



IMPIANTO AGRIVOLTAICO LUNESTAS

COMUNE DI SASSARI E STINTINO

PROPONENTE

Lunestas s.r.l.

Traversa Bacchileddu, n. 22
07100 SASSARI (SS)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE NEL COMUNE DI SASSARI E STINTINO

AUTORIZZAZIONE UNICA REGIONALE - PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO:

Piano di dismissione impianto di produzione

CODICE ELABORATO

PD
R11

COORDINAMENTO

bm!

Studio Tecnico Dott. Ing Bruno Manca

GRUPPO DI LAVORO S.I.A.

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori
Dott.ssa Ing. Silvia Exana
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio
Dott. Ing Bruno Manca
Dott. Ing. Giuseppe Pili
Dott. Ing. Michele Pigliaru
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas

REDATTORE

Dott. Ing. Giuseppe Pili
Dott. Ing. Michele Pigliaru

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE
00	Gennaio 2023	Prima emissione

FORMATO
ISO A4 - 297 x 210

Sommario

1. INTRODUZIONE	3
2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	3
3. IMPORTANZA DEL RECUPERO E RIUTILIZZO DELLE MATERIE PRIME	5
4. GENERALITÀ SUL PIANO DI DISMISSIONE	8
5. MODALITÀ DI DISMISSIONE DELL'IMPIANTO	10
5.1 PANNELLI FV	12
5.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO	13
5.3 IMPIANTO ELETTRICO	13
5.4 MANUFATTI PREFABBRICATI E CABINA ELETTRICHE	13
5.5 RECINZIONE AREA	13
5.6 VIABILITÀ INTERNA ED ESTERNA	13
5.7 RIPRISTINO AMBIENTALE DEL SITO	14
6. CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI	14
7. ANALISI DEL RECUPERO ECONOMICO A SEGUITO DELLA DISMISSIONE	16

1. INTRODUZIONE

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere il piano di dismissione dell'impianto agrivoltaico "LUNESTAS" con una potenza di picco di **24'446,52 kWp**, da realizzarsi in territorio del Comune di SASSARI e STINTINO (SS), e di tutte le sue infrastrutture e strutture che insisteranno sull'area, che sarà attuato al termine utile della vita stessa dell'impianto.

Il piano descrive le modalità di rimozione e smaltimento del materiale utilizzato ed il ripristino dello stato dei luoghi, fatta eccezione per le opere di rete per la connessione, che saranno ricomprese negli impianti del gestore di rete e saranno quindi utilizzate per l'espletamento del servizio pubblico di distribuzione. L'obbligo di rimozione, dismissione e ripristino non si applica quindi alle opere di rete per la connessione.

2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto sarà del tipo grid-connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, salvo gli autoconsumi di centrale, con connessione in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) RTN 150/36 kV da inserire in entra-esce:

- alle esistenti linee RTN 150 kV n. 342 e 343 "Fiumesanto - Porto Torres";
- alla futura linea RTN 150 kV "Fiumesanto - Porto Torres" prevista da Piano di Sviluppo di Terna."

Il parco fotovoltaico è strutturato con quattro campi di circa **6 MWp** ciascuno.

L'impianto è suddiviso in 4 campi agrivoltaici corrispondenti **a 4 linee MT a 36 kV ARE4H5EX in cavo tripolare elicordato interrato** che collegano le 4 cabine di campo alla cabina di raccolta 36 kV posizionata a bordo impianto. La cabina di raccolta a 36 kV conterrà i quadri MT a 36 kV necessari al collegamento e alla protezione delle linee provenienti dalle cabine di campo. La cabina di raccolta 36 kV conterrà inoltre gli interruttori MT a 36 kV necessari a collegare la cabina stessa allo stallo a 36 kV messo a disposizione da Terna S.p.A. nella nuova Stazione Elettrica.

Ciascun campo agrivoltaico fa capo ad una cabina MT/BT (cabina di campo) contenente un quadro MT 36 kV che raccoglie le linee interrate a 36 kV provenienti dai sottocampi. In ogni cabina di campo è inoltre installato un trasformatore MT/BT 36kV/400V da 100 kVA e un quadro di BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari del campo stesso. Il progetto è redatto secondo le norme CEI ed in conformità a quanto indicato nelle prescrizioni di e-distribuzione S.p.A.

Il sito che accoglierà l'impianto agrivoltaico si compone di un appezzamento unico con un'estensione complessiva pari a circa di **37 ettari**. L'intero impianto sarà delimitato mediante la

realizzazione di una recinzione realizzata mediante rete metallica elettrosaldada a maglia, alta 2,50 m, posata su pali in acciaio zincato e con sottostante spazio libero di circa 30 cm per la circolazione della piccola e micro fauna.

