

Committente:

FATTORIA SOLARE MONTECCHIO S.R.L.

via Emilia a San Pietro n. 1
42121 Reggio Emilia (RE)

titolo del progetto

IMPIANTO FOTOVOLTAICO "SAN FRANCESCO 3"

REGIONE: EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA: PIACENZA

COMUNE: CADEO

Elaborato

numerazione

RELAZIONE GESTIONE POST-OPERATIVA

R04

Responsabile progettazione

Prof. Ing. Giacomo Bizzarri
Via U. Cagni 1/4 42124 Reggio Emilia

Data di emissione

Aprile 2023

rev. data descrizione redatto da

A			
B			
C			

Responsabile di progetto:

Prof. Ing. Giacomo Bizzarri

Collaboratori:

Dott. Ing. Leonardo Fumelli
Dott. Ing. Florian Hoxhaj

Timbro e firma:



[1] INTRODUZIONE.....	3
[2] LA FASE POST-OPERATIVA DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI	3
[2.1] Finalità.....	3
[2.2] Le operazioni di smaltimento	3
[2.3] I costi dello smaltimento	5
[2.4] Sintesi	7
[2.5] Bibliografia	9

IMPIANTO FOTOVOLTAICO “SAN FRANCESCO 3”

POTENZA DI PICCO 6.623,4 kW_p

**COMUNE DI CADEO
PROVINCIA DI PIACENZA**

[1] INTRODUZIONE

L'impianto fotovoltaico “San Francesco 3” sarà realizzato aggregando 9.960 moduli in 221 vele da 60 moduli, 30 moduli e 15 moduli. Si prevede di realizzare l'impianto alloggiando le stringhe su apposite strutture di sostegno che andranno a loro volta ad essere infisse sul terreno, risultando ad esso solidali. Le strutture saranno del tipo a inseguimento mono-assiale per una migliore captazione della risorsa solare.

[2] LA FASE POST-OPERATIVA DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

[2.1] Finalità

La presente relazione fornisce indicazioni circa la vita utile di impianto, descrivendo le modalità di dismissione dello stesso con particolare riferimento allo smaltimento del materiale utilizzato.

Sono inoltre descritte le attività finalizzate a ripristinare i luoghi nel rispetto della vocazione propria del territorio con alcune ipotesi di recupero ambientale dell'area a fine vita utile.

[2.2] Le operazioni di smaltimento

La vita utile di un impianto, come indicato in letteratura, è variabile e in continua evoluzione, può aggirarsi attorno ai 30-35 anni dal momento della sua messa in opera. La variabilità della stima è data dal fatto che intervengono numerosi fattori, che vanno dalla temperatura di esercizio dell'impianto al tasso di degrado annuo dei componenti. È possibile affermare che un impianto fotovoltaico ben mantenuto possa avere una vita utile

di almeno 30 anni, alla fine dei quali, il sito sarà integralmente ripristinato nelle sue condizioni ante-operam.

Sulla stessa area si provvederà alla risistemazione del terreno in prossimità delle porzioni di suolo interessate dall'infissione dei pali di fondazione che compongono le strutture di sostegno dei moduli, e al conseguente suo ricoprimento con cotica erbosa, provvedendo eventualmente alla piantumazione di essenze arboree autoctone lungo il perimetro dello stesso sito, con relativa valorizzazione ambientale del terreno.

Durante lo smantellamento dell'impianto sarà prevista la disinstallazione di ognuna delle unità produttive, al disaccoppiamento delle diverse componenti di impianto (moduli, strutture di sostegno, cabine, *etc*). Saranno selezionati i componenti riutilizzabili, quelli riciclabili e quelli da rottamare che saranno trattati secondo le normative vigenti.

Le operazioni di smaltimento consisteranno nello smontaggio dei moduli ed invio degli stessi ad idonea piattaforma di riciclaggio che effettuerà le seguenti operazioni di recupero:

- i moduli cristallini hanno una quantità di silicio considerevole che può essere riciclato sia nell'industria solare (se il silicio sarà ancora competitivo in futuro) oppure nell'industria elettronica;
- la plastica costituirà verosimilmente l'unico materiale da smaltire, in quanto anche il rame dei cablaggi è già entrato nel circuito delle materie seconde.

Anche in virtù delle scelte progettuali adottate, i sistemi fotovoltaici, comprese le strutture di alloggiamento e le fondazioni, e le cabine elettriche sono agevolmente rimovibili senza necessità di alcun intervento strutturale e dimensionale sulle aree a disposizione. Le strutture di sostegno dei pannelli, essendo in acciaio, vengono riciclate nell'industria dell'acciaio come già avviene usualmente per questo metallo.

Gli edifici civili che saranno eventualmente realizzati in opera (*e.g.* cabine di consegna) saranno demoliti e smaltiti presso impianti di recupero e riciclaggio inerti da demolizione

(rifiuti speciali non pericolosi). I sistemi di comando saranno riciclati o in ultima istanza smaltiti in conformità alle normative sui rottami di apparecchi elettrici.

