

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "MARRUBIU" DI POTENZA 57,60 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

COMUNE DI MARRUBIU (OR)

PIANO DI DISMISSIONE E RIPRISTINO AMBIENTALE

Committente: IBERDROLA RENOVABLES ITALIA SPA



Località: COMUNE DI MARRUBIU (OR)

Cagliari, 06/2024

STUDIO ALCHEMIST

Via Isola Pantelleria 12 - 09126 Cagliari (CA)



Sommario

1.	PREMESSA.....	3
2.	INQUADRAMENTO	3
3.	DISMISSIONE.....	3
4.	VALUTAZIONE IMPATTI.....	8
5.	STRUTTURE DI SOSTEGNO	10
6.	IMPIANTO ELETTRICO	10
7.	MANUFATTI PREFABBRICATI E CABINE DI CONSEGNA	11
8.	MODULI FOTOVOLTAICI.....	11
9.	RIPRISTINO STATO DEI LUOGHI.....	14
10.	COSTO DI DISMISSIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO	17
11.	CRONOPROGRAMMA DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE E RIPRISTINO	20

1. PREMESSA

La presente relazione fa parte del progetto definitivo **REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 57,60 MW – SU TRACKER DI TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE DENOMINATO “MARRUBIU” E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE - COMUNE DI MARRUBIU (OR).**

La documentazione è stata predisposta dallo Studio Alchemist S.r.l., con sede in via Pantelleria 12 a Cagliari, alla firma dell'Ing. Stefano Floris iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 5777, in qualità di Consulente Tecnico e responsabile del progetto.

La società proponente del progetto è IBERDROLA RENEWABLES ITALIA SPA, P.IVA 06977481008 e C.F. 06977481008, con sede legale in Roma (RM) Piazzale dell'industria 40, CAP 00144.

2. INQUADRAMENTO

La Green Energy, ossia la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, è un settore in continuo sviluppo negli ultimi trent'anni, specialmente in seguito alla pressione mediatica e politica sul clima e sull'approvvigionamento energetico in conseguenza della guerra russo-ucraina.

In particolare la produzione di energia dall'agrivoltaico riduce al minimo l'impatto antropico sull'ambiente rispetto alle altre fonti di produzione energetica tradizionale, preservando il suolo tramite opere minime e reversibili in fase di dismissione.

Proprio per prevedere e minimizzare eventuali impatti negativi che l'impianto potrebbe manifestare come conseguenza della modifica antropica di un territorio con ancora una valenza naturalistica, si valuta in questa sede un piano di dismissione e ripristino ambientale dell'area interessata dall'insediamento del nuovo impianto.

3. DISMISSIONE

L'impianto sarà dismesso ipotizzando una vita di progetto di circa 25-30 anni dalla data di entrata in esercizio, secondo le prescrizioni normative in vigore al momento. Le parti prefabbricate dell'impianto sono:

- la cabina di raccolta e successiva consegna (punto di connessione con la rete del Distributore di Rete Locale TERNA);
- le cabine di trasformazione MT/BT;
- la sottostazione AT/MT;

Al termine dell'esercizio dell'impianto, ci sarà la fase di dismissione e demolizione delle strutture, che restituirà le aree al loro stato originario, preesistente al progetto, come previsto anche nel comma 4 dell'art.12 del D.Lgs. 387/2003.

La dismissione di un impianto agrivoltaico è una operazione non entrata in uso comune data la capacità dell'impianto fotovoltaico di continuare nel proprio funzionamento di conversione dell'energia.

Le opere civili previste in fase di realizzazione dell'impianto saranno di lievissima entità e consisteranno in:

- realizzazione di piattaforma di fondazione per il posizionamento delle cabine elettriche;
- realizzazione di recinzione mediante pali infissi e rete metallica;
- scavi a sezione ristretta e pozzetti.