Adiacente alla recinzione, all'esterno della stessa, è presente per quasi tutto il suo sviluppo, una siepe con funzioni di frangivista. Nei tratti nei quali la siepe non è presente, ne sarà impiantata una ex novo. In adiacenza alla recinzione, sul lato interno, è prevista la realizzazione di una viabilità di servizio necessaria al passaggio dei mezzi utilizzati nella fase di installazione, manutenzione, gestione e infine dismissione dell'impianto.

La strada, realizzata con tout-venant e ghiaia di cava, avrà una larghezza di circa 3 m con fascia di rispetto di un mezzo metro sul lato della recinzione perimetrale .

I moduli fotovoltaici saranno installati su inseguitori monoassiali double-portrait costituiti da strutture metalliche direttamente infisse nel terreno, disposte a formare delle file lungo l'asse Nord – Sud. La parte di terreno tra le file e sotto i pannelli verrà lavorata in funzione dell'utilizzo agricolo o zootecnico che si vorrà fare dell'azienda.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare, con potenza d'immissione AC nella Rete Elettrica Nazionale di **19'600 kW**.

I moduli fotovoltaici saranno montati su inseguitori (o *trackers*) monoassiali rispettivamente da 2x28 e 2x14 moduli (double portrait) cadauno che ottimizzeranno l'esposizione dei generatori solari permettendo di sfruttare al meglio la radiazione solare.

L'impianto in oggetto è un impianto di produzione di **categoria II** con connessione in Media Tensione a **36 kV** e **50 Hz** con cabina di consegna collegata in antenna alla futura Stazione Elettrica (SE) a 150/36 kV della RTN da inserire in entra – esce alle linee esistenti della RTN a 150 kV n. 342 e 343 "Fiumesanto – Porto Torres" e alla futura linea 150 kV "Fiumesanto - Porto Torres", di cui al Piano di Sviluppo di Terna.

.Di seguito una tabella che riassume in maniera schematica i dati essenziali dell'impianto:

DATI COMMITTENTE	
Committente:	LUNESTAS S.r.l.
Ragione Sociale:	C. F. e P. IVA: 02879500904

Città:	07100 SASSARI			
Indirizzo:	TRAVERSA BACCHILEDDU, 22			
DATI IMPIANTO				
Sito d'installazione	Agro del Comune di SASSARI e STINTINO (SS)			
Coordinate geografiche	Lat.	40.831809°	Long.	8.259109°
Superficie occupata	Area = 37,15 ha			
Potenza di picco impianto (DC)	24'446,52 kWp			
Numero di pannelli/potenza	44'856 / 545 W (monocristallino bifacciale)			
Numero di Inverter/potenza	98/200 kW _{AC}			
Tipo di supporto	Tracker monoassiali infissi			

3. IMPORTANZA DEL RECUPERO E RIUTILIZZO DELLE MATERIE PRIME

Gli impegni legati ai piani nazionali di contrasto ai Cambiamenti Climatici prevedono una decisa crescita dell'utilizzo di produzione energetica da rinnovabili, in particolare da eolico e agrivoltaico.

L'Italia, uno dei paesi che negli ultimi anni si è distinto per la produzione da agrivoltaico, dovrebbe più che triplicare l'installazione lungo l'intero territorio sulla base degli scenari del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (di seguito PNIEC) approvati a gennaio 2020 dal governo italiano.

Se da un lato tale accelerazione va nella direzione di svincolare la crescita del paese dalla dipendenza delle fonti fossili, dall'altro l'utilizzo massiccio delle materie prime nella produzione dei pannelli costituirà una sfida significativa per il modello delle 4 erre dell'economia circolare "Ridurre- Riusare-Riciclare-Recuperare", che si fonda sul più efficiente utilizzo delle risorse, dalla fase di produzione a quello di fine vita del prodotto.

Il modello di economia circolare, con le sue strategie per ridurre l'impiego, per il riutilizzo ed il riciclo delle risorse, coniuga la dimensione ambientale con quella economica, rappresentata dal contenimento dei costi per acquisire materie sempre più rare e preziose.

