

COMUNI DI:
SAN GAVINO MONREALE
GONNOSFANADIGA
GUSPINI

PROVINCIA: SUD SARDEGNA
REGIONE: SARDEGNA

FATTORIA SOLARE "SA PEDRERA"
AGROFOTOVOLTAICO DI 48,177 MW_p

PROGETTO DEFINITIVO

ANALISI COSTI -BENEFICI

Tipo Elaborato	Codice Elaborato	Data	Scala CAD	Formato	Foglio / di	Scala
REL.	0121_R.26	18/09/2023	-	A4	1/52	-

PROPONENTE

EF AGRI SOCIETA' AGRICOLA a r.l.
Via Del Brennero, 111
38121 - Trento (TN)

SVILUPPO



SET SVILUPPO s.r.l.
Corso Trieste, 19
00198 - Roma (RM)

PROGETTAZIONE

Ing. Giacomo Greco



Ing. Marco Marsico



Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	18/09/2023	Prima Emissione	Ing. G. Greco	Ing. M. Marsico	Ing. M. Marsico

ANALISI COSTI BENEFICI

FATTORIA SOLARE “SA PEDRERA”

AGRIVOLTAICO DI TIPO ELEVATO E AVANZATO

di potenza pari a 48,177 MWp

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 3
--	---	--------------

SOMMARIO

1. PREMESSA	4
2. PROPONENTE	5
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	8
4. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO E CONTESTO DI RIFERIMENTO	12
5. ALTERNATIVE DI PROGETTO	14
6. ANALISI COSTI BENEFICI	19
6.1. Analisi esternalità progetto agrivoltaico.....	22
6.1.1. Esternalità negative in fase di cantiere	23
6.1.2. Esternalità negative in fase di esercizio.....	24
6.1.3. Esternalità positive in fase di cantiere.....	25
6.1.4. Esternalità positive in fase di esercizio	25
7. QUANTIFICAZIONE COSTI-BENEFICI.....	26
7.1. Analisi finanziaria.....	26
7.1.1. Analisi costi di investimento e gestione.....	27
7.1.2. Analisi remunerazione vendita energia	27
7.1.3. Analisi remunerazione vendita prodotti agricoli	28
7.1.4. Calcolo Valore Attuale Netto (VAN).....	28
7.1.5. Risultati analisi economico-finanziaria	30
7.2. Analisi Ambientale.....	32
7.2.1. Analisi sulla componente suolo	33
7.2.1.1. Consumo di suolo	34
7.2.1.2. Produzione Agricola.....	36
7.2.1.3. Occupazione temporanea di suolo	38
7.2.1.4. Regolazione del microclima	38
7.2.2. Analisi sulla componente Paesaggio - Impatto visivo	40
7.2.3. Analisi sulla componente Atmosfera.....	43
7.2.3.1. Emissioni evitate	43
7.2.3.2. Altri costi esterni	47
7.2.4. Risultati analisi ambientale.....	48
7.3. Analisi socioeconomica.....	49
7.3.1. Risvolti occupazionali, attività di formazione e investimenti sul territorio	50
7.3.2. Risultati analisi socioeconomica	51
8. QUADRO RIEPILOGATIVO.....	52

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 4
--	---	--------------

1. PREMESSA

La presente Analisi Costi-Benefici (ACB) è stata elaborata al fine di valutare i costi e i benefici derivanti dalla realizzazione di un **impianto agrivoltaico avanzato** e relative opere di connessione ubicato in Sardegna, nel Comune di San Gavino Monreale (SU), Gonnosfanadiga (SU) e Guspini (SU), denominato "Fattoria Solare Sa Pedrera".

Il tipo di progetto in proposta dalla società EF AGRI Società Agricola a r.l. ha l'obiettivo di inserire nel contesto territoriale della Regione Sardegna un'innovativa azienda agrivoltaica che integra la coltivazione delle superfici agricole con un impianto agrivoltaico di tipo elevato e avanzato predisposto secondo le più recenti Linee Guida sull'agrivoltaico del MITE (ora MASE), rispondendo alle esigenze ambientali, climatiche e di tutela dei territori rurali.

La realizzazione di un progetto innovativo come quello in proposta permetterà di creare una realtà produttiva in grado di generare valore per l'intero territorio in termini ambientali (aumento dell'energia prodotta da fonti rinnovabili, miglioramento fondiario), economico e sociale (incremento occupazionale in entrambi i settori di competenza agricolo e energetico, opportunità di formazione, produzioni agricole di qualità, rilancio e aumento delle sostenibilità del settore agricolo).

L'esercizio dell'impianto agrivoltaico consentirà di contribuire al raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla politica energetica europea e nazionale, valorizzando e rilanciando una produzione agricola più resiliente e sostenibile destinata al mercato nazionale ed internazionale.

Il presente elaborato, costituente parte integrante della documentazione a corredo dell'istanza di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto, si propone di fornire un contributo al processo decisionale introducendo, nella valutazione ambientale, gli interessi degli interlocutori sociali, attraverso la stima di quelle che sono le principali esternalità positive e negative associate all'iniziativa. In particolare, la presente analisi rappresenta una valutazione economica, ambientale e sociale dei benefici (e costi) che l'investimento previsto dal progetto in esame potrebbe avere sul territorio interessato.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 5
--	---	--------------

2. PROPONENTE

EF Agri Società Agricola a r.l. è una società detenuta al 100% da EF Solare Italia S.p.A., il primo operatore di fotovoltaico in Italia e tra i principali in Europa con una potenza installata di oltre 1 GW. Partecipata al 70% da F2i - Fondi Italiani per le Infrastrutture, il più grande fondo infrastrutturale attivo in Italia, e al 30% da Crédit Agricole Assurances, primo investitore istituzionale francese nelle energie rinnovabili, EF Solare Italia ha in portafoglio in Italia più di 300 impianti in 17 Regioni ed è presente anche in Spagna con l'operatore solare Renovalia Energy Group.

EF Solare ha un'esperienza ultradecennale nell'agrivoltaico maturata grazie alla gestione di 9 serre fotovoltaiche collocate in diverse regioni italiane che, oltre a generare energia tale da soddisfare i fabbisogni di oltre 20.000 famiglie italiane, producono prodotti agricoli che riscuotono un importante successo commerciale in Italia e all'estero.

I primi progetti agrivoltaici di EF Solare sono nati nel 2011 in Calabria nei Comuni di Villapiana, Cassano allo Jonio, Scalea e Orsomarso (CS), grazie alla storica partnership con società agricole territoriali specializzate nella coltivazione di agrumi – **Le Greenhouse**.

Le Greenhouse coltivano le serre in maniera sostenibile e innovativa per un totale di circa 40 ettari nelle Regioni Calabria (26 ha), Umbria (2 ha) e **Sardegna (12 ha)** con circa 15.000 piante di agrumi in pieno assetto vegetativo. Tali società agricole si sono recentemente riunite nel Consorzio Le Greenhouse, nato per promuovere le coltivazioni in ambiente fotovoltaico, i protocolli colturali finora sperimentati, i risultati ottenuti e i prodotti agro-alimentari di alta qualità che ne derivano.

L'agricoltura in ambiente fotovoltaico valorizza la forte vocazione agrumicola del territorio e, nella Riviera dei Cedri, contribuisce anche al mantenimento di una tradizione millenaria legata alla coltivazione del cedro, innovandola e rendendola sostenibile tramite:

- la riduzione del fabbisogno idrico annuo delle coltivazioni, grazie alla diminuzione dell'evapotraspirato e all'utilizzo di sistemi irrigui di precisione (risparmio del 70% di acqua rispetto al piano campo);
- il monitoraggio costante dell'attività fenologica delle piante tramite applicativi gestibili da remoto.

Di seguito si riporta un esempio di serra agrivoltaica con coltivazione di limoni gestita dal Consorzio Le Greenhouse.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 6
--	---	--------------

Nell'Aprile 2022, Coldiretti ha assegnato ad una delle società del Consorzio – Lao Greenhouse – l'importante premio nazionale "Oscar Green" – categoria Sostenibilità e Transizione ecologica per i risultati raggiunti nella coltivazione del cedro in ambiente fotovoltaico in Calabria¹.



Figura 1: Serra agrivoltaica con coltivazione di limoni gestita dal Consorzio Le Greenhouse

L'esperienza maturata nella coltivazione di agrumi in ambiente fotovoltaico è stata applicata anche nelle serre sarde presenti nel Comune di Milis (OR), territorio caratterizzato anche esso dalla forte vocazione agrumicola. Nelle serre sono state messe a dimora piante di limoni, lime e fingerlime e, ai fini di tutela della biodiversità, è stata inserita una coltivazione di "**Sa Pompia**", agrume tipico della zona.

Grazie al riuscito connubio tra agricoltura e produzione di energia green delle serre fotovoltaiche, EF Solare Italia ha creato un comparto ad hoc per lo sviluppo di progetti agrivoltaici e ha sviluppato una **nuova tipologia di agrivoltaico** (con moduli elevati a circa 3,5 metri dal suolo), partendo dall'osservazione delle caratteristiche peculiari dei territori (naturali, geomorfologiche, produttive,

¹ <https://www.coldiretti.it/economia/giornata-della-terra-i-vincitori-delloscar-green-2022>
https://www.repubblica.it/green-and-blue/2021/12/16/news/a_scalea_i_cedri_crescono_sotto_i_pannelli_fotovoltaici-329557056/
https://www.repubblica.it/green-and-blue/dossier/giornata-della-terra/2022/04/22/news/oscar_green_coldiretti_agricoltura-346456102/
(link consultati in data 13.03.2023)

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 7
--	---	--------------

umane) e seguendo le vocazioni agricole territoriali al fine di salvaguardare gli usi del suolo e i territori rurali.

Con il progetto in proposta, la società persegue dunque due obiettivi prioritari: (i) miglioramento fondiario finalizzato alla valorizzazione delle vocazioni agricole territoriali con tutela delle biodiversità e delle tradizioni agroalimentari locali e (ii) contribuzione alla transizione energetica verso le energie rinnovabili con l'introduzione di innovazioni tecnologiche rispettose del paesaggio.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 8
--	---	--------------

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto agrivoltaico denominato "Fattoria Solare Sa Pedrera" è un progetto di agricoltura innovativa che introduce in Sardegna un nuovo modello di sviluppo sostenibile green che combina la coltivazione delle superfici agricole con la produzione di energie rinnovabili, rispondendo alle esigenze ambientali, climatiche e di tutela dei territori rurali.

Il progetto prevede il miglioramento fondiario di un terreno di circa 82 ha nel Comune di San Gavino Monreale (SU), tramite l'implementazione di un piano agronomico integrato con strutture fotovoltaiche elevate, poste a circa 3,5 metri dal piano di campagna e ad inseguimento solare monoassiale (c.d. tracker) avente una potenza di picco pari a circa 48,177 MWp. I tempi di realizzazione dell'opera sono stati quantificati e ammontano a circa 14 mesi.

La tipologia di impianto proposto è di tipo innovativo in cui l'agricoltura è gestita tramite i più avanzati sistemi di fertirrigazione e monitoraggio delle condizioni vegetative delle piante e del microclima in campo.

Il progetto presentato rientra nella categoria dei **sistemi agrivoltaici avanzati** in quanto rispondente ai parametri e ai requisiti richiesti dalla **Linee Guida in materia di agrivoltaico del Ministero della Transizione Ecologica (ora MASE)**, quindi meritevole degli incentivi e contributi del PNRR.



Figura 2: Fotosimulazione all'interno dell'impianto agrivoltaico in proposta

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 9
--	---	--------------

Le strutture fotovoltaiche caratterizzanti l'impianto di produzione di energia elettrica sono state studiate in combinazione con il piano agronomico e presentano dimensioni tali da consentire lo svolgimento dell'attività agricola sull'intera superficie nonché gli interventi di manutenzione sui principali componenti elettrici di impianto. L'altezza della struttura portante dei moduli fotovoltaici è pari a circa 3,5 m che, alla massima inclinazione del modulo (rotazione dell'asse Nord-Sud di +55° e - 55° rispetto al piano orizzontale), permette il mantenimento **di una distanza minima dal suolo pari a circa 2,5 m**, ideale per le attività agricole previste nel piano agronomico e l'utilizzo in sicurezza delle macchine.

Le strutture sono infisse al suolo senza l'utilizzo di fondazioni in cemento e sono poste ad una distanza reciproca di interasse pari a circa 6 m in direzione Est-Ovest.

Tale assetto consente la coltivazione delle intere aree con un'ombra mobile che garantisce l'ottimale apporto di luce diretta e diffusa alle coltivazioni e permette l'utilizzo di sesti di impianto per la messa a dimora delle piante di tipo semi-intensivo. Le piante beneficeranno anche dell'azione di protezione da fenomeni atmosferici violenti e straordinari, fornita dai moduli; tale azione risulta fondamentale per accrescere la resilienza dell'agricoltura in condizioni che sarebbero avverse e dettate dal cambiamento climatico in corso.

