annualità

Obiettivo: *Tecnologie*

Progetto: Progetto 1.9 Solare Termodinamico

Linea di attività: LA 1.24 - *Sviluppo di componentistica avanzata per impianti CSP: selezione tecnica di trattamento e/o fabbricazione rivestimenti per specchi autopulenti*

Responsabile del Progetto: Alberto Giaconia, ENEA

Responsabile del Work package: Alberto Giaconia, ENEA

## Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	5
2.1 PARAGRAFO.....	5
3 CONCLUSIONI.....	5
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	5
5 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	5

## Sommario

Utilizzando un riflettometro della D&S, modello R15-USB, è stata condotta una campagna di misura della riflettanza media del collettore PCS della Casaccia. Per ognuno degli 8 moduli che compongono il collettore è stato prescelto un pannello riflettente di facile accesso; su di esso sono state ripetute periodicamente le misure relative a 5 punti di misura scelti opportunamente. Il valore medio globale è un buon estimatore della riflettanza media del collettore. I risultati sperimentali dimostrano che l'andamento della riflettanza relativa rispetto alla condizione di massima pulizia è in stretta correlazione con l'andamento delle precipitazioni giornaliere occorso durante la campagna di misura. Il riflettometro prescelto risulta essere adeguato a monitorare lo stato di pulizia di un collettore solare.

## 1 Introduzione

Per riflettanza solare si intende il valore medio, pesato sullo spettro di emissione solare, della riflettanza quasi-speculare misurata entro l'angolo di accettazione del ricevitore (tipicamente alcuni milliradiani) nella regione spettrale 320-2500 nm.

Da diversi anni il Task III di SolarPACES ha reso disponibili le linee guida per la misura della riflettanza solare per specchi puliti mediante misure di laboratorio [1]. Sebbene questo documento sia molto importante per garantire la buona riproducibilità di misura e quindi il confronto tra prodotti commerciali differenti, la situazione in campo è resa più complessa dalla presenza dello strato di sporco che generalmente ricopre la superficie riflettente; tale strato oltre ad assorbire parte della radiazione solare, genera l'allargamento della funzione di distribuzione dell'angolo di riflessione attraverso due fenomeni distinti: lo scattering della radiazione riflessa sulla superficie delle particelle di sporco e la diffrazione dell'onda trasmessa causata dalla opacità delle stesse particelle.

Come ulteriore difficoltà, al momento non esistono strumenti per misurare in campo la riflettanza solare spettrale; sono però disponibili diversi riflettometri portatili capaci di misurare la riflettanza ad una o più lunghezze d'onda (in genere nella regione del visibile), ad incidenza quasi normale, e con un angolo di accettazione ben definito.

Considerata la rilevanza del parametro "riflettanza solare" sia per la resa di un impianto commerciale che per la pianificazione della pulizia del campo specchi, SolarPACES ha finanziato il progetto *Soiling Measurement of Solar Reflectors* avente lo scopo di confrontare tra loro i riflettometri portatili attualmente sul mercato e di delineare un modello ottico che giustifichi l'effetto dello sporco sulla riflettanza solare. Tale progetto, che vede la partecipazione di ENEA, è in fase conclusiva; a breve verranno rese pubbliche le linee guida.

Nell'ambito dell'Accordo di Programma, ENEA si è recentemente dotata di un esemplare del riflettometro portatile più diffuso, considerato lo strumento di riferimento, prodotto da Devices & Services Co, modello 15R-USB. In questo rapporto si forniscono le informazioni operative di base di detto strumento, la strategia di campionamento e risultati ottenuti in una campagna di misura condotta nel periodo compreso tra il 23 Settembre e il 7 Dicembre 2021 sull'impianto sperimentale PCS di ENEA-Casaccia.

## 2 Descrizione delle attività svolte e risultati

### 2.1 Riflettometro D&S 15R-USB

Il riflettometro D&S 15R-USB di cui si è dotato il laboratorio è stato progettato per condurre misure in campo e/o in laboratorio su superfici riflettenti speculari piane o curve.

Rimandando al Manuale Utente [2] per informazioni più dettagliate, qui di seguito ricordiamo solo gli aspetti più salienti.

Il display collocato sulla testa dello strumento (vedi Fig. 1) fornisce il valore percentuale della riflettanza assoluta previa calibrazione dello strumento da effettuarsi ogni qualvolta si esegua un nuovo set di misure.