Le fasi principali del piano di dismissione dell'agrivoltaico sono riassumibili in:

1. Sezionamento impianto lato DC e lato CA (Dispositivo di generatore);
2. Sezionamento in BT e MT (locale cabina di trasformazione);
3. Scollegamento serie moduli fotovoltaici mediante connettori tipo multicontact;
4. Scollegamento cavi lato c.c. e lato c.a.;
5. Smontaggio moduli fotovoltaici dalla struttura di sostegno;
6. Impacchettamento moduli mediante contenitori di sostegno;
7. Smontaggio sistema di illuminazione;
8. Smontaggio sistema di videosorveglianza;
9. Rimozione cavi da canali interrati;
10. Rimozione pozzetti di ispezione;
11. Rimozione parti delle power station;
12. Smontaggio struttura metallica tracker;
13. Rimozione parti elettriche dalle cabine di trasformazione;
14. Rimozione manufatti prefabbricati;
15. Consegna materiali a ditte specializzate allo smaltimento

Normative vigenti

I codici **C.E.R.** (o Catalogo Europeo dei Rifiuti) sono delle sequenze numeriche, composte da cifre riunite in coppie, volte ad identificare un rifiuto, di norma, in base al processo produttivo da cui è originato. I codici, in tutto 839, divisi in '*pericolosi*' e '*non pericolosi*' sono inseriti all'interno dell'"*Elenco dei rifiuti*" istituito dall'Unione Europea con la **Decisione 2000/532/CE**.

Il suddetto "Elenco dei rifiuti della UE" è stato recepito in Italia a partire dal 1° gennaio 2002 in sostituzione della precedente normativa.

L'elenco dei rifiuti riportato nella decisione **2000/532/CE** è stato trasposto in Italia con 2 provvedimenti di riordino della normativa sui rifiuti:

- il **D.Lgs. 152/2006** (recante "Norme in materia ambientale"), allegato D, parte IV;
- il **D.M. dell'Ambiente del 2 maggio 2006** ("Istituzione dell'elenco dei rifiuti") emanato in attuazione del **D.Lgs. 152/2006**.

Sono poi state emanate:

- **Legge 27 dicembre 2006, n. 296** all'art.1, comma 1116: stabilisce la realizzazione di un sistema integrato per il controllo e la tracciabilità dei rifiuti, in funzione ed in rapporto:
 1. alla sicurezza nazionale;
 2. alla prevenzione e repressione dei gravi fenomeni di criminalità organizzata in ambito di smaltimento illecito dei rifiuti.
- **Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n.4 all'art.2, comma 24**: stabilisce l'obbligo per alcune categorie di soggetti di installazione ed utilizzo di apparecchiature elettroniche, ai fini della trasmissione e raccolta di informazioni su produzione, detenzione, trasporto, recupero e smaltimento di rifiuti.
- **Legge 3 agosto 2009, n. 102 all'art. 14-bis**: affida al Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare la realizzazione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti speciali e di quelli urbani limitatamente alla Regione Campania, attraverso uno o più decreti che dovranno, tra l'altro, definirne:
 - a. tempi e modalità di attivazione;
 - b. data di operatività del sistema;
 - c. informazioni da fornire;
 - d. modalità di fornitura e di aggiornamento dei dati;
 - e. modalità di interconnessione ed interoperabilità con altri sistemi informativi;
 - f. modalità di elaborazione dei dati;
 - g. modalità con le quali le informazioni contenute nel sistema informatico dovranno essere detenute e messe a disposizione delle autorità di controllo;
 - h. entità dei contributi da porre a carico dei soggetti obbligati per la costituzione e funzionamento del sistema.
- **Direttiva UE 2008/98/CE** relativa ai rifiuti, attualmente in fase di recepimento, la quale, tra l'altro:
 - a. stabilisce l'obiettivo di ridurre al minimo le conseguenze della produzione e della gestione di rifiuti per la salute umana e per l'ambiente (art. 1);

- b. riconosce il principio “*chi inquina paga*” (art.14);
- c. obbliga gli Stati ad adottare misure affinché produzione, raccolta, trasporto, stoccaggio e trattamento dei rifiuti pericolosi siano eseguiti in condizioni da garantire protezione dell’ambiente e della salute umana; a tal fine prevede, tra l’altro, l’adozione di misure volte a garantire la tracciabilità dalla produzione alla destinazione finale ed il controllo dei rifiuti pericolosi, per soddisfare i requisiti informativi su quantità e qualità di rifiuti pericolosi prodotti o gestiti (art.17);
- d. stabilisce che le sanzioni debbano essere efficaci, proporzionate e dissuasive (art.36).