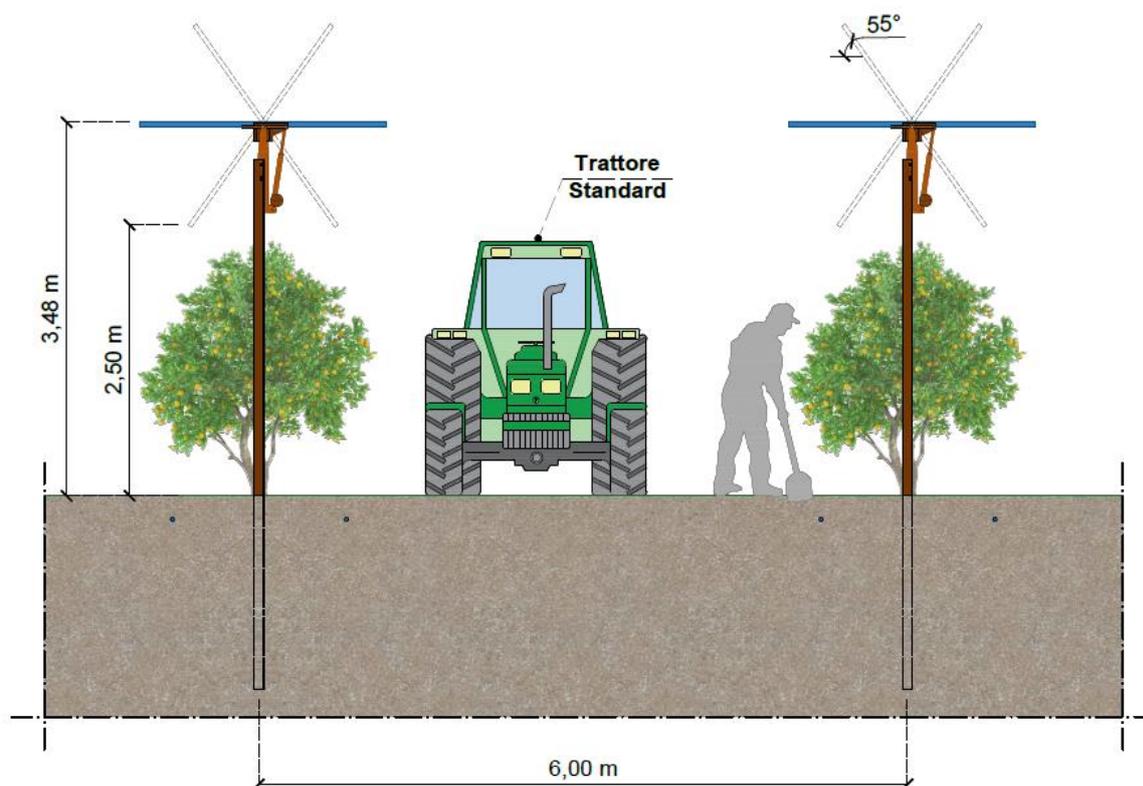


Figura 3: Esempio di impianto arboreo integrato con strutture fotovoltaiche

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 10
--	---	---------------

Il progetto agrivoltaico in proposta mira a valorizzare il fondo, aumentandone la capacità agricola. Infatti, il piano agronomico prevede un miglioramento fondiario del sito, estremamente impoverito dall'eucalipteto arrivato a fine ciclo di produzione, che verrà dapprima reso irriguo tramite la realizzazione di nuove opere connesse con le infrastrutture del Consorzio di Bonifica al fine di ripristinare e migliorare la destinazione agricola. Il piano prevede, infatti, la coltivazione di piante arboree (olivo, mandorlo e agrumi) dall'alto valore aggiunto e piante aromatiche/officiali (lavanda, elicriso, rosa canina, timo, zafferano, rosmarino, lentisco, corbezzolo, aloe, mirto sardo e iperico). Inoltre, per aumentare la valenza ecologica è previsto il mantenimento e l'utilizzo di una fascia di mitigazione perimetrale costituita dagli eucalipti attualmente presenti; tale siepe perimetrale è studiata anche in funzione frangivento e con lo scopo di supportare la fauna locale.

A differenza degli impianti fotovoltaici a terra o impianti agrivoltaici di tipo interfilare, l'impianto con moduli elevati dal suolo consente lo svolgimento delle attività agricole sotto pannello, questo al fine di valorizzare il patrimonio agricolo e di produrre energia elettrica da fonte rinnovabile **senza consumo di suolo** e rispettando i classici sestri di impianto utilizzati anche in campo aperto.

L'impianto sarà collegato alla RTN tramite cavidotto interrato in MT che percorrerà un ex tracciato ferroviario senza interferire con gli assetti vegetazionali e ambientali dei luoghi, fino alla nuova stazione utente 30/150 kV collocata a ridosso della Cabina Primaria Guspini esistente. La soluzione di connessione prevede anche la condivisione con altri operatori di opere di rete richieste da Terna S.p.A. per il potenziamento della rete di trasmissione nazionale.

Per ulteriori dettagli, si rimanda agli elaborati progettuali.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 11
--	---	---------------



Figura 4: Inquadramento territoriale su ortofoto delle opere utente da realizzare

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 12
--	---	---------------

4. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO E CONTESTO DI RIFERIMENTO

L'impianto "Fattoria Solare Sa Pedrera" da realizzare nel territorio comunale di San Gavino Monreale (SU) interessa un'area avente una superficie complessiva di circa 82 ha; le opere di connessione interessano anche i comuni di Gonnosfanadiga (SU) e Guspini (SU).

Il terreno è localizzato nel settore centrale della piana del Campidano, confinante a Nord-Est con il massiccio vulcanico del Monte Arci. L'area è facilmente raggiungibile grazie all'infrastruttura viaria costituita dalla Strada Statale SS197 S. Gavino e Flumini e dalla SP4. Entrambe le reti stradali attraversano e suddividono a Sud l'area d'intervento garantendo un agevole accesso al sito.

Il territorio si presenta come un'area fortemente antropizzata sia per le attività agricole che ne caratterizzano l'aspetto paesaggistico, che per la presenza di infrastrutture ed aree urbanizzate. Nonostante l'area vasta sia caratterizzata da attività agricole e pastorali tipiche della zona, il sito scelto per l'intervento è un lotto agricolo occupato da un eucalipteto da taglio a fine ciclo di produzione che negli anni ha compromesso notevolmente la fertilità del suolo. Tra gli scopi del progetto, emerge il ripristino della destinazione agricola e il miglioramento dell'uso del terreno in armonia con le vocazioni territoriali.

Tra le coltivazioni previste nel piano agronomico sulla base delle caratteristiche pedologiche e agricole dell'area, nonché degli obiettivi di produzione dell'azienda agricola, si è scelto di dedicare circa 1 ha alla coltivazione di zafferano, per partecipare attivamente alla valorizzazione del territorio ove il comune di San Gavino Monreale detiene il primato nazionale nella coltivazione dello "zafferano di Sardegna". Inoltre, tra le colture arboree scelte, spicca il mandorlo "Arrubia", varietà autoctona tipica dell'agricoltura sarda.

Dal punto di vista morfologico, il terreno si presenta uniforme e pianeggiante con una pendenza che risulta essere perfettamente idonea all'installazione di un impianto agrivoltaico (75 – 85 m s.l.m).

Il sito è attraversato da Est a Sud-Ovest da una gora (Gora Pixina sa Murta) e da una Strada Vicinale (di Perda Frau) da Nord-Ovest a Sud-Est. Nella disposizione dell'impianto (come si evince dagli elaborati grafici) si è tenuto conto di queste evidenze territoriali con opportune fasce di rispetto. Il sito è attraversato a sud da alcune linee in media e, nella progettazione del layout di impianto, si è tenuto conto delle rispettive fasce di rispetto (DPA).

Dall'analisi svolta sugli elementi caratterizzanti il sito, e puntualmente riporti nella documentazione progettuale, si ritiene che questo sia idoneo alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico in progetto.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 14
--	---	---------------

5. ALTERNATIVE DI PROGETTO

Al fine di valutare la fattibilità economica e finanziaria dell'opera vengono analizzate le differenti alternative, anche al fine di valutare la migliore soluzione possibile dal punto di vista sociale, economico e ambientale. Alla base di tale valutazione si evidenzia che in relazione alle attuali linee strategiche nazionali ed europee, risulta necessario incrementare la produzione di energie da fonti rinnovabili. Tale scelta permette di perseguire gli obiettivi in materia di clima ed energia per il 2030 e il 2050. In particolare, nel dicembre 2020, in seguito alla pubblicazione del piano per l'obiettivo climatico 2030 della Commissione COM(2020) che propone un percorso più equilibrato verso la neutralità climatica per il 2050, il Consiglio europeo ha approvato un obiettivo più ambizioso per il 2030, che prevede una riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% (in precedenza era del 40%) e una produzione di energia da fonti rinnovabili del 32%, con conseguente aumento dell'efficienza energetica del 32,5%.

Ad oggi l'UE, secondo quanto riportato nella Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e sociale Europeo e al Comitato delle Regioni redatta il 26/10/2021, ha raggiunto i seguenti obiettivi:

- Gas serra ridotti del 31% tra il 1990 e il 2020;
- La quota di energia rinnovabile passata al 22% nonostante alcuni Stati membri non abbiano raggiunto i loro rispettivi target.

Sicuramente in termini di emissioni e qualità dell'aria si può affermare che il progetto ha degli impatti positivi ed è in linea con la pianificazione energetica dell'UE.

Il progetto prevede l'istallazione di un impianto agrivoltaico elevato e avanzato con annessa coltivazione di olivo, agrumi e mandorlo, al fine di ottenere un miglioramento fondiario del sito. Il piano agronomico prevede inoltre, la coltivazione di piante officinali e aromatiche consentendo il recupero e la diversificazione delle colture e riducendo i rischi connessi alla monocoltura.

La produzione, contemporanea e sinergica, di colture tipiche di pregio e di energia pulita, contribuisce in maniera esponenziale al miglioramento:

- del suolo, attualmente impoverito di sostanze organiche e di nutrienti;
 - dell'economia dell'area, per qualità dei prodotti agro-alimentari abbinata alla produzione di energia pulita;
 - della vocazione agricola dell'area, in favore della biodiversità locale.
-

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 15
--	---	---------------

L'azione svolta dai pannelli consente un rallentamento del ciclo idrologico, limitando l'evapotraspirazione, l'eccesso di radiazione fotosinteticamente attiva e mitigando gli estremi giornalieri della temperatura superficiale del suolo.

L'impianto agrivoltaico avrà un'impronta positiva sul clima, in particolare, restituirà un indubbio beneficio ambientale dettato dalla riduzione delle emissioni in atmosfera tipiche di altre tipologie di impianti che impiegano combustibili fossili per la produzione di energia.

Nel complesso, quindi, l'impianto agrivoltaico non va ad intaccare la salute dell'ecosistema in cui si inserisce, bensì preserva il contesto e le sue funzioni in termini di ciclo dei nutrienti, formazione del suolo, produzione di cibo, risparmio idrico, difesa dai cambiamenti climatici, regolazione del clima.

Al fine di avvalorare tutti i benefici che derivano dalla tipologia di impianto sono state prese in considerazione le seguenti alternative:

- 1) Alternativa 0: nel rispetto delle Linee Guida S.N.P.A. n. 28/2020, l'analisi di impatto ambientale "deve comprendere in ogni caso l'Alternativa "0", cioè la non realizzazione dell'intervento e la probabile evoluzione del sito, in caso di mancata attuazione del progetto. In caso di non intervento la superficie resterebbe al massimo utilizzata per le attività agropastorali finora svolte;
- 2) Alternativa fotovoltaico a terra: con installazione a terra/ad altezze ridotte dei moduli e senza coltivazione;
- 3) Alternativa fotovoltaico a terra con coltivazione c.d. interfilare: con installazione a terra/ad altezze ridotte dei moduli e con coltivazione solo tra le fila dei moduli.

La valutazione per la scelta localizzativa dell'impianto è supportata dai seguenti connotati:

- *si trova situata lontana da città, zone abitate e rilievi montuosi;*
- *è completamente pianeggiante e presenta un ottimo irraggiamento tutto l'anno (in relazione alle caratteristiche climatiche e meteorologiche, quelle tecniche dei componenti di impianto e alla loro interconnessione, la stima della producibilità dell'impianto in oggetto è complessivamente pari a 90.430 MWh/anno);*
- *in ottica di un miglioramento fondiario, presenta una repressa vocazione agronomica, essendo inserita in un complesso di aree agricole di campi coltivati a foraggio o colture specializzate, ma occupata da specie arborea esotica (Eucalyptus sp.) utilizzata per il legname.*
- *è possibile un agevole allaccio alla rete idrica gestita dal Consorzio di Bonifica, indispensabile all'irrigazione delle colture sottostanti i pannelli;*

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 16
--	---	---------------

- *ottimizza l'uso del territorio, contendo la lunghezza del cavidotto, realizzando la Cabina Utente accanto all'esistente Cabina Primaria di Guspini e ad una cabina utente di altro produttore, minimizzando l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico (soluzione interrata del cavidotto MT su un ex tracciato ferroviario esistente, tracciato del cavidotto AT interrato ricadente interamente all'interno della CU "Sa Pedrera" e della CP "Guspini");*
- *le opere di connessione assicurano la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale, permettendo il regolare esercizio e manutenzione del cavidotto senza influenzare le dinamiche ambientali e paesaggistiche.*

Il caso di assenza dell'intervento esclude la possibilità del duplice utilizzo del suolo per cui va da sé che tutti gli introiti derivanti dalla vendita dell'energia, nonché i benefici socioeconomici e ambientali derivanti dalla realizzazione del progetto sarebbero nulli.

Ai fini dell'analisi costi benefici sono stati confrontati due possibili alternative progettuali, "fotovoltaico a terra" e scenario "agrivoltaico"; questo al fine di sottolineare l'importanza del duplice uso del suolo per scopi agricoli e per la produzione energetica, permessa dall'elevazione dei pannelli.