Il peso di poco superiore al chilogrammo e le dimensioni contenute del corpo cilindrico (altezza 15 cm e diametro 20 cm) garantiscono la facile trasportabilità dello strumento e consentono di effettuare 2-3 misure al minuto in diversi punti del pannello riflettente. I dati acquisiti vengono memorizzati e resi disponibili sul display o su file scaricabile tramite porta USB.

Il principio di funzionamento si basa sulla emissione di un fascio di luce che incide sulla superficie da misurare; tale fascio è prodotto da un LED che emette luce rossa a 660nm (sorgente), e dalla successiva lettura da parte di una cella al silicio (ricevitore) del fascio riflesso. Il rapporto fra il segnale rilevato e quello di riferimento, ottenuto misurando uno specchio di riflettanza calibrata, è elaborato dall'elettronica di

bordo e il risultato è visualizzato nel display; il valore rappresenta la percentuale di riflessione assoluta del campione.

E' possibile selezionare il semi-angolo di accettazione tra i seguenti valori: 3.5, 7.5, 12.5 e 23.0 mrad. Si è deciso di utilizzare 12.5 mrad perché è il valore comunemente utilizzato per i collettori parabolico-lineari.

Operativamente la misura viene condotta accostando la parte inferiore dello strumento, dove è alloggiato il sistema sorgente/ricevitore, alla superficie specchiante. Inizialmente, per mezzo di 3 supporti a vite filettati si procede ad allineare l'ottica ricevente con il fascio riflesso, compensando gli effetti dovuti ai differenti spessori dei riflettori di seconda superficie; il criterio di allineamento è la massimizzazione del segnale letto sul display. Quindi è possibile procedere con l'acquisizione dell'intero set di misure.

La frequenza della ripetizione delle misure in campo è stata determinata dai giorni effettivi di presenza del personale addetto sull'impianto (restrizioni anti-covid sui posti di lavoro), nonché dalle condizioni meteo. Più precisamente si sono effettuate le misure ogni qualvolta se ne aveva l'opportunità e la superficie riflettente era asciutta.



Figura 1: riflettometro D&S 15R-USB

## 2.2 *Strategia di campionamento*

L'impianto sperimentale PCS di ENEA-Casaccia è composto da 8 moduli di tipo parabolico-lineare, per una lunghezza complessiva di circa 100 m. La superficie riflettente di ogni modulo di lunghezza 12 m e apertura 6 m circa, ha forma parabolico-lineare di focale 1,81 m; essa è composta da 40 pannelli riflettenti disposti su 4 righe per 10 colonne. Senza ricorrere a piattaforme o scale, con il collettore orientato a Nord in posizione di riposo, solo i 10 pannelli riflettenti inferiori di ogni modulo sono accessibili.

Secondo uno studio condotto nell'ambito del progetto EU SFERA-II presso la Plataforma Solare di Almeria da un team congiunto Fraunhofer-ISE, CIEMAT e DLR, una buona stima della riflettanza di un pannello è data dal valore medio sui 5 punti di misura disposti come descritto in Fig. 2. Nella scelta del punto esatto, si deve avere cura di evitare le zone di sporco anomalo.

Inoltre, dato il diverso grado di sporcamento dovuto alla curvatura della superficie, si dovrebbe eseguire la misura sui due pannelli più estremi (riga 1 e riga 4) per poi considerarne il valore medio come rappresentativo del modulo in esame. Poiché l'impianto PCS nel periodo di misura non è stato sempre movimentabile, si è deciso di considerare un solo pannello sulla riga inferiore per ognuno degli 8 moduli. Si è avuta cura di scegliere pannelli privi di crepe e macchie di sporco anomale.

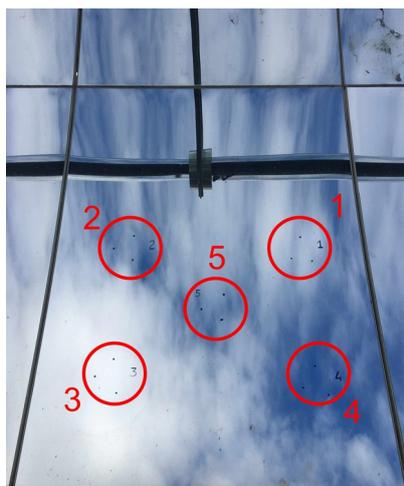


Figura 2: disposizione dei 5 punti di misura per singolo pannello.; il valore medio è un buon estimatore della riflettanza media del pannello

### 2.3 Risultati

Di ogni giorno di misura si è calcolato il valore medio per l'intero collettore. I risultati ottenuti nel corso della campagna di misura sono riepilogati in Fig. 3: in rosso il valore percentuale della riflettanza misurata rispetto al valore massimo ottenuto in condizioni di perfetta pulizia; in blu la piovosità giornaliera.