Le strutture presenti nell’area che dovranno essere smaltite sono le seguenti:

	Codice C.E.R.	Descrizione
2.1	17 04 05	Parti strutturali in acciaio di sostegno dei pannelli
2.2	16 02 16	Pannelli fotovoltaici
2.3	17 04 05	Recinzione in metallo plastificato, PVC, paletti di sostegno in acciaio, cancelli sia carrabili che pedonali
2.4	17 09 04	Calcestruzzo prefabbricato dei locali cabine elettriche
2.5	17 04 11	Linee elettriche di collegamento dei vari pannelli fotovoltaici
2.6	16 02 16	Macchinari ed attrezzature elettromeccaniche, compreso il sistema di illuminazione e videosorveglianza
2.7	17 04 05	Infissi delle cabine elettriche

Fig. 1: Codice C.E.R. per componenti fotovoltaico.

La rimozione dei materiali, macchinari, attrezzature, edifici prefabbricati e quant’altro presente nel terreno seguirà una tempistica dettata dalla tipologia del materiale da rimuovere e, precisamente, dalla determinazione della riutilizzabilità di detti materiali (vedi recinzione, cancelli, infissi, cavi elettrici, ecc.) o del loro necessario smaltimento e/o recupero (vedi pannelli fotovoltaici, opere fondali in cls, ecc.).

In prima fase si procederà prima alla eliminazione di tutte le parti (apparecchiature, macchinari, cavidotti, ecc.) riutilizzabili, con loro allontanamento e collocamento in magazzino.

Successivamente si procederà alla demolizione delle altre parti non riutilizzabili.

Le operazioni previste per la demolizione e successivo recupero/smaltimento dei pannelli fotovoltaici consistono nello smontaggio dei moduli ed invio degli stessi ad idonea piattaforma 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.

L'obiettivo è quello di riciclare pressoché totalmente i materiali impiegati, nella logica del *up-cycle* che prolunghi la vita di ogni componente tecnologico e non. Infatti circa il 90% del peso del solo modulo è composto da materiali che possono essere riciclati attraverso operazioni di separazione e lavaggio; i principali componenti di un pannello fotovoltaico sono infatti silicio, componenti elettrici, metalli e vetro.

La tecnologia per il recupero e riciclo dei materiali, valida per i pannelli a silicio cristallino è una realtà industriale che va consolidandosi sempre più.

Questa operazione avverrà tramite l'attività di operai specializzati: tale lavoro seguirà al distacco di tutto l'impianto dalla rete di distribuzione del Gestore di riferimento.

Tutte le lavorazioni saranno sviluppate nel rispetto delle normative al momento vigenti in materia di sicurezza dei lavoratori sul luogo di lavoro.

I mezzi che in questa fase della progettazione sono stati valutati al fine del loro probabile utilizzo nelle operazioni di dismissione dell'impianto possono essere i seguenti:

- Pala gommata n. 1
- Escavatore n. 1
- Bob-cat n. 1
- Automezzo dotato di gru n. 1
- Carrelloni trasporta mezzi meccanici n. 1

Tutte le operazioni di dismissione potranno essere eseguite in un periodo presunto di circa 6 (sei) mesi dal distacco dell'impianto dalla linea elettrica, salvo eventi climatici sfavorevoli.

I rifiuti derivanti dalle diverse fasi d'intervento verranno smaltiti attraverso ditte debitamente autorizzate nel rispetto della normativa vigente al momento.