Il sistema agrivoltaico avanzato è da preferirsi in quanto, rispetto al fotovoltaico a terra o agrivoltaico interfilare, presenta maggiori benefici socioeconomici e ambientali proprio grazie all'elevazione dei pannelli con cui sarà possibile eliminare il consumo di suolo e utilizzare l'intera superficie coltivabile, permettendo anche la nascita di nuove aziende agricole innovative e maggiormente resilienti ai cambiamenti climatici.

Infatti, non di meno sono i benefici derivanti dall'installazione dei pannelli, i quali andranno a esplicare una funzione di protezione nei confronti delle colture, specialmente durante fenomeni atmosferici estremi. Le colture gioveranno di un microclima più mite favorito dall'ombreggiamento che conseguentemente permetterà di migliorare le condizioni pedofisiche del terreno; infatti, si riduce il fenomeno di evapotraspirazione che a sua volta comporterà una riduzione dei consumi idrici.

In tabella si effettua un confronto di massima tra la tipologia di impianto fotovoltaico a terra con la tipologia di impianto come quello in progetto, a parità di estensione dell'area progettuale e localizzazione delle due tipologie impiantistiche, evidenziando alcune caratteristiche per entrambe le soluzioni e assegnando un valore positivo (verde) o negativo (rosso) a seconda di quale impianto sia più vantaggioso o svantaggioso in relazione ad ogni criterio.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 17
--	---	---------------

CRITERI	FOTOVOLTAICO A TERRA	AGRIVOLTAICO
Producibilità elettrica	EQUIPARABILE	EQUIPARABILE
Costi d'investimento	MINORI	MAGGIORI
Consumo di suolo	MAGGIORE	MINORE
Manutenzione	MINORE	MAGGIORE
Sostenibilità ambientale	MINORE	MAGGIORE
Qualità dei suoli	PEGGIORATA	MIGLIORATA
Biodiversità	PEGGIORATA	MIGLIORATA
Colture	ELIMINATE	CONSERVATE/VALORIZZATE
Redditività agricola	ANNULLATA	AUMENTATA

Dall'analisi dei suddetti criteri si evince che la scelta di installare un impianto agrivoltaico ha sicuramente dei vantaggi maggiori, in particolare dal punto di vista ambientale ed ecologico.

- **Consumo di suolo:** un impianto fotovoltaico fisso non lascia spazio ad altri usi, per questo motivo la totalità dell'area interessata dalla presenza dell'impianto rientra nella categoria di suolo consumato-sottotratto all'agricoltura. Con l'impianto agrivoltaico di tipo elevato si ha un consumo di suolo nullo legato alla presenza dell'attività agricola sotto pannello.
- **Sostenibilità ambientale:** il consumo di suolo agricolo nullo, la coesistenza di produzione energetica e attività agricola, la conservazione e la valorizzazione delle vocazioni agricole territoriali insieme alla creazione di nuove aree naturali favorite dalla presenza di fascia perimetrale di mitigazione e compensazione candidata a diventare rifugio per la micro e meso-fauna, fanno sì che l'inserimento di un sistema agrivoltaico elevato e avanzato in contesto agricolo comprometta in misura minore o nulla gli equilibri ecosistemici con una maggiore sostenibilità dal punto di vista ambientale.
- **Miglioramento della qualità dei suoli e della biodiversità:** i sistemi agrivoltaici possono favorire l'orientamento produttivo e il miglioramento ecologico del paesaggio agrario attraverso l'adozione di un'agricoltura di precisione e conversione delle coltivazioni. A questo proposito, l'impiego della tecnologia agrivoltaica può generare un miglioramento della qualità ecologica del suolo e della biodiversità attraverso pratiche di riduzione o eliminazione di pesticidi e il controllo delle specie vegetali presenti.
- **Vantaggi a livello colturale:** i sistemi agrivoltaici elevati, in confronto ad altre tipologie di sfruttamento dell'energia fotovoltaica, presentano dei vantaggi relativi agli effetti che producono su alcune colture. Recenti studi condotti in Germania dal Fraunhofer Institute hanno riportato una prima valutazione del comportamento di differenti colture sottoposte alla riduzione della radiazione luminosa, indicando i tipi di coltivazioni più adatte per un sistema agrivoltaico, ovvero colture per le quali l'ombreggiatura ha effetti positivi sulle rese.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 18
--	---	---------------

L'ombreggiamento fornito dai moduli può costituire un beneficio per le colture sottostanti e allo stesso tempo i moduli possono limitare l'evaporazione dell'acqua nel terreno con la possibilità di ottimizzare l'utilizzo della risorsa idrica. Nell'agricoltura tradizionale la qualità del raccolto o il rischio di perdita del raccolto dipende fortemente dalle condizioni meteorologiche. Il sistema agrivoltaico permette di proteggere le colture da eventi climatici estremi e di creare un microclima più fresco in estate e più temperato in inverno con benefici per le colture, riducendo così l'impronta idrica dell'agricoltura. Dagli studi condotti dal For Solar Energy Systems del Fraunhofer Institute (nell'ambito del progetto Agrophotovoltaics - Resource Efficient Land Use) si evidenzia inoltre, che i sistemi agrivoltaici aumentano la produttività del terreno fino al 60%.

- Aumento redditività agricola e autonomia energetica: gli investimenti da parte delle imprese agricole dedicati alla produzione di energie rinnovabili, se opportunamente dimensionati, si traducono in un abbattimento dei costi operativi in grado di innalzare la redditività agricola e migliorare la competitività. L'autoconsumo dell'energia prodotta tramite l'impianto agrivoltaico si configura pertanto come uno strumento di efficienza aziendale. Lo stesso PNRR prevede che la misura di investimento dedicata allo sviluppo degli impianti agrivoltaici contribuisca alla sostenibilità non solo ambientale, ma anche economica delle aziende coinvolte, miglioramento della competitività delle aziende agricole, raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 19
--	---	---------------

6. ANALISI COSTI BENEFICI

L'Analisi Costi-Benefici è la metodologia più diffusa al fine di razionalizzare i processi decisionali in tema di allocazione delle risorse, e permette di valutare se il progetto è economicamente conveniente e socialmente desiderabile.

È ormai consolidato il fatto che l'energia prodotta con sistemi fotovoltaici e altre energie rinnovabili presenti degli indubbi benefici ambientali al confronto con le altre fonti tradizionali di produzione di energia elettrica, ma tali innegabili benefici non si riflettano pienamente nel prezzo di mercato dell'energia elettrica. In definitiva il prezzo dell'energia sembra non tenere conto in modo appropriato dei costi sociali conseguenti alle diverse tecnologie di produzione energetica.

La valutazione dei cosiddetti costi esterni o esternalità della produzione energetica risponde all'obiettivo di stimare proprio i benefici (o costi) ambientali e sociali conseguenti alla produzione di energia elettrica che non sono tenuti in debita considerazione nella formazione del prezzo del chilowattora.

I principali riferimenti metodologici utilizzati nella elaborazione delle analisi costi-benefici sono i seguenti:

- Metodo di esecuzione dell'analisi costi-benefici, Allegato III Regolamento di Esecuzione (UE) 2015/207 della Commissione, G.U.E. legge 38/2015;
- Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects - Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020, Commissione Europea – dec 2014;
- Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, ISPRA – 2018;
- The Value of EU Agricultural Landscape, Publications Office of the European Union – 2011.

Tale analisi viene condotta in maniera parametrica ed unitaria, riportando ogni unità di input e output rispettivamente in unità di costi e benefici attesi interni ed esterni al progetto, mediante l'impostazione teorica propria dell'analisi costi-benefici (Cost – Benefit Analysis), che prevede l'attribuzione di un valore oggettivo.

Verrà quindi condotta utilizzando i metodi propri dalla matematica finanziaria mediante il calcolo del Valore Attuale Netto (VAN) in conformità con le indicazioni e le prescrizioni indicate nelle più recenti linee guida a livello europeo e nazionale, al fine di valutare la fattibilità e il grado di utilità dell'opera per la collettività.

In sintesi, il processo di valutazione di un progetto, secondo quanto indicato dalle Linee Guida Europea (Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 20
--	---	---------------

economica per la politica di coesione 2014-2020, 2014 p. 25, 26), si articola tipicamente in sette fasi:

- Descrizione del contesto: la prima fase di valutazione del progetto mira a definire il contesto sociale, economico, politico e istituzionale in cui si prevede di realizzare gli interventi;
- Definizione degli obiettivi: individuati in stretta relazione con i fabbisogni. In altre parole, l'analisi dei fabbisogni si fonda sulla descrizione del contesto e costituisce la base per una corretta definizione degli obiettivi del progetto.
- Identificazione del progetto: definizione delle attività del progetto, dell'organismo responsabile della sua esecuzione e dei confini dell'analisi, (informazioni già presenti in: SIA, Relazione Tecnica Descrittiva);
- Analisi della fattibilità tecnica e della sostenibilità ambientale (informazioni già presenti in: SIA, Relazione Tecnica Descrittiva);
- Analisi finanziaria (flussi di cassa dei costi e dei ricavi del progetto, analisi di sostenibilità e politiche tariffarie, fonti di finanziamento qualora previste, redditività e sostenibilità finanziaria);
- Analisi ambientale (costi e prezzi di mercato riferiti alle emissioni di CO₂, costo derivante dall'impatto visivo, costo dovuto alla perdita di sistemi ecosistemici);
- Analisi socioeconomica (ricadute occupazionali, costi e benefici economici diretti e indiretti, flussi sulla catena del valore).

Il risultato dell'analisi permette di razionalizzare i processi decisionali e allocare correttamente le risorse, affinché la realizzazione di un progetto sia economicamente fattibile dovrà verificarsi tale condizione:

$$(B-C) > 0$$

In linea di massima l'analisi finanziaria condotta analizza la convenienza del proponente a scegliere la tipologia di impianto più adatta tra una serie di possibili alternative. Il business plan dovrà dare delle risultanze finanziarie positive per il proponente ed essere in linea con i tempi di ritorno dell'investimento che egli si propone di avere. Non di meno tali progetti, finanziariamente sostenibili hanno ricadute collettive e sociali e proprio in quest'ottica occorre una loro valutazione per provare a comprenderne gli effetti.

In generale, i progetti come nel caso in esame hanno una durata pluriennale e pertanto esplicano i loro effetti su un arco temporale lungo, distribuendoli anche in maniera abbastanza differente. Per questa ragione l'analisi costi benefici richiede il confronto di grandezze economiche che si trovano

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 21
--	---	---------------

distribuite in anni diversi. Per cui si impiega un tasso di sconto ad un determinato momento, detto anche tasso di attualizzazione.

L'ACB è un metodo sistematico per la valutazione dell'impatto globale di una determinata opera ai fini di un'analisi di medio-lungo periodo degli effetti diretti, indiretti e collaterali. Lo studio considera l'istante iniziale (anno zero) coincidente con l'inizio della costruzione dell'impianto e la sua successiva entrata in esercizio con una vita utile dell'impianto di 30 anni.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 22
--	---	---------------

6.1. Analisi esternalità progetto agrivoltaico

Primo passo dell'analisi costi-benefici è quello di identificare, all'interno del contesto di riferimento in cui si inserisce il progetto già descritto nei paragrafi precedenti, le possibili ricadute economiche, sociali e ambientali, dirette e indirette.

Tali effetti prendono il nome di esternalità. Il concetto di esternalità discende dal presupposto economico secondo il quale ogni attività economica, sia essa condotta da individui o associazioni, che fa uso di risorse, non può essere di utilità se i conseguenti effetti si ripercuotono negativamente sul benessere di altri individui o gruppi di persone (Energy Information Administration, 1995). Da tale presupposto deriva la più generica definizione di esternalità: "costi e benefici che si generano allorquando un'attività sociale o economica condotta da un gruppo di persone ha un impatto su un altro gruppo e, allo stesso tempo, il primo gruppo non compensa pienamente i propri impatti" (Commissione Europea, 1994).

La valutazione dei cosiddetti costi esterni o esternalità della produzione energetica risponde all'obiettivo di stimare i benefici (o costi) ambientali e sociali conseguenti alla produzione di energia elettrica che non sono tenuti in debita considerazione nella formazione del prezzo del chilowattora. Tali costi sono definiti "esterni" in quanto gli stessi risultano comunque pagati da terzi e dalle future generazioni. Sebbene i mercati non tengano in considerazione i costi delle esternalità, risulta comunque estremamente significativo identificare gli effetti esterni dei differenti sistemi di produzione di energia elettrica e procedere alla loro monetizzazione; ciò, a maggior ragione, se si considera che gli stessi sono dello stesso ordine di grandezza dei costi interni di produzione e variano sensibilmente in funzione della fonte energetica considerata, così come avviene tra la produzione di energia elettrica da fonti convenzionali e da fonte solare. Il mercato, infatti, non internalizza i costi esterni, e il processo di internalizzazione dovrebbe essere conseguito attraverso misure di carattere politico-economico. È evidente, a tale proposito, l'importanza di assicurare una quantificazione attendibile dei costi esterni preliminarmente all'introduzione di tali azioni di politica economica. L'analisi e quantificazione dei costi esterni non è certamente un obiettivo semplice ed investe questioni di carattere scientifico (per capire la reale portata dell'impatto) ed economico (per monetizzare tale impatto).

Quanto più è complessa la valutazione dei beni intangibili (per esempio il costo conseguente all'inserimento visivo di un impianto fotovoltaico o di una turbina eolica o, ancora, del danno futuro conseguente all'emissione in atmosfera di una tonnellata di CO₂) tanto più la stima delle esternalità è affetta da incertezze.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 23
--	---	---------------

La Comunità Europea suggerisce la classificazione delle esternalità conseguenti alla produzione di energia elettrica, riconducendole a due principali categorie: ambientali e non ambientali, a loro volta positive e negative, e possono distinguersi ulteriormente in globali e locali.