Ai fini di un'efficiente gestione della fase del fine vita dell'impianto agrivoltaico è necessario in primo luogo partire da una attenta ricostruzione dello storico dell'installato sul territorio nazionale, suddiviso per tecnologie e collocazione territoriale, per poi pervenire alla stima dei quantitativi dei componenti degli impianti. Solo conoscendo tali dati è quindi possibile effettuare una valutazione degli impatti delle fasi di raccolta, smaltimento e trattamento dei pannelli FV che nei prossimi decenni insisteranno sul sistema di gestione nazionale dei rifiuti elettronici (RAEE).

Il sistema di gestione dei rifiuti per il FV in Italia è regolato dal D.Lgs. 49/2014 e dal D.Lgs. 118/2020, in attuazione della Direttiva Europea 2012/19, il quale disciplina la gestione e lo smaltimento dei Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche - RAEE.

I rifiuti derivanti dalla dismissione dei pannelli fotovoltaici possono provenire da impianti domestici, che hanno una potenza nominale inferiore a 10 kW, o da impianti professionali, con potenza nominale superiore o uguale a 10 kW (DM Ambiente 185/07).

Ai fini della gestione dei rifiuti va sottolineata la novità del Decreto che ha introdotto il principio di responsabilità del Produttore, vale a dire l'onere del finanziamento e della gestione di un sistema di riciclo dei prodotti diventati rifiuti, da parte di chi immette per primo (produce, importa o commercializza con il proprio marchio) il prodotto stesso sul territorio italiano.

Il passaggio da un'economia tradizionale, lineare, a un'economia circolare richiede, tra le sfide principali da affrontare, la conservazione di risorse importanti all'interno del sistema paese e l'aumento del recupero delle materie prime essenziali. Ciò è fondamentale specialmente per un paese povero di risorse come l'Italia, dove reperire materie prime a basso costo assume una importanza strategica.

Il riciclo di silicio, indio, gallio e altre materie prime da moduli fotovoltaici (vetro, alluminio, rame, argento, germanio ed altri) ha un alto potenziale: oltre il 95% viene indicato come tasso di riciclo raggiungibile, senza perdite economiche o addirittura come profitto, secondo alcuni studi di letteratura. Inoltre i moduli al silicio di nuova produzione hanno bisogno di molta più energia per essere prodotti rispetto ai moduli di uguale capacità che utilizzano materiali riciclati, rendendo quindi la produzione di quest'ultimo tipo più competitiva e conveniente (Hahne e Gerhard, 2010).

L'UE è uno dei maggiori consumatori di metalli non ferrosi (alluminio, rame, zinco, ...), essenziali per diversi settori (trasporti, aerospaziale, edilizia, energia ed elettronica), di cui l'alluminio rappresenta la quota maggiore. In base all'elevata importanza economica per l'UE e alla vulnerabilità dovuta a interruzioni dell'approvvigionamento dei materiali, la Commissione ha definito una lista delle Materie Prime Critiche-MPC (CRM – Critical Raw Material-list).

Il piano d'azione dell'UE per l'economia circolare mira ad azioni specifiche nel settore delle materie prime critiche e tra le sfide principali da affrontare nel passaggio a un'economia più circolare, indica proprio l'aumento del loro recupero.

Nel presentare la lista delle MPC aggiornata al 2020, la Commissione Europea ha indicato un piano di azioni necessarie per conseguire un approvvigionamento sicuro e sostenibile e per rafforzare la resilienza e l'autonomia strategica aperta dell'UE; contestualmente, ha presentato uno studio in cui sono state analizzate, per le tecnologie e i settori strategici individuati, le prospettive di fabbisogno delle materie prime critiche ed i rischi di approvvigionamento al 2030 e al 2050, al fine di perseguire gli obiettivi di neutralità climatica dell'UE (preCOVID-19) per il 2050. Lo studio rileva il contributo marginale dell'UE in ogni fase della catena di approvvigionamento dell'impianto agrivoltaico (l'Unione Europea fornisce il 6% delle materie prime utilizzate negli impianti fotovoltaici, *Figura 1*).

