

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Provincia del Sud Sardegna
COMUNE DI SILIQUA COMUNE DI VALLERMOSA



TITOLO
TITLE

VALUTAZIONI ED AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI

PROGETTO DEFINITIVO

DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DENOMINATO "NYX"
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

PROGETTAZIONE
ENGINEERING

Sviluppatore:

ENERGETICA  AGROLUX s.r.l.

Gruppo di progettazione:

Studio Ing. Valeria Medici

COMMITTENTE
CLIENT

 NYX S.R.L.

 GREENCELLS
GROUP

OGGETTO
OBJECT

RELAZIONE ANALISI COSTI-BENEFICI

REL

R13

DATA / DATE

MAGGIO 2024

AUTORE/CREATOR

F.C.

CONTROLLO/EDIT

V.M.

APPR

G.C.

REV

00

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1 GLI IMPIANTI AGRIVOLTAICI	5
2. DESCRIZIONE OPERE IN PROGETTO	7
2.1 IMPIANTO AGRIVOLTAICO	7
2.2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	7
2.3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO	9
3. PARAMETRI LINEE GUIDA AGRIVOLTAICO	11
3.1 SCHEDA RIASSUNTIVA REQUISITI DI PROGETTO	11
4. ALTERNATIVE DI LOCALIZZAZIONE O DI TIPO TECNOLOGICO	14
4.1 ALTERNATIVA ZERO	14
4.2 ALTERNATIVE DI PROGETTO	16
4.2.1 ALTERNATIVA 0 – COLTIVAZIONE FRUMENTO	17
4.2.1.1 CO ₂ EQUIVALENTE	18
4.2.1.2 EFFETTI OCCUPAZIONALI	19
4.2.1.3 BIODIVERSITÀ	20
4.2.1.4 CONSUMO DEL SUOLO	20
4.2.1.5 IMPATTO VISIVO	20
4.2.1.6 IMPATTO ACUSTICO	20
4.2.2 ALTERNATIVA 1 – REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO	21
4.2.2.1 CO ₂ EQUIVALENTE	21
4.2.2.2 EFFETTI OCCUPAZIONALI	21
4.2.2.3 BIODIVERSITÀ	22
4.2.2.4 CONSUMO DEL SUOLO	22
4.2.2.5 IMPATTO VISIVO	22
4.2.2.6 IMPATTO ACUSTICO	23
4.2.3 ALTERNATIVA 2 – REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA	23
4.2.3.1 CO ₂ EQUIVALENTE	23
4.2.3.2 EFFETTI OCCUPAZIONALI	23
4.2.3.3 BIODIVERSITÀ	23
4.2.3.4 CONSUMO DEL SUOLO	24
4.2.3.5 IMPATTO VISIVO	24
4.2.3.6 IMPATTO ACUSTICO	24
4.2.4 ALTERNATIVA 3 – REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO	24
4.2.4.1 CO ₂ EQUIVALENTE	24
4.2.4.2 EFFETTI OCCUPAZIONALI	24
4.2.4.3 BIODIVERSITÀ	24
4.2.4.4 CONSUMO DEL SUOLO	25
4.2.4.5 IMPATTO VISIVO	25
4.2.4.6 IMPATTO ACUSTICO	25
4.2.5 ALTERNATIVA 4 – REALIZZAZIONE IMPIANTO A BIOMASSA	25
4.2.5.1 CO ₂ EQUIVALENTE	25
4.2.5.2 EFFETTI OCCUPAZIONALI	25
4.2.5.3 BIODIVERSITÀ	25
4.2.5.4 CONSUMO DEL SUOLO	26
4.2.5.5 IMPATTO VISIVO	26
4.2.5.6 IMPATTO ACUSTICO	26
4.2.6 SINTESI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI A CONFRONTO E LORO IMPATTI	26
5. ANALISI COSTI-BENEFICI DELL'OPERA	28
5.1 ANALISI FINANZIARIA	29
5.1.1 ANALISI REMUNERAZIONE VENDITA ENERGIA PER L'IMPIANTO	30
5.1.2 VALORE ATTUALE NETTO (VAN)	32
5.1.3 RISULTATI ANALISI FINANZIARIA	35
6. L'ANALISI SOCIO-ECONOMICA	37

6.1 ANALISI ESTERNALITÀ DEL PROGETTO AGRIVOLTAICO	37
6.1.1. ESTERNALITA' AMBIENTALI	38
6.1.2 ESTERNALITÀ NON-AMBIENTALI	38
6.2 INDIVIDUAZIONE ESTERNALITA' NEGATIVE	39
6.2.1 POSSIBILI ESTERNALITÀ NEGATIVE IN FASE DI CANTIERE (COSTRUZIONE – DISMISSIONE)	39
6.2.2 POSSIBILI ESTERNALITÀ NEGATIVE IN FASE DI ESERCIZIO	40
6.3 ANALISI ECONOMICA ESTERNALITA' NEGATIVE	40
6.3.1 SEQUESTRO E STOCCAGGIO DI CARBONIO	41
6.3.1.1 VALUTAZIONE ECONOMICA GENERALE	42
6.3.1.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME	42
6.3.2 RIMOZIONE DI PARTICOLATO E OZONO	43
6.3.2.1 VALUTAZIONE ECONOMICA GENERALE	43
6.3.2.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME	43
6.3.3 ANALISI CAMBIAMENTI CLIMATICI (REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA)	43
6.3.4 QUALITÀ DEGLI HABITAT	46
6.3.4.1 VALUTAZIONE ECONOMICA GENERALE	47
6.3.4.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME	47
6.3.5 PROTEZIONE DALL'EROSIONE	47
6.3.5.1 VALUTAZIONE ECONOMICA GENERALE	48
6.3.5.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME	48
6.3.6 REGOLAZIONE DEL REGIME IDRICO (INFILTRAZIONE)	49
6.3.6.1 VALUTAZIONE ECONOMICA GENERALE	49
6.3.6.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME	50
6.3.7 REGOLAZIONE DEL REGIME IDRICO (DISPONIBILITÀ DI ACQUA)	50
6.3.7.1 VALUTAZIONE ECONOMICA GENERALE	51
6.3.7.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME	51
6.3.8 PURIFICAZIONE DELL'ACQUA DAI CONTAMINANTI	51
6.3.8.1 VALUTAZIONE ECONOMICA GENERALE	52
6.3.8.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME	52
6.3.9 IMPOLLINAZIONE	53
6.3.9.1 VALUTAZIONE ECONOMICA GENERALE	53
6.3.9.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME	53
6.3.10 IMPATTO VISIVO	54
6.4 DEFINIZIONE ESTERNALITA' POSITIVE	55
6.4.1 ESTERNALITA' POSITIVE IN FASE DI CANTIERE (COSTRUZIONE – DISMISSIONE)	55
6.4.2 ESTERNALITÀ POSITIVE IN FASE DI ESERCIZIO	55
6.5 ANALISI ECONOMICA ESTERNALITA' POSITIVE	56
6.5.1 BENEFICI OCCUPAZIONALI	56
6.5.1.1 VALUTAZIONE ECONOMICA PROGETTO IN ESAME	58
6.5.2 RIDUZIONE EMISSIONI INQUINANTI	58
6.5.2.1 VALUTAZIONE ECONOMICA PROGETTO IN ESAME	59
6.5.3 PRODUZIONE AGRICOLA	61
6.5.3.1 LA PRODUZIONE LORDA VENDIBILE ANTE OPERAM	61
6.5.4 MISURE COMPENSATIVE A FAVORE DEL TERRITORIO	65
6.5.4.1 OPERE PUBBLICHE	67
6.5.4.2 PAGAMENTO TRIBUTI ENTI LOCALI	68
6.5.4.3 VALUTAZIONE ECONOMICA PROGETTO IN ESAME	68
6.6 SINTESI ESTERNALITA'	69
7. ANALISI RISULTATI COSTI-BENEFICI	70

1. PREMESSA

Il progetto oggetto della presente relazione prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico in un'area ad uso agricolo situata nel comune di Siliqua, nella provincia Sud Sardegna.

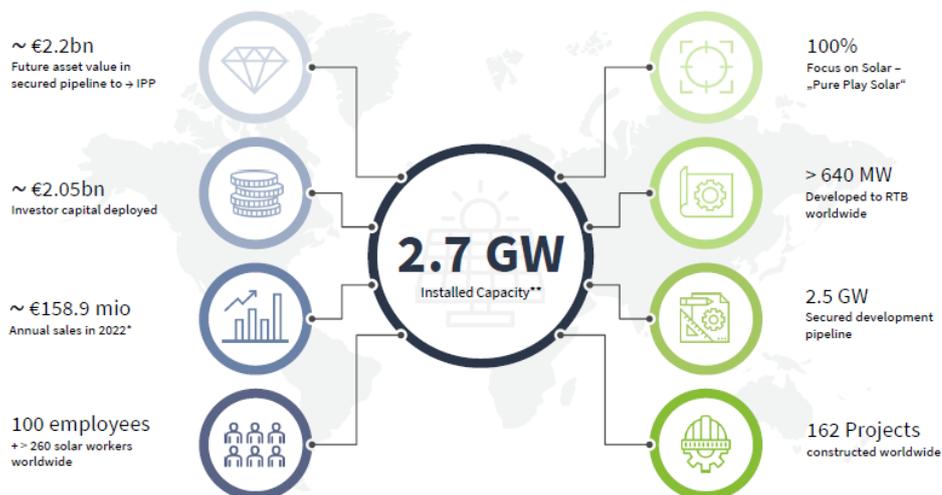
Tale iniziativa rappresenta un caso favorevole nel campo sia delle energie rinnovabili che in campo agricolo, permettendo la riqualificazione agricola di terreni generalmente in stato di abbandono o comunque non adeguatamente utilizzati.

La società proponente NYX s.r.l., di proprietà del gruppo Greencells, nasce con l'intento di sviluppare energie rinnovabili e nello specifico sistemi solari fotovoltaici ma allo stesso tempo intraprendere iniziative agricole di concerto con imprese leader nel settore e/o imprese locali.

Greencells Group nasce nel 2009 e, già dal 2015, opera nel settore fotovoltaico in diversi paesi come EPC, offrendo anche servizi di O&M.

Oggi, Greencells Group, grazie alle sue vaste conoscenze specialistiche, alla sua fitta rete di partner tecnologici e finanziari e alla sua elevata bancabilità, agisce anche come co-sviluppatore per diversi clienti. Il Gruppo ha oggi oltre 2,7 GWp di capacità installata e impiega oltre 300 dipendenti in tutto il mondo.

Con sede principale in Germania, il gruppo ha filiali internazionali in Europa, Asia, Medio Oriente e Stati Uniti.



L'obbiettivo è infatti quello di creare occasioni di crescita imprenditoriale e professionale, sia per i professionisti direttamente coinvolti nella parte progettuale, sia per i soggetti interessati nella parte realizzativa dei sistemi e nell'esercizio dell'impianto e, non in ultimo, per le comunità locali che beneficeranno degli introiti in termini energetici, lavorativi ed ambientali.

Con la realizzazione dell'impianto si intende tra l'altro conseguire un significativo risparmio energetico mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal sole. Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze paesaggistiche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

Il progetto mira a contribuire inoltre al soddisfacimento delle esigenze di "Energia Verde" e allo "Sviluppo Sostenibile" invocate dal Protocollo di Kyoto, dalla Conferenza sul clima e l'ambiente di Copenaghen 2009 e dalla Conferenza sul clima di Parigi del 2015, oltre che a far fronte alla crisi energetica legata agli scenari geopolitici creatisi nell'ultimo anno.

Ad oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile.

L'Italia non possiede riserve significative di fonti fossili, ma da esse ricava circa il 90% dell'energia che consuma, con una rilevante dipendenza dall'estero; la transizione verso un mix di fonti di energia e con un peso sempre maggiore di rinnovabili è, pertanto, strategica ed indispensabile.

Infatti per produrre un chilowattora elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 2,56 kWh sotto forma di combustibili e di conseguenza emessi nell'aria circa 0.536 kg di anidride carbonica (fattore di emissione del mix elettrico italiano alla distribuzione, fonte ENEL).

Si può dire, quindi, che ogni kWh prodotto dal sistema fotovoltaico evita l'emissione di 0.536 kg di anidride carbonica.

Le ultime previsioni sul potenziale solare fotovoltaico nazionale (previsioni effettuate imponendo restrittivi vincoli ambientali all'installazione) indicano nella regione Sardegna una potenzialità installabile di ulteriori 7.000 MW, con un potenziale beneficio in termini di occupazione di almeno 10.500 occupati.

1.1 GLI IMPIANTI AGRIVOLTAICI

L'ultimo ventennio ha rappresentato a livello globale un periodo di fortissimi cambiamenti irreversibili sia a livello energetico che a livello di climatico. La perdita progressiva di suoli fertili e lo sfruttamento intensivo dei terreni ritenuti idonei alla coltivazione ha portato ad una ricerca in campo agricolo sempre più orientata alla sperimentazione di soluzioni innovative e quanto più sostenibili possibile, sia per la natura che per le comunità, in prospettiva di scenari futuri decisamente preoccupanti.

In questo clima di crisi e di fabbisogno energetico ed alimentare, i sistemi agrivoltaici rappresentano attualmente una delle applicazioni più promettenti per accelerare lo sviluppo delle energie rinnovabili e di produzione agricola

Questa tipologia di sistemi consiste in impianti che producono energia rinnovabile tramite pannelli solari, senza sottrarre terreni produttivi all'agricoltura e all'allevamento, ma bensì andando ad integrare le due attività; infatti, sfrutta i terreni agricoli per produrre energia solare ma senza entrare in competizione con la produzione di cibo e senza consumare suolo. Questo obiettivo è raggiungibile tramite la collocazione dei pannelli non più al suolo, come avviene per i classici impianti fotovoltaici, ma al di sopra di pensiline orientabili chiamate tracker le quali, orientandosi sistematicamente in direzione della fonte solare (orientamento mono o bi-assiale) permettono un incremento della captazione solare e della produzione energetica. Inoltre, il posizionamento di tali strutture permette ai mezzi agricoli di poter effettuare tutte le lavorazioni previste ai fini della produzione agricola.

I vantaggi che tale sistema offre quindi sono molteplici, ad esempio:

- **creazione di zone d'ombra** che vanno a proteggere le colture da eventi climatici estremi
- **miglioramento della competitività delle aziende agricole** perché ne riduce fortemente i costi energetici;
- **raggiungimento degli obiettivi di de carbonizzazione;**
- **utilizzo di una parte dei terreni agricoli** abbandonati in maniera proficua;
- **diminuzione dell'evaporazione** dei terreni;
- **innovazione dei processi agricoli** rendendoli ecosostenibili e maggiormente competitivi.

Per sostenere l'agrivoltaico è necessario ripensare l'impianto fotovoltaico e, nello sviluppo attuale del settore, si sono delineate due diversi approcci:

- nuovo impianto a terra con moduli al suolo le cui fila sono poste ad una distanza maggiore rispetto al tradizionale impianto a terra;
- impianto agrivoltaico con moduli sopraelevati ad una altezza che permette la pratica agricola sull'intera superficie (sotto i moduli e tra le fila dei moduli c.d. interlinee).

L'obiettivo è quello di garantire in futuro l'integrazione del fotovoltaico con l'agricoltura e di permettere l'installazione di impianti solo a determinate condizioni, tra cui:

- presenza della figura agricola come imprescindibile nel processo;
- mantenimento del fondo a carattere agricolo principale;
- integrazione di reddito tra produzione di energia e produzione agricola;
- il posizionamento delle strutture portanti ad altezze maggiori favorirebbe la pratica agricola; per tali impianti agrivoltaici, conformi alle disposizioni del DL. 77/2021, convertito nella L. 108/2021, sono previsti degli incentivi;
- aumento della forza lavoro in seguito ai processi di manutenzione del campo fotovoltaico oltre il mantenimento della forza lavoro agricola;
- fiscalità rivista per gli agricoltori che investono in prima persona sull'agrivoltaico.

2. DESCRIZIONE OPERE IN PROGETTO

Il progetto si compone di due aspetti differenti ma che saranno coniugati tra loro:

- produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare);
- organizzazione agricola dell'area.

Questo si traduce in una serie di opere progettuali così identificate:

- opere legate alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico;
- opere legate alla preparazione del suolo e all'organizzazione agricola dei fondi (approvvigionamento idrico, ricovero attrezzi e macchinari...).

2.1 IMPIANTO AGRIVOLTAICO

La Committente intende realizzare nel territorio dei Comuni di Siliqua e Vallermosa (SU), Località Tanca di Berlingheri, un impianto agrivoltaico da 37.764 kWp (33.125 kW in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker), comprensivo delle relative opere di connessione in MT alla RTN.

La Società, in data 19/10/2023, ha presentato a Terna S.p.A. la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 33,8 MW. Il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG) formalmente accettata dalla Società in data 07/03/2024.

La STMG prevede che l'impianto venga collegato sulla sezione 36 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 220/150/36 kV, da raccordare alla linea RTN a 220 kV "Sulcis - Villasor" e alla linea RTN a 150 kV "Siliqua – Villacidro". A seguito del ricevimento della STMG e delle risultanze del Tavolo Tecnico presieduto da Terna SpA, è stato possibile definire puntualmente le opere progettuali da realizzare, che si possono così sintetizzare:

- Impianto agrivoltaico ad inseguimento monoassiale, della potenza complessiva installata di 37.764 kWp;
- Cavidotto interrato, in cavo 36 kV, per il collegamento dell'impianto allo stallo Utente, di lunghezza pari a circa 2,9 km, da realizzarsi nei comuni di Siliqua e Vallermosa;
- Nuovo stallo arrivo produttore a 36 kV che dovrà essere realizzato nella sezione a 150 kV della nuova Stazione Elettrica 220/150/36 kV della RTN di Vallermosa, di proprietà del gestore di rete.

2.2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto oggetto della seguente relazione, come già citato nella premessa, consiste in un impianto agrivoltaico avanzato sito nelle aree agricole dei comuni di Siliqua e di Vallermosa, provincia del Sud Sardegna; esso sarà realizzato su un'area pianeggiante raggiungibile percorrendo la Strada Statale 130 in direzione Iglesias e tramite strade interpoderali ad essa connesse.



Figura 1: Stralcio aerofotogrammetria zona di intervento (fonte Google Earth).



Figura 2: Aerofotogrammetria con indicazione del campo AGV e della linea di connessione (fonte Google Earth).

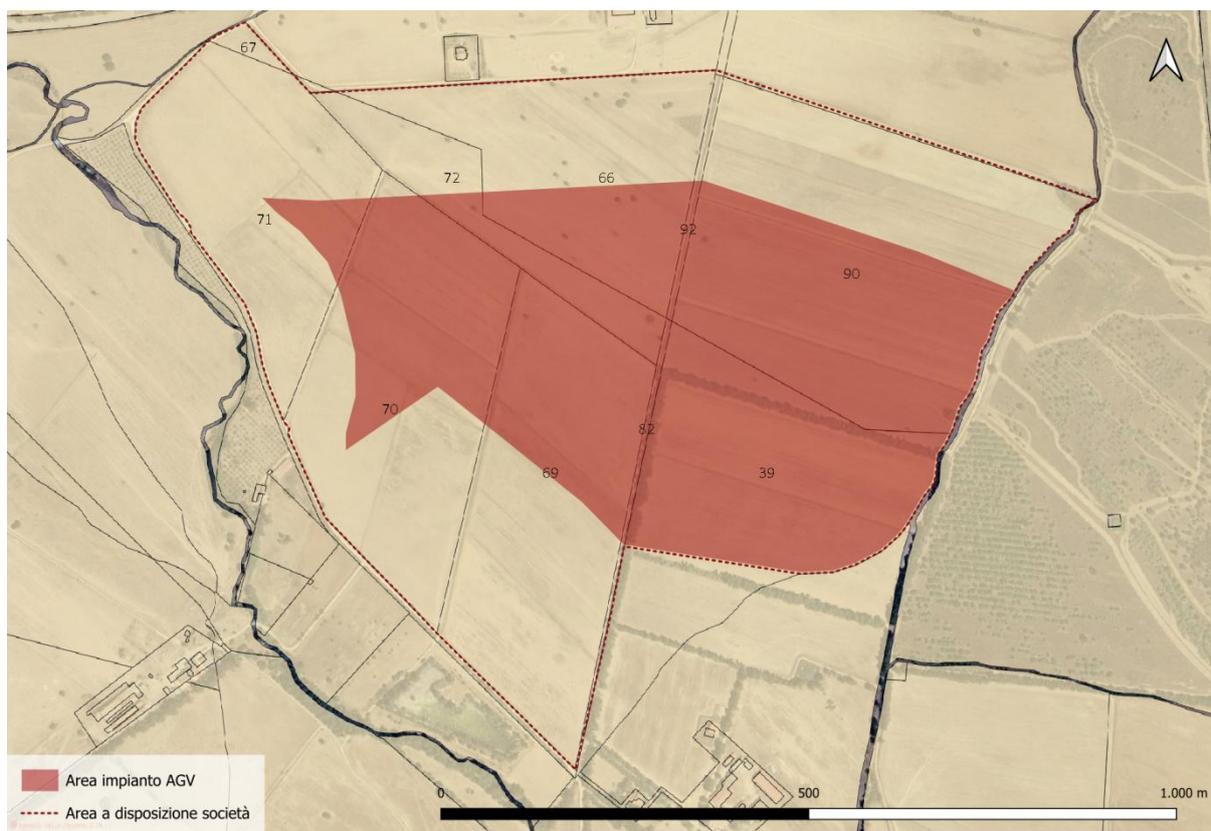


Figura 3: Stralcio planimetria catastale area di impianto (fonte: Agenzia delle Entrate).