Per i necessari interventi per la viabilità interna al lotto, il sistema viario a sostegno della produttività dell'impianto non dovrà includere in alcun modo strade asfaltate, bensì strade bianche a servizio dell'impianto agrivoltaico. Queste opere, in fase di realizzazione, dovranno avere l'obiettivo di mantenere e garantire la stabilità dei luoghi, potenziando gli habitat, cercando di ottenere la massima diversità biologica e morfologica del contesto territoriale.

In fase di dismissione, le opere previste al fine della riqualificazione ambientale vedrà il ripristino dell'area nel rispetto dell'orografia preesistente.

4. VALUTAZIONE IMPATTI

I potenziali impatti, di seguito analizzati, vengono considerati partendo dall'analisi delle componenti ambientali direttamente ed indirettamente coinvolte dalle operazioni di costruzione, esercizio e dismissione dell'impianto per la produzione di energia elettrica e valutando di conseguenza le modificazioni indotte sull'ambiente. L'analisi che segue ha l'obiettivo di mettere in evidenza la limitazione degli impatti, nella fase di dismissione, al fine di circoscrivere gli effetti ed impedirne preventivamente il manifestarsi degli stessi.

IMPATTO ACUSTICO

Sulla base di quanto previsto dalle normative vigenti in materia di impianti ed infrastrutture per attività produttive, in particolare riferendosi alle **L. 26.10.1995 n. 447** e **L.R.T. n. 89/98**, a cui il presente progetto deve essere ricondotto, l'unico impatto possibile dal punto di vista acustico è riconducibile alla pressione sonora registrabile nella fase operativa di costruzione ed il successivo smantellamento, mentre quella riconducibile all'esercizio non costituirà impatti di nessun tipo.

Durante la dismissione dell'impianto si avrà cura di non superare i limiti tecnici previsti dalle norme, al fine di limitare l'impatto sulle attività delle aziende limitrofe all'area di intervento, per tutelare la sicurezza dei lavoratori addetti alle opere di smantellamento e per limitare l'impatto sonoro sulla fauna selvatica presente nell'immediato intorno.

IMPATTO SULLA COMPONENTE ARIA

Durante le fasi di realizzazione e di dismissione dell'impianto, i fattori di impatto riscontrabili sulla componente aria possono essere riconducibili esclusivamente al sollevamento di polveri ed all'emissione dei gas di scarico da parte delle macchine operatrici.

Durante la dismissione dell'impianto si avrà cura di non superare i limiti tecnici previsti dalle norme al fine di limitare l'impatto sulle attività delle aziende limitrofe all'area di intervento, per tutelare la sicurezza dei

lavoratori addetti alle opere di smantellamento e per limitare l'impatto sonoro sulla fauna selvatica presente nell'immediato intorno.

IMPATTO SULLA COMPONENTE ACQUA

In fase di dismissione dell'impianto le opere avranno effetti non rilevanti e/o del tutto trascurabili sul reticolo idrografico esistente poiché tutte le opere non andranno ad interferire con eventuali falde acquifere esistenti, essendo opere quasi superficiali.

Di conseguenza si prevede che la dismissione dell'impianto non avrà conseguenze sulla componente acqua.

IMPATTO SUL PATRIMONIO STORICO E SULLA COMPONENTE PAESAGGISTICA

Non sono presenti nell'area beni paesaggistici tutelati dagli art. 142-143 e neppure aree di interesse naturalistico.

IMPATTO SULLA FAUNA

Il presente perimetro di insediamento dell'impianto agrivoltaico ricade all'interno di Aree con presenza di specie animali tutelate, argomento trattato nelle altre relazioni allegate al progetto (VINCA).

Per quanto riguarda l'impatto dell'impianto sulla fauna locale, in fase di realizzazione e esecuzione è prevista la posa e la manutenzione di una recinzione metallica, rialzata dal suolo di circa 20-25 cm, tale da non precludere l'accesso ma anzi per permettere un passaggio alle specie selvatiche presenti nello spazio limitrofo. In fase di dismissione questa opera verrà smantellata.