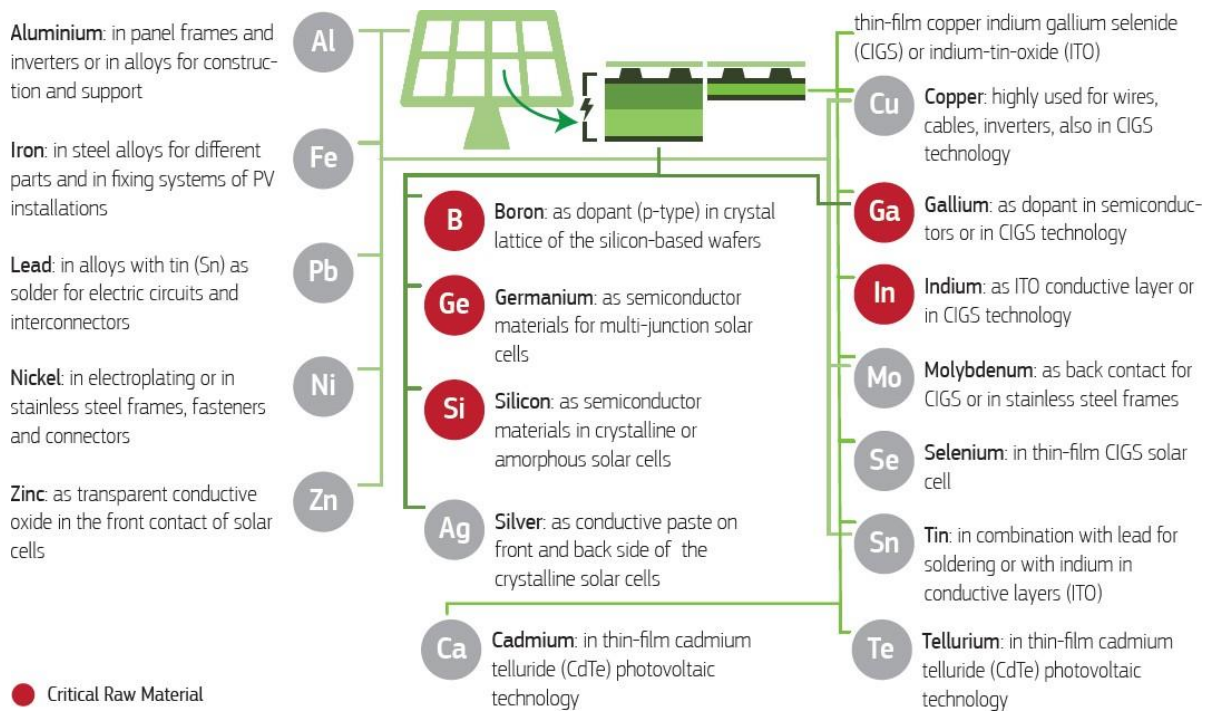


Figura 1 - Materie prime utilizzate nelle tecnologie del solare agrivoltaico
(fonte: European Commission, 2020c)

4. GENERALITÀ SUL PIANO DI DISMISSIONE

Al termine della vita utile dell'impianto fotovoltaico, lo stesso, come previsto anche dal comma 4 dell'art. 12 del D.Lgs 387/2003, sarà dismesso e sarà operato il ripristino dello stato dei luoghi come ante operam.

È utile sottolineare che i componenti principali dell'impianto e cioè i moduli fotovoltaici, sono garantiti dal produttore per un periodo di 25 anni con l'80% della potenza nominale. È quindi plausibile ipotizzare una vita utile dei moduli fotovoltaici di almeno 25 – 30 anni al termine dei quali il sistema sarà dismesso.

Tra gli aspetti che rendono "doublegreen" l'energia fotovoltaica vi è inoltre la forte predisposizione dei componenti al riciclo ed al recupero dei materiali preziosi che compongono la maggior parte dell'impianto.

A questo proposito è utile sottolineare le iniziative che, a livello europeo, stanno predisponendo piattaforme di smaltimento e riciclo dei moduli fotovoltaici al termine del ciclo di vita utile degli stessi ed a cui stanno aderendo i principali produttori mondiali (*Processo Deutsche Solar, Processo First Solar, Processo Pilkington Solar International, Processo Soltech-Seghers, Processo BP Solar, ecc*).

La dismissione dei moduli fotovoltaici a fine vita diventerà un tema attuale su larga scala nel giro di dieci-quindici anni, considerando che i primi impianti sono stati realizzati negli anni 90 e che la vita media degli impianti si attesta sui 25-30 anni.

Tale sistema infatti prevede il recupero ed il riuso di circa il 90 – 95% in peso dei moduli fotovoltaici in cinque passi con un processo tecnologico che consente il recupero di vetro, alluminio, silicio e dei materiali organici come plastiche e tedlar.

L'Italia si è dotata di un D. Lgs n.151 del 25 luglio 2005 entrato in vigore il 12 novembre 2007, recepimento della Direttiva Europea WEEE-RAEE RoHS; sono state quindi recepite le direttive dell'Unione Europea 2002/96/CE (direttiva RAEE del 27 gennaio 2003) e 2003/108/CE (modifiche alla 2002/96/CE del 8 dicembre 2003) e la 2002/95/CE (direttiva RoHS del 27 gennaio 2003).