2.3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8,00 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. I moduli ruotano sull'asse da Est a Ovest, seguendo l'andamento giornaliero del sole. L'angolo massimo di rotazione dei moduli di progetto è di +/- 60°. L'altezza dell'asse di rotazione dal suolo è pari a 3,45 m.

Lo spazio libero minimo tra una fila e l'altra di moduli, quando questi sono disposti parallelamente al suolo (ovvero nelle ore centrali della giornata), risulta essere pari a 3,22 m.

L'ampio spazio disponibile tra le strutture, come si vedrà in dettaglio ai paragrafi seguenti, fanno in modo che non vi sia alcun problema per quanto concerne il passaggio di tutte le tipologie di macchine trattrici ed operatrici in commercio.

In sintesi l'impianto sarà costituito da:

- 56.364 moduli fotovoltaici di potenza unitaria paria a 670 Wp, installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori), con relativi motori elettrici per la movimentazione. Le strutture saranno ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno evitando qualsiasi struttura in calcestruzzo, riducendo sia i movimenti di terra (scavi e rinterrati) che le opere di ripristino conseguenti. È previsto in

particolare che siano installati 922 inseguitori che sostengono 56 moduli e 169 inseguitori che sostengono 28 moduli;

- 5 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenuti il gruppo conversione/trasformazione da 3.125 kVA;
- 7 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenuti il gruppo conversione/trasformazione da 2.500 kVA;
- Una Cabina di Raccolta (CdR FV) per la raccolta dell'energia prodotta dall'impianto;
- Tutta la rete BT, ovvero dei cavi BT in c.c. (cavi solari) e relativa quadristica elettrica (quadri di parallelo stringhe), dei cavi BT in c.a. e relativa quadristica elettrica di comando, protezione e controllo;
- Il cavidotto interrato MT, per il trasferimento dell'energia prodotta dall'impianto agrivoltaico (raccolta nella CdS) verso la SE del Gestore di Rete.

3. PARAMETRI LINEE GUIDA AGRIVOLTAICO

L'impianto in oggetto, in ottemperanza alle "Linee Guida in materia di Impianti agrivoltaici" pubblicate nel giugno 2022, rispetta i seguenti requisiti:

- **REQUISITO A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;
- **REQUISITO B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;
- **REQUISITO C:** L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;
- **REQUISITO D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;
- **REQUISITO E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Si fornisce nei paragrafi successivi una descrizione dei requisiti citati e la rispondenza ad essi dell'impianto proposto.

3.1 SCHEDA RIASSUNTIVA REQUISITI DI PROGETTO

Riassumendo l'analisi svolta nell'elaborato "R01_Relazione tecnico-illustrativa", i requisiti descritti determinano le caratteristiche che un impianto deve possedere per essere considerato un "impianto agrivoltaico avanzato".

In relazione all'impianto proposto, si riporta una tabella di sintesi al fine di verificare la rispondenza dell'iniziativa progettuale a suddetti requisiti.

REQUISITO A.1: SUPERFICIE MINIMA PER L'ATTIVITÀ AGRICOLA	
<i>S. agricola ≥ 0,7 S. tot</i>	90,36%
REQUISITO SODDISFATTO	
REQUISITO A.2: PERCENTUALE DI SUPERFICIE COMPLESSIVA COPERTA DAI MODULI (LAOR)	
<i>LAOR ≤ 40%</i>	24,40%
REQUISITO SODDISFATTO	
REQUISITO B.1: CONTINUITÀ DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA	
PS ANTE	792.571,00 €
PS POST	849.472,50 €
INCREMENTO PRODUZIONE AGRICOLA STANDARD : 7%	
REQUISITO SODDISFATTO	
REQUISITO B.2: PRODUCIBILITÀ ELETTRICA MINIMA	
$FV_{agri} \geq 0,6 FV_{standard}$	1.826 kWh/ha/a > 952,8 kWh/ha/a
REQUISITO SODDISFATTO	
REQUISITO C: IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON MODULI ELEVATI DA TERRA	
SPECIFICHE SISTEMA AGRIVOLTAICO TIPO 1 O 3	SPECIFICHE IMPIANTO IN PROGETTO
Hmin moduli dal suolo: 1,3 m per attività zootecnica	H media dal suolo: 3,45 m
Hmin moduli dal suolo: 2,1 m per utilizzo macchinari agricoli	H minima dal suolo: 1,30 m
REQUISITO SODDISFATTO PER ZOOTECCIA	
REQUISITO D1: MONITORAGGIO RISPARMIO IDRICO	
<ul style="list-style-type: none"> - Inserimento di misuratori e contabilizza tori idrici nei punti di prelievo idrico. - Monitoraggio periodico dell'umidità di terreni attigui di proprietà delle medesime aziende agricole e con il medesimo indirizzo colturale (prati avvicendati) privi di pannelli fv. 	
REQUISITO SODDISFATTO	
REQUISITO D2: MONITORAGGIO DELLA CONTINUITÀ DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA	
Report annuale attraverso Relazione Tecnica Asseverata di un Agronomo.	
REQUISITO SODDISFATTO	

REQUISITO E.2 MONITORAGGIO DEL MICROCLIMA
Report triennale da parte del proponente con misura ed indicazione di diversi parametri.
REQUISITO SODDISFATTO
REQUISITO E.3 MONITORAGGIO DELLA RESILIENZA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI
Relazione ante operam e monitoraggio post-operam.
REQUISITO SODDISFATTO

Tabella 3.1: riepilogo del rispetto dei requisiti definiti dalle Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici.

4. ALTERNATIVE DI LOCALIZZAZIONE O DI TIPO TECNOLOGICO

L'analisi delle alternative ha lo scopo di individuare le possibili soluzioni diverse da quelle di progetto e di confrontarne i potenziali impatti con quelli determinati dall'intervento proposto.

Lo sviluppo di alternative al progetto proposto ha richiesto l'analisi dei seguenti passaggi fondamentali: una prima definizione dei bisogni e la successiva determinazione di specifici obiettivi e finalità.

L'opera in progetto ha preso in considerazione la normativa di settore sia a livello nazionale che regionale; in particolare è stata accertata una necessità di progredire con lo sviluppo degli impianti energetici derivanti da fonti rinnovabili con il progressivo abbandono delle fonti energetiche tradizionali altamente inquinanti.

4.1 ALTERNATIVA ZERO

L'alternativa "zero" è anche conosciuta con il termine "do nothing" (fare niente) ed è rappresentata dall'evoluzione possibile dei sistemi ambientali in assenza dell'intervento. Si utilizza quando l'opera proposta ha un impatto rilevante dal punto di vista ambientale e per cui potrebbe essere preferibile la non realizzazione della stessa.

L'opzione zero deve essere necessariamente confrontata con le diverse ipotesi di realizzazione dell'opera stessa. Il confronto tra le modificazioni che si andranno a creare con l'attuazione dell'intervento, rispetto alla opzione con assenza di intervento, porta ad ipotizzare un miglioramento di carattere generale.

Attualmente il sito in oggetto è interessato da colture e da sfruttamento del suolo agricolo (non essendo questo interessato dal consorzio di Bonifica ai fini di un recupero dei terreni irrigui), per cui le opzioni di sviluppo futuro dell'area in assenza di intervento sarebbero pressoché nulle e probabilmente si potrebbe assistere al progressivo abbandono dei luoghi legato a diversi fattori, tra i quali:

- eccessivi costi di manutenzione dei macchinari e delle strutture a supporto dell'attività agricola;
- progressivo spopolamento delle aree rurali;
- pochi investimenti nel settore;
- tecnologie a favore dello sviluppo agricolo obsolete;
- progressiva desertificazione del lotto.

Tale opzione porterebbe inoltre alla mancata partecipazione al raggiungimento dell'obiettivo previsto dal PEARS di realizzazione di impianti da fonte rinnovabile.

Il Piano recepisce ed è coerente ai principali indirizzi di pianificazione energetica messi in atto a livello europeo e nazionale, con particolare attenzione agli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ quantificati pari a -50%. Il Secondo Rapporto di Monitoraggio del PAERS fotografa la situazione del macrosettore Energia al 2022 e appare evidente come l'energia elettrica prodotta in

Sardegna attraverso centrali termoelettriche o impianti di cogenerazione alimentati da fonti fossili o bioenergie rappresentano ben il 75% del totale; segue la produzione attraverso impianti eolici (13% della produzione totale), la produzione da impianti fotovoltaici (9%) e infine la produzione da impianti idroelettrici (3%).

Il Piano Energetico Regionale conferma la necessità di favorire un mix di fonti rinnovabili sul territorio, soprattutto con l'obiettivo di riduzione delle emissioni di CO₂ dal settore energetico; Infatti l'Italia è tra i firmatari del Protocollo di Kyoto ed è impegnata a ridurre tali emissioni, complessivamente di circa 4 – 5 milioni di tonnellate all'anno, con interventi volti ad aumentare il rendimento medio del parco esistente e ovviamente a favorire l'aumento dell'incidenza della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (soprattutto eolica e fotovoltaica).

La mancata realizzazione dell'intervento in oggetto avrebbe, infine, evidenti negative ricadute socio-economiche, legate soprattutto alla crisi del settore agricolo il quale beneficerebbe in primis dell'iniziativa progettuale.

Riassumendo l'alternativa zero porterebbe alla:

- mancata partecipazione al raggiungimento degli obiettivi europei, nazionali e regionali in tema di riduzione delle emissioni di CO₂ dal settore energetico;
- mancata partecipazione alla riduzione dei fattori climalteranti;
- mancate ricadute socio-occupazionali e mancato rilancio e sostentamento del settore agricolo.

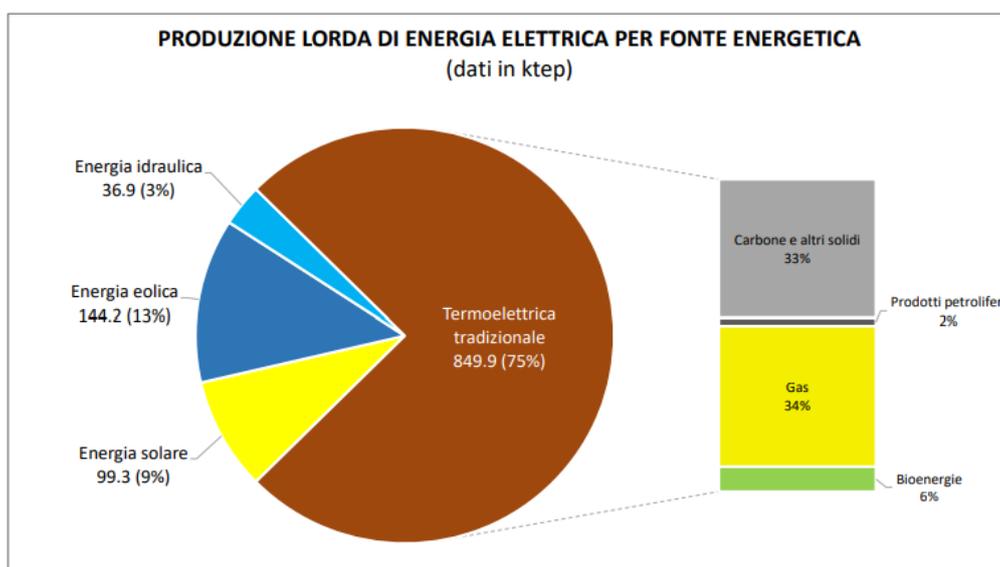


Figura 4: produzione di energia elettrica per fonte energetica nel 2022. (fonte Terzo Rapporto di Monitoraggio del PEARS, 2022).

4.2 ALTERNATIVE DI PROGETTO

L'analisi delle alternative progettuali in termini tecnologici ha lo scopo di individuare possibili soluzioni differenti rispetto agli obiettivi del progetto e di confrontarne i potenziali impatti (principalmente di tipo ambientale) con quelli determinati dall'intervento proposto.

I principali benefici che la comunità otterrebbe nel realizzare l'impianto fotovoltaico (alternativa 1) sono dati dalla produzione di energia rinnovabile con impatti nulli se non addirittura positivi sulla salute pubblica (dati dalla totale assenza di emissioni atmosferiche ed acustiche, prodotti di scarto e scorie), contribuendo in maniera concreta e significativa al raggiungimento degli obiettivi di riduzione di emissione di gas serra individuati dal quadro programmatico regionale, nazionale e comunitario per poter contenere il cambiamento climatico in corso.

Oltre all'Alternativa Zero, ovvero la non realizzazione dell'impianto proposto, verranno analizzate alternative che analogamente all'impianto fotovoltaico possano inserirsi sul territorio e contribuire al raggiungimento degli obiettivi del PEAR in termini di produzione di energia da fonte rinnovabile.

Le alternative progettuali valutate ed analizzate sono quindi le seguenti:

- alternativa 0: proseguimento attività agricola per produzione di frumento;
- alternativa 1: realizzazione impianto agrivoltaico;
- alternativa 2: realizzazione impianto fotovoltaico a terra;
- alternativa 3: realizzazione impianto Eolico;
- alternativa 4: realizzazione impianto Biomasse.

In merito alle possibili alternative progettuali analizzate, appare evidente che la proposta solare fotovoltaica abbinata all'attività agricola possa rappresentare quella più percorribile ed attuabile, al contrario delle altre iniziative quali l'eolico, la geotermia e le biomasse, per le quali l'attenzione è particolarmente difficoltosa per specifiche ed inconfutabili motivazione ostative, di seguito sintetizzate:

- La produzione di energia rinnovabile da fonte fotovoltaica (fotovoltaico a terra) senza l'utilizzo del suolo a scopi agricoli potrebbe condurre ad una riduzione o una variazione dei valori chimico-fisici del suolo e a una perdita delle sue caratteristiche pedoagronomiche;
- Gli impianti eolici sono caratterizzati da un impatto visivo eccessivamente invasivo e di difficile mitigazione.
- La biomassa, pur essendo classificata come fonte rinnovabile, renderebbe indispensabile, per raggiungere le potenzialità desiderate, la costruzione di un impianto a rete di grande impatto. Inoltre, necessiterebbe, a monte dell'intervento, di una adeguata concertazione e pianificazione programmatica tra molteplici aziende in grado di fornire la fonte energetica primaria (biomasse). Tale metodo di produzione energetica non eviterebbe, seppur in misura ridotta rispetto all'utilizzo di combustibili di origine fossile, l'immissione in atmosfera di CO₂.

- L'utilizzo di energia geotermica presenta eccessivi costi di realizzazione ed incertezza nell'attuazione di un progetto, e non sarebbe in grado di evitare realtà notevolmente impattanti per ciò che concerne le strutture necessarie alla trasformazione ed alla distribuzione dell'energia eventualmente prodotta.
- La produzione di energia elettrica da fonti diverse da quelle rinnovabili, ossia le fonti fossili, determinano ricadute negative sull'ambiente per quello che concerne l'inquinamento dell'aria e degli altri elementi naturali che lo compongono (acqua, suolo, idrologia, sottosuolo, ecc.).

Le alternative individuate sono state confrontate e valutate considerando gli impatti generati sulle seguenti componenti, considerate le più significative, in particolare in relazione al contesto territoriale locale:

- CO₂ equivalente: al fine di quantificare l'impatto in termini energetici-ambientali è stato effettuato un bilancio delle tonnellate di CO₂ equivalente per ogni alternativa valutata, considerando sia quelle emesse (generate sul posto dall'attività agricola) che quelle risparmiate date dalla produzione di energia rinnovabile.
- Effetti occupazionali: le alternative sono state confrontate per potere avere una stima quantitativa in termini di ULA (Unità Lavorative Annue, ogni ULA è pari a 287 giornate di 8 ore ciascuna) per ogni alternativa considerata.
- Biodiversità: gli impatti delle diverse alternative sono stati analizzati con particolare riferimento alla collocazione del terreno ed al suo grado di naturalità-antropizzazione.
- Consumo del suolo: normalmente inteso come quel processo antropogenico che prevede la progressiva trasformazione di superfici naturali o agricole mediante la realizzazione di costruzioni ed infrastrutture. Viene in questo caso valutato anche il consumo del suolo in senso lato, ovvero inteso come "impoverimento" della matrice organica e minerale del suolo.
- Impatto visivo: è stato confrontato l'impatto visivo generato dalle varie alternative, con supporto dei fotoinserimenti relativi all'alternativa 1 realizzati per il presente studio.
- Impatto acustico: è stato effettuato un confronto qualitativo fra le diverse alternative proposte.

4.2.1 ALTERNATIVA 0 – COLTIVAZIONE FRUMENTO

L'alternativa zero consiste nel non realizzare l'opera e proseguire l'attività svolta al momento zero, protraendo nel tempo tanto lo sfruttamento agricolo, con i benefici economici ed il contributo al soddisfacimento dei consumi locali che da tale attività derivano, quanto le implicazioni di carattere ambientale ad esso associate.

Indicativamente la produzione di frumento legata all'alternativa zero sarebbe in grado di soddisfare il fabbisogno in termini di UF (unità foraggio) associato all'allevamento di circa 197 bovini, avendo considerato la produzione di circa 25 q frumento/ha, una resa di 103 UF/q (fonte:

Rete Rurale Nazionale) ed un consumo annuo da parte di un Manzo pari a 1.200 UF/a (fonte: decreto 17/12/2003 del capo di dipartimento per le politiche fiscali del ministero dell'economia, Tabella 3).

Le implicazioni di carattere ambientali associate all'alternativa 0 non si esauriscono in quelle immediatamente apprezzabili e percepibili come positive all'osservatore comune: il mantenimento di un aspetto "agreste" è associato alla preservazione di un territorio naturale ed amico dell'ambiente, dove la produzione soddisfa le esigenze locali senza sfruttamento e consumo di risorse.

Si tratterebbe evidentemente di una percezione parziale e fuorviante se non integrata con elementi oggettivi in termini di valutazione degli impatti che l'attività agricola intensiva ha sulle diverse componenti ambientali con le quali interferisce.

Pur senza addentrarsi in una analisi esaustiva di tali interferenze, di seguito sono considerati i principali impatti generati sulle componenti individuate per il confronto.

4.2.1.1 CO₂ equivalente

Il proseguimento dell'attività agricola per produzione di frumento comporta l'emissione di CO₂eq. Secondo quanto pubblicato dall'ISPRA, al 2023 l'agricoltura contribuisce per il 7,1% all'emissione di gas serra nazionali con 30.7 tCO₂ eq. emesse nel 2021.

Di queste circa il 27% (8,3 t CO₂eq/a, corrispondenti al 3,2% riferiti alle emissioni complessive su scala nazionale) provengono dalla coltivazione del suolo.

La stima delle emissioni di CO₂ equivalente è stata effettuata considerando il consumo di gasolio utilizzato per le diverse attività legate alla coltivazione utilizzando le tabelle rese disponibili Enama, Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola e considerando la frequenza annuale di ciascuna pratica agronomica così come praticato sul terreno in esame.

Trattamento	Consumo di gasolio litri/ha
Semina su sodo	32
Concimazione	9
Diserbo	14
Trattamenti	14
Mietitrebbiatura	38
Raccolta e pressatura paglia	13
Trinciatura paglia	12
Trasporti vari	13
Irrigazione di soccorso	95
TOTALE	240

Tabella 4.1: consumi di gasolio per l'impiego agevolato in agricoltura proposta di tabelle sintetiche per colture o lavorazioni non previste dal D.M. 26/02/2002 (Fonte: www.enama.it).

Considerando il fattore di emissione di CO₂ del gasolio paria 2,6 kg CO₂eq/l, risulta un’emissione specifica areale pari a 0,62 t CO₂eq/ha.

Un ulteriore importante contributo di emissione di gas serra associato all’attività di coltivazione è legato all’emissione di composti azotati derivati dall’attività di concimazione del terreno coltivato, con particolare riferimento al protossido di azoto (N₂O) che presenta un Global Warming Potential pari a 280 volte quello della CO₂.

Secondo lo studio sopracitato dell’ISPRA, nel 2021 le emissioni di N₂O derivate dalla coltivazione dei suoli agricoli hanno rappresentato il 46,6% delle emissioni di N₂O nazionali, contribuendo quindi al 0,1% delle emissioni complessive di gas serra nazionali nel 2021.

Nello studio “Il contributo del Greening alla riduzione delle emissioni di CO₂” è stimata un’emissione specifica di N₂O per ettaro di superficie coltivata a frumento pari a 1,1 t CO₂eq/ha.

Complessivamente l’alternativa zero comporta quindi l’emissione specifica di 1,72 t CO₂eq./ha/a che corrispondono, considerando 74 ha di superficie del sito, ad un’emissione pari a 127,3 t CO₂eq./a.