Le **esternalità ambientali** possono essere classificate in locali, regionali o globali; un esempio di esternalità globali sono le emissioni di CO₂ e la riduzione dello strato di ozono a seguito dell'emissione di clorofluorocarburi o di esafluoruro di zolfo. Inoltre, le esternalità ambientali si classificano in salute pubblica (incidenti, malattie), sicurezza sul lavoro (incidenti, rumore, stress psicofisico), disturbi (rumore, impatto visivo, odori) occupazione, impatti ecologici e cambiamenti climatici (aumento della temperatura, incremento del livello medio del mare, cambiamenti nel regime delle precipitazioni, ecc..).

Le **esternalità non ambientali** sono definibili come costi nascosti, sussidi, costi per ricerca e sviluppo, affidabilità e sicurezza della fornitura ed effetti sul prodotto interno lordo. Si dovrà tenere conto anche delle esternalità negative legate alla fase di gestione dell'impianto che riguarderanno anche gli aspetti visivi (paesaggistici). Vi sono dei casi in cui alcune esternalità negative si trasformano in positive, come nuove piste che comporteranno il miglioramento degli accessi ai fondi e della percorribilità delle infrastrutture viarie.

Un aspetto importante per l'individuazione delle esternalità ambientali associate alle fasi di produzione dell'energia elettrica è quello di individuare le attività che possono determinare impatti sull'ambiente. Tale analisi, quindi, è dipendente dalla fase progettuale dell'opera. Per cui è possibile distinguere le esternalità per singola fase (fase di cantiere, fase di esercizio e di dismissione).

Per poter definire le esternalità è necessario raccogliere tutte le informazioni e i dati per una adeguata e corretta valutazione. Le relazioni specialistiche in allegato al progetto permettono di fornire informazioni dettagliate sulle caratteristiche dell'opera, sulle interazioni con le componenti ambientali e paesaggistiche, sul contesto, sulle ricadute occupazionali e sui mezzi impiegati in fase di cantiere e del personale impiegato in fase di esercizio. Sulla base della valutazione congiunta delle esternalità positive e negative generate dalla realizzazione dell'opera è possibile calcolare il beneficio sociale netto derivante dall'opera in progetto. Tale valutazione indica un saldo netto determinato dalla differenza tra i benefici e le esternalità negative.

6.1.1. Esternalità negative in fase di cantiere

Le esternalità negative derivanti dalla realizzazione dell'opera possono essere raggruppate in due categorie:

- aspetti insediativi e infrastrutturali;

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 24
--	---	---------------

- aspetti di natura ambientale e paesaggistica.

L'apertura dei cantieri può determinare impatti di varia natura sulle abitazioni, attività commerciali e professionali che vengono direttamente o indirettamente coinvolte dai lavori. Un ulteriore aspetto sono le ripercussioni sulle funzioni di mobilità in via sia transitoria sia permanente (ad esempio, alcuni collegamenti potrebbero essere inibiti temporaneamente o comportare la percorrenza di tragitti più lunghi). I costi sociali più significativi derivano dalle interferenze sul traffico veicolare indotto dagli automezzi per il trasporto dei materiali e delle strutture.

Le infrastrutture stradali possono subire un deterioramento e conseguentemente un danno alla collettività.

Il problema della minimizzazione di parte di queste esternalità negative soprattutto sul traffico e sulla mobilità derivanti dall'esecuzione dei lavori può essere affrontato e risolto in sede di progettazione mediante scelte progettuali adeguate e tramite soluzioni flessibili da adottare durante la realizzazione che consentono il risparmio di tempo e costi di realizzazione. In particolare, alcuni disagi sostenuti dalla collettività potranno essere mitigati grazie ad alcuni accorgimenti che sono stati predisposti e che sono qui brevemente riassunti:

- individuazione di momenti differenti per l'apertura dei cantieri;
- limitazione dell'estensione dei cantieri, con l'obbligo di mantenere almeno una carreggiata di scorrimento fruibile, al fine di evitare strozzature nelle principali direttrici stradali.

Le esternalità ambientali negative si traducono in:

- occupazione temporanea del suolo dovuto all'apertura dei cantieri dell'impianto e per la realizzazione delle opere di connessione;
- consumo di inerti: per la realizzazione della viabilità e per il riempimento degli scavi può provocare un parziale consumo di inerti che possono essere pregiati come le "sabbie, ghiaie e lapidei di monte" o meno pregiati come le "terre";
- i lavori potrebbero causare un danno al sistema naturale, ossia alla flora e alla fauna di alcune zone interessate ai lavori.

6.1.2. Esternalità negative in fase di esercizio

Le esternalità negative che potrebbero avere un impatto significativo durante la fase di esercizio sono ricondotte essenzialmente a quelle relative a:

- consumo di suolo;
 - effetti sul microclima;
 - impatto visivo sulla componente paesaggistica;
-

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 25
--	---	---------------

6.1.3. Esternalità positive in fase di cantiere

Le esternalità positive generate dalla realizzazione dell'opera in oggetto possono essere suddivise in effetti misurabili mediante parametri di natura ambientale ed economica. I principali benefici del progetto che si possono ipotizzare sono:

- benefici economici diretti e indiretti e ricadute occupazionali per imprese esecutrici, fornitori di materiali d'uso e di cantiere.

6.1.4. Esternalità positive in fase di esercizio

Le esternalità positive durante la fase di esercizio dell'impianto si traducono in benefici ambientali, e benefici occupazionali ed economici:

- riduzione della qualità delle emissioni inquinanti, su scala globale;
- valorizzazione dell'uso del suolo a seguito di miglioramento fondiario;
- aumento su scala locale di opportunità occupazionali.

In definitiva la metodologia utilizzata per quantificare in termini monetari le economie e diseconomie fa riferimento alla definizione di un prezzo per ciascuno dei parametri identificati e all'individuazione in termini fisici della variazione del parametro in esame prodotta dalla realizzazione del progetto rispetto all'alternativa proposta.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 26
--	---	---------------

7. QUANTIFICAZIONE COSTI-BENEFICI

7.1. Analisi finanziaria

L'analisi finanziaria è finalizzata a valutare la sostenibilità economico-finanziaria del progetto tramite la quantificazione del Valore Attuale Netto (VAN) che calcola il valore attualizzato di una serie di flussi di cassa generati in periodi futuri attraverso l'utilizzo di un tasso di sconto (o tasso di attualizzazione). La redditività finanziaria dell'opera deriva dalla definizione dei costi di investimento, dei costi operativi, delle entrate e delle fonti di finanziamento ed è misurata mediante il valore attuale netto dell'investimento. Tale parametro permette di confrontare i costi di investimento con le entrate nette e misura la capacità delle entrate nette generate dal progetto al fine di ripagare l'investimento iniziale.

Nella valutazione finanziaria, non vengono considerate le variabili e i benefici dal punto di vista ambientale poiché tali beni ambientali sfuggono alla logica di mercato. Risulta, infatti, evidente che per i beni ambientali la definizione di valore economico debba superare i limiti del valore di scambio ed abbracciare una nozione più ampia connessa al concetto di utilità del bene per la collettività. Pertanto, all'analisi finanziaria deve affiancarsi un'analisi economico-sociale dell'investimento che verrà svolta nei successivi paragrafi.

Nell'analisi finanziaria del progetto in esame si individuano le seguenti variabili:

- Costi per gli investimenti iniziali (nel modello economico-finanziario dette Capex);
- Ricavi derivanti dalla vendita dei prodotti agricoli e di energia elettrica;
- Costi operativi: costi operativi comprendono tutti i costi d'esercizio e manutenzione (O&M - Operation and Maintenance della parte elettrica, costi di gestione del campo agricolo, costi per personale etc) connessi al funzionamento delle infrastrutture/servizi realizzati dal progetto e si distinguono in costi fissi e costi variabili (nel modello economico-finanziario dette Opex);
- Fonti di finanziamento: tra le diverse fonti di finanziamento a copertura dei costi di investimento (fondi europei, contributi pubblici nazionali, capitale del soggetto proponente, prestiti, etc.) si è scelto di ipotizzare per semplicità di esposizione l'utilizzo di fondi propri;
- Tasse e imposte;
- Eventuali contributi;
- Costi dismissione dell'impianto.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 27
--	---	---------------

7.1.1. Analisi costi di investimento e gestione

L'investimento complessivo stimato nell'anno di presentazione del progetto è pari a circa 41 mln € escluso IVA, ai quali si aggiungono circa 0,75 mln € di spese tecniche, oneri di collaudo, studi ingegneristici e spese di consulenza e supporto tecnico. I costi di dismissione e ripristino dell'impianto sono stimati in circa 2,2 mln €.

Tra i costi di investimento si sottolineano quelli agricoli che complessivamente ammontano a circa 2,5 mln €, finalizzati al miglioramento fondiario dell'area che rappresenta uno degli obiettivi principali del progetto agrivoltaico in proposta. Tra i costi di investimento, circa 620.000 € verranno investiti per rendere irriguo il fondo, collegandolo alla rete consortile posta in prossimità dell'area (terreno limitrofo). Inoltre, il sistema di irrigazione sarà realizzato con le più innovative soluzioni atte a efficientare la risorsa idrica permettendo importanti risparmi rispetto alle coltivazioni in pieno campo. È prevista inoltre la ristrutturazione dei fabbricati rurali esistenti come corpo aziendale a servizio del ricovero mezzi agricoli, spazio macchine del sistema di irrigazione e eventuale laboratorio per la lavorazione o trasformazione dei prodotti agricoli; l'investimento ammonta a circa 450.000 euro. I restanti sono impiegati per l'acquisto e la messa a dimora delle colture arboree (circa 31.600 alberi) e arbustive/erbacee e per le dotazioni di mezzi meccanici e attrezzature agricole (circa 480.000 euro).

I costi di gestione sono rappresentati dai costi per la manutenzione ordinaria dell'impianto elettrico-fotovoltaico pari a circa 28.500 €/MW annui e quelli per la gestione del campo agricolo con tutte le attività, inclusa la raccolta di cui si propone un dettaglio nei paragrafi successivi.

7.1.2. Analisi remunerazione vendita energia

Il principale introito nel settore energetico è traducibile in termini di remunerazione dalla vendita dell'energia prodotta attraverso cessione alla rete dei kWh prodotti secondo quanto previsto dalle norme vigenti e i decreti ministeriali che storicamente promuovono la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, tra le quali il fotovoltaico (rif. DM 04/07/2019 - Gruppo A - fotovoltaici di nuova costruzione).

I benefici degli impianti fotovoltaici sono legati, quindi, alla vendita dell'energia elettrica, ai quali si abbinano eventuali incentivi e contributi statali.

Nonostante l'impianto presenti tutte le caratteristiche di un impianto agrivoltaico avanzato meritevole di incentivi e contributi a copertura di parte degli investimenti da fondo PNRR, nel caso specifico non sono stati presi in esame in via prudenziale ed è stata ipotizzata la vendita dell'energia con una tariffa media di 80€/MWh.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 28
--	---	---------------

In relazione alle caratteristiche climatiche e metereologiche del sito, alle caratteristiche tecniche dei componenti di impianto e alla loro interconnessione, la stima della producibilità dell'impianto in oggetto è complessivamente pari a 90.400 MWh/anno. Tale valore è stato ottenuto mediante l'utilizzo del software PVSyst, che ha tenuto conto dei fattori di ombreggiamento, delle ombre vicine e delle perdite di sistema. Per maggiori dettagli sui risultati si rimanda alla relazione specialistica "0121_R.03_Relazione Tecnica Descrittiva_Rev00".

Da questo è stato possibile calcolare il ricavo totale derivante dalla vendita dell'energia pari a circa 7,2 mln €/anno per il primo anno.

L'analisi costi benefici e la determinazione dei flussi di cassa tiene conto della perdita di rendimento dei moduli, e per questo motivo la resa media calcolata per tutta la vita dell'impianto sarà meno della resa calcolata nel primo anno. Nel calcolo dei flussi si terrà conto di una riduzione della producibilità dell'impianto pari all'0,4% per ogni anno. Si rimanda al paragrafo Risultati analisi finanziaria per maggiori dettagli.

7.1.3. Analisi remunerazione vendita prodotti agricoli

A differenza dell'alternativa fotovoltaico a terra senza coltivazione, il progetto agrivoltaico in proposta prevede la coltivazione del terreno sottostante al pannello per cui un contributo ulteriore è l'effettivo guadagno che deriva dalla vendita del prodotto coltivato. Il beneficio economico derivante dalla vendita dei prodotti coltivati e del miele a regime produrrà un ricavo totale atteso medio annuo stimato in 750.000 €, inclusi eventuali contributi. Tali stime tengono conto dei prezzi medi di vendita registrati dal mercato ortofrutticolo a livello nazionale e regionale. I costi di gestione e manutenzione dell'impianto di coltivazione a regime, tenendo conto della totalità delle azioni necessarie per la coltivazione, la manutenzione delle colture e la raccolta, comprensivo della manodopera e del carburante, sarà pari a circa 435.000 €. L'utile pre-tasse derivante dalla produzione agricola ammonterà mediamente a circa 240.000 €.

Per maggiori dettagli sul piano colturale e sulle motivazioni relative alla scelta delle specie colturali previste, così come sugli obiettivi economici dell'azienda agricola, si rimanda al documento "0121_R.04_Piano Agronomico_Rev00".