Si potrebbe valutare in fase di dismissione la realizzazione di muretti a secco, elementi caratterizzanti il territorio isolano, in sostituzione della recinzione metallica, in modo tale che le opere relative alla chiusura dei terreni si integrino maggiormente nel paesaggio agro-pastorale della località.

La realizzazione, l'operatività e la dismissione dell'impianto agrivoltaico devono preservare l'ecosistema e le attività degli animali presenti in loco, tra cui lo spostamento, l'alimentazione, il rifugio e la riproduzione delle specie.

Nel momento della dismissione il progressivo mantenimento e accrescimento del patrimonio vegetale insediato nella fase di realizzazione potrà avere un impatto positivo sulla fauna, dato dalla maggiore naturalità complessiva conseguente alla realizzazione dalle opere di mitigazione previste che ricercano la massima diversità biologica e morfologica possibile.

IMPATTO OCCUPAZIONALE

L'impatto socio-occupazionale nel momento della dismissione può essere considerato positivamente, come d'altronde la fase stessa di esercizio in cui attività agro-pastorale e attività di produzione di energia si coniugano nello stesso sito.

La riqualificazione ambientale post-opera, da realizzare e mantenere dopo lo smantellamento dell'impianto, verrà realizzata nel rispetto dell'orografia preesistente nell'area, per cui verranno inserite essenze di macchia mediterranea una volta terminato il ciclo di vita dell'impianto, con altezze variabili seguendo l'orografia originaria del terreno

L'obiettivo è, non solo di mitigare, ma di apportare un miglioramento sostanziale in termini di superfici di vegetazione e della qualità degli interventi stessi, ed attraverso lo studio di una nuova componente di verde si vuole arricchire la presenza delle essenze per tipologie e quantità con l'uso esclusivo di essenze autoctone.

L'intero sito sarà così riqualificato, riuscendo allo stesso tempo a dare un apporto migliorativo: per fare ciò ci sarà bisogno di operai del verde sia in fase di esercizio che di dismissione, che seguiranno le indicazioni prescritte sulla base delle analisi presentate dal naturalista.

Si avrà comunque la possibilità, tramite le attività legate ai settori agro-silvo-pastorali, di ampliare il coinvolgimento di attori professionali locali e categorie sociali differenti.

5. STRUTTURE DI SOSTEGNO

Le strutture di sostegno dei pannelli saranno rimosse tramite smontaggio meccanico, per quanto riguarda la parte aerea, e, tramite estrazione dal terreno, per le parti infisse.

I materiali ferrosi e legnosi 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 calcestruzzo gettati in opera, ma solo alla rimozione dei pali infissi.

6. IMPIANTO ELETTRICO

Le linee elettriche e gli apparati elettrici e meccanici delle cabine di trasformazione MT/BT 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 cavidotti ed i pozzetti elettrici verranno rimossi tramite scavo a sezione obbligata, il quale 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. Le colonnine prefabbricate di distribuzione elettrica saranno smantellate ed inviate anch'esse ad aziende specializzate nel loro recupero e riciclaggio.

7. MANUFATTI PREFABBRICATI E CABINE DI CONSEGNA

Per quanto attiene alla struttura prefabbricate si procederà alla demolizione ed allo smaltimento dei materiali presso impianti di recupero e riciclaggio inerti da demolizione (rifiuti speciali non pericolosi). Per quanto di concernente le platee delle cabine elettriche previste in calcestruzzo, si prevedono una fase di frantumazione delle opere strutturali ed una successiva asportazione e conferimento dei detriti a ditte specializzate per il recupero di materiali inerti.

8. MODULI FOTOVOLTAICI

Per quanto riguarda lo smaltimento dei pannelli fotovoltaici montati sulle strutture fuori terra l'obiettivo è quello di riciclare pressoché totalmente i materiali impiegati.

Difatti, la maggior parte dei materiali costituenti tali elementi è rappresentato da elementi riciclabili e riutilizzabili.