E' evidente la correlazione tra precipitazioni e ripristino parziale dello stato di pulizia. Infatti durante la campagna di misura il collettore non è mai stato pulito; ogni miglioramento della riflettanza è unicamente dovuto all'effetto detergente delle diverse precipitazioni che si sono susseguite nel periodo in esame.

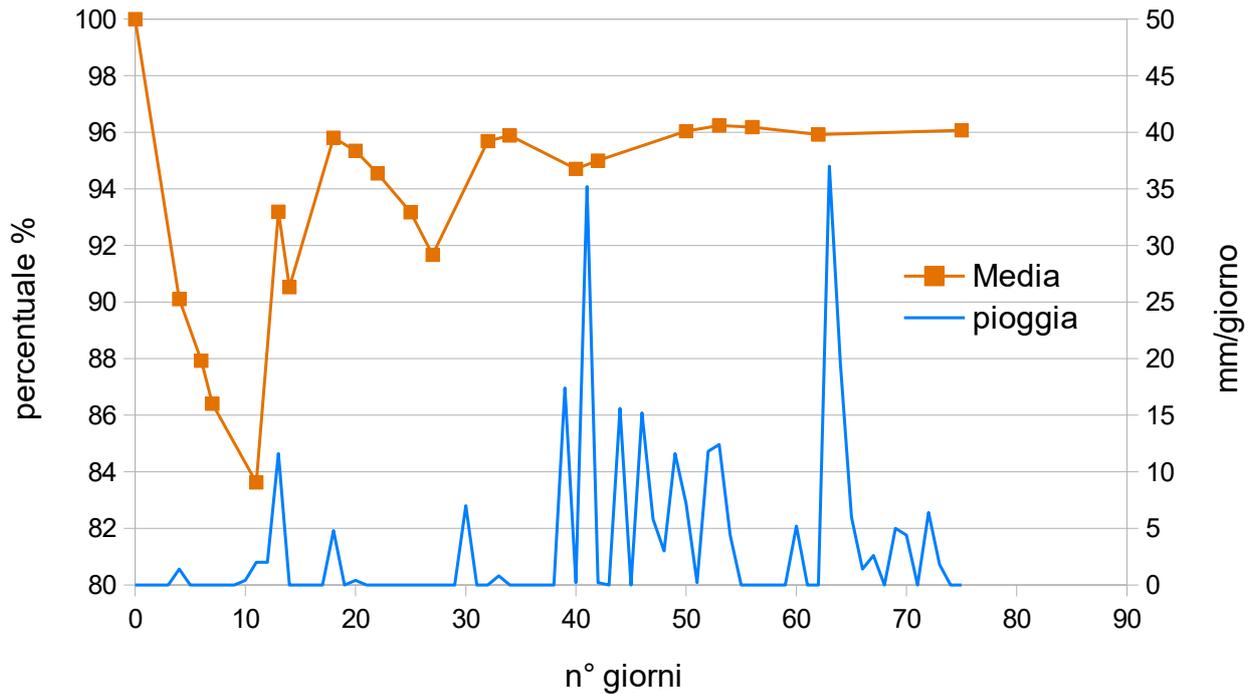


Figura 3: in rosso la riflettanza media a 660 nm e 12.5 mrad di semi-angolo di accettazione del collettore PCS durante il periodo di misura; in blu la piovosità giornaliera

### 3 Conclusioni

Il riflettometro D&S R15-USB risulta essere adeguato a monitorare lo stato di pulizia di un collettore solare. Nel periodo di osservazione le frequenti precipitazioni piovose hanno avuto un notevole effetto detergente con conseguente recupero del valore di riflettanza media.

### 4 Riferimenti bibliografici

1. AA. VV., "Parameters and Method to Evaluate the Reflectance Properties of Reflector Materials for Concentrating Solar Power Technology Under Laboratory Conditions", Version 3.1, April 2020, [https://www.solarpaces.org/wp-content/uploads/202004\\_SolarPACES-Reflectance-Guidelines-V3.1.pdf](https://www.solarpaces.org/wp-content/uploads/202004_SolarPACES-Reflectance-Guidelines-V3.1.pdf)
2. Il manuale utente del riflettometro R15-USB può essere scaricato dal sito <https://www.devicesandservices.com>