7.1.4. Calcolo Valore Attuale Netto (VAN)

Alla luce di quanto esposto, si procede alla quantificazione dei flussi di cassa, per il progetto in esame che per sua natura ha una durata pluriennale e pertanto mostra i suoi effetti su un arco temporale lungo, distribuiti negli anni in modi differenti. Per questa ragione l'analisi finanziaria

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 29
--	---	---------------

utilizza un tasso di attualizzazione dei flussi di cassa anche al fine di poter tener conto delle fluttuazioni di mercato. Pertanto, costi e benefici verranno attualizzati tenendo conto della convenienza dell'intervento nel suo complesso trattandola come differenza all'attualità fra la sommatoria di tutti i benefici e quella di tutti i costi. Da questa analisi è possibile, mediante cash flow dei costi-benefici (flussi di cassa), calcolare il Valore Attuale Netto (VAN) che quantifica il valore odierno di una serie di flussi di cassa generati in periodi futuri attraverso l'utilizzo di un tasso di sconto (o tasso di attualizzazione). Affinché un investimento sia economicamente vantaggioso dovrà avere un VAN maggiore di zero.

I costi e i benefici annui vengono attualizzati attraverso le regole della matematica finanziaria all'anno di riferimento calcolandone il valore attuale come segue:

$$VA_k = \frac{FC_k}{(1+i)^k}$$

$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k}$$

Ai fini della presente analisi è stato utilizzato un tasso di sconto pari al 7% ipotizzando una vita utile di 30 anni e un tasso d'inflazione del 1,5% ai sensi dei suggerimenti della Guida Europea (Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020, 2014).

Alla base dell'analisi economica-finanziaria proposta sono state considerate le seguenti ipotesi:

- l'arco temporale della valutazione si estende dal 2025 (anno inizio investimento - avvio cantiere) al 2056 (anno di dismissione), considerando 30 anni di esercizio dell'impianto. Lungo tale arco temporale è possibile distinguere la fase di progettazione e realizzazione (fino al 2026) e la fase di esercizio in cui si sviluppano in modo pieno gli effetti del progetto;
- l'aspetto fiscale è stato trattato, per semplificazione e in via prudenziale applicando un'aliquota del 27% sull'imponibile complessivo derivante da ricavi agricoli e elettrici, senza quindi considerare fiscalità agevolate;
- relativamente alle fonti di finanziamento, si è ipotizzato anche il caso di investimento con mezzi propri dal proponente;
- l'ammortamento è ipotizzato costante per 25 anni.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 30
--	---	---------------

Assunzioni finanziarie	
Tasso Ammortamento annuale	Costante per 25 anni
Aliquota fiscale	27%
Inflazione	1,5%
Tasso di attualizzazione	7%
Orizzonte temporale di valutazione	2025 - 2056
Anno di entrata in esercizio	2026
Durata cantiere impianto	1 anno

Come anticipato la possibilità di "non azione", cosiddetta alternativa "zero" prevede la possibilità di non realizzare l'opera e conservare lo stato dei luoghi, con conseguente assenza di benefici di carattere sociale, ambientale ed economico. Per cui il progetto in proposta è da preferirsi rispetto all'alternativa zero.

7.1.5. Risultati analisi economico-finanziaria

Sulla base delle assunzioni sopraesposte e dei valori già presenti nel quadro economico alla data di presentazione del progetto, si riporta un quadro riassuntivo estratto dal Business Plan di progetto, con calcolo della sommatoria dei flussi di cassa annuali nell'orizzonte temporale della vita utile d'impianto e il parametro complessivo del Valore Attuale Netto (VAN) - positivo e pari a circa 13,4 mln€. I dati sono esposti distinguendo i principali risultati dell'analisi derivanti dalla componente agricola e dalla componente elettrica dai quali emerge la piena sostenibilità economica-finanziaria.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 31
--	---	---------------

OUTPUT

Produzione PV	MWh	2.553.694
Ricavi PV	€	204.295.510
Ricavi Agro	€	18.839.377
TOT. RICAVI	€	223.134.886
Opex PV	€	52.315.414
Opex Agro	€	10.824.907
TOT. OPEX	€	63.140.321
Capex PV	€	38.541.600
Capex Agro	€	2.502.877
TOT. CAPEX	€	41.044.477
EBITDA	€	159.994.565
EBIT	€	119.250.433
UTILE (PERDITE)	€	87.052.816
VAN	€	13.366.905
Project IRR	%	10,49%

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 32
--	---	---------------

7.2. Analisi Ambientale

Il prezzo del chilowattora oltre a considerare i costi suddetti (costi di investimento, gestione, spese assicurative, ecc.) deve tener conto anche dei costi ambientali e sociali conseguenti dalla produzione di energia elettrica derivanti dalla mancata fruizione futura di un determinato bene e dagli effetti diretti e indiretti derivanti dalla realizzazione dell'opera che si ripercuoteranno non solo a livello globale ma anche a livello locale, tali costi sono definiti "esterni" in quanto gli stessi risultano pagati da terzi e dalle future generazioni.

In generale alla realizzazione di impianti da fonti rinnovabili sono associati dei dividendi multipli (coinvolgimento delle piccole imprese, sviluppo locale, esternalità ambientali positive, sicurezza delle fonti di approvvigionamento). Ricadute queste che si trasformano anche in opportunità occupazionali. Infatti, gli investimenti per il loro sviluppo possono essere una reale occasione di crescita economica diffusa sul territorio e di presidio di comparti industriali ad alto tasso di crescita e alto contenuto di innovazione.

I costi ed i benefici scaturiscono dall'analisi svolta su ciascuna delle componenti e fattori ambientali per le quali si sia riscontrato un impatto, positivo o negativo, significativo o meno. In particolare, l'analisi costi-benefici ambientali è stata effettuata sulle seguenti matrici ambientali:

- Suolo e sottosuolo;
- Paesaggio;
- Atmosfera.

Si procede alla quantificazione per singola componente ambientale dei costi e dei benefici derivanti dalla realizzazione dell'impianto che si ripercuotono sull'intero territorio.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 33
--	---	---------------

7.2.1. Analisi sulla componente suolo

"Troppo pochi sanno che il nostro futuro dipende dallo strato sottile che si estende sotto i nostri piedi. Il suolo e la moltitudine di organismi che in esso vivono ci forniscono cibo, biomassa, fibre e materie prime, regolano i cicli dell'acqua, del carbonio e dei nutrienti e rendono possibile la vita sulla terra" (Commissione Europea, 2021).

Come affermato nell'ultimo Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" - Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente (Report SNPA, 37/23, 2023), il suolo è una risorsa vitale, limitata, non rinnovabile e insostituibile. Esso fornisce servizi vitali per l'esistenza umana e la sopravvivenza di ecosistemi affinché le generazioni attuali e future possano soddisfare le proprie esigenze (Parlamento Europeo, 2021).

Le funzioni ecologiche che un suolo di buona qualità è in grado di assicurare garantiscono, oltre al loro valore intrinseco, anche un valore economico e sociale attraverso la fornitura di diversi servizi ecosistemici, che si suddividono in:

- **Servizi di approvvigionamento** (prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc);
- **Servizi di regolazione e mantenimento** (regolazione del clima, sequestro e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e regolazione degli elementi della fertilità, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc);
- **Servizi culturali** (servizi ricreativi e culturali, funzioni etiche e spirituali, paesaggio, patrimonio naturale).

I servizi ecosistemici possono essere considerati come un contributo indiretto del "capitale naturale", ovvero l'insieme delle risorse naturali che forniscono beni e servizi all'umanità (World Bank, 2012). Il termine "capitale" ci ricorda che, in alcuni casi, accanto ai valori intrinseci del suolo, si possono individuare aspetti della sua importanza economica, molti dei quali misurabili con l'ausilio di valutazioni monetarie.

Con riferimento alla componente ambientale suolo e alla quantificazione dei costi-benefici che il progetto in esame genera sulla stessa, considerando le specificità dell'impianto agrivoltaico in proposta, vengono considerati i seguenti aspetti:

- Consumo di suolo;
- Valore agricolo;

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 34
--	---	---------------

- Occupazione temporanea di suolo nelle fasi di progetto;
- Regolazione del microclima e desertificazione

7.2.1.1. Consumo di suolo

Come sopra accennato, l'Istituto Superiore per la Protezione e al Ricerca ambientale (ISPRA), da anni monitora il consumo di suolo e i suoi effetti ecosistemici. Per consumo di suolo si intende una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato), che si associa alla perdita di superficie agricola naturale o seminatare. L'impatto sul consumo del suolo è calcolato stimando il valore della perdita di servizi ecosistemici (SE) calcolati secondo la metodologia descritta nel documento Rapporto 2018 dell'ISPRA, "Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo del 2018".

Partendo dai sette servizi inizialmente identificati nell'ambito del progetto Life SAM4CP, già nella prima edizione della valutazione nazionale (ISPRA, 2016), il rapporto 2018 ha considerato alcuni SE diversi o aggiuntivi, ulteriormente selezionati nella edizione 2017 e proposti per la edizione del 2018. Nel caso del progetto in esame si ritiene che per la presente ACB rilevino i seguenti servizi ecosistemici: Stoccaggio e sequestro di carbonio, Qualità degli habitat, Produzione agricola, Produzione di legname, Impollinazione, Regolazione del microclima, Rimozione particolato ed ozono, Protezione dall'erosione, Disponibilità di acqua, Regolazione del regime idrologico. Di seguito i valori dei servizi ecosistemici da dati ISPRA (Rapporto Edizione 2018).

Tabella 4 - Valori del flusso di servizi ecosistemici persi a causa del consumo di suolo registrato tra il 2012 e il 2017 in Italia. Fonte: elaborazioni ISPRA.

	Valore minimo [€/anno]	Valore massimo [€/anno]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	102.056	538.898
Qualità degli habitat	11.615.539	11.615.539
Produzione agricola	61.796.023	61.796.023
Produzione di legname	26.945.760	26.945.760
Impollinazione	4.109.804	5.487.373
Regolazione del microclima	2.251.732	9.006.928
Rimozione particolato e ozono	950.980	2.938.569
Protezione dall'erosione	10.521.848	112.385.949
Disponibilità di acqua	1.977.636	47.463.254
Regolazione del regime idrologico	1.535.630.715	1.789.521.660
Purificazione dell'acqua dai contaminanti	226.033	60.297.780
Totale	1.656.128.126	2.127.997.732

Tabella 5 - Valore del capitale naturale perso a causa del consumo di suolo registrato tra il 2012 e il 2017 in Italia. Fonte: elaborazioni ISPRA.

	Valore minimo [€]	Valore massimo [€]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	35.549.433	187.716.460
Produzione agricola	857.063.550	857.063.550
Produzione di legname	21.847.012	21.847.012
Totale	914.459.995	1.066.627.022

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 35
--	---	---------------

La stima dei costi totali della perdita di servizi ecosistemici varia da un minimo di 1,66 a un massimo di 2,13 miliardi di euro, persi ogni anno a causa dell'aumento di suolo consumato avvenuto tra il 2012 e il 2017. Il valore perso di stock, valutato qui rispetto ad alcune delle funzioni che producono i servizi ecosistemici considerati, varia tra i 914,5 milioni e poco più di un miliardo di euro, ovvero ad un valore compreso tra i 36.066 e i 42.068 euro per ogni ettaro di suolo consumato nei cinque anni di riferimento. La perdita di stock più elevata è quella della produzione agricola che rappresenta circa l'80% del totale.

Come descritto in precedenza, il tipo di progetto in esame - agrivoltaico di tipo avanzato ed elevato - **permetterà di utilizzare l'intero terreno per scopi agricoli** oltre che energetici per cui la perdita di suolo si riduce ai mq utilizzati per la realizzazione delle apparecchiature elettriche, come cabine di campo, platee di appoggio dei container, vasche trasformatori e per la disposizione dei pali delle strutture elevate, con eventuale viabilità interna al campo aggiuntiva rispetto all'attuale. Per quanto riguarda le opere di connessione utente si sottolinea che la sottostazione di trasformazione è stata localizzata in area perimetrale all'esistente Cabina Primaria Guspini con utilizzo di circa 2.300 mq di area agricola già urbanizzata.

Complessivamente, la superficie occupata dal progetto e dalle opere di connessione utente, ritenuta impermeabilizzata o semi impermeabilizzata è complessivamente pari a circa 2 ha.

Pertanto, considerando che ad oggi l'area è occupata da un eucalipteto a fine ciclo, approssimativamente corrispondente al valore medio della forbice sopra rappresentata pari a € 39.067 ettaro, ricalcolato al 2022 anno di presentazione del progetto con coefficiente di 1,175, la quantificazione del costo sulla componente suolo risulta pari annualmente a € 91.807.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 36
--	---	---------------

7.2.1.2. Produzione Agricola

*“La possibilità di far convivere sullo stesso suolo un doppio uso produttivo, agricolo ed energetico, attraverso l’installazione di **impianti agrivoltaici sostenibili**, viene spesso ritenuta una strada per coniugare la tutela del suolo e la spinta sulle rinnovabili, **preservando entrambe le funzioni produttive di energia e cibo**” (Report SNPA 2023)*

Le attività produttive svolte da una azienda agricola sono costituite da diversi tipi di coltivazione e/o allevamenti. Per poter determinare il potenziale economico di una azienda occorre poter stimare tutte le produzioni aziendali e ricondurle ad un unico denominatore al fine di calcolarne la redditività economica.

A partire dal 2010 per poter determinare la dimensione economica di un’azienda è stato introdotto un metodo di valutazione basato sulle **Produzioni Standard** che sono basate su **valori medi** rilevati durante un periodo di riferimento quinquennale. Le produzioni standard, tuttavia, devono essere attualizzate periodicamente per tener conto dell’evoluzione economica, in modo che la tipologia conservi la sua validità. L’attuale versione della tipologia comunitaria è stata istituita con il Reg. CE n. 1242/2008 e s.m.i.