4.2.1.2 Effetti occupazionali

Al fine di standardizzare e interpretare il numero di ore e giornate lavorative utilizzate in una specifica attività, è stato creato l’acronimo ULA che significa “Unità Lavorative per Anno”.

In Agricoltura, ogni coltura e ogni territorio possiede un numero medio di unità lavorative annue, che sono state definite dalla Regione Sardegna individuate Allegato al Decreto n. 122/DecA/2 del 21.01.2019 sintetizzati in una tabella indicante le Unità Lavorative Annue in agricoltura.

Coltivazioni erbacee ed orticole	h/uomo per ha	Coltivazioni erbacee ed orticole	h/uomo per ha
Frumento, orzo, avena	48	Altre piante officinali	880
Mais da granella	64	Fragola in tunnel	3360
Altre leguminose da granella	64	Anguria	468
Soia	40	Melone	576
Silomais	45	Fiori in pieno campo	4920
Sulla	47	Fiori in serra	9200
Erbai in asciutto	34		
Erbai in irriguo	40	Coltivazioni arboree	h/uomo per ha
Erba medica	52	Olivo da olio	367
Prato polifita asciutto	14	Olivo da mensa	620
Prato pascolo	9	Vigneti per uva da vino, tendone	602
Asparago	616	Vigneti per uva da vino, spalliera	560
Barbabietola da zucchero	88	Vigneti per uva da tavola, tendone	903
Carciofo	768	Vigneti per uva da tavola, spalliera	700
Fagiolo	91	Agrumeto	707
Fava	85	Melo, pero	528
Patata	250	Pesco, albicocco, susino	624
Pisello	56	Nettarine, percoche	642
Pomodoro da industria	320	Ciliegio	864
Pomodoro da mensa in campo	3840	Actinidia	624
Pomodoro da mensa in serra	8640	Frutteto misto	620
Orto familiare	880	Nocciolo	320
Riso	96	Mandorlo, castagno	160
Altre colture ortive in campo	719	Quercia da sughero	50
Altre colture ortive in serra	4800	Bosco ceduo	68
Zafferano	2600	Bosco d'alto fusto	48

Tabella 4.2: fabbisogno di manodopera per coltura (fonte: Allegato al Decreto n. 122/DecA/2 del 21.01.2019).

Allevamenti	Ore uomo	Unità di misura
Bovini da latte	115	Capo
Bovini latte/carne	75	Capo
Linea vacca/vitello semibrado	50	Capo
Linea vacca/vitello brado	32	Capo
Suini (compresi i cinghiali)	48	Capo
Ovini, caprini	19	Capo
Equini	52	Capo
Struzzi	100	Tris
Api	24	Alveare
Cunicoli (compresa la selvaggina)	1	Capo
Avicoli (compresa la selvaggina)	0,5	Capo
Animali da corte	0,5	Capo
Lumache	1200	Ettaro

Tabella 4.3: fabbisogno di manodopera per allevamento (fonte: Allegato al Decreto n. 122/DecA/2 del 21.01.2019).

Da tali tabelle risulta che per i cereali è richiesto un fabbisogno di lavoro pari a 48 ore uomo/ha-coltura, mentre per l'allevamento di ovini un fabbisogno pari a 19 ore uomo/capo.

Pertanto, moltiplicando il fabbisogno orario specifico per le due attività svolte nel sito per il numero di ettari coltivati e per i capi di bestiame allevati (si veda ripartizione tra le aziende agricole indicata alla tabella 3.3), si ottengono 5.847 ore che corrispondono a 731 giornate lavorative.

Dato che in un anno si considerano 287 giornate lavorative di 8 ore ciascuna, sono necessarie circa 2,54 ULA all'anno (considerando lavoratori a tempo pieno e per 12 mesi all'anno).

4.2.1.3 Biodiversità

L'alternativa zero non costituisce una scelta capace di favorire l'incremento della biodiversità in quanto la pratica agricola intensiva costituisce un ostacolo all'aumento della biodiversità, soprattutto in un'area discretamente antropizzata come quella considerata.

4.2.1.4 Consumo del suolo

L'attività agricola svolta storicamente all'interno dell'area in esame non comporta ovviamente un consumo del suolo inteso come trasformazione di superficie da agricola ad antropica.

In senso lato, l'attività agricola implica un consumo e depauperamento del suolo soprattutto in termini di sottrazione di sostanze organiche (quindi carbonio) ed inorganiche presenti nel suolo.

4.2.1.5 Impatto visivo

L'impatto visivo generato dato dall'alternativa zero risulta nullo, non contribuendo in maniera né positiva né negativa.

4.2.1.6 Impatto acustico

L'alternativa zero implica un impatto pressoché nullo in termini acustici, essendo questo generato unicamente dall'utilizzo di macchine agricole durante le diverse fasi di lavorazione dei campi.

4.2.2 ALTERNATIVA 1 – REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO

4.2.2.1 CO₂ equivalente

L'alternativa 1 prevede di realizzare l'impianto agrivoltaico, producendo energia rinnovabile ed evitando quindi che lo stesso quantitativo di energia venga prodotto dalle fonti tradizionali a combustibili fossili, con conseguente emissione di CO₂.

Per la stima di questo quantitativo ci si è avvalsi dello studio pubblicato dal GSE nel 2019 "Quarta relazione dell'Italia in merito ai progressi ai sensi della direttiva 2009/28/CE" all'interno del quale, nell'allegato Allegato II –Stima della riduzione delle emissioni di gas serra in Italia, relativamente all'energia prodotta da fonte solare per il 2018 è riportata una riduzione di emissione pari a 11,4 Mt CO₂eq con calcolo diretto e 13,5 MtCO₂eq calcolate con approccio LCA (Life Cycle Assessment, che considera le emissioni associate tutte le fasi delle tecnologie analizzate).

Considerando una produzione complessiva nazionale di energia rinnovabile da fonte solare per il 2018 pari a 2.096 ktep (fonte GSE, "Monitoraggio statistico degli obiettivi nazionali e regionali sulle FER - Anni 2012-2017"- rapporto luglio 2019) equivalenti a 24.376 GWh, si ricava un fattore di emissioni evitate specifico relativo all'energia solare pari a 451,3 g CO₂eq/kWh (con calcolo diretto) e 537,4 g CO₂eq/kWh (calcolate con approccio LCA, in linea con quanto indicato da ISES Italia).

Risulta utile sottolineare che le riduzioni di emissioni calcolate dal GSE sono nette, ovvero tengono in considerazione anche le emissioni (generalmente molto contenute) prodotte dalle fonti di energia rinnovabile secondo la seguente formula:

Riduzione delle Emissioni = Emissioni evitate (FFS)– Emissioni prodotte (FER)

Dove FFS sono le fonti fossili sostitutive.

Il calcolo effettuato con approccio LCA risulta essere ambientalmente significativo poiché considera tutte le diverse fasi di vita delle fonti rinnovabili e fossili secondo la seguente formula:

Emissioni prodotte LCA = Emissioni esercizio + Emissioni costruzione + Emissioni upstream

L'impianto fotovoltaico, a meno della naturale indeterminatezza data dalla variabilità annuale dell'irraggiamento ricevuto, non presenta una produzione di energia costante nel tempo ma decrescente di anno in anno a causa del decadimento prestazionale dei pannelli che raggiunge un valore massimo atteso del 18% al trentesimo anno di esercizio.

La produzione attesa di energia varia quindi da un massimo di 68,9 GWh al primo anno di esercizio a circa 53,5 GWh durante il ventinovesimo anno di esercizio.

Di conseguenza anche le tonnellate di CO₂ evitate associabili all'esercizio dell'impianto non risultano costanti ma variano, considerando un fattore emissivo specifico di cui alle indicazioni di ISPRA, da un massimo di 30.686 t CO₂eq/a al primo anno a 23.832 t CO₂eq/a al ventinovesimo anno.

Considerando una produzione attesa di energia elettrica in trent'anni pari a circa 1.767 GWh, la realizzazione dell'impianto consentirà di evitare in totale emissioni in atmosfera pari a circa 786.340 t CO₂eq/a.

4.2.2.2 Effetti occupazionali

Come analizzato più dettagliatamente nel paragrafo “Analisi costi-benefici”, la realizzazione dell’impianto agrivoltaico comporta una ricaduta positiva diretta sull’economia locale. Si possono riassumere il numero di maestranze/figure professionali necessarie per le diverse fasi di vita del progetto, ovvero:

- Fase di cantiere (realizzazione/dismissione impianto) Totale soggetti coinvolti: 100 circa
- Fase di esercizio impianto Totale soggetti coinvolti: 30 circa

Indicativamente, considerando la sola fase di esercizio, si stima che nei 30 anni di vita utile previsti si impiegheranno 68.880 h/uomo totali che corrispondono a 8 ULA/anno, dato superiore all’alternativa 0 (considerando la sola attività dell’impianto di produzione di energia, facendo una media tra dipendenti a tempo pieno e partime).

4.2.2.3 Biodiversità

Come testimoniato da diversi studi, l’installazione di un impianto agrivoltaico mediante idonei accorgimenti progettuali e realizzativi, costituisce una possibilità di incremento della biodiversità locale.

Si prevede la realizzazione di una fascia mitigativa perimetrale arbustiva ed un corridoio ecologico grazie alla installazione della recinzione a 20 cm da terra, favorendo la creazione di un habitat attrattivo per diverse specie floro-faunistiche quindi generando un impatto complessivamente positivo in relazione alla biodiversità locale.

4.2.2.4 Consumo del suolo

L’impianto è realizzato nel rispetto dei criteri localizzativi indicati dalla dalle linee guida della Regione Sardegna. L’individuazione d dell’area è il risultato della ricognizione delle disposizioni volte alla tutela dell’ambiente, del paesaggio, del patrimonio storico e artistico, delle tradizioni agroalimentari locali, della biodiversità e del paesaggio rurale che identificano obiettivi di protezione compatibili con l’insediamento, in determinate aree, di specifiche tipologie e/o dimensioni di impianti, i quali determinerebbero, pertanto, una elevata probabilità di esito negativo delle valutazioni, in sede di autorizzazione.

Inoltre, è da sottolineare che la realizzazione dell’impianto agrivoltaico implica un’occupazione temporanea e completamente reversibile del suolo.

4.2.2.5 Impatto visivo

L’impatto visivo generato dall’alternativa 1 sarà mitigato dalla realizzazione di una fascia perimetrale arborea, determinando complessivamente anche un potenziale miglioramento della percezione del paesaggio da parte dei recettori.

4.2.2.6 *Impatto acustico*

Anche la realizzazione dell' impianto agrivoltaico implica un impatto pressoché nullo in termini acustici, essendo questo generato unicamente dall'utilizzo di macchine durante le operazioni di manutenzione dell'impianto.

Inoltre la realizzazione della fascia arborea perimetrale prevista per l'alternativa 1 può contribuire ad attenuare la propagazione acustica dovuta al traffico veicolare agricolo durante alle lavorazioni stagionali di piantumazione raccolta etc.

4.2.3 ALTERNATIVA 2 – REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA

4.2.3.1 *CO₂ equivalente*

Gli effetti positivi di risparmio in termini di emissioni inquinanti derivanti dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra sono equiparabili a quelli sopra esposti relativi alla alternativa 1.

4.2.3.2 *Effetti occupazionali*

Per quanto riguarda i benefici occupazionali relativi alla alternativa in esame, questi risultano analoghi a quelli esposti per l'alternativa 1, ma sono esclusivamente legati all'impianto FER, ovvero:

- Fase di cantiere (realizzazione/dismissione impianto) Totale soggetti coinvolti: 100 circa
- Fase di esercizio impianto Totale soggetti coinvolti: 20 circa

4.2.3.3 *Biodiversità*

Come per l'impianto agrivoltaico, anche l'impianto FV a terra prevede la realizzazione di una fascia mitigativa perimetrale arbustiva ed un corridoio ecologico grazie alla installazione della recinzione a 20 cm da terra, favorendo la creazione di un habitat attrattivo per diverse specie floro-faunistiche quindi generando un impatto complessivamente positivo in relazione alla biodiversità locale.

Diverse ricerche hanno inoltre dimostrato come il fotovoltaico a terra, se installato in aree agricole, può migliorare la biodiversità favorendo le popolazioni di insetti impollinatori (non solo api ma anche quelli "selvatici" come sirfidi, vespe, scarafaggi, farfalle e falene) grazie all'ombreggiatura dei filari di moduli che influenza la temperatura dell'aria, le precipitazioni e l'evaporazione, oltre ad avere un effetto a catena su suolo e vegetazione.

I terreni occupati dal FV spesso possono essere oasi in distese di coltivazioni in cui si usano prodotti chimici dannosi per gli insetti. Molti impianti solari, evidenzia la Lancaster University, si trovano in aree intensamente coltivate dove gli habitat degli insetti impollinatori si sono ridotti o degradati, proprio a causa delle attività agricole e di altri impatti umani sugli ecosistemi.

4.2.3.4 Consumo del suolo

In termini di occupazione e consumo di suolo, la presenza di un impianto FV a terra comporterebbe sicuramente un'occupazione maggiore rispetto ad un impianto agrivoltaico; quest'ultimo infatti prevede l'installazione dei moduli ad un'altezza tale che è consentita la prosecuzione dell'attività agricola anche al di sotto dei moduli (aspetto non possibile nell'alternativa in esame).

4.2.3.5 Impatto visivo

L'impatto visivo generato dall'alternativa in oggetto è da considerarsi inferiore rispetto all'alternativa dell'agrivoltaico in quanto, essendo i pannelli installati ad una minore distanza dal suolo, la loro percezione risulta essere nulla già a distanze relativamente brevi. L'impatto sarà comunque anche in questo caso mitigato dalla realizzazione di una fascia arborea perimetrale, determinando complessivamente anche un potenziale miglioramento della percezione del paesaggio da parte dei recettori.

4.2.3.6 Impatto acustico

Anche la realizzazione dell'impianto fotovoltaico a terra implica un impatto pressoché nullo in termini acustici, essendo questo generato unicamente dall'utilizzo di macchine durante le operazioni di manutenzione dell'impianto.

Inoltre la realizzazione della fascia arborea perimetrale prevista può contribuire ad attenuare la propagazione acustica dovuta al traffico veicolare agricolo durante alle lavorazioni stagionali di piantumazione, raccolta etc.

4.2.4 ALTERNATIVA 3 – REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO

4.2.4.1 CO₂ equivalente

Gli effetti positivi di risparmio in termini di emissioni inquinanti derivanti dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra sono equiparabili a quelli sopra esposti relativi alla alternativa 1 e 2.

4.2.4.2 Effetti occupazionali

Per quanto riguarda i benefici occupazionali relativi alla alternativa in esame, questi risultano inferiori, ovvero:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| – Fase di cantiere (realizzazione/dismissione) | Totale soggetti coinvolti: 50 circa |
| – Fase di esercizio | Totale soggetti coinvolti: 8 circa |

4.2.4.3 Biodiversità

La presenza di un impianto eolico, a differenza degli impianti da fonti solari, potrebbe rappresentare un ostacolo al mantenimento e/o all'incremento della biodiversità. Le torri eoliche, essendo caratterizzate da un'altezza elevata, possono influire negativamente sui flussi migratori

dell'avifauna e sulla nidificazione, oltre che influire, seppur in misura ridotta, sulla mortalità di alcuni esemplari a causa di possibili collisioni.

Anche il ronzio generato dalla rotazione delle pale potrebbe rappresentare un elemento di disturbo per le varie specie animali situate nelle vicinanze.

4.2.4.4 Consumo del suolo

In termini di occupazione e consumo di suolo, la presenza di un impianto eolico comporterebbe sicuramente un'occupazione maggiore rispetto alle alternative sopra esposte. I terreni occupati da un impianto eolico vengono infatti commutati da agricoli ad industriali, non essendo possibile, per questioni di sicurezza, al di sotto delle torri, svolgere attività agricole.

4.2.4.5 Impatto visivo

La presenza di un impianto eolico genera un forte impatto visivo che può essere fino a 10 volte superiore rispetto alle altre alternative progettuali.

Le torri eoliche infatti, presentando un'altezza piuttosto elevata, risultano visibili anche nei punti sensibili posti a media e lunga distanza.

4.2.4.6 Impatto acustico

Le turbine eoliche, durante il loro funzionamento generano un ronzio di fondo che può anch'esso generare impatti negativi su ricettori sensibili, quali ad esempio abitazioni. Inoltre, questo potrebbe anche interferire con la riproduzione e nidificazione di alcune specie animali.

4.2.5 ALTERNATIVA 4 – REALIZZAZIONE IMPIANTO A BIOMASSA

4.2.5.1 CO₂ equivalente

Considerato che il piano PNIEC prevede la decarbonizzazione, questo porterebbe all'esclusione di sviluppo di impianti termici. Di conseguenza l'alternativa "impianto biomassa" non è da considerarsi attuabile, in quanto non prevede una netta diminuzione di emissione di CO₂.

4.2.5.2 Effetti occupazionali

Per quanto riguarda i benefici occupazionali relativi alla alternativa in esame, si sottolinea come questa alternativa, risulti già per natura, difficilmente equiparabile alle altre alternative in termini produttivi e occupazionali. Generalmente, infatti, gli impianti a biomassa sono realizzati di taglie comprese tra 1 MW e 7 MW. Di conseguenza, il numero di addetti alla costruzione e all'esercizio di tali impianti risulterebbe decisamente inferiore se paragonato alla costruzione ed esercizio di grossi impianti.

4.2.5.3 Biodiversità

Per il funzionamento di un impianto di biomassa/cippato per combustione risulta necessaria la piantumazione di alberi di eucalyptus, installandoli direttamente in situ.

Questa però risulta un'alternativa non valida già in partenza, in quanto i terreni sono già destinati a coltivazione e a pascolo. L'inserimento di arbusti andrebbe ad alterare probabilmente in maniera irreversibile lo stato dei luoghi oltre a creare un danno economico per l'azienda agricola che opera nel lotto ormai da decenni.

Inoltre, questa condizione determinerebbe un impoverimento del suolo ed una diminuzione della biodiversità come conseguenza della piantumazione di eucalyptus.

4.2.5.4 Consumo del suolo

Un'altra grande criticità legata all'installazione di un impianto a biomassa è rappresentata da un elevato consumo di suolo per la piantumazione degli arbusti e la sua conseguente sottrazione all'attività agricola attualmente svolta in situ.

4.2.5.5 Impatto visivo

L'impatto visivo generato da un impianto a biomassa può essere considerato inferiore rispetto alle alte alternative progettuali, in quanto l'ingombro della centrale può essere assimilata a quello di un capannone industriale e/o agricolo.

4.2.5.6 Impatto acustico

Un impianto a biomassa genera delle emissioni acustiche legate non solo alle attività di cantiere (fasi di realizzazione e dismissione), ma anche e soprattutto in fase di esercizio. Queste emissioni sono legate a:

- Movimentazione dei mezzi per il trasporto della biomassa;
- Funzionamento della centrale.

4.2.6 SINTESI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI A CONFRONTO E LORO IMPATTI

La seguente tabella riassuntiva mette a confronto le diverse alternative progettuali analizzate prendendo in considerazione gli elementi salienti che più ne determinano la fattibilità.

In base all'interazione tra le componenti sociali ed ambientali elencate e le tipologie progettuali proposte, si riportano gli effetti generati da queste ultime che possono essere:

Positivi – il progetto proposto genera un impatto positivo sulla componente analizzata (casella verde);

Medi – il progetto proposto genera degli impatti sia positivi che negativi sulla componente analizzata (casella gialla);

Negativi - genera un impatto negativo sulla componente analizzata (casella rossa).

COMPONENTI	ALTERNATIVA 0 Coltivazione frumento	ALTERNATIVA 1 <u>Impianto AGV</u>	ALTERNATIVA 2 Impianto FV a terra	ALTERNATIVA 3 Impianto eolico	ALTERNATIVA 2 Impianto biomassa
CO₂ equivalente	Situazione invariate rispetto allo stato di fatto	Positivo, diminuzione di emissioni.	Positivo, diminuzione di emissioni.	Positivo, diminuzione di emissioni.	Negativo, mancata diminuzione delle emissioni.
Effetti Occupazionali	2,54 ULA	8 ULA	Limitati alle sole fasi di cantiere.	Limitati alle sole fasi di cantiere.	Bassi Non paragonabili con le altre alternative progettuali
Biodiversità	Negativo, proseguimento condizione di scarsa biodiversità	Positivo, introduzione filari arborei e corridoio ecologico	Positivo, introduzione filari arborei e corridoio ecologico	Pericolo di interferenza con avifauna e alcune specie animali.	Negativo, impoverimento della biodiversità a causa dello sfruttamento intensivo dei suoli.
Consumo di suolo	Nullo	Basso, limitato ai soli pilastri degli inseguitori ed alle piazzole delle cabine elettriche. Temporaneo e reversibile. Miglioramento qualità suolo a fine vita impianto.	Medio, limitato ai soli pilastri degli inseguitori ed alle piazzole delle cabine elettriche. Temporaneo e reversibile. Miglioramento qualità suolo a fine vita impianto.	Alto, impossibilità di mantenere i terreni ad uso agricolo.	Alto, necessità di grandi appezzamenti di terreno per la piantumazione degli eucalyptus (biomassa).
Impatto visivo	Nullo	Basso, impianto visibile solo a distanze brevi- medie. Mitigato con filare arboreo ed arbustivo	Basso Impianto difficilmente visibile già a brevi distanze. Mitigato con filare arboreo ed arbustivo	Alto, impianto visibile anche a diversi km di distanza.	Basso, impianto già difficilmente visibile a breve distanza in quanto assimilabile a capannoni industriali e/o agricoli.
Impatto acustico	Basso Limitato al solo uso delle macchine agricole.	Medio-basso in fase di cantiere Pressoché nullo in fase di esercizio.	Medio-basso in fase di cantiere Pressoché nullo in fase di esercizio.	Medio-basso in fase di cantiere Medio in fase di esercizio.	Medio-basso in fase di cantiere Medio in fase di esercizio.

