

# IL RICICLO DEI RIFIUTI DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI

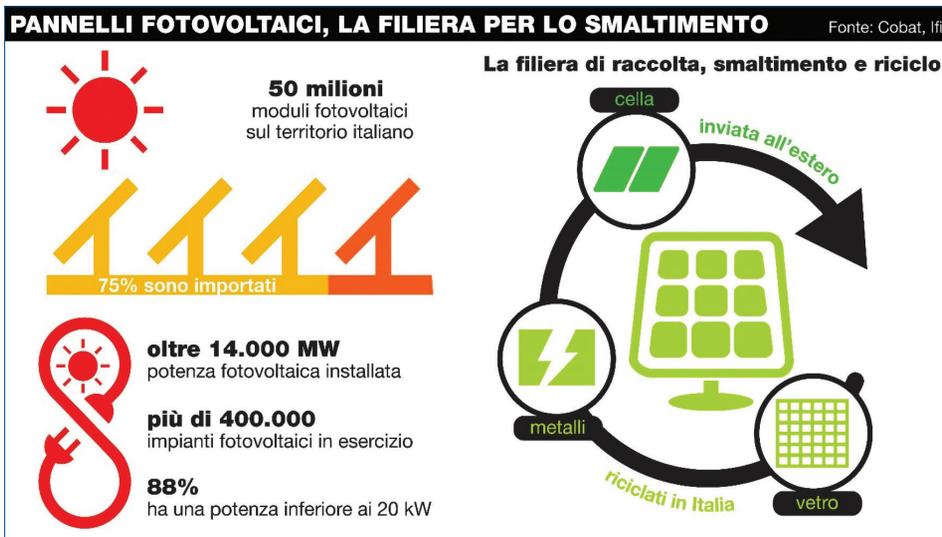
I rifiuti dei pannelli fotovoltaici, che hanno una vita tra i 25 e i 30 anni, sono considerati “Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche” (RAEE) e quindi soggetti a specifiche regolamentazioni per la loro gestione e il loro smaltimento. A partire dal 2014, la Direttiva Europea ha previsto che le responsabilità dello smaltimento dei pannelli fotovoltaici dovessero essere le seguenti: per gli impianti domestici fino a 10 kW, i rifiuti dovevano essere consegnati nei centri di raccolta RAEE per il corretto smaltimento ed i costi dovevano essere a carico dei produttori; per gli impianti industriali superiori a 10 kW, i rifiuti dovevano essere sempre gestiti dai centri di raccolta RAEE ed i costi e le responsabilità di smaltimento per gli impianti installati prima del 21 aprile 2014 dovevano essere a carico dei proprietari, mentre per quelli installati dopo il 21 aprile 2014 dovevano essere a carico dei produttori [1].

In genere, un pannello fotovoltaico è costituito da uno strato di vetro protettivo, seguito da un sottile strato di materiale polimerico, l'etilvinilacetato (EVA), che funge da collante per far aderire la cella (in gran parte a base di silicio, con piccole quantità di argento e alluminio, rame e stagno per i contatti elettrici), seguito da un secondo strato di EVA e da una superficie polimerica posteriore di supporto, generalmente a base di polietilentereftalato (PET), il tutto racchiuso in una cornice di alluminio [2]. Sia il vetro che il PET proteggono la cella da fattori ambientali come pioggia, vento e grandine. Il cuore di un pannello fotovoltaico è la cella fotovoltaica, che per il 96% dei moduli in commercio è di silicio cristallino, mentre il restante 4% è composto da film di CdTe o di CIGS (CuInGaSe<sub>2</sub>).

Il trattamento dei rifiuti dei pannelli fotovoltaici può essere realizzato solo con trattamento meccanico, ma può anche essere accompagnato da un trattamento termico e/o chimico. Maggiori informazioni sui processi attualmente operativi e su quelli in fase di ricerca e sviluppo si possono trovare in questo numero della rivista nell'articolo di P. Cerchier *et al.* (9-Tech Srl).

I materiali recuperati dai pannelli fotovoltaici sono i seguenti [3]:

- vetro: è il materiale presente in maggiore quantità, con circa il 74% del peso. Viene separato con un processo di delaminazione dalle parti in silicio e dalle componenti elettroniche e riutilizzato in ambito edilizio, per la produzione di nuovo vetro o per la creazione di ceramiche. Solo in piccole quantità (a causa delle sue impurezze) è riciclato in pannelli fotovoltaici;
  - alluminio: presente sulle cornici dei pannelli fotovoltaici e sui loro supporti, può essere facilmente separato dalle altre componenti ed è sempre riciclabile in nuovi pannelli;
  - silicio: con una percentuale in peso di circa il 3%, dopo essere stato separato e raffinato, può essere riutilizzato, ad oggi, per l'industria chimica. Altre possibili applicazioni includono l'uso nelle batterie e, in linea di principio, per produrre nuove celle solari. Quest'ultimo utilizzo non è conveniente al momento, in quanto l'eventuale contaminazione del silicio durante il processo di riciclaggio porterebbe a celle solari di minore efficienza, che non troverebbero mercato;
  - plastica: a base di EVA, utilizzata come collante, può essere riciclata per la produzione di nuovi materiali plastici;
  - metalli rari e schede elettroniche: utilizzati per il funzionamento della parte elettrica ed elettronica degli impianti, contengono argento (eventualmente indio, gallio e tellurio per il 4% del mercato basato sulle celle in CIGS e CdTe). Questi materiali vengono generalmente recuperati per essere impiegati in altre applicazioni elettroniche, mentre le schede elettroniche sono smaltite come rifiuti RAEE.
- I vantaggi del riciclo dei pannelli fotovoltaici sono [4]:
- conservazione delle risorse: i pannelli contengono una serie di materiali preziosi e non rinnovabili; riciclandoli si contribuisce a preservare la natura;
  - riduzione degli impatti climatici: il riciclo dei rifiuti fotovoltaici contribuisce a ridurre le emissioni di gas serra legate alla produzione di nuovi materiali;



In Francia, a Grenoble, la Rosi Solar ha inaugurato nel gennaio 2023 [7] il primo impianto al mondo di riciclaggio totale dei rifiuti di pannelli fotovoltaici. Gli stadi del processo includono la fusione degli involucri di plastica dei pannelli in un forno, la successiva separazione meccanica del vetro dai metalli di interesse e la completa dissociazione dei metalli mediante un bagno chimico, ottenendo silicio da riciclare nei pannelli.

- riduzione del consumo di energia: i materiali riciclati richiedono meno energia;
- riduzione dell'inquinamento: si riduce l'inquinamento dell'aria, del suolo e dell'acqua sotterranea, in quanto si diminuisce la quantità di materiali che possono finire in discarica o essere smaltiti in modo improprio.

Riguardo i materiali che possono essere riciclati da un pannello fotovoltaico di 22 kg, da parte dell'industria sono riportati i seguenti dati [5]: 0,1 kg di schede elettriche, 0,2 kg di metalli vari, 1,7 kg di plastiche, 2,8 kg di silicio, 2,9 kg di alluminio e 13,8 kg di vetro. Per l'impianto di Sogliano (Forlì-Cesena), sono riportati gli stessi dati, ma in altri impianti queste quantità possono essere leggermente diverse.

Per quanto riguarda l'Italia, nel settembre 2023 ENEA ha brevettato un processo [2] per recuperare il silicio dai rifiuti dei pannelli. Esso prevede una prima separazione di alcuni componenti del pannello, seguita dalla macinazione, ottenendo frammenti vetrosi, agglomerati di EVA e una terza frazione composta da scaglie di silicio e strati polimerici. Tramite pirolisi, viene estratto il silicio utilizzato per formare leghe con il litio.

A Sogliano sul Rubicone (Forlì-Cesena), l'azienda Sogliano Ambiente ha realizzato, nel 2021, un impianto di riciclo di rifiuti di pannelli fotovoltaici provenienti da tutta Italia [6], riuscendo a recuperare il 97% della componentistica dei pannelli, grazie all'utilizzo di celle fotovoltaiche a base di silicio mono e policristallino, impiegate nel 94% dei pannelli fotovoltaici installati in Italia.

Il 9 maggio 2024, la start-up 9-Tech ha realizzato a Marghera un impianto pilota per il riciclaggio di pannelli fotovoltaici [8]. Dopo essere stati smontati nelle diverse componenti, i pannelli sono stati tagliati in strisce di 30 cm, sottoposti a un trattamento termico per eliminare l'incapsulante EVA per combustione e poi separati meccanicamente in nastri di rame, celle di silicio e vetro.

In Italia, attualmente ci sono 10 impianti di riciclo dei rifiuti di pannelli fotovoltaici.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] **Riciclo pannelli fotovoltaici: come si fa | Sorgenia**
- [2] **Riciclo pannelli fotovoltaici: il brevetto dell'Enea (baywa-re.it)**
- [3] **Riciclo pannelli fotovoltaici: lo smaltimento - GreenStyle**
- [4] **Riciclo dei rifiuti fotovoltaici: Un approfondimento (aceper-energie-rinnovabili.it)**
- [5] **La grande sfida del riciclo dei pannelli fotovoltaici (economicircolare.com)**
- [6] **Impianto Smaltimento Rifiuti RAEE e Trattamento | Sogliano Ambiente (soglianoambiente-raee.it)**
- [7] **Riciclo pannelli solari: questa start up francese ha trovato il modo di "decomporli" e recuperare tutti i metalli ( silicio in primis) - greenMe**
- [8] **Impianto pilota per il riciclo di pannelli, i risultati della sperimentazione - pv magazine Italia (pv-magazine.it)**