Per la valutazione ambientale-economica si è fatto riferimento al database RICA (<https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>) che indica su scala regionale, con riferimento all’anno 2017, i valori di mercato di vari prodotti.

Valutazione economica

Per la valutazione economica del servizio ecosistemico di produzione agricola sono stati considerati i seguenti valori:

- Mandorlo: 5.171 €/ha;
- Agrumi: 5.909 €/ha;
- Olivo: 1.790 €/ha;
- Piante aromatiche, medicinali e da condimento: 28.890 €/ha;
- Altre colture permanenti: 1.860 €/ha.

In particolare, la perdita di produzione agricola si quantifica analizzando la produzione ante operam e i proventi previsti e derivanti delle nuove coltivazioni.

I valori, riferiti all’anno 2017, vengono rivalutati tenendo conto del coefficiente che in questo caso è pari a 1,175, riferito al mese di luglio dell’anno di presentazione del progetto.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 37
--	---	---------------

Valutazione economica per il progetto in esame

Le superfici per le quali è prevista una effettiva trasformazione dell'uso del suolo sono desumibili dal Piano Agronomico previsto da progetto e sulla base del quale è stato possibile quantificare il flusso economico derivante dalla nuova coltivazione rispetto allo stato ante-operam.

Sulla base dei dati riferiti alle produzioni standard per la regione Sardegna, riferiti all'anno 2017, di seminativi, agrumeti e mandorleti e attualizzando i valori all'anno di presentazione del progetto, è stato possibile quantificare quanto il valore del servizio ecosistemico relativo alla perdita di produzione agricola, e i benefici economici derivanti da un cambio di produzione riferito agli ettari definiti da progetto.

Utilizzo del suolo	Valore in tabella	Valore attualizzato	Quantità	Valore Totale
Perdita Eucalipteto	1.860 €/ha	2.185,50 €/ha	70 ha	-152.985,00 €/anno
Utilizzo per agrumeto	5.909 €/ha	6.943,08 €/ha	21,18 ha	+147.054,33 €/anno
Utilizzo per frutteto - frutta a guscio (mandorlo)	5.171 €/ha	6.075,93 €/ha	11,16 ha	+67.807,32€/anno
Utilizzo per uliveto	1.790 €/ha	2.103,25 €/ha	16,44 ha	+34.577,43 €/anno
Utilizzo per - Piante aromatiche, medicinali e da condimento	28.890 €/ha	33.945,75 €/ha	20,92 ha	+710.145,09 €/anno
TOTALE				806.509,17 €/anno

In definitiva il cambio di coltivazione e la valorizzazione dell'uso agricolo del suolo, calcolato su basi RICA, comporta un beneficio esterno pari a circa 807 mila€/anno.

Inoltre, sulla base dei valori agricoli medi per l'anno 2007, dati della Regione Sardegna reperibili sul sito dell'Agenzia delle Entrate², è stato calcolato che gli investimenti avranno un effetto positivo sul valore del terreno dato dal cambiamento di classificazione catastale passando dalla categoria pascolo cespugliato (1.887 €/ha) a uso produzione legna da biomassa a terreno irriguo con produzioni arboree, categorie agrumeto (38.773 €/ha), mandorleto (9.055 €/ha), uliveto (12.108

² Fonte:

https://www1.agenziaentrate.gov.it/mt/Osservatorio%20immobiliare/valori_agricoli_medi/sardegna/CA_2007.pdf (consultata in data 15.12.2023)

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 38
--	---	---------------

€/ha) e piante officinali (21.440 €/ha). Questo permette di concludere che a seguito dei miglioramenti fondiari previsti dal progetto agrivoltaico, il valore del terreno raggiunga i 2 mln€, nettamente superiore al valore iniziale che si attestava intorno ai 0,2 mln€.

7.2.1.3. *Occupazione temporanea di suolo*

Per completezza d'analisi, sulla base del valore agricolo del terreno stimato sui valori RICA sopra esposti, si può calcolare anche il costo derivante dall'occupazione di suolo per la realizzazione dell'azienda agrivoltaica nella fase di realizzazione.

In tale stima dei costi, si fa quindi riferimento ai redditi mancati (costo opportunità) massimi che non potranno essere goduti a casa dell'utilizzo del suolo per l'allestimento del cantiere e le attività di realizzazione dell'impianto per circa 14 mesi.

Utilizzando i dati della perdita di eucalipteto sopraesposti e considerando la durata del cantiere, avremo un costo attualizzato (tasso applicato pari al 7%) pari a circa 170 mila€.

7.2.1.4. *Regolazione del microclima*

Alcuni studi dimostrano che la realizzazione di un impianto come quello in progetto può determinare una variazione stagionale del microclima tra le aree al di sotto dei moduli e le aree tra le fila dei moduli stessi.

In uno studio condotto nel 2016, ad opera di alcuni scienziati ambientali della Lancaster University e del Centro di Ecologia e Idrologia Britannico, sono stati studiati gli effetti di un tipico parco solare da 5 MW, sui processi microclimatici e naturali del terreno per un periodo di circa 12 mesi. Il sito di interesse è ubicato nei pressi di Swindon, dai dati monitorati è stato scoperto che in estate i pannelli esercitano un effetto di raffreddamento sul suolo sottostante che può arrivare fino a -5,2 gradi centigradi. Al contrario in inverno il suolo nelle aree vuote era, in media, più freddo di 1,7 gradi centigradi rispetto alle aree coperte dai moduli fotovoltaici. D'altra parte, nello stesso studio è stato osservato che queste tendenze opposte non hanno apportato significativa differenza della temperatura media giornaliera dell'aria; tuttavia, da aprile a settembre l'aria è stata costantemente più fresca sotto i moduli fotovoltaici durante il giorno e più caldo di notte, diminuendo le differenze di temperatura minime e massima durante le 24 ore.

Questo è uno dei pochi (forse l'unico) studio scientifico che tratta specificamente il tema del microclima nelle aree interessate da grandi impianti fotovoltaici come quello in progetto.

Con riferimento allo specifico impianto in progetto rispetto a quello su cui è stata condotta l'osservazione scientifica osserviamo quanto segue.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 39
--	---	---------------

- L'impianto in progetto, a differenza dell'impianto di Swindon è realizzato con inseguitori solari (e non con moduli fissi) e quindi le aree di ombreggiamento non sono fisse ma cambiano nel corso della giornata. Sicuramente tale condizione ha degli effetti sul microclima al di sotto dei moduli e determina minori variazioni di temperatura tra le aree sotto e quelle tra i moduli;
- L'area in cui è stata condotta la sperimentazione (Inghilterra meridionale) è diversa da quella del Progetto in esame (Area mediterranea), e presenta un ottimo livello di ventilazione durante tutto l'anno e questo sicuramente contribuisce a "miscelare" l'aria e limitare le differenze di temperatura tra aree contigue sotto i moduli fotovoltaici e tra i moduli fotovoltaici;
- Infine, la suddivisione del progetto in aree non contigue ma distanti tra loro sicuramente limita gli effetti di variazione del microclima.

Dal momento che lo studio anglo sassone ha dimostrato che, nonostante ci siano variazioni di temperature tra zone sotto i moduli e zone tra i moduli, questo non apporta differenze significative nella temperatura media giornaliera, si ritiene che gli effetti della cosiddetta "isola di calore" non siano applicabili agli impianti fotovoltaici.

Gli effetti della cosiddetta "isola di calore", determinata dall'incremento delle temperature superficiali dovuto al calore accumulato dalle superfici artificiali durante il giorno, che si ripercuote anche sui valori notturni specie in condizioni di stabilità atmosferica, è applicabile sostanzialmente a variazioni del microclima urbano, in cui abbiamo grandi aree occupate da superfici sigillate del terreno vegetale. Inoltre, lo stesso concetto di superficie sigillata non è in realtà applicabile al caso dei moduli fotovoltaici, perché questi non sono posti in aderenza al terreno. Tanto più che nel caso di inseguitori monoassiali, in cui i moduli si muovono nel corso della giornata e posti su strutture elevate.

Questa affermazione è di fatto indirettamente confermata dallo stesso documento "Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo", che afferma testualmente: *"L'impatto della regolazione della temperatura da parte del sistema suolo-vegetazione sul benessere umano è fortemente dipendente dai collegamenti spaziali locali tra la fornitura potenziale e l'uso di questo servizio, dunque ha caratteristiche valutabili alla scala locale. Il consumo di suolo o, meglio, la percentuale di area non sigillata, è un parametro rilevante poiché il terreno aperto è l'habitat più favorevole alla vegetazione per fornire servizi di mitigazione delle isole di calore (Van der Meulen et al., 2018)."*

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 40
--	---	---------------

In altri termini gli impatti prodotti da aumenti della superficie artificiale in un'area hanno effetti sulla popolazione che vive nell'area stessa. Dal momento che l'impianto agrivoltaico in progetto è realizzato in area agricola, è evidente che questa non è interessata da popolazione residente.

Inoltre, con riferimento specifico agli impianti agrivoltaici elevati e avanzati come in proposta, altri studi svolti negli Stati Uniti dall'Università dell'Arizona, hanno confermato le sinergie tra la coltivazione di determinati prodotti agricoli, il risparmio idrico e la produzione di energia rinnovabile (*Barron-Gafford et al. 2019*). In particolare, evidenziano i diversi benefici di questa sorta di ecosistema integrato: un ambiente sotto i moduli più temperato sia di inverno che d'estate non solo riduce i tassi di evaporazione, diminuendo il fabbisogno idrico annuo, ma migliora la capacità fotosintetica delle piante che crescono in modo più efficiente proprio perché meno stressate. Inoltre, in combinazione con il raffreddamento localizzato dei pannelli fotovoltaici derivante dalla traspirazione dal "sottobosco" vegetativo, che riduce lo stress termico sui pannelli e ne aumenta le prestazioni, si realizza una situazione *win-to-win* per la relazione cibo-acqua- energia. Per maggiori dettagli sugli studi sull'agrivoltaico si rimanda al Piano Agronomico.

In conclusione, e per quanto sopra esposto, la realizzazione dell'impianto agrivoltaico in progetto non genera costi esterni legati alla variazione del microclima nelle aree di progetto ed in quelle limitrofe.

7.2.2. Analisi sulla componente Paesaggio - Impatto visivo

Per poter quantificare il valore monetario di un paesaggio è stato utilizzato il metodo della valutazione contingente; essendo il paesaggio un bene non commerciabile il suo valore monetario non può essere osservato e quindi non è disponibile da fonti statistiche tradizionali.

La Convenzione Europea del Paesaggio definisce il paesaggio come "una zona, come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere è il risultato dell'azione e dell'interazione di fattori naturali e / o umani" (Consiglio d'Europa 2000). **Paesaggio agricolo è il risultato visibile delle interazioni tra agricoltura, risorse naturali e ambiente, e comprende valenze socioeconomiche, ricreative, culturali e altri valori sociali.** In accordo con quanto sostenuto dall'OCSE (2000), il paesaggio può considerarsi composto da tre elementi chiave:

- la struttura o l'aspetto: comprendente le caratteristiche ambientali (ad esempio flora, la fauna, habitat ed ecosistemi), i tipi di uso del suolo (ad esempio tipi di colture e sistemi di coltivazione), e gli elementi antropici o le caratteristiche culturali (ad esempio siepi, fabbricati agricoli);

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 41
--	---	---------------

- gli aspetti funzionali: come luoghi in cui vivere, lavorare, visitare il sito, e fornire vari servizi ambientali;
- il sistema di valori: i costi sostenuti dagli agricoltori per conservare il paesaggio ed i valori sociali del paesaggio agrario, quali le valenze culturali e ricreative.

Il valore del paesaggio è determinato da diverse componenti, quali, tra le altre: la diversità biologica (ad esempio, le specie e la diversità genetica degli ecosistemi, agro-biodiversità); gli aspetti culturali e storici (es. modalità gestionali del paesaggio naturale, gli edifici, le tradizioni, l'artigianato, la storia, le tradizioni musicali); l'amenità del paesaggio (valore estetico); gli aspetti ricreazionali e di fruibilità (ad esempio, attività ricreative all'aperto, sci, mountain bike, campeggio) e gli aspetti di carattere scientifico ed educazionali (ad esempio l'archeologia, la storia, la geografia, l'ecologia, l'economia e architettura) (Romstad et al, 2000; Vanslebrouck e van Huylenbroeck 2005).

Data la complessità e i molteplici fattori che costituiscono tale bene per una quantificazione monetaria si applica un approccio di valutazione legato alle preferenze dichiarate (Stated Preference - SP), utilizzando metodi basati su specifiche indagini per scoprire la **disponibilità dei consumatori a pagare** (WTP) per la conservazione del paesaggio.

Il principio alla base della SP si basa sulla creazione di un'ipotetica situazione di mercato per il paesaggio. Agli individui intervistati viene chiesto di rendere pubblica la loro WTP per il paesaggio in quella ipotetica situazione di mercato. Esistono due tipi di valutazione per preferenza dichiarata, la CE (Choice Experiments) e la CVM (Contingent Valuation Method). La differenza sostanziale tra i due approcci è che la CVM valorizza un particolare bene pubblico nella sua interezza e tende a fornire informazioni sulle preferenze dell'intero bene piuttosto che su uno specifico aspetto o caratteristica. Al contrario, la CE scompone il bene in attributi e fornisce valori di preferenza sugli attributi stessi. Dallo studio europeo "The Value of EU agricultural Landscape" è stato possibile ricavare la tabella relativa al costo medio per ettaro riferito all'Italia per l'anno 2009 (Ciaian, et al., 2011).