Tabella 4.4: riepilogo alternative progettuali a confronto.

5. ANALISI COSTI-BENEFICI DELL'OPERA

L'analisi economico-sociale all'interno dello studio di fattibilità di un'opera pubblica o privata ha lo scopo di verificare il grado di utilità dell'opera per la collettività.

L'analisi economica si concentra sullo studio dei costi e dei benefici attesi interni ed esterni al progetto mediante l'impostazione teorica propria dell'analisi costi e benefici (Cost-Benefit Analysis).

L'Analisi Costi-Benefici è la metodologia più diffusa al fine di razionalizzare i processi decisionali in tema di allocazione delle risorse, in sintesi permette di valutare se il progetto è economicamente conveniente e socialmente desiderabile, condizione che si verifica quando il totale dei benefici ad esso associati supera il totale dei costi:

$$(B-C)>0$$

È considerazione diffusa che, sebbene l'energia da fonte fotovoltaica e le altre energie rinnovabili presentino degli indubbi benefici ambientali al confronto con le altre fonti tradizionali di produzione di energia elettrica, tali benefici non si riflettano sempre pienamente nel prezzo di mercato dell'energia elettrica. In realtà i notevoli miglioramenti tecnologici intercorsi negli ultimi anni sia a livello di prestazioni energetiche che di processi produttivi, hanno permesso il raggiungimento di un costo dell'energia elettrica prodotta estremamente minore rispetto al recente passato, condizione che, di fatto, permette di annoverare tale tipologia di impianti tra quelle più efficienti dal punto di vista energetico (circostanza che si riflette di conseguenza sul costo della bolletta elettrica).

L'ACB è un metodo sistematico per la valutazione dell'impatto globale dell'azione delle imprese, del settore pubblico, del settore no profit, 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 del funzionamento dell'impianto ed una vita utile dell'impianto di circa 30 anni.

Il progetto sarà considerato "utile socialmente" quando il valore aggiunto prodotto (V_a) sommato alle economie esterne prodotte (E_e) e al maggior benessere sociale (B_s) avrà un valore superiore ai costi di produzione del servizio (C_s) sommato alle diseconomie esterne (D_e) e al disagio sociale (D_s), in tale formula:

$$V_a + E_e + B_s > C_s + D_e + D_s$$

La corretta valutazione dei risultati di un progetto di investimento, realizzato in un'ottica collettivistica presuppone la considerazione di tutti gli effetti da esso prodotti quindi anche di quelli che, seppure di natura involontaria, ricadono su individui o imprese esterne rispetto alla sfera di interessi di chi realizza il progetto, si parla a questo proposito di esternalità, le quali possono essere positive o negative, facendo riferimento ai benefici o costi apportati verso l'esterno all'effettiva attività svolta.

Il processo di valutazione di un progetto, secondo la Guida Europea (Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020) si articola tipicamente in sette fasi:

1. 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;
2. 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;
3. Identificazione del progetto: definizione delle attività del progetto, dell'organismo responsabile della sua esecuzione e dei confini dell'analisi;
4. Analisi della fattibilità tecnica e della sostenibilità ambientale;
5. Analisi finanziaria;
6. Analisi economica.
7. Valutazione dei rischi.

Nello specifico della presente relazione verranno meglio descritte l'analisi finanziaria e l'analisi socio-economica per valutare la fattibilità e sostenibilità della proposta progettuale.

5.1 ANALISI FINANZIARIA

L'analisi finanziaria condotta si basa sul metodo dei flussi di cassa attualizzati, ossia sulla determinazione del valore dei flussi di cassa attesi da una specifica attività e consente di:

- Valutare la redditività del progetto nel suo complesso;
- Valutare la redditività del progetto per il promotore e per i principali stakeholder;
- Verificare la sostenibilità finanziaria del progetto;
- Delineare i flussi di cassa che sottendono al calcolo dei costi e dei benefici socioeconomici.

L'analisi pertanto è finalizzata a verificare e valutare quella che sarà la situazione finanziaria per la gestione e manutenzione dell'opera, basandosi su tre elementi fondamentali: l'entità del flusso di cassa, la distribuzione nel tempo dei flussi e il tasso di attualizzazione.

Nell'analisi finanziaria si individuano le seguenti variabili:

1. Costi di investimento, costi di sostituzione e valore residuo: il primo passo dell'analisi finanziaria consiste nella definizione dell'ammontare dei costi totali di investimento e nella loro ripartizione negli anni. Tali costi sono così classificabili: investimento iniziale, costi di rimpiazzo, valore residuo.
2. Ricavi e costi operativi: costi operativi comprendono tutti i costi d'esercizio e manutenzione (O&M - Operation and Maintenance) connessi al funzionamento delle infrastrutture/servizi realizzati dal progetto e si distinguono in costi fissi e costi variabili. Le entrate del progetto sono definite come i "flussi finanziari in entrata pagati direttamente dagli utenti per i beni o i servizi forniti dall'operazione, quali le tariffe direttamente a carico degli utenti per l'utilizzo dell'infrastruttura, la vendita o la locazione di terreni o immobili o i pagamenti per i servizi".
3. Fonti di finanziamento: vengono individuate le diverse fonti di finanziamento a copertura dei costi di investimento (fondi europei, contributi pubblici nazionali, capitale del soggetto proponente, prestiti, ecc...).

4. Redditività finanziaria: la definizione dei costi di investimento, dei costi operativi, delle entrate e delle fonti di finanziamento consente di valutare la redditività finanziaria del progetto, misurata dai seguenti indicatori chiave:

- a. Valore Attuale Netto Finanziario – VANF(C) – e Tasso Interno Di Rendimento Finanziario – TIRF(C) – dell’investimento; il VANF(C) e il TIRF(C), sono espressi rispettivamente in Euro e in % e confrontano i costi di investimento con le entrate nette e misurano la capacità delle entrate nette generate dal progetto di ripagare l’investimento iniziale, indipendentemente dalle fonti o dai metodi con cui è finanziato.
- b. valore attuale netto finanziario – VANF(K) – e tasso interno di rendimento finanziario – TIRF(K) – del capitale nazionale. Nel calcolo del VANF(K) e del TRF(K) vengono prese in considerazione tutte le fonti di finanziamento, tranne i contributi dell'UE. Queste fonti sono considerate come flussi in uscita (mentre sono flussi in entrata nel computo della sostenibilità finanziaria), al posto dei costi di investimento (in quanto fanno parte del rendimento finanziario nel calcolo dell'investimento).

Un progetto è finanziariamente sostenibile quando si prevede che il rischio di esaurire la liquidità, sia nelle fasi operative sia durante l'investimento, è pari a zero.

E’importante evidenziare come nell’analisi finanziaria, però, non vengono considerate le variabili e i benefici dal punto di vista ambientale poiché i beni ambientali sfuggono alla logica di mercato e, pertanto, il loro valore non può essere determinato attraverso l’analisi tradizionale delle curve di domanda ed offerta.

È evidente, quindi, come la definizione del valore economico di una risorsa ambientale, non può essere limitata ad un semplice valore di scambio ma deve analizzare tutte le ragioni per le quali la risorsa ambientale è fonte di utilità per la collettività. Pertanto, all’analisi finanziaria aziendale si deve certamente affiancare l’analisi economico-sociale dell’investimento.

5.1.1 ANALISI REMUNERAZIONE VENDITA ENERGIA PER L'IMPIANTO

La remunerazione economica del settore fotovoltaico è rappresentata dalla remunerazione da vendita dell’energia prodotta attraverso cessione alla rete dei kWh prodotti secondo quanto previsto dal DM 04/07/2019, in continuità con i precedenti Decreti Ministeriali D.M. 06/07/2012 e il D.M. 23/06/2016, da cui eredita parte della struttura (meccanismo gestito dal GSE).

Il D.M. 04/07/2019 ha il fine di promuovere, attraverso un sostegno economico, la diffusione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili di piccola, media e grande taglia. Gli impianti che possono beneficiare degli incentivi previsti dal Decreto sono quelli fotovoltaici di nuova costruzione, eolici onshore, idroelettrici e infine quelli a gas di depurazione.

Il D.M. 04/07/2019 prevede tre diverse definizioni di tariffa:

1. la Tariffa di Riferimento, determinata in funzione della fonte e tipologia dell'impianto e della potenza.

2. la Tariffa Offerta è calcolata applicando alla tariffa di riferimento le eventuali riduzioni richieste dal Soggetto Responsabile in fase di iscrizione ai Registri o alle Aste, al fine di beneficiare dei relativi criteri di priorità.
3. la Tariffa Spettante è calcolata applicando alla tariffa offerta le ulteriori riduzioni previste dal D.M. 04/07/2019 per gli impianti risultati in posizione utile nelle graduatorie dei Registri e delle Aste e successivamente ammessi agli incentivi.

Il Decreto prevede due distinti meccanismi incentivanti, individuati sulla base della potenza, della fonte rinnovabile e della tipologia dell'impianto:

- a. la Tariffa Onnicomprensiva (TO) costituita da una tariffa unica, corrispondente alla tariffa spettante, che remunera anche l'energia elettrica ritirata dal GSE;
- b. un Incentivo (I), calcolato come differenza tra la tariffa spettante e il prezzo zonale orario dell'energia, poiché l'energia prodotta resta nella disponibilità dell'operatore.

Per gli impianti di potenza fino a 250 kW è possibile scegliere una delle due modalità, con la possibilità di passare da una modalità all'altra non più di due volte nel corso dell'intero periodo di incentivazione.

Gli impianti di potenza superiore a 250 kW possono invece accedere al solo Incentivo.

Tariffe Onnicomprensive e Incentivo sono erogati dal GSE a partire dalla data di entrata in esercizio commerciale, per un periodo specifico per ciascuna tipologia di impianto pari alla vita utile dell'impianto stesso. La data di entrata in esercizio commerciale può essere scelta dall'operatore, purché compresa nei 18 mesi successivi all'entrata in esercizio dell'impianto.

Sono inoltre previsti due premi, rispettivamente per gli impianti fotovoltaici di cui al gruppo A-2, erogato su tutta l'energia prodotta e un premio per gli impianti di potenza fino a 100 kW su edifici, sulla quota di produzione netta consumata in sito.

Tuttavia, per l'impianto proposto, essendo localizzato su terreno agricolo, vale quanto disposto nell'Art.2 comma 5.b.2 del DM 04/ /2019, ossia il "divieto di accesso agli incentivi statali per impianti con moduli collocati a terra in aree agricole". L'impianto pertanto entrerà nel mercato libero, in modalità Grid parity.

Il modello finanziario adottato per il progetto in esame si basa su una duplice remunerazione economica:

- Una parte dell'energia prodotta verrà venduta tramite un contratto PPA (Power Purchase Agreement) a un'azienda terza;
- La parte rimanente verrà immessa in rete e venduta direttamente sul mercato libero (Grid Parity).

Come anticipato, PPA è l'acronimo di Power Purchase Agreement: si tratta di contratti a lungo termine in cui un'azienda accetta di acquistare elettricità direttamente da un produttore di energia. Tali contratti hanno durata uguale o superiore ai 10 anni e prevedono la vendita dell'elettricità a un prezzo fisso per kWh, offrendo pertanto una copertura contro eventuali fluttuazioni dei prezzi energetici.

L’impianto proposto pertanto entrerà nel mercato libero, in modalità Grid parity.

Per gli impianti fotovoltaici secondo quanto riporta il rapporto IRENA1 “Renewable Power Generation costs 2019” il LCOE (*costo livellato dell’elettricità - Levelized cost of energy*) nel 2021, con ogni probabilità scenderà a 0,039 €/kWh, ossia il 42% in meno in confronto al valore medio LCOE del fotovoltaico nel 2019.

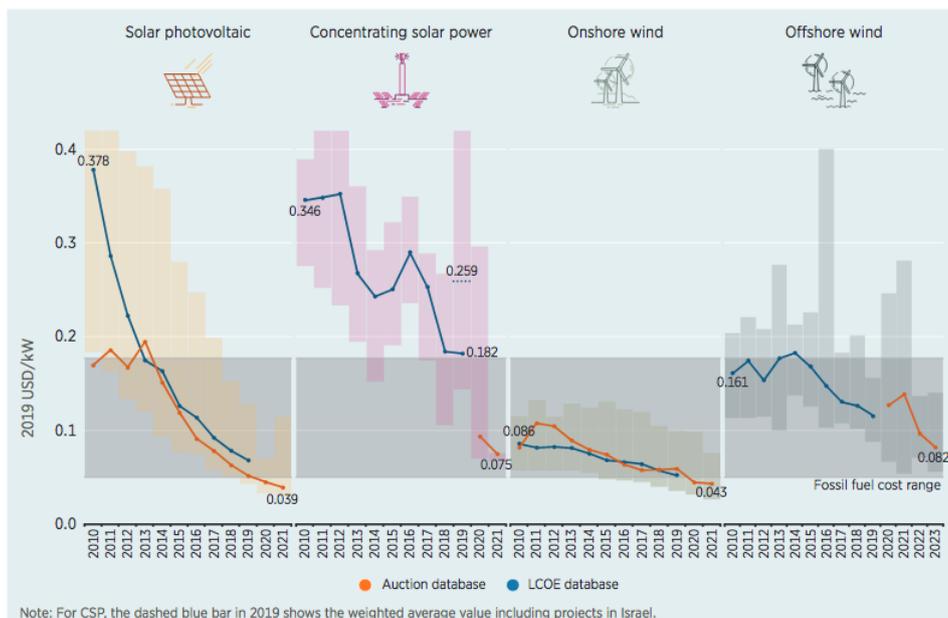


Figura 5: LCOE (costo livellato dell’elettricità) - Rapporto IRENA “RenewablePower Generation costs 2019”.

Considerando la media ponderata tra l’energia venduta tramite PPA e quella ceduta in rete e sottraendo infine gli oneri di immissione si ottiene il prezzo a cui verrà remunerata mediamente l’energia, pari a 80,00 €/MWh (con riferimento all’anno 2024). Al termine del decimo anno tutta l’energia verrà immessa e venduta in rete (Grid Parity), a un prezzo medio di 60,50 €/MWh. Si ipotizza nel presente studio una vendita dell’Energia con contratto pari a 70,25 €/MWh (valore medio).

5.1.2 VALORE ATTUALE NETTO (VAN)

Da questa analisi è possibile, mediante i cash flow dei costi-benefici (i 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). Verrà considerato, tra più alternative, l’investimento con il VAN maggiore o comunque con VAN>0.

I costi e i benefici annui legati alle alternative progettuali vengono attualizzati attraverso le regole della matematica finanziaria all’anno di riferimento calcolandone il valore attuale attraverso il tasso di sconto:

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

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

Il tasso di attualizzazione o più semplicemente tasso di sconto (discount rate) è indispensabile in quanto nell'Analisi Costi-Benefici si mettono a confronto costi e benefici che maturano in tempi diversi: esprime la condizione alle quali gli individui sono disposti a privarsi della disponibilità del denaro e di rinviarla nel futuro. Ai fini della presente analisi è stato utilizzato un tasso di attualizzazione al 6% ipotizzando 30 anni di funzionamento, 1 anno di costruzione e 1 smantellamento. I costi sono dati da tutti gli esborsi richiesti per la connessione alla rete, costruzione, gestione, manutenzione ordinaria e straordinaria dell'impianto, studi ingegneria, dismissione impianto.

In linea con quanto suggerito dalla Guida europea (Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020, 2014) l'analisi è svolta considerando un'inflazione del e considerando valori costanti (espressi in € 2023) Alla base dell'analisi finanziaria proposta sono state considerate le seguenti ipotesi:

- l'arco temporale della valutazione si estende dal 2024 al 2054, considerando 30 anni di esercizio dell'impianto. Lungo tale arco temporale è possibile distinguere la fase di progettazione e realizzazione (fino al 2024) e la fase di esercizio in cui si sviluppano in modo pieno gli effetti del progetto;
- l'anno base per l'attualizzazione dei flussi è il 2024;
- il tasso di sconto utilizzato per l'analisi finanziaria corrisponde al tasso suggerito nella Guida pari al 6%.

Le tabelle di seguito riportano un riepilogo delle ipotesi alla base dell'analisi finanziaria:

Dati fiscali	
Tasso Ammortamento annuale	9%
Tasse su profitto - IRES	24,00%
Tasse su profitto - IRAP	2,90%
IVA sull'energia venduta	10%
IVA sui beni	10%
Tasse acquisto Terreno	9%
Tasse DDS Terreno	9%

Tabella 5.1: parametri fiscali investimento.

Finanziamento	
Costo iniziale	21.534.169,94 €
Inflazione	3%
% Equity sul totale	20%
Equity	2.270.729,94 €
Prestito	19.263.440,00 €
Termine prestito (anni)	8
Tasso di interesse	4,50%
Commissione prestito	192.634,40 €
Tasso di attualizzazione (o tasso di sconto)	6,00%
Anno base di attualizzazione	2024
Orizzonte temporale di valutazione	2024-2054

Tabella 5.2: parametri di base analisi finanziaria.

Tra i parametri utilizzati si evidenzia un valore di inflazione abbastanza elevato, pari al 3%, giustificato dalla situazione socioeconomica attuale. L'ammortamento annuale è pari al 9% e viene quindi ripartito in maniera costante nei primi 8 anni di investimento.

Per quanto concerne i costi di investimento iniziali, essi verranno sostenuti per una quota pari al 20% da parte della società proponente, mentre la parte rimanente verrà finanziata da un istituto bancario, con un tasso di interesse annuo pari al 4,5% per 8 anni e una commissione iniziale pari all'1% del prestito effettuato.

Dati di progetto	
Potenza MWp	37,764 MWp
Potenza MWac	33,125 MW
Dimensioni terreno contrattualizzato	74,1 ha
Costi	
Costi di sviluppo	2.035.761,10 €
Costo dell'impianto agrivoltaico comprensivo di connessione alla rete	19.388.408,84 €
Imposte e contributi dovuti per legge	110.000,00 €
Totale costi iniziali	21.534.169,94 €
Prezzo affitto annuale terreno (DDS)	117.395,00€
O & M	380.000,00 €
Assicurazione	70.000,00 €
Totale costi annuali	567.395,00 €
Ricavi	
Ricavo cessione energia (valore medio)	4.137.849,00 €

Tabella 5.3: dati di progetto, costi e ricavi.

In Tabella 5.3 vengono presentati sinteticamente i principali dati dell’impianto, i costi iniziali e operativi e i ricavi dovuti alla sola vendita dell’energia, secondo i parametri finanziari citati nel paragrafo precedente.

Come anticipato, si è ipotizzata anche la possibilità di “non azione” considerando in fase di analisi delle alternative la cosiddetta alternativa “zero” che 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 rispetto alla situazione vigente.

Di conseguenza, se il progetto analizzato dovesse avere un VAN e un TIR positivi, tale intervento sarà da considerarsi più vantaggioso e quindi preferibile rispetto alla cosiddetta alternativa zero.

5.1.3 RISULTATI ANALISI FINANZIARIA

Si riportano di seguito i risultati dell’analisi finanziaria per il progetto agrivoltaico in esame. La figura seguente riporta un confronto su base annuale dell’andamento della producibilità in rapporto al decadimento del rendimento di produzione dell’impianto nei 30 anni; riporta inoltre i flussi monetari annuali e cumulati e il parametro complessivo del Valore Attuale Netto (VAN).

Il flusso monetario cumulato e l’energia prodotta si possono rappresentare anche in forma cumulativa grafica, come riportato nelle seguenti figure, con evidenziato il punto di pareggio in termini economici e temporali (Tempo di Ritorno dell’investimento).