Il simbolo previsto dalla Norma EN 50419 indica l'appartenenza del prodotto alla categoria RAEE (Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche)



Tutti i prodotti a fine vita che riportano tale simbolo non potranno essere conferiti nei rifiuti generici, ma dovranno seguire l'iter dello smaltimento.

Il mancato recupero dei RAEE non permette lo sfruttamento delle risorse presenti all'interno del rifiuto stesso come plastiche e metalli riciclabili. Ad oggi non tutti i Comuni si sono organizzati con le isole ecologiche. Il 29 febbraio 2008 è stata pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale la legge 31/2008 di conversione del DL 248/2007 ("*milleproroghe*") che conferma le proroghe in materia di RAEE.

Il 6 marzo 2008 è stata pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale la "legge Comunitaria 2007" (legge 34/2008) contenente la delega al Governo per la riformulazione del D.Lgs 25 Luglio 2005, n. 151 al fine di dare accoglimento alle censure mosse dall'Ue, con la procedura d'infrazione 12 ottobre 2006 per la non corretta trasposizione delle regole comunitarie sulla gestione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche ricevute dai distributori all'atto dell'acquisto di nuovi prodotti da parte dei consumatori.

La maggior parte inoltre dei materiali delle strutture di supporto, come l'acciaio, o i cavi di rame sono facilmente riciclabili già oggi e consentono un recupero sensibile delle spese di smantellamento.

La durata delle opere di dismissione, come meglio riportato nel cronoprogramma (PD-R18) è di complessivi **129 giorni** naturali e consecutivi, di cui lavorativi **91 lavorativi** secondo lo schema che segue:

ID Fase	Nome Fase	Durata Fase
1	Avvio cantiere	9 gg
2	Rimozione quadri elettrici e trasformatori	10 gg
3	Rimozione inverter	12 gg
4	Rimozione cavidotti e cavi	54 gg
5	Rimozione pannelli fotovoltaici	50 gg
6	Rimozione struttura di supporto (Tracker)	21 gg
7	Ripristino del suolo ante operam ed assistenza opere civili	17 gg
8	Termine cantiere	8 gg

5. MODALITÀ DI DISMISSIONE DELL'IMPIANTO

Lo schema della catena del valore rappresentato in *Figura 2* illustra la centralità della fase di dismissione nell'economia circolare, per le attività di recupero e riciclo delle materie che possono essere reimmesse nel ciclo di produzione.

Tale fase, sulla quale si focalizza l'analisi, presenta la distinzione tra attività a basso contenuto tecnologico e quelle a medio/elevato contenuto tecnologico. Le prime comprendono le operazioni di disinstallazione e di trasporto ai centri temporanei di raccolta e, successivamente, ai centri di trattamento; quelle ad alto contenuto tecnologico comprendono il trattamento per il recupero delle materie e la conseguente vendita, il riuso e la ricerca e sperimentazione (progettazione, design, tecnologie per il trattamento).