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.*

Lo Stato italiano si sta dotando delle norme per garantire un completo smaltimento dei prodotti elettrici ed elettronici.

È comunque necessario 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 alla durata ventennale del Conto Energia (sono infatti presenti

impianti di prova installati negli anni '70 ancora funzionanti).

I moduli fotovoltaici risentono solo di un calo di prestazione dovuto alla degradazione dei materiali che compongono la stratigrafia del modulo quali vetro, soggetto ad ingiallimento, fogli di EVA e Tedlar.

Del modulo fotovoltaico potranno essere recuperati almeno il vetro di protezione, le celle al silicio la cornice in alluminio ed il rame dei cavi, quindi circa il 95% del suo peso.

La power station, altro elemento ricco di materiali pregiati, tra cui la componentistica elettronica, costituisce il secondo elemento di un impianto fotovoltaico 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 come 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.

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**.

I Moduli Fotovoltaici sono costituiti da materiale non pericoloso e dunque non necessariamente difficile da smaltire.

Nello specifico è possibile individuare:

- Celle Fotovoltaiche in Silicio (o altro materiale);
- Uno strato di Tedlar;
- Uno strato di EVA;
- Cornice in alluminio anodizzato;
- Vetro Temperato.

Si tratta dunque di materiali assolutamente non pericolosi e non da smaltire con particolari accorgimenti imposti per legge.

Il silicio è un materiale non pericoloso ed impiegato ad esempio anche nell'industria dell'hardware per computer. Tale elemento chimico non perde inoltre la sua capacità di trasformare l'irraggiamento in energia elettrica nel tempo.

La ragione per cui i moduli fotovoltaici perdono di efficienza nel tempo è da ricercare nei contatti elettrici,

soggetti ad ossidazione ed usura. A questo scopo, e soprattutto in Germania, stanno nascendo dei consorzi per la raccolta dei moduli fotovoltaici e per il riciclo degli stessi.

Altro discorso vale per i moduli fotovoltaici in Ca-Te (Cadmio Tellurio). In questo caso lo smaltimento non è necessario ed in genere è lo stesso produttore che assicura il cliente dello smaltimento a fine ciclo gratuitamente. Ad esempio, la First Solar, ha annunciato la costruzione di un impianto, il primo in Europa, per lo smaltimento dei pannelli, capace di recuperare il 90% dei materiali. L'impianto sarà realizzato in Germania, nei pressi di Francoforte, e sarà in grado di recuperare fino al 90% dei materiali di cui i moduli sono formati per utilizzarli per la fabbricazione di nuovi moduli o di altri prodotti.

È dunque l'industria del Fotovoltaico a dare una risposta al recupero dei moduli da lei stessa prodotta.

Il consorzio PV CYCLE, nato nel 2007, è riuscito a coniugare lo slogan "*Energia fotovoltaica = Energia doppiamente verde*" con la consapevolezza che le industrie del settore, basate sulla compatibilità e sostenibilità ambientale, non potessero sottrarsi alla responsabilità sull'intero ciclo di vita dei loro prodotti.

Ad oggi sono ben 36 i produttori di pannelli membri di PV CYCLE e rappresentano circa il 70% dei produttori europei.

La missione che il consorzio si è data è stata la ripresa in carico su base volontaria da parte dell'industria ed il varo di un programma europeo di riciclo dei pannelli a fine vita.

L'impegno sottoscritto dai membri di PV CYCLE è di raccogliere almeno il 65% dei moduli fotovoltaici installati in Europa a partire dal 1990 e riciclarne l'85% dei materiali.

Un'ulteriore nota che vale la pena sottolineare è che i costi dell'operazione di recupero saranno a carico dei produttori di pannelli.

Ad oggi si sta lavorando a mettere a punto l'ambizioso progetto che dovrà risolvere due grosse problematiche:

1. la logistica legata alla raccolta: censimento dei pannelli, trasporto, centri di raccolta, conferimento, smistamento, ecc...;
2. la tecnologia per il recupero e riciclo dei materiali: attualmente sono operanti due tecnologie, quella di Deutsche Solar, valida per i pannelli a silicio cristallino, e quella di First Solar, valida per i moduli a base di tellururo di cadmio. Sono poi in fase di sviluppo processi per altre tecnologie.