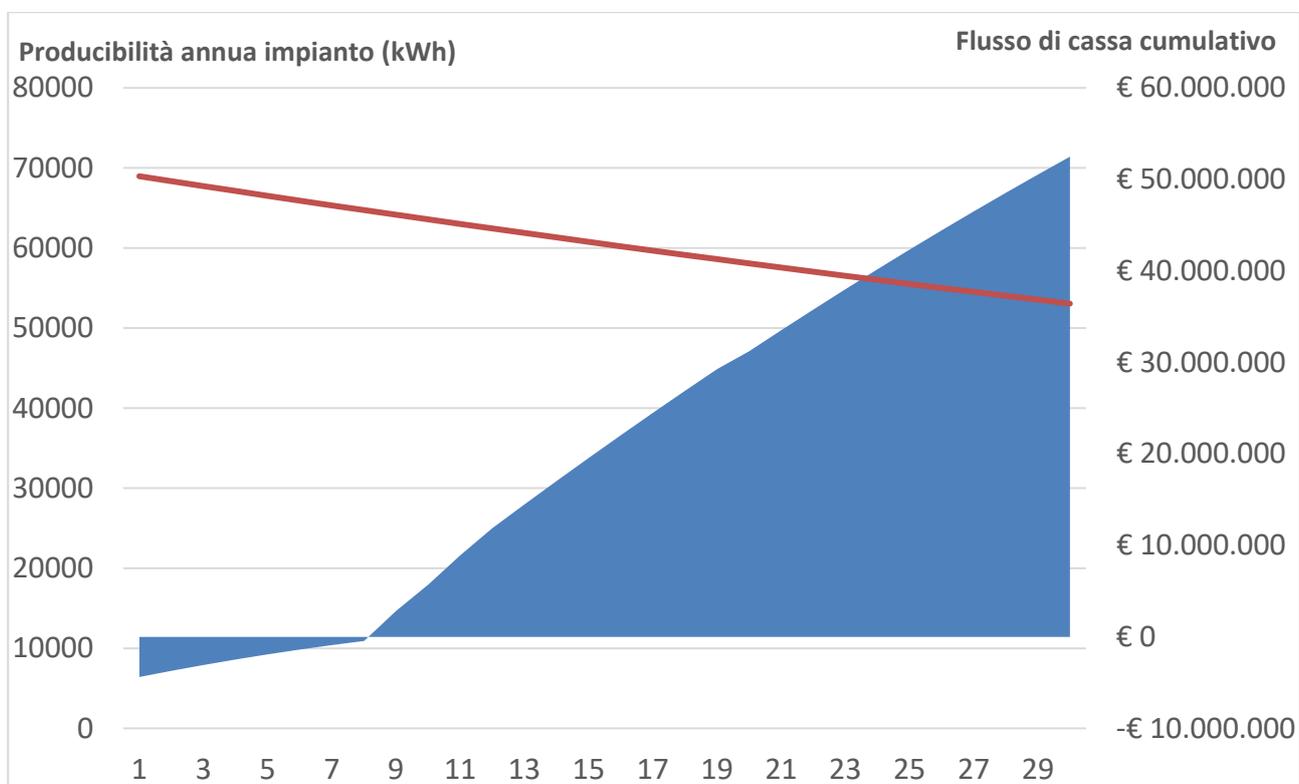


Figura 6: diagramma dei flussi di cassa cumulativi e producibilità energetica annuale.

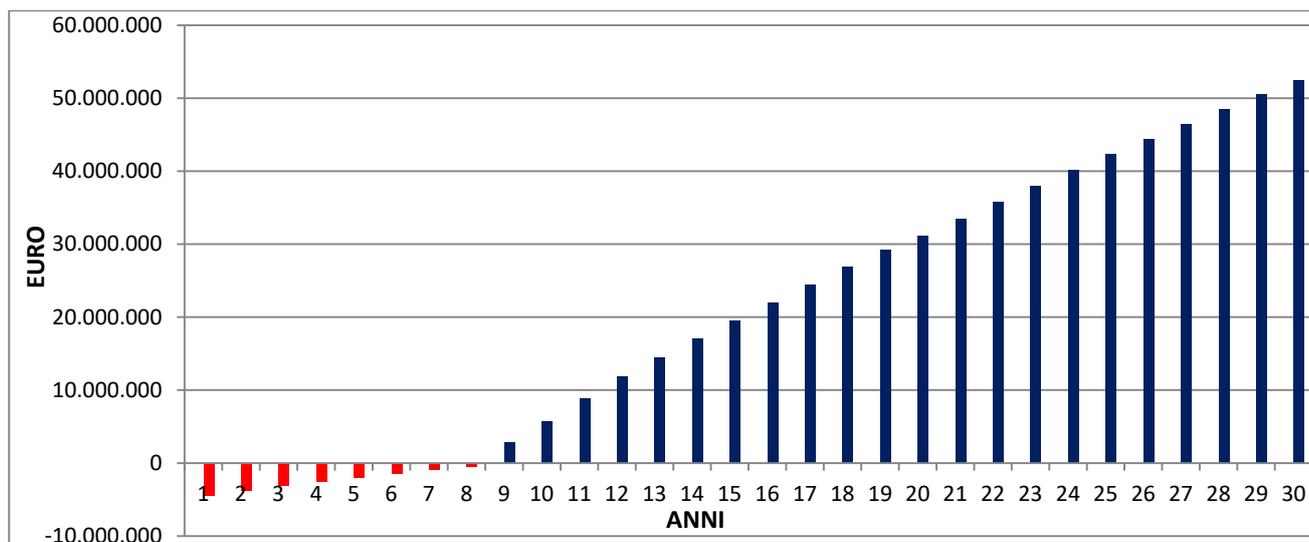


Figura 7: diagramma dei flussi di cassa cumulativi e tempo di ritorno.

Si riportano nella tabella seguente i valori di sintesi dell'analisi finanziaria.

Descrizione	Valori
Anni di investimento:	30
Valore Attuale:	5.029.564,56 €
Investimento iniziale:	- 26.047.711,71 €
Valore Attuale Netto:	191.378,32 €
Tasso Interno di Rendimento (TIR):	15,6%
Tasso di interesse privo di rischio:	6,0%
Differenza TIR vs. Risk-free	9,6%

Tabella 5.4: sintesi analisi finanziaria con indicazione del VAN e del TIR.

Dalle figure rappresentanti i diagrammi di flusso e dalla tabella di sintesi dell'analisi finanziaria, si verifica facilmente come il Valore Attuale Netto del progetto proposto sia positivo, con un TIRF positivo e ampiamente superiore al tasso di interesse richiesto dall'istituto finanziario.

6. L'ANALISI SOCIO-ECONOMICA

Coerentemente con quanto previsto dalle norme europee, l'analisi economica viene elaborata a partire dall'analisi finanziaria, attraverso alcuni piccoli adeguamenti da applicare alle grandezze finanziarie così come sviluppate nell'analisi del rendimento sull'investimento:

- correzioni fiscali;
- conversione dei prezzi di mercato in prezzi ombra (prezzi che riflettono il costo opportunità di beni e servizi);
- valutazione degli impatti non di mercato e correzione per le esternalità

Una volta adeguati i prezzi di mercato e valutati gli impatti non di mercato, è possibile attualizzare costi e benefici, che si manifestano in tempi diversi. Il tasso di sconto utilizzato nell'analisi economica è il Tasso di Sconto Sociale (TSS), che riflette il punto di vista sociale circa il grado di preferenza dei costi e dei benefici futuri rispetto a quelli presenti.

Una volta impiegato il TSS appropriato, quantificati e valutati in termini monetari tutti i costi e i benefici del progetto, è possibile misurarne la performance economica attraverso i seguenti indicatori:

- *Valore Attuale Netto Economico (VANE)*: consente la valutazione della convenienza e rappresenta la somma dei flussi economici attualizzati. Il VANE, a differenza del VANF, utilizza prezzi contabili o il costo opportunità di beni e servizi anziché prezzi di mercato imperfetti, e include - per quanto possibile - ogni esternalità sociale e ambientale, perché l'analisi è svolta dal punto di vista della società e non solo da quello del promotore del progetto. Dato che sono presi in considerazione esternalità e prezzi ombra, quindi, progetti con VANF(C) negativo possono mostrare un VANE positivo. Un VANE positivo definisce quindi la convenienza di esecuzione di un intervento.
- *Tasso di Rendimento Economico (TIRE)*: tasso di attualizzazione che rende nulla la somma algebrica dei flussi economici attualizzati del progetto. Considerando la distribuzione temporale dei flussi economici, questo indicatore ne esprime, in media, il loro tasso di rendimento. Inoltre, potendo essere espresso in valori percentuali, è un indicatore di impatto immediato, che mette in condizione di percepire facilmente il rendimento economico dell'investimento rendendo, quindi, più agevole il processo decisionale.

Perché un progetto possa considerarsi fattibile, risulta quindi necessario avere un TIRE inferiore al tasso di sconto sociale o un VANE positivo.

6.1 ANALISI ESTERNALITÀ DEL PROGETTO AGRIVOLTAICO

La realizzazione di un progetto produce generalmente degli effetti economici esogeni al sistema dei prezzi che devono tuttavia essere considerati nell'analisi costi-benefici. Tali effetti, chiamati dalla letteratura economica esternalità, si manifestano quando le attività di un gruppo (sia di

produttori sia di consumatori) influiscono sui livelli di produzione o di consumo di un altro gruppo senza che tale effetto sia valutato mediante i prezzi o compensato tramite trasferimenti.

Le esternalità possono essere sia positive, e in questo caso si parla di benefici esterni o economie, sia negative, ossia costi esterni o diseconomie.

La Comunità Europea suggerisce la classificazione delle esternalità conseguenti alla produzione di energia elettrica, riconducendole a due principali categorie: ambientali e non ambientali.

6.1.1. ESTERNALITA' AMBIENTALI

Sotto sono riportate le esternalità relative ai costi ambientali:

- Impatto sull'uso del suolo e sui servizi ecosistemici;
- Disturbi (rumore, impatto visivo, odori);
- Impatti ecologici (piogge acide, eutrofizzazione, qualità dei suoli);
- Cambiamenti climatici (aumento della temperatura, incremento del livello medio del mare, cambiamenti nel regime delle precipitazioni, aumento degli uragani).

Le esternalità ambientali possono essere classificate inoltre in locali, regionali o globali, queste ultime con particolare riferimento al problema dei cambiamenti climatici conseguenti alle emissioni di CO₂ riduzione dello strato di ozono a seguito dell'emissione di clorofluorocarburi o di esafluoruro di zolfo.

6.1.2 ESTERNALITÀ NON-AMBIENTALI

Sotto sono riportate le esternalità relative ai costi non-ambientali:

- Sussidi;
- Sicurezza sul lavoro (incidenti, rumore, stress psicofisico);
- Occupazione;
- Costi per ricerca e sviluppo;
- Affidabilità e sicurezza della fornitura;
- Effetti sul prodotto interno lordo.

Le esternalità non-ambientali si riferiscono ai costi nascosti.

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.

6.2 INDIVIDUAZIONE ESTERNALITA' NEGATIVE

In linea generale, da un punto di vista socio - economico, le esternalità negative più rilevanti legate alla realizzazione di un'opera analoga a quella in oggetto fanno riferimento ai disagi che la fase di realizzazione delle opere procura a chi — cittadini, istituzioni, attività produttive — gravita nelle zone interessate dai lavori di costruzione dell'opera stessa. Si dovrà tenere conto anche delle esternalità negative legate alla fase di gestione del parco che riguarderanno sia gli aspetti visivi (paesaggistici), sia quelli naturalistici. Vi sono dei casi in cui alcune esternalità negative si trasformano in positive: si pensi ad esempio alla realizzazione di nuove piste ed all'adeguamento delle vetuste, che comporteranno naturalmente il miglioramento degli accessi ai fondi e della percorribilità delle infrastrutture viarie.

6.2.1 POSSIBILI ESTERNALITÀ NEGATIVE IN FASE DI CANTIERE (COSTRUZIONE – DISMISSIONE)

Le esternalità negative che potrebbero avere un impatto significativo nel caso della realizzazione dell'opera considerata possono essere raggruppate in due categorie:

- aspetti insediativi e infrastrutturali;
- aspetti di natura ambientale e paesaggistica.

Gli aspetti insediativi e infrastrutturali comprendono:

- le funzioni abitative: l'apertura dei cantieri può determinare impatti di varia natura sulle abitazioni che vengono direttamente o indirettamente coinvolte dai lavori;
- le funzioni produttive e di servizio: analogamente alle funzioni abitative, l'apertura dei cantieri potrebbe determinare condizionamenti alle attività commerciali e professionali e sul funzionamento di alcuni servizi complessi interessate da attività di servizio all'intera cittadinanza;
- la mobilità: i lavori eseguiti nei cantieri possono avere 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, dall'apertura dei cantieri e dalle interferenze sul traffico dovuto alla presenza in fase di realizzazione di automezzi per il trasporto dei materiali e delle strutture;
- le infrastrutture stradali: l'apertura dei cantieri e il completamento delle opere possono determinare una possibile interferenza con le infrastrutture stradali e provocare pertanto potenzialmente un deterioramento dell'efficienza del sistema stradale;
- le infrastrutture tecnologiche: in questo caso ci si riferisce alle interferenze che i cantieri possono provocare alle infrastrutture tecnologiche (soprattutto ai sotto servizi a rete) in termini delle possibili interruzioni parziali del servizio, che provocano evidentemente 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 sia mediante scelte progettuali adeguate sia tramite soluzioni flessibili da adottare durante la realizzazione delle opere che consentono il conseguimento di risparmi di tempo e di costi di realizzazione. In particolare, alcuni disagi sostenuti dalla collettività potrebbero essere mitigati grazie ad alcuni accorgimenti 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.

Gli aspetti ambientali delle esternalità negative comprendono:

- il consumo di suolo: l'apertura dei cantieri e le opere da realizzarsi possono determinare un consumo del suolo sia qualitativamente sia quantitativamente;
- il consumo di inerti: la realizzazione 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";
- il contesto naturalistico: i lavori potrebbero causare un danno al sistema naturale, ossia alla flora e alla fauna di alcune zone interessate ai lavori nel caso in esame.

6.2.2 POSSIBILI ESTERNALITÀ NEGATIVE IN FASE DI ESERCIZIO

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

- l'Impatto visivo: la "visibilità delle strutture" da grande distanza e la loro localizzazione;
- Il contesto naturalistico: l'effetto che il funzionamento del parco può avere sulla fauna ed in particolare sull'avifauna stanziale e migratoria.

6.3 ANALISI ECONOMICA ESTERNALITA' NEGATIVE

I costi esterni legati alle esternalità negative sono stimati prevalentemente al consumo di suolo, in relazione alla riduzione o modificazione dei servizi eco sistemici ad esso legati. La quantificazione monetaria del mancato o ridotto servizio ecosistemico permette di valutare il costo esterno e quindi economico e sociale correlato al consumo di suolo.

Per quanto attiene al progetto in esame, si è presa in considerazione la superficie effettivamente utilizzata per strade perimetrali, cabine elettriche e trasformatori (superficie effettivamente impermeabilizzata o semi impermeabilizzata) e una quota parte della superficie sulla quale insistono i trackers dei pannelli FV, poiché, trattandosi di un impianto costituito da strutture fisse, si considera, in via cautelativa, l'impatto dovuto dalla presenza delle strutture per un totale pari a 3,2 ettari sui 35 ettari recintati per l'impianto AGV e sui 74 ettari di superficie totali a disposizione della società.

Al fine di valutare la fattibilità ambientale dell'opera proposta, si propone quindi un'analisi economica relativa alle seguenti esternalità ambientali:

1. Stoccaggio e sequestro di carbonio;
2. Rimozione particolato ed ozono;
3. Regolazione del microclima;
4. Qualità degli habitat;
5. Protezione dall'erosione;
6. Regolazione del regime idrologico;
7. Disponibilità di acqua;
8. Purificazione dell'acqua;
9. Produzione agricola;
10. Impollinazione;
11. Impatto visivo.

Per i Servizi Ecosistemici citati verranno fornite una descrizione ed una valutazione economica generale secondo quanto definito nel Rapporto ISPRA 2018, tali dati verranno poi applicati al progetto in esame per quantificare l'impatto in termini di consumo di suolo ed economici.

6.3.1 SEQUESTRO E STOCCAGGIO DI CARBONIO

Il sequestro e lo stoccaggio di carbonio costituiscono un servizio di regolazione assicurato dai diversi ecosistemi terrestri e marini grazie alla loro capacità di fissare gas serra, seppur con diversa entità, secondo modalità incrementali rispetto alla naturalità dell'ecosistema considerato. Questo servizio contribuisce alla regolazione del clima a livello globale e gioca un ruolo fondamentale nell'ambito delle strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici.

Fra tutti gli ecosistemi, quelli forestali naturali e seminaturali presentano il più alto potenziale di sequestro di carbonio; il danno peggiore è pertanto il consumo di suolo nelle aree a copertura naturale e seminaturale o, più in generale, nei contesti territoriali caratterizzati da un elevato grado di naturalità.

La valutazione di questo servizio di regolazione viene effettuata sia rispetto al valore di stock sia al valore del flusso di servizio. Per quanto riguarda il valore di stock, la valutazione viene fatta con riferimento alla stima del quantitativo di carbonio stoccato a seconda della tipologia d'uso/copertura del suolo.

Per la determinazione dei valori del carbonio contenuto nel suolo vengono utilizzate stime da letteratura: i valori dei pool per le aree artificiali sono stati lasciati tutti a zero mentre per le altre aree naturali e per le superfici agricole vengono utilizzati valori di letteratura riportati nella tabella sottostante.

Classe d'uso del suolo	Epigeo (Mg C ha ⁻¹)	Ipogeo (Mg C ha ⁻¹)	Sostanza organica morta (Mg C ha ⁻¹)	Suolo (Mg C ha ⁻¹)	Totale (Mg C ha ⁻¹)
Foreste	50.5 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	11.525 (Est. ISPRA, 2014)	5.295 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	76.1 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	143.42
Aree agricole	5 (ISPRA, 2014)	/	/	53.1 (Chiti et al., 2012)	58.1
Arboricoltura da frutto	10 (ISPRA, 2014)	/	/	52.1 (Chiti et al., 2012)	62.1
Arboricoltura da legno	28.55 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	5.25 (Est. ISPRA, 2014)	1.75 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	63.9 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	99.45
Prati e pascoli	/	/	/	78.9 (ISPRA, 2014)	78.9
Altre terre boscate	3.05 (IPCC, 2003)	/	/	66.9 (ISPRA, 2014; Alberti et al. 2011)	69.95
Urbano	*	*	*	*	*
Aree con vegetazione rada o assente	**	**	**	**	**

Tabella 6.1: Valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo (fonte: Sallustio et al. 2015).

6.3.1.1 Valutazione economica generale

Per la valutazione economica del servizio ecosistemico descritto non esiste un unico valore monetario corretto. In letteratura sono disponibili un rilevante numero di stime, che tuttavia differiscono per diversi ordini di grandezza, creando confusione su quale sia la più opportuna da utilizzare. Tuttavia, due sono quelli più utilizzati: uno basato sul costo sociale, l'altro sul valore di mercato dei permessi di emissione.

Il Rapporto ISPRA 2018 fa riferimento ad entrambi i costi:

- Il costo del flusso di servizio è fissato per il 2018 al valore di 121,45 €/tC
- Il costo di mercato è fissato sempre per il 2018 in 23,00 €/tC (ISPRA, 2018 p. 5-9) .

Utilizzando in coefficiente di rivalutazione (calcolato sul sito <https://rivaluta.istat.it>) è stato possibile aggiornare il dato del 2018 a marzo 2024.

- Il costo del flusso di servizio aggiornato al 2024 è: 121,45 €/tC x 1,176 = 142,83 €/tC
- Il costo di mercato aggiornato al 2024 è: 23,00 €/tC x 1,176 = 27,05 €/tC

6.3.1.2 Valutazione economica per il progetto in esame

Come riportato nella tabella di riferimento, considerando che l'impianto in oggetto ricade su terreni ad uso agricolo, si considera il valore di 58,1 Mg c/ha (aree agricole).

Considerando che un Mg corrisponde ad una tonnellata è possibile ottenere il valore espresso in €/ha moltiplicando il valore riportato in tabella per il costo del servizio ecosistemico calcolato precedentemente, ottenendo:

$$58,1 \text{ Mg C/ha} \times 142,83 \text{ €/tC} = 8.298,42 \text{ €/ha}$$

Considerando ora la superficie dell'impianto effettivamente impermeabilizzata o semi impermeabilizzata (suolo effettivamente sottratto) di 6,9 ha, si ottiene il costo esterno relativo al mancato servizio di stoccaggio e sequestro di carbonio:

$$8.298,42 \text{ €/ha} \times 3,2 \text{ ha} = 26.554,94 \text{ €/anno}$$

6.3.2 RIMOZIONE DI PARTICOLATO E OZONO

Tra i servizi ecosistemici di regolazione un ruolo importante riguarda il miglioramento della qualità dell'aria. Attualmente, l'esposizione a inquinanti atmosferici è il principale fattore di rischio ambientale in Europa (EEA, 2014). In tale contesto, per l'Italia si stima il maggior numero di morti premature da inquinanti atmosferici (8.440; EEA, 2015). Il servizio ecosistemico è stimato attraverso la rimozione di due inquinanti atmosferici, particolato atmosferico (PM₁₀) e ozono troposferico (O₃), da parte degli ecosistemi forestali per l'intero territorio nazionale. Gli ecosistemi forestali, per l'elevato rapporto superficie fogliare/volume, contribuiscono in modo rilevante al processo di rimozione di inquinanti dall'atmosfera, in particolare grazie alla capacità di assorbimento fogliare di O₃ e di adsorbimento di PM₁₀.