Le linee di connessione elettrica saranno preferibilmente smantellate, il rame degli avvolgimenti e dei cavi elettrici e le parti metalliche verranno inviati ad aziende specializzate nel loro recupero e riciclaggio. Essendo le stesse in parte interrate, può essere considerata anche l'opzione di un loro mantenimento in sede.

Le misure di ripristino interesseranno anche i vialetti perimetrali dell'impianto e le piazzole in prossimità delle cabine. Esse potranno essere lasciate a ricoprirsi naturalmente oppure potranno essere rilavorate con trattamenti addizionali finalizzati ad un più rapido riadattamento all'habitat naturale ed al paesaggio. In tutte le fasi di ripristino ambientale saranno adottate tecniche di ingegneria naturalistica, sempre preferendo l'utilizzo di specie vegetali autoctone.

[2.3] I costi dello smaltimento

Esistono numerosi riferimenti di letteratura [6-7] che evidenziano come lo smaltimento dell'impianto a fine vita utile non rappresenti assolutamente una operazione problematica e consenta un riuso quasi completo dei materiali e delle diverse componenti di impianto. I moduli fotovoltaici sono infatti costituiti prevalentemente da celle in silicio cristallino ad elevata purezza per cui esiste un mercato caratterizzato da crescente richiesta. Il tema dell'ottimizzazione delle fasi di recupero delle stesse celle risulta peraltro essere particolarmente vivo. A testimonianza di questo fatto può essere citato il vivace dibattito di ricerca teso a determinare le procedure più efficaci e meno energivore per recuperare il silicio di grado elettronico o solare dai dispositivi di microelettronica e, negli ultimi anni, dalle prime celle solari giunte a fine vita utile. I costi di smaltimento delle parti solari dell'impianto (moduli) sono peraltro normalmente compensati dalle entrate scaturenti dal riciclo dei materiali silicei dei pannelli.

Lo smaltimento degli altri materiali segue invece le normali fasi di lavorazione che caratterizzano la demolizione controllata delle opere civili: durante lo smantellamento dell'impianto, effettuate la disinstallazione delle unità produttive, si procederà al

disaccoppiamento delle diverse componenti di impianto (moduli, strutture di sostegno, cabine, *etc*), selezionando i componenti riutilizzabili, da quelli riciclabili e quelli da rottamare che saranno trattati secondo le normative vigenti.

L'analisi dei costi di dismissione e smaltimento viene effettuata come somma dei costi della manodopera per lo smontaggio e dei costi per lo smaltimento/recupero dei materiali mediante ditte specializzate e i costi per i trasporti ed il noleggio dei mezzi necessari. Si sottolinea che i costi di smaltimento/recupero dei moduli fotovoltaici sono considerati nulli in quanto il loro recupero sarà demandato ai produttori stessi, che potranno riciclarne pressoché la totalità dei componenti (smaltimento coperto ai sensi del D.Lgs. 49/2014). Anche gli oneri di gestione per i materiali in acciaio, ferro e rame di risulta dallo smontaggio dell'impianto viene considerato a costo zero in quanto trattasi di materiali completamente recuperabili e conferibili presso centri di recupero autorizzati senza oneri aggiunti. La componente relativa ai trasporti e al nolo delle apparecchiature viene considerata infine come parte percentuale dei costi e pari al 10 %.

Per le lavorazioni è necessaria l'opera di due persone qualificate per lo smontaggio dei vari telai, l'utilizzo di un generatore e un compressore da cantiere oltre che la disponibilità di un furgoncino (tipo Daily) per il trasporto di questi ultimi e di un camion attrezzato per carico e trasporto dei materiali risultanti dalla dismissione in siti autorizzati alla loro demolizione/riuso.