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 42
--	---	---------------

Table 7: The estimated value per hectare WTP for grassland and permanent crops and arable land (€/ha/year in 2009 prices)

	Grassland and permanent crops									Arable land								
	1991			2000			2009			1991			2000			2009		
	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
Belgium	427	497	706	546	677	1097	620	786	1322	275	312	378	380	422	523	434	489	630
Bulgaria	0.1	1	3	1	3	8	5	11	20	0.04	1	2	0.4	2	6	2	7	15
Czech R.	3	9	19	18	30	49	74	87	114	1	6	14	9	20	36	39	56	85
Denmark	163	194	328	219	281	541	236	306	600	109	121	156	153	174	258	165	189	286
Germany	326	386	590	385	471	772	377	456	734	215	241	281	265	293	368	256	285	350
Estonia	2	6	12	6	11	20	23	30	42	1	4	9	3	7	15	11	19	31
Ireland	25	28	33	77	91	158	106	129	234	15	18	25	51	57	75	73	80	111
Greece	40	48	65	60	69	85	148	164	210	20	31	48	34	44	64	89	104	133
Spain	46	52	62	70	78	93	116	130	177	28	33	46	42	49	66	71	82	101
France	122	139	203	152	175	276	141	164	265	77	87	103	98	109	131	92	102	126
Italy	212	241	351	240	273	398	287	331	482	134	151	180	151	171	204	184	207	247
Cyprus	82	97	130	173	195	228	343	382	497	41	62	97	104	124	170	209	241	308
Latvia	2	5	10	4	9	17	12	19	29	1	3	7	2	6	13	6	12	22
Lithuania	1	4	8	2	6	11	11	18	28	1	3	6	1	4	8	5	11	21
Luxembourg	317	407	761	582	892	2238	884	1510	4317	222	252	363	407	543	1066	623	910	2057
Hungary	3	8	16	9	17	29	22	31	46	1	5	12	4	11	22	11	20	34
Malta	320	441	663	913	1059	1398	1094	1259	1619	152	284	495	472	676	1044	587	802	1209
Netherlands	453	528	750	648	824	1394	764	1003	1795	292	331	402	453	512	664	534	622	855
Austria	155	177	268	200	239	399	238	291	502	99	111	129	134	149	190	164	181	239
Poland	2	6	13	10	20	34	24	36	56	1	4	10	5	13	25	11	23	42
Portugal	40	50	70	79	91	113	94	108	131	19	32	52	44	58	84	54	68	97
Romania	0	2	6	1	4	9	6	13	24	0	1	4	0	2	6	3	9	18
Slovenia	20	31	49	96	112	147	168	190	222	9	20	36	50	72	110	101	120	166
Slovakia	2	6	13	7	16	30	59	70	95	1	4	10	3	11	22	28	45	71
Finland	158	185	302	193	229	379	201	243	413	104	116	144	129	143	181	137	151	197
Sweden	248	312	569	285	362	668	249	301	504	173	193	271	199	225	318	170	187	240
UK	180	200	267	321	399	688	243	279	407	109	126	158	225	248	328	155	175	208
EU	114	128	180	160	188	296	173	200	304	68	77	93	94	106	127	104	117	137

Occorre premettere che i potenziali impatti introdotti dall'impianto agrivoltaico sono temporanei e reversibili. Il progetto non determina, infatti, effetti irreversibili di alterazione e/o destrutturazione delle caratteristiche funzionali ed ecologiche del paesaggio agrario e la stessa presenza dell'impianto, in coerenza con i requisiti stabiliti dalle Linee Guida, non intacca le potenzialità d'uso dei terreni (ossia le componenti materiali del paesaggio).

Ai soli fini della presente Anali Costi - Benefici si assumerà in via del tutto conservativa che il costo ambientale conseguente all'impatto del progetto sul paesaggio agrario comporti una "perdita totale" dell'integrità paesaggistica, all'interno di un areale ricompreso entro una distanza di estrema prossimità, valutabile in 100 metri dall'impianto. Tale assunzione è oltremodo cautelativa valutate:

- la prevista realizzazione di barriere verdi perimetrali atte a mitigare la percezione delle opere con funzioni naturalistiche ed ecosistemiche,
- l'assenza di emissioni o effetti di disturbo significativi suscettibili di perturbare la qualità paesaggistica complessiva, in particolare nelle aree esterne al sito di progetto;
- **la somiglianza delle strutture elevate agrivoltaiche con i classici manufatti funzioni alla protezione delle colture già ampiamente utilizzati nel settore che caratterizzano il paesaggio agrario;**

Con tali presupposti, si stima prudenzialmente il costo massimo da attribuire all'impatto paesaggistico.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 43
--	---	---------------

In particolare, dallo studio europeo per l'Italia sono stati previsti i seguenti valori espressi in €/ha/anno e riferiti al 2009:

	Prati e colture permanenti	Aree arabili
Min	287	184
Max	331	207
Medio	482	247

Attualizzando tali valori all'anno di presentazione del progetto.

	Prati e colture permanenti		Aree arabili	
Min	287	371,67	184	238,28
Medio	331	428,65	207	268,07
Max	482	624,19	247	319,87

Per il progetto in esame si considera il valore massimo attualizzato e riferito a prati e colture permanenti pari a 624,19€/ha. L'area interessata dalle strutture di progetto è pari alla somma delle parcelle agricole e della superficie utile agricola esistente pari a 70 ha:

$$624,19\text{€/ha per anno} \times 70 \text{ ha} = 43.693,30 \text{ €/anno}$$

7.2.3. Analisi sulla componente Atmosfera

7.2.3.1. Emissioni evitate

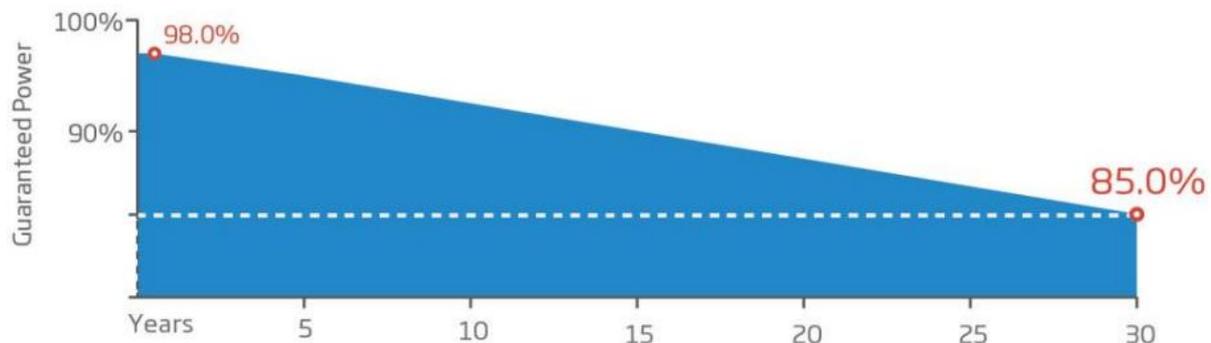
Le principali emissioni associate alla produzione di energia elettrica da fonti convenzionali sono associate all'anidride carbonica (CO₂), agli ossidi di zolfo (SO_x), agli ossidi di azoto (NO_x) ed al pulviscolo atmosferico (PM₁₀) e sono da attribuirsi al tipo di combustibile utilizzato.

Per fare un esempio concreto, il consumo energetico, per la sola illuminazione domestica in Italia, è pari a 7 miliardi di chilowattora all'anno. Per produrre 1 miliardo di chilowattora utilizzando combustibili fossili come il gasolio si emettono nell'atmosfera oltre 800.000 tonnellate di CO₂.

Posto che i pannelli fotovoltaici col passare del tempo riducono la propria efficienza di conversione, nel caso in esame si ha il seguente andamento che è tipico della tecnologia fotovoltaica:

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 44
--	---	---------------

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty



L'impianto avrà una potenza di picco pari a 48.177 kWp, pari alla somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici installati, che corrisponde a una produzione di energia annua pari a 90.524.583 kWh, considerando una produzione specifica di 1879 kWh/kWp/anno, specifico per il sito in esame.

Per l'analisi in proposta, considerando l'andamento del decadimento di producibilità funzione della perdita di rendimento dell'impianto (tasso di decadimento pari a circa 0,4% annuo), per la vita utile considerata pari a 30 anni, si utilizzerà la media di producibilità annua stimabile in 85.123.129 kWh. Al fine di quantificare l'effettivo risparmio di combustibile fossile si converte l'energia prodotta dall'impianto a fonte rinnovabile in TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) tramite il seguente coefficiente di conversione TEP/MWh specifico per l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica, come stabilito nel DCO 2/08 "Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica":

$$\frac{TEP}{MWh} \cong 0,187$$

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 45
--	---	---------------

Utilizzando il fattore di conversione 462,2 gCO₂/kWh³, l'impianto determinerà un risparmio di energia fossile e relative emissioni evitate secondo quanto riportato in tabella (tenendo conto della riduzione dell'efficienza col passare del tempo):

Potenza di picco [kWp]	48.177
Produzione elettrica unitaria: [KWh/kWp anno]	1.879
Producibilità teorica elettrica prevista (anno zero): [KWh]	90.524.583
Producibilità elettrica attesa media con fattore di decadimento: [MWh]	85.123.129
Risparmio combustibile fossile	
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0,187
Risparmio combustibile fossile 1° anno [TEP]	15.918

Tenendo conto delle seguenti considerazioni è possibile calcolare il beneficio in termini economici:

- 1 MWh = 0,187 TEP
- 1 TEP = 1000 Kg di petrolio
- 1000 kg di petrolio = 6,841 barili standard di petrolio
- 64,69€ = prezzo medio barile di petrolio.

85.123 MWh/a (producibilità dell'impianto) x 0,187 (TEP) x 6,841 (1 TEP corrisponde a 1000 kg di petrolio e a 6,841 barili) x 64,69 (€ a barile) = 7.044.431 € risparmiati

La combustione nel settore elettrico è responsabile delle emissioni in atmosfera di inquinanti che alterano la qualità dell'aria, quali ossidi di azoto (NO_x), ossidi di zolfo (SO_x), composti organici volatili non metanici (COVNM), monossido di carbonio (CO), ammoniaca (NH₃) e materiale particolato (PM₁₀).

Uno dei benefici maggiori è quindi rappresentato dalle mancate emissioni rispetto ad altre fonti convenzionali.

³ Fonte: Rapporto ISPRA 343/2022: Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 46
--	---	---------------

Per il calcolo delle emissioni evitate si è tenuto conto dei fattori di emissione atmosferica dei principali inquinanti per il settore elettrico e indicati di seguito (**Rapporto 343/2021 dell'ISPRA**):

Fattori di emissione inquinanti atmosferici	
Anidride carbonica (CO ₂)	462,2 mg/kWh
Ossidi di azoto (NO _x)	210,7 mg/kWh
Ossidi di zolfo (SO _x)	48,08 mg/kWh
Composti organici volatili non metanici (COVNM)	90,65 mg/kWh
Monossido di carbonio (CO)	94,74 mg/kWh
Ammoniaca (NH ₃)	0,33 mg/kWh
Materiale particolato (PM ₁₀)	2,66 mg/kWh

Un ulteriore aspetto da considerare è che la generazione di energia elettrica comporta l'emissione in atmosfera di gas climalteranti differenti dalla CO₂, che contribuiscono, anche se in quantità minime, al riscaldamento globale. Questi gas sono, ad esempio, il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O), i quali sono caratterizzati da elevati potenziali di riscaldamento globale. L'insieme dei gas ad effetto serra è indicato con l'acronimo di GHG (GreenHouse Gases) e possono essere valutati in termini di CO₂ equivalente, calcolando a quanta anidride carbonica corrisponderebbe una determinata quantità di un altro gas climalterante. Di conseguenza, si possono ricavare i fattori di emissione in gCO₂eq/kWh relativi a metano e protossido di azoto. Tali fattori di emissione fanno riferimento al settore elettrico per la produzione di energia elettrica e calore, a valle delle considerazioni dei rispettivi potenziali di riscaldamento globale stimati da ISPRA nel contesto dell'Inventario delle emissioni nazionali e risultano:

$$\frac{g \text{ CO}_{2eq}}{kWh} = 0,64 \text{ per il metano}$$

$$\frac{g \text{ CO}_{2eq}}{kWh} = 1,34 \text{ per il protossido di azoto}$$

In conclusione, le emissioni evitate durante la fase di esercizio dell'impianto sono:

Emissioni evitate									
Emissioni evitate in atmosfera di	CO ₂	SO _x	NO _x	PM10	NH ₃	CO	COVNM	CH ₄	N ₂ O
Emissioni evitate il 1° anno [t]	39.343,91	4,09	17,93	0,23	0,028	8,06	7,71	54,47	114,06

Si ricorda inoltre che in fase di cantiere si immetteranno in atmosfera quantitativi minimi di tali inquinanti. Pertanto, alle emissioni evitate calcolate andranno sottratte le emissioni prodotte per la realizzazione dell'impianto. Data la temporaneità degli interventi e il numero ridotto di mezzi si può con buona approssimazione dedurre che le emissioni riferite alle attività di cantiere siano

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 47
--	---	---------------

dell'ordine di qualche decina di tonnellata per cui è ragionevole trascurare tale contributo e considerare esclusivamente le emissioni evitate.