Tuttavia, l'industria di PV sta lavorando per creare le soluzioni con più di 200 esperti nell'energia fotovoltaica, gestione dei rifiuti e riciclaggio che hanno partecipato alla prima conferenza internazionale sul riciclaggio del vero modulo sostenibile prendendo in considerazione gli impatti ambientali di tutte le fasi del ciclo di vita di prodotto, dal *sourcing* della materia prima attraverso la raccolta degli stessi e la

rigenerazione dello stesso.

Sebbene l'industria di PV sia giovane, i principali produttori abbracciano il concetto della responsabilità di produzione e sono in accordo sullo stabilire un ritiro volontario su scala industriale del modulo e sul programma del riciclaggio.

Attraverso il PV Cycle, l'industria fotovoltaica vuole installare una gestione globale dei rifiuti e una politica del riciclaggio che raggiunge la più alta raccolta ed economicamente fattibile in considerazione del rispetto delle condizioni ambientali.

9. RIPRISTINO STATO DEI LUOGHI

La dismissione di un impianto agrivoltaico, di cui le strutture infisse non vadano ad intaccare con opere di fondazione l'assetto del suolo, dovrebbe avere un impatto da ritenersi lieve ed assolutamente reversibile al momento della fase di dismissione dell'impianto, e soprattutto senza alcuna conseguenza negativa permanente.

Si devono comunque considerare preventivamente dei fenomeni di erosione superficiale e di squilibrio della vegetazione presente a tutela sia dell'ecosistema vegetale e animale autoctono.

Tali inconvenienti saranno prevenuti mediante l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica abbinate ad una buona conoscenza del territorio di intervento.

In questo senso, è possibile identificare una serie di obiettivi correlati al ripristino dei luoghi e della flora del sito:

- riabilitare le zone soggette ai lavori che hanno subito una modifica rispetto alle condizioni pregresse;
- consentire una migliore integrazione paesaggistica dell'area interessata dalle modifiche.

Non saranno dunque ammissibili scelte di specie con le seguenti caratteristiche:

- specie invasive con forti capacità di espansione;
- specie alloctone con forte capacità di modifica dei gradienti ecologici;
- specie autoctone ma non proprie dell'ambiente indagato.

Per il compimento di tali obiettivi il piano di ripristino dovrà necessariamente prevedere:

- una attenta e mirata selezione delle specie erbacee, arbustive ed arboree maggiormente adatte alle differenti situazioni ed economicamente sostenibile;

- la selezione di personale tecnico specializzato per l'intera fase di manutenzione necessaria durante il periodo dei lavori di riabilitazione;
- la programmazione della manutenzione capace di controllare l'eventuale erosione dei terreni; rischio di incendi e conseguente propagazione.



Fig 1: Planimetria impianto in fase di esercizio.



Fig 2: Planimetria durante la dismissione dell'impianto.



Fig 3: Planimetria ripristino ambientale post-operam.

Le azioni necessarie per l'attuazione di tali obiettivi sono:

- opere per il trattamento dei suoli necessari a sgretolare eventuali ammassi di suolo, rimozione del pietrame;
- opere di semina di specie erbacee per stabilizzare le superfici, per mantenere una adeguata continuità della copertura vegetale circostante e per rigenerare il suolo;
- opere per assicurare una continuità dei processi pedogenetici;
- opere per la ricolonizzazione naturale della vegetazione, senza pesanti interventi da parte dell'uomo, a breve-medio-lungo tempo.

Per quanto non descritto nella presente relazione e per qualsiasi ragguglio tecnico, si rimanda alle tavole grafiche.

10. COSTO DI DISMISSIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Nel seguito viene riportata una stima di massima dei costi di dismissione di un impianto fotovoltaico ad inseguimento solare per una potenza complessiva di 1MW.