6.3.2.1 Valutazione economica generale

La valutazione monetaria considera i valori di esternalità (costo per tonnellata) dell'inquinamento da PM₁₀ e da O₃. Tali valori corrispondono al costo per la società del danno causato dall'inquinamento alla salute umana e all'ambiente. Applicando le esternalità stimate per il territorio italiano, in termini di anni di vita persa, più conservativo, e in termini del valore statistico di una vita, è possibile calcolare l'ammontare monetario relativo alla mancata rimozione dei due inquinanti.

Il Report 2018 stima valori compresi tra 284,9 e 910 €/ha per il PM₁₀ e tra i 234,9 e 693,7 €/ha per O₃ (fonte: Rapporto ISPRA, 2018).

6.3.2.2 Valutazione economica per il progetto in esame

Considerando che l'area geografica riferita al progetto in esame (regione Sardegna), non risulta sicuramente tra le aree più inquinate del paese, possono essere considerati i valori più bassi per entrambi i parametri e moltiplicarli per gli ettari di terreno privi di vegetazione naturale a seguito della realizzazione del progetto (aree impermeabilizzate o semi impermeabilizzate).

$$\text{PM}_{10}: 285 \text{ €/ha anno} \times 3,2 \text{ ha} = 912,00 \text{ €/anno}$$

$$\text{O}_3: 235 \text{ €/ha anno} \times 3,2 \text{ ha} = 752,00 \text{ €/anno}$$

Quantificazione economica complessiva: 1.664,00 €/anno.

6.3.3 ANALISI CAMBIAMENTI CLIMATICI (REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA)

Alcuni studi hanno dimostrato che la realizzazione di un impianto fotovoltaico in un'area genera una variazione stagionale del microclima tra le aree al di sotto dei moduli fotovoltaici e le aree tra le stringhe dei moduli fotovoltaici. In particolare, uno studio molto interessante sull'argomento è quello pubblicato su Environmental Research Letter, Volume 11, Numero 7 del 13 luglio 2016: "Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling" (Armstrong, Ostle, & Whitaker, 2016). Lo studio è stato condotto su un impianto fotovoltaico, il Westmill Solar Park situato nel sud del Regno Unito vicino a Watchfield, al confine tra Wiltshire e Oxfordshire. Il sito ha una capacità elettrica di 5 MW con 36 stringhe (per un totale di più di 20000 pannelli fotovoltaici) che coprono 12,1 ha, con ingombro dell'area sotto i pannelli fotovoltaici di 2,9 ettari. L'area prima della costruzione dell'impianto fotovoltaico era coltivata a seminativo.

Al fine di investigare gli effetti di un parco solare sul microclima e sui processi dell'ecosistema, sono state misurate la temperatura del suolo e dell'aria, la vegetazione e le emissioni di gas serra al di sotto, tra i moduli fotovoltaici e in un'area di controllo per un intero anno. I risultati dello studio mostrano come la presenza delle stringhe PV abbia causato variazioni stagionali e diurne nel microclima dell'aria e del suolo.

In particolare, durante l'estate si è osservato un raffreddamento fino a un massimo di -5,2 °C (media giornaliera) con valori massimi e minimi di diminuzione (media giornaliera) compresi tra 3,5°C e 7,6°C, rispetto agli spazi vuoti e alle aree di controllo. Inoltre, la variazione giornaliera della temperatura dell'aria era inferiore sotto i pannelli, pertanto, sono state registrate temperature minime più alte (fino a +2,4°C) e massime più basse (fino a -6°C). Queste tendenze opposte, tuttavia, non hanno prodotto differenze significative nella temperatura media giornaliera dell'aria, anche se ovviamente nel periodo caldo (aprile-settembre) l'aria era costantemente più fresca sotto i pannelli durante il giorno e più calda la notte.

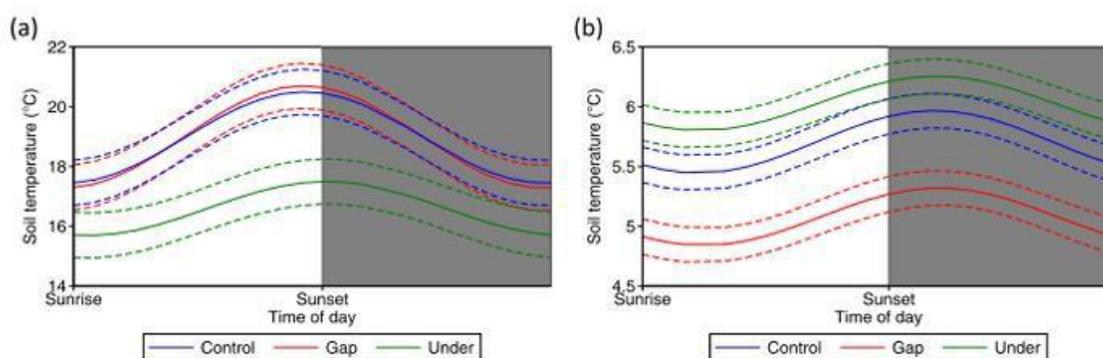


Figura 8: Grafici con indicazione della temperatura del suolo durante il periodo estivo (a) e invernale (b).

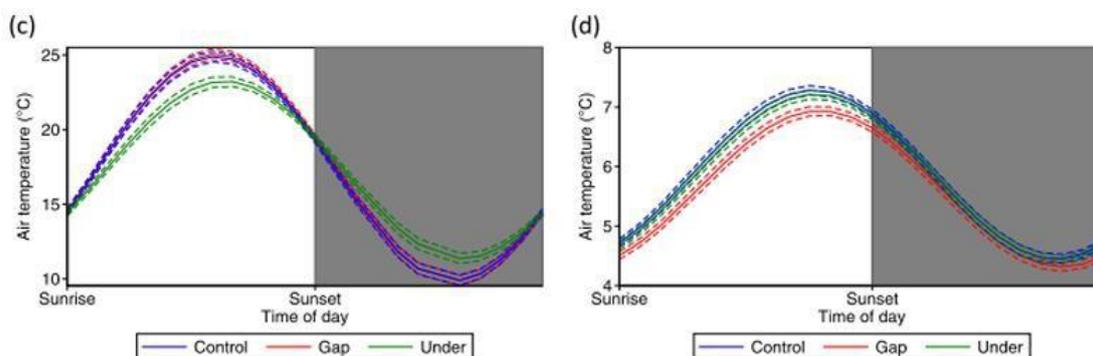


Figura 9: Grafici con indicazione della temperatura dell'aria durante il periodo estivo (a) e invernale (b).

Al contrario, durante il periodo invernale il suolo nelle aree vuote era, in media, più freddo di 1,7 °C rispetto alle aree di controllo e alle aree con presenza di pannelli, lungo l'intero ciclo giornaliero.

Anche la temperatura dell'aria nelle aree vuote era significativamente più fresca (fino a 2,5 °C) durante il giorno, ma non durante la notte, rispetto alle aree di controllo e alle aree trattate. Inoltre, la variazione diurna sia della temperatura che dell'umidità durante l'estate si dimostra essere ridotta sotto i moduli PV. Si è così scoperto che la gestione del microclima spiegava le differenze nella biomassa delle piante sopra il suolo e nella diversità delle specie, entrambe inferiori sotto i moduli PV. Anche la fotosintesi e lo scambio netto di ecosistemi in primavera e inverno si sono rivelati essere inferiori sotto i moduli PV, quindi dipendenti da metriche di microclima, suolo e vegetazione. Questi dati non sono certamente applicabili al clima in cui si sviluppa l'impianto oggetto dello Studio d'Impatto Ambientale, ma possono rappresentare un punto di partenza per comprendere gli effetti dei parchi solari in altri climi e fornire evidenze per supportare l'ottimizzazione della progettazione e della gestione dei parchi solari in modo da massimizzare i servizi ecosistemici forniti dall'installazione degli impianti agrovoltai.

In definitiva, lo studio dimostra, per la prima volta, la validità dell'ipotesi di variazione climatica stagionale che si registra nelle aree tra e sotto i pannelli. Le variazioni di temperatura aria/soilo evidenziati avranno, inoltre, sicuramente degli impatti diretti e indiretti sui processi pianta/soilo con relative conseguenze sulla crescita (anche positive) ma, per quanto riguarda le variazioni del microclima e il potenziale impatto sulla salute umana derivante dal progetto in esame si può desumere:

- come sottolineato nello Studio sopra richiamato la temperatura media giornaliera dell'aria non subisce variazioni significative e quindi gli effetti microclimatici non possono avere conseguenze sulla temperatura dell'aria nell'intorno dell'impianto fotovoltaico. In altri termini le variazioni di temperatura restano confinate all'interno dell'aria di impianto.
- benché l'area di impianto sia relativamente estesa (circa 55,50 ha), è evidente che su scala territoriale resta comunque un'area di piccola estensione e quindi non può in alcun modo influenzare il clima di un'intera area geografica, considerando anche il fatto che l'intera estensione dell'impianto è in realtà frammentata in più lotti;

- l'area di impianto si colloca in una zona esposta ai venti durante l'intero anno solare. Il vento produce effetti di "miscelazione" di aria più calda ed aria più fredda, mitigando di fatto le differenze di temperatura.
- l'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto è un'area rurale in cui non si riscontra la presenza di abitazioni, ma eventualmente di aziende agricole e in cui, quindi, la presenza dell'uomo è saltuaria; pertanto, l'attesa variazione del microclima non genera effetti sulle attività e la salute dell'uomo.
- l'impianto agrivoltaico è realizzato su strutture ad inseguimento monoassiale (ad orientamento variabile), sollevate dal suolo di circa 3,40 m; tali peculiarità permettono il passaggio di correnti d'aria tra i moduli PV e il suolo e delle zone d'ombra variabili durante l'arco della giornata.

In definitiva si può concludere che gli effetti delle variazioni di temperatura dell'aria al di sotto dei moduli e quelle al di sopra o tra i moduli, restano confinati all'area di impianto, non andando ad interferire sulle attività e sulla salute dell'uomo. L'impatto si può considerare, pertanto, ridotto ed assolutamente reversibile a fine vita utile dell'impianto.

6.3.4 QUALITÀ DEGLI HABITAT

Il servizio ecosistemico relativo alla qualità degli habitat, anche denominato nelle diverse classificazioni come habitat per gli organismi o tutela della biodiversità, consiste nella fornitura di diversi tipi di habitat essenziali per la vita di qualsiasi specie e il mantenimento della biodiversità stessa, e rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico dei suoli. Gli habitat, a causa dei diversi fattori di impatto che gravano su di essi (cambiamenti di uso del suolo, impermeabilizzazione, urbanizzazione, compattazione, salinizzazione, specie aliene invasive, etc.), sono soggetti a fenomeni di degrado, distrofia e alterazione del funzionamento dei processi eco- biologici, oltre che alla complessiva riduzione della resilienza ecologica e frammentazione ecosistemica. Il parametro Habitat Suitability è in questo caso riferito all'ecosistema in generale, e indica la capacità di sostenere specie vegetali e comunità animali che concorrono al mantenimento e alla conservazione della biodiversità. Sempre all'uso e copertura del suolo è collegato il parametro della sensibilità degli habitat alle minacce. Le minacce sono state classificate per l'Italia in otto categorie: gli edifici, insieme alle altre aree artificiali, le diverse tipologie di infrastrutture e le aree agricole, suddivise in agricoltura intensiva ed estensiva. Non tutti gli ecosistemi vengono influenzati allo stesso modo da medesime minacce e le diverse minacce hanno differenti distanze di influenza, pertanto, è necessario un parametro di vulnerabilità. Questi parametri sono stati valutati attraverso un approccio expert based, attraverso un questionario a oltre 100 esperti nazionali con affiliazioni diverse nei settori della conservazione e della gestione della biodiversità, i cui risultati sono descritti nella tabella che segue.

6.3.4.1 Valutazione economica generale

Nel Rapporto ISPRA 2018 vengono individuate 12 tipologie di habitat, per ognuna delle quali viene riportata una valutazione economica per ha. Nella tabella seguente, in base alla tipologia di habitat ed al relativo parametro Suitability, vengono riportati i valori economici per ettaro.

Classe	Tipologie di habitat	Suitability	Valore id\$ 2007/ha	Valore €/ha 2017
1	Spiagge, dune e sabbie	0,74	794,4	740,6
2	Corpi idrici permanenti	0,83	891	830,7
3	Zone umide	0,96	12452	11609,1
4	Praterie	0,86	1214	1131,8
5	Cespuglieti	0,81	869,6	810,7
6	Foreste di latifoglie	0,93	862	803,6
7	Foreste di conifere	0,82	862	803,6
8	Aree interne con vegetazione scarsa o assente	0,55	590,4	550,4
9	Superfici agricole a uso intensivo	0,26	279,1	260,2
10	Superfici agricole a uso estensivo	0,52	558,2	520,4
11	Edifici e altre aree artificiali	0,09	96,6	90,1
12	Aree aperte urbane	0,27	289,9	270,3
	Media pesata sulle superfici	0,58	633,2	590,4

Tabella 6.2: valori economici per tipologia di habitat (ISPRA 2018)

6.3.4.2 Valutazione economica per il progetto in esame

Per il progetto in esame si considera il valore delle superfici agricole ad uso intensivo indicato nella tabella 6.2 e attualizzato a marzo 2024 tramite il coefficiente di rivalutazione ISTAT (<https://rivaluta.istat.it/>):

$$260,20 \text{ €/ha} \times 1,176 = 305,99 \text{ €/ha per anno}$$

Per calcolare il costo esterno riferito al valore del servizio ecosistemico relativo alla perdita di habitat, si moltiplica quest'ultimo per la superficie complessiva progettuale che ha subito impermeabilizzazione o parziale impermeabilizzazione:

$$305,99 \text{ €/ha} \times 3,2 \text{ ha} = 979,17 \text{ €/anno}$$

6.3.5 PROTEZIONE DALL'EROSIONE

L'erosione del suolo è un fenomeno naturale che, attraverso l'asportazione della parte superficiale del terreno ricca di sostanza organica, contribuisce al modellamento della superficie terrestre. L'entità di questo fenomeno dipende da vari fattori, tra cui le caratteristiche geologiche, pedologiche, morfologiche e vegetazionali specifiche del territorio, dalle condizioni climatiche alle quali esso è soggetto.

Per quanto il fenomeno dell'erosione sia un processo naturale, questo può subire un'accelerazione a causa di alcune attività antropiche, prevalentemente agricole, e dei processi di degrado del suolo che asportano la copertura vegetale ed espongono il suolo all'azione degli agenti erosivi,

rappresentati, alle nostre latitudini, principalmente dalle precipitazioni meteoriche e dalle acque di scorrimento superficiale. L'erosione della parte superficiale del suolo comporta la perdita della parte più ricca di sostanza organica, con una riduzione anche rilevante della produttività e nei casi di suoli poco profondi anche la perdita irreversibile dell'intero strato coltivabile.

Secondo le stime della Commissione Europea, la superficie interessata dal fenomeno nell'UE risulta pari a 1,3 milioni di km², il 20% dei quali subisce una perdita di suolo superiore a 10 t/ha/anno. Tra i 28 Stati Membri, l'Italia presenta il tasso di perdita di suolo più alto con valori medi di 8,46 t/ha/anno, spiegabili con le elevate pendenze del suo territorio associate ad alti valori nell'erosività delle piogge, conseguenza di precipitazioni intense e concentrate in particolare a seguito di lunghi periodi siccitosi. Altri modelli indicano che il 30% del territorio nazionale presenta una perdita di suolo superiore a 10 tonnellate ad ettaro l'anno (dato ISPRA 2013).

Nonostante l'area di progetto sia collocata in un territorio prevalentemente sub-pianeggiante, in maniera cautelativa si considera il valore più alto di perdita di suolo per erosione 10 t/ha/anno in relazione alle aree effettivamente impermeabilizzate o semi impermeabilizzate.

6.3.5.1 Valutazione economica generale

Per quanto riguarda la valutazione economica del servizio ecosistemico vi sono diverse opzioni disponibili. L'analisi degli studi in letteratura sull'erosione, mostra che i valori economici considerati sono molto variabili per entità e tipologia. Secondo il rapporto ISPRA 2018, sulla base delle considerazioni sopra esposte, la valutazione economica riporta un aggiornamento del costo di riferimento da dati di letteratura di circa 95 €/t al 2003, che rivalutato al 2024 (tramite il coefficiente di rivalutazione ISTAT), porta a valori compresi tra 13,50 e 172,13 €/t.

Per il progetto in esame verrà considerato, in maniera cautelativa, un valore medio alto di 92 €/t. Tale valore riportato alla superficie è pari a:

$$92 \text{ €/t} \times 10 \text{ t/ha} = 920 \text{ €/ha per anno}$$

6.3.5.2 Valutazione economica per il progetto in esame

Con riferimento alle caratteristiche progettuali si ritiene che, confrontando le condizioni ante operam e post operam, la perdita del servizio ecosistemico risulta essere limitata alle aree interessate dalle cabine elettriche, dalle strade perimetrali e dalle strutture fisse, ovvero alle aree impermeabilizzate o semi-impermeabilizzate, per una superficie pari a 3,2 ha (le aree coltivate anche al di sotto delle strutture infatti preserveranno lo strato vegetale del terreno).

Pertanto, il mancato servizio ecosistemico (costo esterno) relativo all'erosione, per il progetto in esame, risulterà pari a:

$$920 \text{ €/ha per anno} \times 3,2 \text{ ha} = 2.944,00 \text{ €/anno}$$

6.3.6 REGOLAZIONE DEL REGIME IDRICO (INFILTRAZIONE)

L'infiltrazione dell'acqua nel suolo e nel sottosuolo è uno degli elementi base dell'offerta del servizio di regolazione del deflusso superficiale e del servizio di approvvigionamento di acqua dolce, esso riguarda la disponibilità di acqua nel suolo e la ricarica delle falde e quindi la costituzione di una riserva di acqua dolce per piante ed esseri umani.

La riserva di acqua nello strato superficiale del suolo, considerato come costituito dai primi 100 cm, è funzione di diverse caratteristiche, come ad esempio la tessitura, il contenuto di carbonio organico, la densità apparente, la porosità, la frazione volumetrica di materiale solido, mentre l'infiltrazione profonda dipende anche dalle condizioni di umidità iniziale, dalla durata e dall'intensità della pioggia, oltre che dalle caratteristiche del suolo, essenzialmente, conducibilità idraulica a saturazione, capillarità e condizioni di saturazione del terreno.

Il valore di questi parametri è fortemente dipendente dalle condizioni locali, e non è disponibile un dato per l'intero territorio nazionale. Anche l'associazione di valori medi, per tipologia di copertura del suolo, per tipologia di complesso idrogeologico e di condizioni di uso, è piuttosto complessa.

6.3.6.1 Valutazione economica generale

Nel Rapporto 2018 viene utilizzato un modello idrologico in grado di fornire i valori delle principali grandezze del bilancio idrologico sul territorio nazionale, per verificare gli effetti prodotti dall'incremento di consumo di suolo nel periodo 2012-2017 i termini di aumento del deflusso superficiale e relativa diminuzione dell'infiltrazione. Il modello di bilancio è stato sviluppato da ISPRA e fornisce la stima delle grandezze idrologiche quali precipitazione totale, evapotraspirazione reale, ricarica degli acquiferi o infiltrazione e ruscellamento superficiale, su una maglia di risoluzione di 1 km che ricopre l'intero territorio nazionale e per ciascun mese. Attualmente sono disponibili le stime delle grandezze idrologiche per un ventennio a partire dal 1996 al 2015.

L'equazione generale su cui si basa tale modello è la seguente:

$$P - E = R + G + \Delta V$$

dove

- P: precipitazione totale;
- E: evapotraspirazione reale;
- R: deflusso superficiale;
- G: ricarica nelle acque sotterranee;
- ΔV : variazione del contenuto d'acqua nel suolo.

La valutazione qualitativa della formula sopra riporta dimostra in sintesi che il servizio ecosistemico dell'infiltrazione dipende dalle precipitazioni al netto di:

- evapotraspirazione (che a sua volta dipende dalle temperature medie locali);
- deflusso superficiale.

È evidente che aree impermeabilizzate o semi impermeabilizzate favoriscono il deflusso superficiale delle acque e quindi diminuiscono il valore di questo servizio ecosistemico. Pertanto, anche in questo caso, il costo esterno sarà legato alla quantità di superfici impermeabilizzate post operam.

I valori economici di questo servizio ecosistemico sono riferiti ai costi del servizio di regolazione, determinato a sua volta dalla valutazione delle opere di difesa idraulica in Italia, dovuti al deflusso superficiale causato dalla impermeabilizzazione dei terreni. Per il 2018 l'intervallo di valori è considerato tra 7,5 e 8,74 €/m³/anno. Tali valori attualizzati a marzo 2024 determinano valori compresi tra 8,82 e 10,28 €/m³ per anno (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,176) (fonte: ISPRA, 2018).

6.3.6.2 Valutazione economica per il progetto in esame

Considerando che le precipitazioni medie annue nell'area di progetto sono comprese tra 400 e 600 mm (fonte Climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010 - ARPAS, ISPRA 2020), si ottengono i seguenti valori riportati all'unità di superficie.

$$400 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 4.000 \text{ m}^3$$

$$600 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 6.000 \text{ m}^3$$

Overo su un ettaro di terreno nelle aree di progetto "piovono" ogni anno 4.000-6.000 m³ di acqua.