Il principale beneficio derivante dalla mancata emissione può essere calcolato a partire dal valore economico del TEP risparmiato, per cui vale la relazione TEP =1000 kg di petrolio, e l'ulteriore equivalenza 1000 kg di petrolio = 6.841 barili standard di petrolio. Considerato il valore medio mensile del barile nell'ultimo quinquennio pari a 64,69 €, avremo il seguente beneficio:

Ipotesi Alternative	Producibilità Elettrica attesa			Costi/Benefici
	kWh/anno	TEP	Barili Petrolio	
Impianto agrivoltaico	85.123.129	15.918,03	108.895,21	7.044.431,12

Volendo invece confrontare alcuni metodi di calcolo di attribuzione del valore economico alla riduzione delle emissioni di CO2 si può fare riferimento alle tonnellate di CO2 risparmiate al prezzo della CO2 di € 79,72 €/t, oppure del valore di emissione evitata associato alla produzione dello stesso MWh con combustibili fossili in €/MWh. Nella tabella seguente è proposto tale confronto:

Ipotesi Alternative	Producibilità Elettrica attesa			Costi/Benefici annuali
	kWh/anno	TEP	Barili Petrolio	
Calcolo su barile	85.123.129	15.918,03	108.895,21	7.044.431,12
	MWh/anno	Prezzo CO2	€/MWh	
Calcolo su base MWh	85.123,13		70,00	5.958.619,03
	Tonn CO2	Prezzo CO2	€/tonn	
Calcolo su base TonnCO2 risparmiate	39.343,91		79,72	3.136.496,52

Il valore relativo al metodo del prezzo di mercato della CO2 a 79,72€ /tonn sembrerebbe quello più cautelativo; pertanto, verrà utilizzato nell'analisi del VAN riportata nel paragrafo dei risultati dell'analisi ambientale. Si voglia considerare che tale prezzo, riferito a Dicembre 2021, è certamente soggetto ad un aumento costante, se non esponenziale, con il progressivo abbandono delle fonti fossili. Inoltre, trattandosi di impianto agrivoltaico, all'apporto indiretto sul risparmio di CO2 nell'atmosfera sopraesposto, si potrebbe sommare anche l'effetto diretto conseguente alla pratica agricola svolta su tutta l'area in maniera sostenibile e con pratiche di carbon farming.

7.2.3.2. Altri costi esterni

I costi esterni elencanti finora si riferiscono alla realizzazione e messa in esercizio dell'opera in progetto. Un aspetto importante di qualunque analisi delle esternalità ambientali associate alle fasi di produzione dell'energia elettrica è quello di individuare le attività correlate non solo al ciclo produttivo ma anche quelli derivanti dall'intera filiera di produzione e distribuzione, come ad esempio l'estrazione del materiale di alimentazione, la sua lavorazione e trasformazione, la costruzione ed installazione delle infrastrutture necessarie, così come la realizzazione ed esercizio

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 48
--	---	---------------

dei relativi impianti di smaltimento dei residui di processo. I vari stadi che costituiscono la catena della produzione e distribuzione dell'energia elettrica sono noti come "fuel cycle" e ogni tecnologia di produzione (solare, eolica, idroelettrica, a carbone, a gas, ecc.) è caratterizzata da un suo distinto "fuel cycle".

Per la quantificazione dei costi collettivi collegati alla produzione di energia in generale si fa riferimento all'Agenzia per l'Ambiente dell'Unione Europea (*Environmental European Agency - EEA*) che ha indicato un insieme di indicatori EN35 - *External costs of electricity production* che ci danno indicazioni sulle varie tipologie di produzione dell'energia e sui relativi costi.

Sono stati considerati tre componenti di costi esterni, a) costi inerenti ai danni provocati dai cambiamenti climatici associati alle emissioni di CO₂, b) costi inerenti ai danni es. alla salute umana provocati dagli altri elementi chimici inquinanti (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, PM10 ecc.), e c) gli altri costi sociali non-ambientali per le tecnologie di generazione di energia elettrica non fossili.

Considerando l'estrema difficoltà di valutazione e quindi di quantificazione, nessuna delle attuali stime dei costi esterni includono tutti gli effetti del cambiamento climatico, né le esternalità negative in ambito sociale.

Per la presenta Analisi Costi-Benefici, si prende in considerazione il documento edito dall'RSE Spa - "Ricerca sul Sistema Energetico dal titolo *Energia Elettrica, anatomia dei costi*", dal quale emerge che le esternalità negative degli impianti di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili sono estremamente ridotte rispetto a quelle da fonti fossili (che variano dai 3 ai 6 c€/kWh), stimabili in max 0,2 c€/kWh. Per la fonte solare fotovoltaica si considera il valore di 0,15 c€/kWh; prudenzialmente, considerando il grado di innovazione delle strutture agrivoltaiche rispetto alle tradizionali tecnologie fotovoltaiche si ipotizza un valore medio maggiore pari a 0,18 c€/kWh.

Considerando la stima della producibilità dell'impianto in oggetto complessivamente pari a 90.400 MWh/anno (da software PVSyst), il costo esterno ambientale associato alla produzione dell'impianto è pari a 162.720 €/annuo.

7.2.4. Risultati analisi ambientale

Tutti i valori annui associati ai mancati servizi ecosistemici, all'impatto visivo, alle emissioni e agli altri costi/benefici ambientali, diretti e indiretti, calcolati nei paragrafi precedenti sono stati valutati tramite il metodo del valore attuale netto già esposto e alla base delle ipotesi sono stati assunte le seguenti variabili:

- orizzonte temporale di 30 - vita utile progetto;
- tasso di inflazione pari al 1,5% annuo;

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 49
--	---	---------------

- tasso di attualizzazione pari al 7%.

I risultati dell'analisi costi-benefici restituiscono un VAN positivo e sono riassunti nella seguente tabella.

COSTI	VALORE ANNUO	ANNI	VALORE ATTUALIZZAO
Consumo di suolo (perdita SE)	91.807,45 €	30	-1.139.242,43 €
Occupazione in fase di cantiere	152.985,00 €	1,2	-170.429,35 €
Costi esterni impianto AgroFtv	162.720,00 €	30	-2.019.199,18 €
Paesaggio	43.693,30 €	30	-542.191,96 €
TOTALE COSTI AMBIENTALI			-3.871.062,92 €
BENEFICI	VALORE ANNUO	ANNI	VALORE ATTUALIZZATO
Produzione agricola	806.599,17 €	30	10.009.122,34 €
Miglioramento fondiario	1.946.279,42 €	-	1.946.279,42 €
Emissioni evitate	3.335.521,65 €	30	38.920.914,51 €
TOTALE BENEFICI AMBIENTALI			50.876.316,27 €
RISULTATO ANALISI AMBIENTALE (B-C)			47.005.253,36 €

Anche a valle della valutazione economica delle esternalità ambientali, emerge che i principali benefici, a compensazione delle perdite in servizi ecosistemici e altri costi esterni legati all'impianto, sono rappresentati dagli effetti positivi generati dalla produzione di energia green integrata con la produzione agricola, obiettivi del progetto studiato e progettato proprio per favorire il miglioramento fondiario dell'azienda e del contesto in cui si inserisce.

7.3. Analisi socioeconomica

La creazione del progetto agrivoltaico di tipo elevato avanzato in proposta è capace di generare molteplici benefici dal punto di vista socioeconomico, tra le quali:

- creazione di nuove opportunità lavorative a livello locale in entrambi i settori - elettrico e agricolo - con contributo sull'indotto generato sul tessuto territoriale;
- opportunità di formazione per giovani professionisti e contrasto al fenomeno dello spopolamento delle aree rurali e interne;
- valorizzazione e rilancio di nuove aziende agricole innovative e digitali, maggiormente resilienti ai fenomeni del cambiamento climatico.

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 50
--	---	---------------

7.3.1. Risvolti occupazionali, attività di formazione e investimenti sul territorio

La realizzazione del progetto creerà opportunità lavorative nei confronti della comunità territoriale. L'indotto generato dalla realizzazione di impianti da fonti rinnovabili potrà infatti favorire una crescita occupazionale nella zona creando nuovi posti di lavoro, sia in fase di costruzione che di gestione dell'impianto, associata ad una corretta gestione ambientale.

Oltre ai dati di occupazione della fase di cantiere che comunque si sostanziano in diverse decine di unità per circa 14 mesi, l'esercizio dell'impianto creerà nuovi posti di lavoro in via continuativa per 30 anni che come già indicato negli altri elaborati di progetto, possono interessare fino a 14 addetti agricoli nella fase di raccolta (3 operatori fissi dedicati alla gestione annuale del campo e fino a 11 operai avventizi) e circa 2/3 addetti stabili per la manutenzione elettrica dell'impianto.

Il tipo di agricoltura innovativa che si svolge all'interno dell'impianto agrivoltaico in proposta necessita dello svolgimento di percorsi di formazione per lo sviluppo di agricoltura digitale e di precisione in ambiente fotovoltaico, solitamente dedicato a giovani figure professionali. Inoltre, l'integrazione tra attività di manutenzione elettrica nel rispetto dell'attività agricola svolta sul medesimo terreno, necessita di formazione anche dei tecnici, operatori specializzati e responsabili della gestione dell'azienda innovativa.

Tale approccio rappresenta un concreto contributo alla crescita di professionalità locali nei settori dell'innovazione e della ricerca, combattendo il fenomeno dello spopolamento che caratterizza le aree rurali e interne. La proponente opera principalmente in tali territori e si rivolge a giovani periti agrari, meccanici e elettrici, ingegneri, architetti e agronomi per proporre percorsi di crescita professionale di lungo periodo.

La trasversalità delle competenze di cui necessita un impianto agrivoltaico di tipo innovativo per poter essere prima progettato e poi realizzato e gestito nella piena capacità produttiva, **genera un vero e proprio settore intermedio con nuove figure professionali nei territori in cui si inserisce**, dotate di capacità digitali e tecniche altamente innovative.

Complessivamente, il contributo in termini occupazionali può essere in via cautelativa stimato come segue per le fasi di progetto:

- In fase di costruzione dell'impianto: si suppone che, per quanto concerne i costi di costruzione dell'impianto e le relative opere di connessione, seppur l'entrata in esercizio avverrà dopo il 2023, è stato stimato un valore attualizzato di 938.850,77 €/MWp, considerando in maniera cautelativa che circa il 30% venga commissionato ad imprese locali risulta complessivamente un introito di:

$$48,177 \text{ MWp} \times 938.850,77 \text{ €/MWp} \times 30\% = 13.569.304 \text{ €}$$

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 51
--	---	---------------

- In fase di esercizio dell'impianto:
 - per la gestione e la manutenzione dell'impianto comprensiva della parte elettrica si suppongono circa 28.500 €/MWp e ipotizzando che anche in questo caso che il 30% sia appannaggio di imprese locali (sorveglianza, opere di manutenzione ordinaria), si stima cautelativamente un ulteriore vantaggio economico per il territorio di 411.913 €/anno
 - per la gestione della parte agricola e del campo si suppongono circa 9.037 €/MWp e ipotizzando che almeno il 60% sia appannaggio di imprese e maestranze territoriali, si stima cautelativamente un ulteriore vantaggio economico per il territorio di 261.225 €/anno

Inoltre, l'approccio di investimento di lungo periodo della proponente indirizza le scelte di investimento, oltre che verso terreni non utilizzati o sottoutilizzati ai fini agricoli, anche verso le aziende agricole territoriali arrivate a fine vita per cause imputabili, per lo più, alla mancanza del passaggio intergenerazionale o all'assenza di interesse di aziende terze nella prosecuzione delle attività. Tale approccio è rappresentativo dei principi che ispirano l'azione societaria e si concretizzano nell'acquisto dei terreni al fine di restituirgli nuova vita produttiva agricola in orizzonti temporali che superano la tradizionale vita utile degli impianti fotovoltaici (30 anni). In riferimento ai terreni, l'acquisto da parte della proponente comporterà complessivamente un beneficio territoriale distribuito su più proprietari di circa 3 mln€.

7.3.2. Risultati analisi socioeconomica

In definitiva abbiamo la seguente quantificazione dei costi e dei benefici socioeconomici, attualizzando ai fini del calcolo del VAN secondo i criteri applicati all'ACB.

ANALI SOCIO-ECONOMICA	VALORE	ANNI	VALORE ATTUALIZZAO
Acquisto terreni	3.000.000,00 €	-	3.000.000,00 €
Benefici occupazionli in fase di realizzazione	13.569.304,10 €	1,2	15.116.564,81 €
Benefici occupazionli in fase di gestione	673.138,95 €	30	8.353.008,95 €
<i>Occupazione elettrica</i>	<i>411.913,35</i>		
<i>Occupazione agricola</i>	<i>261.225,60</i>		
TOTALE BENEFICI AMBIENTALI			26.469.573,77 €

Progetto: Fattoria Solare "Sa Pedrera" EF AGRI SOCIETÀ AGRICOLA A R.L.	Titolo Elaborato: Analisi Costi - Benefici	Pagina: 52
--	---	---------------

8. QUADRO RIEPILOGATIVO

Dalle analisi eseguite emerge un VAN nettamente positivo, riferito a 30 anni di vita dell'impianto, in tutti i quadri di riferimento: economico-finanziario, ambiente e sociale; per cui è comprovata la fattibilità economica e sostenibilità del progetto in proposta. Si riportano di seguito gli risultati complessivi delle analisi svolte.

ANALISI ECONOMICO - FINANZIARIA	13.366.904,94 €
ANALISI AMBIENTALE	47.005.253,36 €
ANALISI SOCIO-ECONOMICA	26.469.573,77 €