DETTAGLIO ATTIVITÀ	FASI	COSTO (€)
Smontaggio e smaltimento pannelli:	Lavaggio vetri	1000
	Smontaggio: 160 ore operai a 30€/h + 80 ore autocarro con operatore a 45€/ora	8400
	Smaltimento	-
Smontaggio e smaltimento inseguitori e relativi ancoraggi	Smontaggio inseguitori: 80 ore di operai a 30€/h + 80 ore autocarro con operatore a 45€/h + 80 ore di escavatore con operatore a 50 €/h	10000
	Smontaggio ancoraggi: 80 ore autocarro con operatore a 45€/h + 80 ore di escavatore con operatore a 50 €/h	7600
	Smaltimento	-
Smontaggio e smaltimento parti elettriche	Smontaggio: 24 ore di operai a 30€/h + 40 ore autocarro con operatore a 45€/h + 40 ore di escavatore con operatore a 50 €/h	4520
	Smaltimento	-

Demolizione e smaltimento cabine elettriche ed opere di fondazione	Demolizione: 8 ore autocarro con operatore a 45€/h + 8 ore di escavatore con operatore a 50 €/h	760
	smaltimento di 100 t di cemento armato contenente fino al 10% di impurità (metallo, plastica, ecc) a 20€/t	1000
Smantellamento e smaltimento recinzione, impianto di illuminazione e videosorveglianza	Smontaggio: 24 ore autocarro con operatore a 45€/h + 24 ore di escavatore con operatore a 50 €/h	2280
	Smaltimento di cemento armato contenente fino al 10% di impurità (metallo, plastica, ecc) a 20€/t.	200
	Smaltimento di altri materiali oltre al cemento armato	-
Smantellamento e recupero stabilizzato utilizzato per le strade interne all'impianto	Smantellamento: 24 ore autocarro con operatore a 60€/h + 24 ore di escavatore con operatore a 50 €/h	3520
	Smaltimento in discarica per 750 t di stabilizzato utilizzato per le strade interne all'impianto. Costo unitario 10€/t.	3750
Aratura terreno e parziale sostituzione	A corpo	5000

Piantumazione con essenze autoctone	Fornitura e posa in opera: costo essenze 0.50 cadauna; 100 ore di operai a 30€/h 50 ore autocarro con operatore a 45€/h	12000
Costo Totale Smaltimento (euro)		56.410,00

Tabella 4: Costi del piano di dismissione.

Per quanto di concernente le voci relative ai costi di smaltimento dei materiali è possibile affermare come:

1. da un'indagine di mercato sia emerso che se il vetro è pulito viene ritirato senza alcun costo così come i materiali elettrici;
2. si ritiene che gli oneri per lo smaltimento, siano coperti dai ricavi della vendita dei seguenti materiali per i quali il recuperatore paga:
 - 150-200€/t per l'alluminio;
 - 130 €/t per i materiali ferrosi;
 - 3000 €/t per cavi in rame scoperti e 1000 €/t per cavi in rame ricoperti.

In virtù di quanto sopra riportato è possibile stimare i costi di dismissione come moltiplicazione tra la potenza di picco complessiva dell'impianto in esame ed il costo di dismissione al MW. Nello specifico:

$$56.410,00 \text{ €/MW} \times 57,60 \text{ MW} = 3.249.216 \text{ €}$$

In conclusione, è possibile stimare i costi di dismissione di un impianto di tale portata in circa **3.249.216 €**

11. CRONOPROGRAMMA DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE E RIPRISTINO

Descrizione lavorazioni	1° mese				2° mese				3° mese			
	SETTIMANA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rimozione pannelli fotovoltaici, componenti elettriche ed elettromeccaniche	■											
Consegna a gestore autorizzato e smistamento componente riutilizzabile				■								
Rimozione strutture di sostegno pannelli e opere civili						■						
Consegna a gestore autorizzato e conferimento a discarica dei materiali								■				
Integrazioni vegetazionali									■			

Ing. Stefano Floris