La quota di infiltrazione al netto di evapotraspirazione e deflusso superficiale, si può stimare in maniera conservativa nel 70% dell'acqua proveniente dalle precipitazioni. Pertanto, per ogni ettaro di terreno la quantità di acqua infiltrata varia tra 2.800-4.200 m³.

La perdita del servizio ecosistemico, che dipende come detto dalla capacità di infiltrazione del terreno, è limitata, per il progetto in esame, alle aree impermeabilizzate, per le quali è stata valutata, cautelativamente, una superficie complessiva di 3,2 ha.

Dal momento che tra tali aree sono comprese, come già esposto anche superfici non effettivamente impermeabilizzate (es. strade perimetrali realizzate in terra stabilizzata e aree al di sotto dei trackers), si può considerare la valutazione economica minima proposta da ISPRA pari a 8,82 €/m³, permettendo di determinare il costo esterno correlato alla perdita del servizio ecosistemico in oggetto, che risulterà pari a:

$$4.200 \text{ m}^3/\text{ha per anno} \times 3,2 \text{ ha} \times 8,82 \text{ €/m}^3 = 118.540,80 \text{ €/anno}$$

6.3.7 REGOLAZIONE DEL REGIME IDRICO (DISPONIBILITÀ DI ACQUA)

La disponibilità di acqua a fini idropotabili, agricoli e produttivi è uno dei principali fattori di benessere e si appresta a diventare un elemento di criticità anche per alcune parti dell'Europa, in particolare il sud del Mediterraneo a causa degli effetti dei cambiamenti climatici e del degrado del suolo. Alcuni autori fanno riferimento al water retention index (dimensionless, between 0-10) come indicatore della capacità di regolazione delle acque, che tiene conto della capacità di

stoccaggio e ritenzione dell'acqua da parte del suolo e del sottosuolo, nonché della influenza del grado di permeabilità e di pendenza. Secondo queste analisi la capacità di ritenzione europea è rimasta sostanzialmente costante tra il 2000 e il 2010, mentre l'estrazione di acqua, sempre a scala europea, per industria agricoltura e usi civili, è diminuita del 5.6 % tra il 2000 al 2010, passando a 184 miliardi di m³ per anno.

Il servizio ecosistemico di regolazione del regime idrologico dipende essenzialmente dalla capacità dei bacini di resilienza agli eventi estremi ed alla siccità, che dipende a sua volta nella capacità di ritenzione dell'acqua e di riduzione del deflusso dei terreni non artificializzati.

Il Rapporto 2018 per la definizione del servizio ecosistemico di approvvigionamento di acqua dolce fa proprio riferimento alla diminuzione della capacità di ricarica delle falde determinata dal consumo e relativa impermeabilizzazione del suolo.

6.3.7.1 Valutazione economica generale

La valutazione economica, considera i costi ambientali generati dal degrado delle funzionalità ecosistemiche e si basa sulla valutazione del costo di realizzazione delle opere idrauliche di accumulo o di ingegneria idraulica finalizzati a proteggere o aumentare la ricarica della falda.

Per il Rapporto 2018 la valutazione economica al 2015 è compresa tra 0,03-0,07 €/m³, attualizzati a marzo 2024 a 0,04 - 0,08 €/m³ (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,201).

6.3.7.2 Valutazione economica per il progetto in esame

Considerando che le precipitazioni medie annue nell'area di progetto sono comprese tra 400 e 600 mm (fonte Climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010 - ARPAS, ISPRA 2020), si ottengono i seguenti valori riportati all'unità di superficie.

$$400 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 4.000 \text{ m}^3$$

$$600 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 6.000 \text{ m}^3$$

Considerando la quota di infiltrazione pari al 70%, per ogni ettaro di terreno la quantità di acqua infiltrata varia tra 2.800-4.200 m³.

Per quanto attiene la valutazione economica si farà riferimento al valore medio stimato dal Rapporto 2018 (valore medio pari a 0,06 €/m³):

$$4.200 \text{ m}^3/\text{ha per anno} \times 3,2 \text{ ha} \times 0,06 \text{ €/m}^3 = 806,40 \text{ €/anno}$$

6.3.8 PURIFICAZIONE DELL'ACQUA DAI CONTAMINANTI

L'acqua che si infiltra nel suolo subisce un processo di "purificazione" attraverso processi biochimici svolti dalla parte minerale del suolo, e ancor più dalla sua componente biologica. La capacità depurativa è funzione non solo delle proprietà del suolo, quali la capacità di scambio cationico del suolo (cioè la sua "attività" fisico-chimica), il suo contenuto in sostanza organica, la reazione (pH) e la sua profondità, ma è legata anche al clima, alle pratiche di gestione, e agli input in termini di carico di nutrienti e inquinanti presenti nell'acqua, quali, ad esempio, i fertilizzanti.

Ecosistemi come le foreste e le zone umide contribuiscono considerevolmente a migliorare la qualità delle risorse idriche; la vegetazione e il suolo, infatti, hanno la capacità di assorbire e quindi rimuovere inquinanti e nutrienti dell'acqua e di ridurre la velocità al fine di regolarne l'infiltrazione nel suolo. Di conseguenza la sottrazione di superfici permeabili e l'alterazione delle capacità depurative, determinate dalla artificializzazione dei suoli, produce una diminuzione del servizio ecosistemico di regolazione offerto dal suolo. Il principale fattore è l'impermeabilizzazione che costituisce una perdita irreversibile della capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo nelle aree impermeabili con la conseguenza che il carico di inquinanti, già presente nelle acque, non viene ridotto dall'infiltrazione e finisce nei corsi d'acqua superficiali.

L'impermeabilizzazione, pertanto, rappresenta il danno più estremo anche per il servizio di purificazione. A ciò si aggiunge la riduzione della capacità di depurazione nei suoli degradati da altre forme di consumo di suolo, quali la compattazione, il degrado delle caratteristiche strutturali, i danni alla biodiversità del suolo. Poiché la principale fonte di contaminazione nelle acque è rappresentata da azoto e fosforo provenienti dalla fertilizzazione delle aree agricole, la maggior parte delle valutazioni del servizio ecosistemico si basano sulla quantificazione dell'azoto e fosforo rimossi dalle acque.

6.3.8.1 Valutazione economica generale

Per quanto riguarda i parametri economici, la maggior parte degli studi considera il costo di sostituzione, come spesso accade per i servizi di regolazione.

La valutazione economica definita nel Rapporto ISPRA 2018 prende in considerazione la capacità naturale di attenuazione dei suoli, ovvero considerando la quantità di azoto rimosso per filtraggio e decontaminazione. I valori economici corrispondono a 18,31–4.884,7 €/ha per anno al 2015 che, attualizzati al 2024, corrispondono a 21,99–5.886,5 €/ha per anno (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,201).

6.3.8.2 Valutazione economica per il progetto in esame

Dal momento che il carico di azoto presente nelle aree di progetto non presenta valori fuori dalla norma e non sono presenti zone "ZVN" (Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola) si può assumere un valore del servizio ecosistemico di purificazione medio che, in maniera cautelativa verrà considerato medio-alto, pari a 3.000 €/ha per anno, rispetto al valore massimo e minimo del Rapporto 2018.

Il costo esterno generato dalla mancanza di tale servizio ecosistemico è sempre riferito alle superfici impermeabilizzate o semi impermeabilizzate in cui si ha perdita di naturalità del terreno:

$$3.000 \text{ €/ha per anno} \times 3,2 \text{ ha} = 9.600,00 \text{ €/anno}$$

6.3.9 IMPOLLINAZIONE

L'impollinazione è un servizio ecosistemico di fondamentale importanza poiché costituisce uno dei fattori di produzione della agricoltura. Secondo una stima in ambito Europeo, il valore economico di questo servizio ecosistemico è intorno ai 14 miliardi di euro annui, pari al 10% del valore della produzione agricola per l'alimentazione umana. Poiché dall'impollinazione dipende la fecondazione e la produttività di moltissime colture, nonché di piante spontanee, ed è fornito da molti organismi animali, tra cui api e bombi, il suo valore è, insieme ad altri, un indicatore non solo di utilità per il settore agricolo ma anche di benessere dell'intero ecosistema. L'impollinazione è uno dei servizi ecosistemici maggiormente a rischio a causa dei fenomeni di degrado del suolo, in primo luogo l'urbanizzazione e infrastrutturazione del territorio a scapito delle aree naturali, ma anche l'intensificazione dell'agricoltura e l'utilizzo massiccio di insetticidi, erbicidi e fertilizzanti.

6.3.9.1 Valutazione economica generale

La valutazione economica di questo servizio si basa sul valore economico complessivo di impollinazione (EVIP) disponibile anche per l'Italia dal 1991 al 2009, che si basa a sua volta sulla quantificazione del valore globale del servizio di impollinazione in funzione del valore della produzione agricola, che pone il servizio al 9,5% del valore della produzione agricola mondiale utilizzata per l'alimentazione (valore al 2005). Nel Rapporto ISPRA 2018 viene utilizzato il valore di riferimento compreso tra 15.430 e 20.602 €/Km², già utilizzato nelle precedenti edizioni. Questi valori, espressi in €/km², vengono convertiti in €/ha dividendoli per 100 (1 km² = 100 ha), per poi venire attualizzati al 2024 attraverso il coefficiente di rivalutazione monetaria (indice di rivalutazione Istat pari a 1,176), ottenendo così:

$$15.430 \text{ €/km}^2 / 100 \times 1,176 = 181,46 \text{ €/ha}$$

$$20.602 \text{ km}^2 / 100 \times 1,176 = 242,28 \text{ €/ha}$$

6.3.9.2 Valutazione economica per il progetto in esame

Nel progetto è prevista la piantumazione di specie mellifere lungo la siepe perimetrale e di essenze mellifere nel mix di sementi previsti nel prato stabile di leguminose. In relazione all'inserimento delle specie vegetali mellifere si può supporre che, con la realizzazione del progetto, il valore del servizio ecosistemico considerato rimanga invariato (242,28 €/ha).

Considerando una perdita di suolo pari a 3,2 ha, che corrisponde alla superficie sottratta alla produzione agricola a causa della presenza di aree impermeabilizzate o semi-impermeabilizzate, si può considerare una perdita di valore economico legato all'impollinazione per il cui calcolo si considera cautelativamente il valore massimo di valorizzazione economica:

$$242,28 \text{ €/ha} \times 3,2 \text{ ha} = 775,30 \text{ € per anno.}$$

6.3.10 IMPATTO VISIVO

Tra le diverse metodologie sviluppate per determinare il valore monetario (€/ha) di un paesaggio, quello scelto è il CVM (Contingent Valuation Method), metodo della valutazione contingente. Il CVM è ragionevolmente il metodo più attendibile per quantificare in denaro il danno arrecato ad alcune categorie di beni ambientali. 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 letteratura, quindi, applica molto spesso un approccio di preferenza dichiarata SP (Stated Preference), utilizzando metodi basati su sondaggi per scoprire la disponibilità a pagare (WTP - Willingness To Pay) della società. 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 (choise 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).

	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

Tabella 6.3: valore di prati, colture permanenti e terreni arabili (€/ha/anno) al 2009.

Per ottenere il valore monetario espresso in €/ha è stato sufficiente considerare la WTP pro capite annua (€/persona/anno), che varia per tipologia di terreno (prati, colture permanenti e seminativi) e Stato Membro (a causa della variazione del PIL pro capite) e moltiplicarla per la densità di popolazione (persone/ha) comprendendo gli individui dai 15 ai 75 anni di età. Attraverso il

coefficiente di rivalutazione ISTAT (pari a 1,308) è stato possibile aggiornare il dato del 2009 a marzo 2024.

WTP ITALIA 2009 (€/ha)					
GRASSLAND and PERMANENT CROPS			ARABLE LAND		
Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
287,00	331,00	482,00	184,00	207,00	247,00
WTP ITALIA RIVALUTATO 2024 (€/ha)					
GRASSLAND and PERMANENT CROPS			ARABLE LAND		
Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
375,40	432,95	630,46	240,67	270,76	323,08

Tabella 6.4: dati relativi alla WTP per colture permanenti e pascoli in Italia per gli anni 2009 e 2024 (dati rivalutati).

Per il progetto in esame si considera il valore medio aggiornato al 2024 per colture permanenti e pascoli pari a 432,95 €/ha. L'area considerata è quella relativa a tutto l'area su cui insisterà l'impianto, in quanto la percezione visiva dell'areale cambierà nella sua totalità:

$$432,95 \text{ €/ha per anno} \times 3,2 \text{ ha} = 1.385,44 \text{ €/anno}$$

6.4 DEFINIZIONE ESTERNALITA' POSITIVE

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

La fase di definizione delle esternalità è stata preceduta da una fase di analisi e raccolta di tutti i dati e le informazioni necessarie per una adeguata e corretta valutazione. Attraverso il Progetto Definitivo e le relazioni specialistiche facenti parte dello Studio di Impatto Ambientale nonché delle analisi paesaggistiche, con particolare riferimento allo studio della visibilità, sono state fornite informazioni dettagliate sulle caratteristiche dell'opera, sulle interazioni con le componenti ambientali e paesaggistiche, sul contesto, sul personale e sui mezzi impiegati in fase di cantiere e del personale impiegato in fase di esercizio.

6.4.1 ESTERNALITA' POSITIVE IN FASE DI CANTIERE (COSTRUZIONE – DISMISSIONE)

Le principali esternalità positive riscontrabili durante le fasi di cantiere dell'opera in progetto, ovvero durante la sua costruzione e dismissione, sono principalmente riconducibili agli effetti occupazionali ed al conseguente ritorno economico per la comunità locale tramite il coinvolgimento di imprese del luogo e lo sfruttamento di altre attività collaterali (es. alberghi, bed&breakfast, ristoranti, mense, autonoleggi...).

6.4.2 ESTERNALITÀ POSITIVE IN FASE DI ESERCIZIO

Le principali esternalità positive riscontrabili durante le fasi di esercizio dell'impianto agrivoltaico in progetto possono essere così sintetizzate:

- benefici occupazionali;
- ritorno economico per gli enti locali;
- investimenti a favore del territorio;
- incremento della produzione agricola;
- benefici ambientali in termini di risparmio di emissioni di gas inquinanti legati alla produzione di energia elettrica.

6.5 ANALISI ECONOMICA ESTERNALITA' POSITIVE

6.5.1 BENEFICI OCCUPAZIONALI

Come già esposto nei paragrafi precedenti, la costruzione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico porterà dei benefici in termine di occupazione e di ricadute economiche sul territorio in generale (ripresa e potenziamento di attività economiche collaterali). Nel settore delle costruzioni ed in particolare nel settore degli impianti solari di grande scala è consuetudine ricorrere ai lavori inerenti le opere civili ad imprese locali. Quindi i maggiori benefici economici interesseranno prevalentemente queste imprese esecutrici e per i fornitori di materiali d'uso e di cantiere (anche in questo caso ci si rivolgerà prevalentemente a fornitori locali).

Il numero di lavoratori che troveranno occupazione durante tutta la fase di cantiere sono un segno tangibile dei benefici occupazionali, ma si deve anche considerare la ricaduta occupazionale indiretta a seguito delle ovvie esigenze di ristorazione, alloggi, svago, rifornimenti e maggiori attività economico-commerciali in genere.

In particolare è stata eseguita una stima economica sulle attività di costruzione e sulle attività di manutenzione che si ipotizza verranno affidate ad imprese locali.

La prima analisi è stata eseguita una valutazione sulle attività lavorative che contraddistinguono le tre fasi di costruzione, esercizio e dismissione e, parallelamente sono state identificate le figure professionali e le maestranze potenzialmente necessarie per svolgere suddette fasi lavorative.

Sono stati inoltre distinti i vari settori e cantieri nei quali verteranno le lavorazioni, ovvero sito di impianto AGV, Lavorazioni agricole, Linea di connessione.

FASE DI CANTIERE (COSTRUZIONE – durata 12 mesi circa)	
IMPIANTO AGRIVOLTAICO	
ATTIVITA'	NUMERO ADDETTI
Progettazione esecutiva ed analisi di campo	4
Logistica acquisti e appalti	3
Project Management	2
Direzione lavori e supervisione	2
Sicurezza	2
Lavori Civili	80
Lavori meccanici	25
Lavori elettrici	15
Lavori agricoli	10
LINEA DI CONNESSIONE	
ATTIVITA'	NUMERO ADDETTI
Progettazione esecutiva ed analisi di campo	2
Logistica acquisti e appalti	2
Project Management	1
Direzione lavori e supervisione	1
Sicurezza	2
Lavori Civili	10
Lavori meccanici	10
Lavori elettrici	5
FASE DI ESERCIZIO (durata 30 anni)	
IMPIANTO AGRIVOLTAICO	
ATTIVITA'	NUMERO ADDETTI
Monitoraggio impianto da remoto	3
Operai generici pulizia pannelli FV	3
Operai specializzati manutenzione apparecchiature elettriche e meccaniche	4
Verifiche elettriche	2
Operai manutenzione aree sempreverdi	4
Lavorazioni agricole	Variabile (in funzione agli addetti propri delle aziende agricole operanti nel sito)

FASE DI CANTIERE (DISMISSIONE – durata 3 mesi circa)	
IMPIANTO AGRIVOLTAICO	
ATTIVITA'	NUMERO ADDETTI
Appalti	3
Project Management	1
Direzione lavori e supervisione	1
Sicurezza	1
Attività di demolizioni civili	10
Lavori di smontaggio strutture metalliche	20
Lavori di rimozione apparecchiature elettriche	12
Lavori agricoli	4

Tabella 6.5: stima numero addetti richiesti per le varie fasi di vita dell'opera in progetto.

6.5.1.1 Valutazione economica progetto in esame

Quantificando in termini economici le ricadute occupazionali sopra descritte, possono essere considerate le attività di costruzione e manutenzione dell'impianto.

Per quanto concerne i costi di costruzione dell'impianto e delle relative opere di connessione si stima un costo di 680.000,00 €/MWp.

Considerando, ancora in maniera conservativa, che il 10% (68.000,00 €/MWp) sia appannaggio di imprese locali, risulta complessivamente un introito di:

$$37,764 \text{ MWp} \times 68.000,00 \text{ €/MWp} = 2.567.952,00 \text{ €}$$

L'attività di gestione e manutenzione dell'impianto è stimata invece essere di 7.500,00 €/MWp ogni anno.

Assumendo cautelativamente che solo il 15% (1.125,00 €/MWp) sia appannaggio di imprese locali (sorveglianza, tagli del verde, piccole opere di manutenzione), si stima cautelativamente un ulteriore vantaggio economico anche per il territorio di:

$$37,764 \text{ MWp} \times 1.125,00 \text{ €/MWp} = 42.484,50 \text{ €/anno}$$

6.5.2 RIDUZIONE EMISSIONI INQUINANTI

Il settore elettrico costituisce a sua volta una quota rilevante del settore energetico, rappresentando in termini emissivi circa il 30% delle emissioni nazionali di origine energetica. In Italia la maggior parte dell'energia elettrica è stata prodotta fino a qualche anno fa da combustibili fossili.

Nell'ultimo decennio, al fine di ridurre la dipendenza dalle fonti fossili e a causa del crescente aumento delle concentrazioni di inquinanti atmosferici, sono diventate prioritarie le iniziative di promozione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Il crescente utilizzo delle

fonti rinnovabili è inoltre connesso al riscaldamento globale e alla riduzione dell'effetto serra. Da questo punto di vista il settore elettrico è particolarmente interessante poiché è responsabile una quota rilevante delle emissioni nazionali di gas serra, mostra un andamento di lungo termine della domanda elettrica in crescita ed è caratterizzato da sorgenti emissive puntuali. Tali caratteristiche rendono il settore particolarmente importante in relazione alle possibili strategie di riduzione delle emissioni atmosferiche di gas serra.

Le principali emissioni associate alla produzione di energia elettrica da fonti convenzionali sono associate all'anidride carbonica (CO₂), al biossido di zolfo (SO₂), agli ossidi di azoto (NO_x) ed al pulviscolo atmosferico con diametro inferiore a 10 millesimi di millimetro (PM₁₀) e sono da attribuirsi al tipo di combustibile utilizzato.

Per fare un esempio concreto, si pensi che 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.

Tra questi il gas emesso in quantità più rilevanti è proprio l'anidride carbonica (o biossido di carbonio), il cui progressivo incremento potrebbe contribuire all'effetto serra e quindi causare drammatici cambiamenti climatici.

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili determina una riduzione del fattore di emissione per la produzione elettrica totale poiché tali fonti hanno un bilancio emissivo pari a zero. Questa riduzione può essere quantificata economicamente mettendo in relazione i kWh di energia generati da un impianto con i kg di CO₂ risparmiati.

6.5.2.1 Valutazione economica progetto in esame

Al fine di una quantificazione economica della riduzione dei gas inquinanti, per semplicità di calcolo, è stata considerata la componente CO₂ (il gas più rilevante), della quale è stato analizzato il quantitativo risparmiato in relazione all'energia generata dall'impianto oggetto di intervento, nei suoi 30 anni di vita.