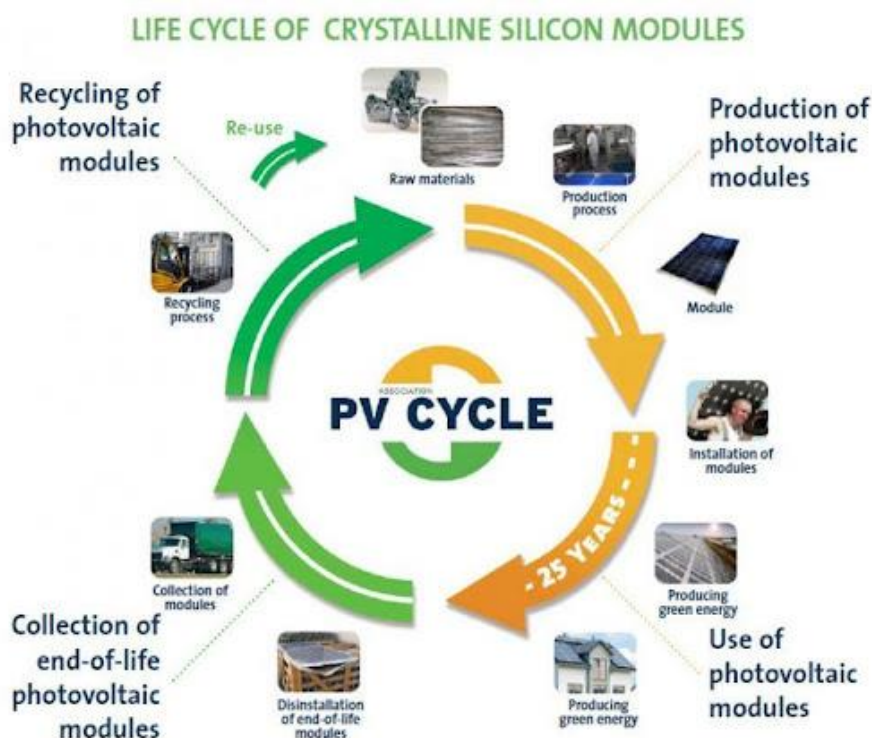


Figura 2 - La catena del valore dell' agrivoltaico in ottica di economia circolare

L'impianto sarà dismesso quando cesserà di funzionare seguendo le prescrizioni normative in vigore al momento.

Le fasi principali del piano di dismissione sono riassumibili in:

1. Sezionamento impianto lato DC e lato CA (Dispositivo di generatore), sezionamento in BT e MT (locale cabina di trasformazione);
2. Scollegamento serie moduli fotovoltaici mediante connettori tipo multicontact;
3. Scollegamento cavi lato c.c. e lato c.a.;
4. Smontaggio moduli fotovoltaici dalla struttura di sostegno;
5. Impacchettamento moduli mediante contenitori di sostegno e/o pallet;
6. Smontaggio sistema di illuminazione e videosorveglianza;
7. Rimozione cavi da canali interrati;
8. Rimozione pozzetti di ispezione;
9. Rimozione parti elettriche dai prefabbricati per alloggiamento inverter;
10. Smontaggio struttura metallica;
11. Rimozione del fissaggio al suolo (sistema con pali metallici infissi);
12. Rimozione parti elettriche dalle cabine di trasformazione;
13. Rimozione della viabilità interna;

14. Consegna materiali a ditte specializzate allo smaltimento.

Vista la destinazione d'uso dell'area, principalmente agricola, saranno conservati i manufatti prefabbricati e la recinzione per un futuro riutilizzo dell'area stessa.

I tempi previsti per adempiere alla dismissione dell'intero impianto agrivoltaico sono di circa **129** giorni, come da cronoprogramma di dismissione (vedi PD-R18). La dismissione di un simile tipo d'impianto è una operazione non entrata in uso comune data la capacità dell'impianto agrivoltaico a continuare nel proprio funzionamento di conversione dell'energia.

Lo Stato italiano si sta dotando delle norme per garantire un completo smaltimento dei prodotti elettrici ed elettronici. È comunque da far notare che le celle fotovoltaiche, sebbene garantite 20 anni contro la diminuzione dell'efficienza di produzione, essendo costituite da materiale inerte quale il silicio garantiscono cicli di vita ben superiori (sono infatti presenti impianti di prova installati negli anni 70 ancora funzionanti).

L'inverter, altro elemento "ricco" di materiali pregiati (componentistica elettronica) costituisce il secondo elemento di un impianto agrivoltaico che in fase di smaltimento dovrà essere debitamente curato.

Tutti i cavi in rame potranno essere recuperati, così come tutto il metallo delle strutture di sostegno.

L'impianto agrivoltaico è da considerarsi l'impianto di produzione di energia elettrica che più di ogni altro adotta materiali riciclabili e che durante il suo periodo di funzionamento minimizza l'inquinamento del sito di installazione, sia in termini di inquinamento atmosferico (nullo non generando fumi), di falda (nullo non generando scarichi) o sonoro (nullo non avendo parti in movimento).

Negli ultimi anni sono nate procedure analitiche per la valutazione del ciclo di vita (LCA) degli impianti fotovoltaici. Tali procedure sono riportate nelle ISO 14040-41-42-43.

Per quanto attiene ai principali componenti la procedura da seguire sarà:

5.1 Pannelli FV

Relativamente allo smaltimento dei pannelli fotovoltaici montati sulle strutture fuori terra l'obiettivo è quello di riciclare pressoché totalmente i materiali impiegati. Le operazioni consisteranno nello smontaggio dei moduli ed invio degli stessi ad idonea piattaforma predisposta dal costruttore di moduli FV che effettuerà le seguenti operazioni di recupero:

- recupero cornice di alluminio;
- recupero vetro;
- recupero integrale della cella di silicio o recupero del solo wafer;
- invio a discarica delle modeste quantità di polimero di rivestimento della cella;

5.2 Strutture di sostegno

Le strutture di sostegno dei pannelli, in acciaio, saranno rimosse tramite smontaggio meccanico, per quanto riguarda la parte aerea, e tramite estrazione dal terreno dei pali di fondazione infissi.