DESCRIZIONE	QUANTITA'	MANODOPERA [ore/uomo]	COSTO ORARIO MANODOPERA [€]	COSTO COMPLESSIVO SMONTAGGIO
Smontaggio e smaltimento pannelli fotovoltaici	-	230	32	58.880 €
Smontaggio strutture di sostegno dei moduli, pali, recinzione, cancello.	-	290	32	74.240 €
Smontaggio apparecchiature elettriche ed elettroniche (Inverter, quadri elettrici, trasformatori, sistema di videosorveglianza, corpi illuminanti)	-	60	35	16.800 €
Demolizione delle platee di sostegno delle cabine prefabbricate m2	325		40	13.000 €
Demolizione di strutture in calcestruzzo con ausilio di martello demolitore meccanico (pozzetti) m3	25		200	5.000 €
Scarifica e rimozione dello stabilizzato utilizzato per la realizzazione della viabilità di servizio m2	6000		2,8	16.800 €
TOTALE ONERI DI SMONTAGGIO				184.720 €
STIMA DEGLI ONERI DI SMALTIMENTO E RECUPERO				
DESCRIZIONE	COMPOSIZIONE	QUANTITA'	COSTO UNITARIO SMALTIMENTO [€]	COSTO SMALTIMENTO [€]
Oneri di smaltimento pannelli fotovoltaici	Moduli fotovoltaici	9.960	0	0 €
Oneri di smaltimento apparecchiature elettroniche ed elettriche	Inverter, quadri elettrici, trasformatori, sistema di videosorveglianza, corpi illuminanti a corpo	1	20.000 €	20.000 €
Oneri di smaltimento calcestruzzo	Platee di sostegno delle cabine prefabbricate e tombini m3	50	20	1.000 €
Oneri di smaltimento per i materiali di plastica	Tubazioni per il passaggio dei cavi elettrici kg	18000	0,15	2.700 €
Oneri di smaltimento ferro, acciaio, rame	Strutture di sostegno moduli, pali, recinzione kg	70000	0	0 €
Oneri di smaltimento terre	Terra e pietrisco piste impianto m3	2000	11	22.000 €
TOTALE ONERI DI SMALTIMENTO E RECUPERO				45.700 €
TOTALE COSTI DI DISMISSIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO				230.420

[2.4] Sintesi

Con particolare riferimento alle finalità enunciate al primo paragrafo si può riassumere quanto segue:

_ Vita utile di impianto: 30 anni (possibile 35-40) [1-5]

_ Modalità di dismissione dell'impianto:

- 1) disinstallazione di ognuna delle unità produttive,
- 2) disaccoppiamento delle diverse componenti di impianto (moduli, strutture di sostegno, cabine, *etc*)
- 3) demolizione degli edifici civili che saranno eventualmente realizzati in opera (*e.g.* cabine di consegna) saranno demoliti;
- 4) selezione dei componenti riutilizzabili, quelli riciclabili e quelli da rottamare che saranno trattati secondo le normative vigenti;
- 5) riciclo o smaltimento dei sistemi di comando in conformità alle normative sui rottami di apparecchi elettrici.

_ Attività di ripristino dei luoghi nel rispetto della vocazione propria del territorio:

- 1) integrale ripristino del sito nelle sue condizioni *ante operam*;
- 2) risistemazione del terreno in prossimità delle porzioni di suolo interessate degli elementi di fondazione;
- 3) ripristino *ante operam* dei i vialetti perimetrali dell'impianto e delle piazzole in prossimità delle cabine secondo due possibili opzioni: spontaneo ricoprimento naturale oppure rilavorazione con trattamenti addizionali finalizzati ad un più rapido riadattamento all'habitat naturale ed al paesaggio;
- 4) piantumazione eventuale di essenze arboree autoctone lungo il perimetro dello stesso sito, con relativa valorizzazione ambientale del terreno;
- 5) adozione di tecniche di ingegneria naturalistica, sempre preferendo l'utilizzo di specie vegetali autoctone.

_ Alcune ipotesi di recupero ambientale dell'area a fine vita utile.

- 1) eventuale piantumazione di essenze arboree autoctone lungo il perimetro dello stesso sito, con relativa valorizzazione ambientale del terreno;
- 2) ripristino della cotica erbosa su tutta l'area di sedime dell'impianto fotovoltaico.

[2.5] Bibliografia

- [1] G. Bizzarri, G.L. Morini: *A Life Cycle Analysis of roof integrated photovoltaic systems* International Journal of Environmental Technology and Management - Issue: Volume 7, Number 1-2 / 2007 -pp. 134 - 146.
- [2] B. Maish, C. Atcitty, S. Hester, D. Greenberg, D.Osborn, D. Collier, *Photovoltaic System Reliability*, 26th IEEE PVSC, 1997, pp. 1049-1054.
- [3] W. Bower, *Inverters - Critical Photovoltaic Balance-of-system Components: Status, Issues, and New-Millennium Opportunities*, Progress in Photovoltaics: Research and Applications 2000; 8(1)- pp. 113-126.
- [4] M. Begovic, A. Pregelj, A. Rohatgi, *Four-year Performance Assessment of the 342 kW PV System at Georgia Tech*, 28th IEEE PVSC, 2000, pp. 1575- 1578.
- [5] Alsema, E.A.; Wild - Scholten, M.J. de; Fthenakis, V.M. - *Environmental impacts of PV electricity generation - a critical comparison of energy supply options* - ECN, September 2006; Presented at the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Dresden, Germany, 4-8 September 2006.
- [6] Kazuhiko K. - *Recycling and Waste Management of Photovoltaic Cell Module* - ECP Newsletter 2001-05
- [7] Fthenakis Vasilis M. - *End-of-life management and recycling of PV modules* - Energy Policy. Volume (Year): 28 (2000) - Issue: 14 (November) - Pp: 1051-1058