I materiali ferrosi ricavati verranno inviati ad appositi centri di recupero e riciclaggio istituiti a norma di legge. Per quanto attiene al ripristino del terreno non sarà necessario procedere a nessuna demolizione di fondazioni in quanto non si utilizzano elementi in cls gettati in opera.

5.3 Impianto elettrico

Le linee elettriche e gli apparati elettrici e meccanici delle cabine di trasformazione BT/MT saranno rimosse, conferendo il materiale di risulta agli impianti all'uopo deputati dalla normativa di settore.

Il rame degli avvolgimenti e dei cavi elettrici e le parti metalliche verranno inviati ad aziende specializzate nel loro recupero e riciclaggio. I pozzetti elettrici verranno rimossi tramite scavo a sezione obbligata che verrà poi nuovamente riempito con il materiale di risulta.

I manufatti estratti verranno trattati come rifiuti ed inviati in discarica in accordo alle vigenti disposizioni normative. I quadri elettrici sia in CC che in AC saranno smontati da personale specializzato e conferiti come RAEE.

5.4 Manufatti prefabbricati e cabina elettriche

Per quanto attiene alle strutture prefabbricate, come detto in precedenza, verranno conservate per il riutilizzo futuro. In particolare, le cabine di consegna del Distributore rimarranno in servizio in quanto saranno inserite nella rete di distribuzione nazionale.

5.5 Recinzione area

Anche per la recinzione metallica vale quanto già detto per i manufatti prefabbricati delle cabine elettriche.

5.6 Viabilità interna e perimetrale

All'interno della centrale è prevista una viabilità perimetrale al fine di consentire la manutenzione e l'esercizio dell'impianto. Tale infrastruttura è realizzata con materiale naturale e, per i tratti non

necessari all'impresa agricola presente, verrà rimosso tramite scavo e successivamente smaltito presso impianti di recupero e riciclaggio degli inerti da demolizione. La viabilità interna, essendo ottenuta per sola sistemazione superficiale dello stato di fatto, non rientra tra le infrastrutture che richiedono il ripristino dei luoghi con rimozione di materia.

5.7 Ripristino ambientale del sito

Al termine della vita utile dell'impianto a seguito della sua dismissione completa, verranno eseguite una serie di azioni finalizzate al ripristino ambientale del sito ovvero il ripristino delle condizioni analoghe allo stato originario. Nel caso specifico l'andamento morfologico pianeggiante e/o leggermente in declivio, la situazione geologica-stratigrafica dei terreni presenti (ghiaie alluvionali terrazzate e argille arrossate con conglomerati a ciottoli) non rappresenta alcun problema per la sistemazione finale dell'area che consisterà essenzialmente nel movimento terra e reinterro dove necessario per la ricostituzione topografica dell'area nella situazione ante operam. Non saranno necessarie valutazioni in merito alla stabilità dell'area, né particolari opere di regimazione delle acque superficiali e meteoriche. Data la natura dei terreni e la conformazione del paesaggio verrà riportata l'area alle sue condizioni originarie per un suo inserimento nel contesto circostante.

Le aree così sistemate verranno dotate di adeguata viabilità per una loro miglior fruizione e manutenzione.

6. CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI

Il riciclo dei moduli fotovoltaici a fine vita non è affatto una soluzione scontata, anche se si può immaginare che una loro gestione come rifiuti e un conferimento dei componenti esausti nelle discariche e negli inceneritori comporterebbe nuove preoccupazioni ambientali e ulteriori carichi su strutture già critiche.

Come altri rifiuti dell'industria elettronica, i moduli fotovoltaici avranno un impatto tossico se conferiti in discariche, in quanto i materiali che essi contengono possono colare nel terreno e nelle falde acquifere.

Se conferiti ad inceneritori possono rilasciare emissioni tossiche in aria.

Al fine di evitare il ripetersi di esperienze negative già vissute per i rifiuti elettronici, smaltiti in molti casi senza controlli in paesi non regolamentati, diventa essenziale regolare e organizzare la gestione del fine vita dei moduli.

Attraverso il modello della responsabilità estesa dei produttori è necessario assicurare che i moduli non finiscano nei processi di smaltimento, ma, al contrario, vengano trattati attraverso una filiera di recupero e di riciclo specifica e sicura. La prevenzione dei rifiuti è solo uno degli aspetti di una strategia integrata volta ad assicurare un uso sostenibile delle risorse.

L'utilizzo dei rifiuti come risorsa attraverso il riciclo è una possibilità che va correttamente valutata sia in termini di potenziale risparmio di risorse primarie, sia in termini di impatto al fine di stabilire se esso costituisce un miglioramento effettivo rispetto all'uso diretto delle risorse.

Tali concetti fanno parte integrante delle politiche europee sui rifiuti, che si articolano in due fasi.

- La prima fase prevede il rafforzamento dei regolamenti esistenti, rendendoli più semplici ed efficaci e sostenendoli attraverso strumenti di natura economica come tasse sul conferimento dei rifiuti e un crescente uso di norme e standard.
- La seconda fase prevede la verifica della necessità di ulteriori misure e, soprattutto, il superamento dei confini nazionali al fine di evitare sperequazioni e massimizzare l'efficienza.

Di seguito sono schematicamente riportati gli elementi principali che costituiscono un impianto agrivoltaico:

- Apparecchiature elettriche ed elettroniche: inverter, quadri elettrici, trasformatori, moduli fotovoltaici;
- Strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici: profili di ancoraggio in acciaio, struttura in acciaio, ganci in alluminio;
- Cavi elettrici;
- Tubazioni in pvc per il passaggio dei cavi elettrici;
- Materiale inerte naturale per la realizzazione della viabilità interna semplicemente posato sul terreno.

Di seguito si riporta il codice CER relativo ai materiali suddetti:

Codice CER	Descrizione
20.01.36	Apparecchiature elettriche ed elettroniche fuori uso (inverter, quadri elettrici, trasformatori, moduli fotovoltaici);
17.01.01	Cemento (derivante dalla demolizione dei plinti dei pali della illuminazione esterna);
17.02.03	Plastica (derivante dalla demolizione delle tubazioni per il passaggio dei cavi elettrici)
17.04.05	Ferro, acciaio (derivante dalla demolizione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici)
17.04.11	Cavi
17.05.08	Pietrisco (derivante dalla rimozione della ghiaia gettata per realizzare la viabilità)

7. Analisi del recupero economico a seguito della dismissione

Da un'indagine di mercato è risultato che il vetro se pulito viene ritirato senza alcun costo, così come per i materiali elettrici.

Il vetro anteriore dei moduli oppure il substrato dei moduli thin film può essere completamente riciclato per la produzione di nuovo vetro.

Il riutilizzo consente di risparmiare materie prime, principalmente sabbia silicea, soda e carbonato di calcio e di ridurre in modo significativo i consumi di energia. Per ogni tonnellata di rottame di vetro rifuso si risparmiano circa 1,2 tonnellate di materie prime e circa 100 kg di combustibile.

Per ogni 10% di rottame di vetro inserito nei forni fusori si risparmia circa il 2,5% dell'energia di processo, in quanto si abbassa il punto di fusione e quindi l'energia necessaria a fondere la miscela rispetto alla condizione in cui si impiega solo silice, soda e calcare.

Grazie a tali vantaggi oggi si registrano percentuali di utilizzo del rottame come materia prima che raggiungono l'80% (20% di risparmio sui consumi). Un altro beneficio indotto dal riciclo è la riduzione degli inquinanti presenti nei fumi del forno di fusione.

In Italia il riciclo del vetro è molto organizzato e diffuso, avendo raggiunto nel 2021 la quota del 76.6% che costituisce il record in Europa. L'industria vetraria riutilizza oltre un milione di

tonnellate annue di rottame di vetro proveniente dalla raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani (rottame ecologico).

In Sardegna ad oggi risultano solamente tre impianti di trattamento e recupero RAEE: uno ad Oristano, uno a Samugheo e l'ultimo ad Uta.

I rottami di vetro, che vengono pagati a 27÷31 €/ton con un massimo di 45 €/ton, trovano anche impiego come materiale inerte da costruzione oppure come materiale isolante.

Diversamente, per i profili d'alluminio il recuperatore paga circa 500 – 600 €/ton, analogamente per i materiali ferrosi, la cifra si aggira attorno ai 225 €/ton.

I cavi in rame, se scoperti, vengono pagati dal recuperatore circa 7'500 €/ton, cifra ridotta a 2'500 €/ton se ricoperti.

Per quanto attiene alla demolizione dei manufatti in c.a. e in muratura di mattoni, il costo di smaltimento è di circa 30 €/ton.

Si ritiene pertanto che gli oneri per smontaggio, separazione e smaltimento dei suddetti materiali, siano in parte coperti dai ricavi della vendita di tali prodotti.