Il fattore di conversione considerato è pari a 0,445 kgCO₂/kWh (fonte: Rapporto ISPRA 363/2022: Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei).

Il prezzo della CO₂ considerato è pari a 80,87 €/ton. (fonte prezzo CO₂ <https://www.sendeco2.com/it/prezzi-co2>).

Anno	Energia generata	CO ₂ risparmiata	Valore CO ₂
	MWh/anno	Ton/anno	80,87€/ton
0			
1	68957	30686	2.481.568,06 €
2	68336	30410	2.459.233,95 €
3	67721	30136	2.437.100,84 €
4	67112	29865	2.415.166,94 €
5	66508	29596	2.393.430,43 €
6	65909	29330	2.371.889,56 €
7	65316	29066	2.350.542,55 €
8	64728	28804	2.329.387,67 €
9	64146	28545	2.308.423,18 €
10	63568	28288	2.287.647,37 €
11	62996	28033	2.267.058,55 €
12	62429	27781	2.246.655,02 €
13	61868	27531	2.226.435,12 €
14	61311	27283	2.206.397,21 €
15	60759	27038	2.186.539,63 €
16	60212	26794	2.166.860,78 €
17	59670	26553	2.147.359,03 €
18	59133	26314	2.128.032,80 €
19	58601	26077	2.108.880,50 €
20	58074	25843	2.089.900,58 €
21	57551	25610	2.071.091,47 €
22	57033	25380	2.052.451,65 €
23	56520	25151	2.033.979,59 €
24	56011	24925	2.015.673,77 €
25	55507	24701	1.997.532,71 €
26	55007	24478	1.979.554,91 €
27	54512	24258	1.961.738,92 €
28	54022	24040	1.944.083,27 €
29	53535	23823	1.926.586,52 €
30		0	0,00 €
Totale	1767053	786339	63.591.202,58 €

Tabella 6.6: emissioni CO₂ evitate e valorizzazione economica.

6.5.3 PRODUZIONE AGRICOLA

Le attività produttive di una azienda agricola sono costituite da diversi tipi di coltivazioni e/o allevamenti; per una qualsiasi classificazione di tipo economico è, quindi, necessario scegliere un denominatore comune ad entrambi i tipi di attività idoneo a rappresentare non soltanto la dimensione economica di ogni azienda ma anche ad evidenziare l'importanza economica delle singole produzioni agricole, al fine di attribuire a ciascuna azienda i caratteri di specializzazione produttiva (orientamento produttivo) e di redditività economica (dimensione economica). In pratica, per poter determinare la dimensione economica di un'azienda occorre poter sommare tutte le produzioni aziendali, che essendo espresse in unità di misura diverse, devono essere ricondotte ad un unico denominatore comune.

Le attività produttive di una azienda agricola sono costituite da diversi tipi di coltivazioni e/o allevamenti; per una qualsiasi classificazione di tipo economico è quindi necessario scegliere un denominatore comune ad entrambi i tipi di attività idoneo a rappresentare non soltanto la dimensione economica di ogni azienda ma anche ad evidenziare l'importanza economica delle singole produzioni agricole, al fine di attribuire a ciascuna azienda i caratteri di specializzazione produttiva (orientamento produttivo) e di redditività economica (dimensione economica).

Da un punto di vista economico la giustificazione alla realizzazione delle opere può essere valutato facendo un raffronto del beneficio fondiario (BF) antecedente il miglioramento fondiario e il BF raggiunto dopo lo stesso. Il procedimento da seguire per raggiungere tale scopo deve tenere in considerazione la Produzione Lorda Vendibile ottenuta in azienda decurtandola delle voci di costo, che statisticamente e per facilità di calcolo si calcolano in percentuale sempre sulla PLV ed ammontano generalmente al 38%.

Nel presente studio si è tenuto conto della Produzione Lorda Vendibile PLV riferita alle attività agricole specifiche del sito di intervento, riferite alla fase ante operam e alla fase di esercizio dell'impianto in progetto, senza tener conto dei costi aziendali e delle spese accessorie (per un'analisi specifica si rimanda alla relazione specialistica "Definizione del piano colturale").

6.5.3.1 La produzione standard ante operam

Attualmente le aziende agricole operanti nelle aree contrattualizzate, pari a 74 ha circa, sono cinque, i cui titolari sono anche i proprietari del fondo:

1. "Ditta individuale Giuseppe Congias", operante su 9 ha circa;
2. "Società Semplice Agricola Berlingheri" di Francesco Nonne e Guiso Maria Verdina, operante su 24 ha circa;
- 3-4. "Casa Berlingheri" di Lucrezia e Dino-Aldo Nonne e "Ditta Individuale Dino Aldo Nonne", operanti su 11 ha circa.
5. Ditta Individuale Salvatore Nonne operante su 30 ha circa.

I terreni, nella loro totalità, sono adibiti a prati avvicendati, i quali possono essere definiti come formazioni erbacee mantenute tali esclusivamente attraverso lo sfalcio e l'eventuale

concimazione, alternati a rotazione con colture quali frumento, mais e grano. Questi sono in genere costituiti da erba medica o trifoglio e/o una o più graminacee seminate.

Nella tabella seguente vengono riportati sinteticamente le caratteristiche delle aziende agricole, sotto il profilo delle pratiche agricole e dei ricavi (dati indicativi) allo stato attuale.

AZIENDA AGRICOLA	PRATICHE AGRICOLE PREVALENTI	MEZZI AGRICOLI ATTUALMENTE PRESENTI	APPROVVIGIONAMENTO IDRICO	CONTRIBUTI PAC E SALVAGUARDIA
<p>1. Ditta individuale Giuseppe Congias</p>	<p>Coltivazione a erbaio e fienagione. Sementi utilizzate: - Trifoglio 100 kg/ha; - Orzo 200 kg/ha; - Triticale 200 kg/ha; - Loietto 100 kg/ha. Tutto il Raccolto viene utilizzato per l'allevamento.</p> <p>Allevamento Ovini n capi 180 circa - Vendita 120 agnelli all'anno con prezzo medio di 5€/kg (PLV annuale media pari a 3.600 €). - 35.000 litri di produzione annua di latte venduto all'Azienda "Fanari Formaggi" di San Nicolò d'Arcidano (OR) ad un prezzo di 1,70 €/Litro (con PLV annuale pari a 59.500,00 €).</p>	<p>Affitto annuale a contoterzisti per una spesa annua pari a 3.000 €.</p>	<p>- 2 Pozzi Artesiani censiti; - abbeveratoi mobili per il bestiame.</p>	<p>L'azienda usufruisce dei contributi erogati dalla Regione Sardegna per il benessere animale (7.000 € annui).</p>

Tabella 6.7: Dati azienda agricola 1 operante nei siti di intervento.

AZIENDA AGRICOLA	PRATICHE AGRICOLE PREVALENTI	MEZZI AGRICOLI ATTUALMENTE PRESENTI	APPROVVIGIONAMENTO IDRICO	CONTRIBUTI PAC E SALVAGUARDIA
<p>2. Società Semplice Agricola Berlingheri di Francesco Nonne e Guiso Maria Verdina</p>	<p>Coltivazione a erbaio e fienagione. Sementi utilizzate: - Trifoglio 70 kg/ha; - Loietto 80 kg/ha; - Cicorietta 60 kg/ha; - Veccia 60 kg/ha. Produzione annua: - 3.500/4.000 ql annui circa di fieno (700 rotoli di Fieno – 300 Rotoli Paglia). - 700/1.000 ql annui di Orzo e Avena. N.B.: Tutto il Raccolto viene utilizzato per l'allevamento. Allevamento Ovini - Suini n capi ovini: 630 n. capi suini: 7 - 100.000 litri di produzione annua di latte venduto all'Azienda "Nuova Sarda Caseificio - Fanari Formaggi" di San Nicolò d'Arcidano (OR) ad un prezzo medio di 1,70 €/Litro (con PLV annuale pari a 170.000,00 €). - Vendita 450 agnelli all'anno con prezzo medio di 5€/kg (PLV annuale media pari a 13.500 €).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Trattore Class 130 cv; - 1 Trattore Lamborghini 110 Cv a ruote; - 1 Aratro; - 1 Erpice rotante; - 1 Falciatrice; - 1 Rotoballe; - Rimorchi e carrelloni vari. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si avvale di risorse idriche superficiali. - abbeveratoi mobili per il bestiame. 	<p>L'azienda usufruisce dei contributi erogati dalla Regione Sardegna per il benessere animale (22.000 € annui).</p>

Tabella 6.8: Dati azienda agricola 2 operante nei siti di intervento.

AZIENDA AGRICOLA	PRATICHE AGRICOLE PREVALENTI	MEZZI AGRICOLI ATTUALMENTE PRESENTI	APPROVVIGIONAMENTO IDRICO	CONTRIBUTI PAC E SALVAGUARDIA
<p>3. Casa Berlingheri di Lucrezia e Dino-Aldo Nonne</p> <p>4. Ditta Individuale "Dino Aldo Nonne"</p>	<p>Coltivazione a erbaio e fienagione. Sementi utilizzate:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trifoglio 50 kg/ha; - Loietto 50 kg/ha; - Leguminacee 60 kg/ha; - Graminacee 60 kg/ha. <p>N.B. (In altri terreni di loro proprietà vengono seminati anche Orzo, Grano e Avena).</p> <p>Produzione ANNUA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - n 400 Rotoli di Fieno; - 100 Rotoli di Paglia. <p>N.B.: Tutto il Raccolto viene utilizzato per l'allevamento.</p> <p>Allevamento Ovini n capi: 444 (società 3) + 181 (società 4).</p> <ul style="list-style-type: none"> - 70.000 litri di produzione annua di latte venduto all'Azienda "Argiolas Formaggi" di Dolianova (SU) ad un prezzo medio di 1,50 €/Litro (con PLV annuale pari a 105.000,00 €). - Vendita 450 agnelli all'anno. 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Trattore Same uno 120 cv; - 1 Trattore Same 160 cv; - 1 Trattore Fiat 100/90; - 1 Falciatrice; - 1 Aratro; - 1 Erpice Rotante; - Rotoballe; - Rimorchi e carrelloni vari. - 1 mietitrebbia presa a noleggio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si avvale di risorse idriche superficiali. - abbeveratoi mobili per il bestiame. 	<p>L'azienda usufruisce dei contributi erogati dalla Regione Sardegna per il benessere animale (600 €/ha annui).</p>

Tabella 6.9: Dati aziende agricole 3 e 4 operanti nei siti di intervento.

AZIENDA AGRICOLA	PRATICHE AGRICOLE PREVALENTI	MEZZI AGRICOLI ATTUALMENTE PRESENTI	APPROVVIGIONAMENTO IDRICO	CONTRIBUTI PAC E SALVAGUARDIA
<p>5. Ditta Individuale Salvatore Nonne</p>	<p>Coltivazione a erbaio e fienagione. Sementi utilizzate: - Trifoglio 50 kg/ha; - Loietto 50 kg/ha; - Triticale 50 kg/ha; - Orzo 50 kg/ha. N.B. (In altri terreni di loro proprietà vengono seminati anche e Avena). Produzione annua: - 3.500/4.000 q.li di Fieno; - 700/1.000 q.li di Orzo e Avena. N.B. Tutto il Raccolto viene utilizzato per l'allevamento. Allevamento Ovini n capi: 850 circa. - 120.000 litri di produzione annua di latte venduto all'Azienda "Cao Formaggi" di Fenosu (OR) ad un prezzo medio di 1,80 €/Litro (con PLV annuale pari a 216.000,00 €). - Vendita 400 agnelli all'anno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Trattore Class 130 cv; - 1 Falciatrice; - 1 Aratro; - 1 Erpice Rotante; - 1 Rotoballe; - Rimorchi e carrelloni vari. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si avvale di risorse idriche superficiali. - abbeveratoi mobili per il bestiame. 	<p>L'azienda usufruisce dei contributi erogati dalla Regione Sardegna per il benessere animale (32.000 € annui).</p>

Tabella 6.10: Dati azienda agricola 5 operante nei siti di intervento.

Per la determinazione sia dell'indirizzo produttivo che della dimensione economica, il criterio ritenuto più idoneo fino al 2009 era quello del Reddito Lordo Standard (RLS). Il concetto di RLS è legato a quello di produzione lorda e di costi specifici. A partire dal 2010 è stata introdotta una valutazione basata sulle Produzioni Standard (PS) che sono basate su valori medi rilevati durante un periodo di riferimento quinquennale e che hanno valore comunitario.

Gli ambiti di applicazione della tipologia comunitaria riguardano, in particolare, i dati rilevati nell'indagine sulla struttura e le produzioni delle aziende agricole (SPA) e dalla Rete di informazione contabile agricola (RICA). Fino all'anno 2009 questo criterio è stato identificato nel Reddito Lordo Standard (RLS), mentre a partire dal 2010 è coinciso con la Produzione Standard (PS). L'attuale versione della tipologia comunitaria è stata istituita con il Reg. CE n. 1242/2008 e s.m.i.

Per la valutazione economica riguardante l'attività agricola ante e post operam si è tenuto conto del dettaglio informativo sulla Produzione Standard Totale PST della Sardegna dell'anno 2017 (fonte: <https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard>).

N.B. I dati si riferiscono alla globalità delle aziende agricole operanti in sito.

REGIONE P.A.	COD_PRODUCT	RUBRICA RICA	DESCRIZIONE RUBRICA RICA	SOC_EUR	SUP. COLTIVATA (ha)	N. CAPI	PS TOTALE
Sardegna	G1000T	D18A	Prati avvicendati	751 €/ha	74	-	* 55.574,00 €
Sardegna	C1600T - C1700T -C1900T	D08	Altri cereali da granella	1.020 €/ha	74	-	* 75.480,00 €
Sardegna	A4110K	J09A	Pecore	316 €/capo	-	2.285	722.060,00 €
Sardegna	A3130	J13	Suini - altri (verri e suini da ingrasso > 20 Kg)	712 €/capo		7	4.984,00 €
PRODUZIONE STANDARD TOTALE ANTE OPERAM							792.571,00 €

Tabella 6.11: Produzione Standard delle aziende agricole Ante operam.

* Considerando l'avvicendamento culturale, si stabilisce un valore medio di Produzione Standard Ante Operam pari a 65.527,00 €/anno.

Facendo un'analisi cumulativa delle aziende agricole operanti in loco, La Produzione Standard totale Ante Operam è pari a **792.571,00 €/a**, ovvero:

10.710,40 €/ha/a

Per la maggior parte del terreno a disposizione della società proponente si è ritenuto opportuno il mantenimento dell'attuale indirizzo produttivo (prati avvicendati a graminacee), con l'incremento di alcune iniziative progettuali di compensazione ambientale quali:

- coltivazione di corbezzolo da frutto nelle aree destinate a siepe perimetrale ed ulteriori opere di rinaturalizzazione;
- coltivazione piante aromatiche in piccole aree non interessate dalle strutture dell'impianto;
- installazione apiari e apicoltura.

Da suddette attività è possibile ricavare una resa ed un ritorno economico che andrebbe ad incrementare il reddito derivante dalla prosecuzione dell'attività agricola ante intervento.

Nello specifico si provvederà all'impianto di esemplari di corbezzolo già sviluppati, in maniera tale da favorirne la fruttificazione già dal primo o secondo anno di esercizio dell'impianto.

Data la difficoltà di reperire dati aggiornati sul prezzo di vendita delle attività agricole di supporto alle pratiche già in essere, sono stati presi come riferimento i valori presenti nella tabella delle Produzioni Standard relativa alla regione Sardegna per gli anni 2014-2020, derivanti dalla Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA), in base alla quale si può stimare la PS post-operam.

REGIONE P.A.	COD_PRODUCT	RUBRICA RICA	DESCRIZIONE RUBRICA RICA	SOC_EUR	SUP. COLTIVATA (ha)	N. CAPI N. ARNIE	PS TOTALE
Sardegna	G1000T	D18A	Prati avvicendati	751 €/ha	67,00	-	* 50.317,00 €
Sardegna	C1600T - C1700T -C1900T	D08	Altri cereali da granella	1.020 €/ha	67,00	-	* 68.340,00 €
Sardegna	A4110K	J09A	Pecore	316 €/capo	-	2.285	722.060,00 €
Sardegna	A3130	J13	Suini - altri (verri e suini da ingrasso > 20 Kg)	712 €/capo	-	7	4.984,00 €
Sardegna	A6710R	J18	Api (alveare)	190 €/alveare	-	28	5.320,00 €
Sardegna	I5000T	D34	Piante aromatiche, medicinali e da condimento	28.890 €/ha	2	-	57.780,00 €
PRODUZIONE STANDARD TOTALE POST OPERAM							849.472,50 €

Tabella 6.12: Produzione Standard delle aziende agricole Post operam.

* Considerando l'avvicendamento colturale negli anni, si stabilisce un valore medio di Produzione Standard Post Operam pari a 59.328,50 €/anno.

Dall'analisi cumulativa delle aziende agricole operanti in loco, La Produzione Standard totale Post Operam risulterà pari a **849.472,50 €/a**, ovvero:

12.678,70 €/ha/a

Confrontando le PS ante e post operam, si deduce un possibile incremento della produttività agricola di circa il 7%, pari a:

1.968,30 €/ha/a

6.5.4 MISURE COMPENSATIVE A FAVORE DEL TERRITORIO

Le ricadute principali si evidenziano soprattutto nelle opere pubbliche, nell'occupazione, nella maggiore difesa del territorio e nel potenziamento del settore agricolo.

Si riportano di seguito le possibili misure compensative e le ricadute locali sul territorio dei comuni interessati dall'intervento, ovvero:

- In fase di Autorizzazione Unica, per i comuni, potranno essere previste misure compensative, non monetarie, come interventi di miglioramento ambientale, di efficienza energetica o di sensibilizzazione dei cittadini (visite guidate, approfondimenti sul sistema agrivoltaico in loco).
- Il territorio interessato verrà riqualificato dal punto di vista idrogeologico e viabilistico.

Tutte le misure di cui sopra verranno prese in ottemperanza alla normativa vigente.

6.5.4.1 Opere pubbliche

L'opera pubblica di maggior rilievo è rappresentata dal miglioramento fondiario dell'area e del sistema di viabilità limitrofo all'area di impianto.

Gli interventi sopra esposti porteranno sicuramente delle ricadute positive, per citarne alcune:

- più agevole accesso ai lotti;
- più agevole transito dei macchinari per il controllo e la manutenzione del territorio e, in casi di emergenza, per consentire di raggiungere zone altrimenti non accessibili potenziando così le difese del territorio.

6.5.4.2 Pagamento tributi enti locali

L'ultima categoria di benefici quantificata nel presente documento è relativa ai tributi che verranno pagati localmente ai comuni interessati: questi sono rispettivamente la nuova tassa sugli immobili (IMU), calcolata in base ai valori della precedente ICI, oltre agli oneri di compensazione, che il proponente dovrà versare ai comuni interessati.

Un altro elemento da considerare sarebbe rappresentato dalla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili nel territorio: il vantaggio in questo caso è esprimibile in termini di differenziale di costo per MWh, rispetto al costo di produzione da fonte tradizionale non rinnovabile, cui aggiungere una percentuale ascrivibile al mancato consumo di fonti non rinnovabili e alla mancata emissione in atmosfera di sostanze inquinanti. La quantificazione di questi elementi può avvenire per via indiretta, mediante i valori espressi sui mercati internazionali dai titoli che rappresentano diritti di emissione.

A fronte dei benefici globali prodotti dalla realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile (vedi paragrafi precedenti e relazioni specialistiche) bisogna considerare, d'altra parte, che i costi esterni sono sopportati soprattutto dalla Comunità e dall'area in cui sorge l'impianto, dal momento che gli impatti prodotti dall'impianto agrivoltaico sono esclusivamente locali.

6.5.4.3 Valutazione economica progetto in esame

Si presentano quindi le contropartite economiche del territorio a fronte dei costi esterni sostenuti.

Il Comune di Siliqua, in cui è prevista l'installazione dell'impianto, percepirà in termini di IMU un introito annuale stimabile in circa (valori medi) 1.200,00 € per ogni ettaro occupato dall'impianto e quindi complessivamente (aliquota per terreni agricoli pari allo 0,76%, approvata dal Comune di Siliqua con Delibera n° 2 del 05-02-2024):

$$74,1 \text{ ha} \times 1.200,00 \text{ €/ha} = 88.920,00 \text{ €/anno}$$

I proprietari dei terreni percepiranno mediamente 1.500,00 € per ogni ettaro contrattualizzato con la società proponente per la cessione del diritto di superficie, e quindi:

$$74,1 \text{ ha} \times 1.500,00 \text{ €/ha} = 111.150,00 \text{ €/anno}$$

Tale importo viene allocato al cosiddetto anno zero, ovvero prima che l'impianto entri in esercizio.

6.6 SINTESI ESTERNALITA'

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori derivanti dall'analisi economico-sociale dalla quale sono state quantificate le esternalità negative e positive legate all'iniziativa progettuale. Suddetti valori saranno infine confrontati nella stima finale di costi-benefici, al fine di determinare il VANE del progetto e la sua conseguente fattibilità.

Esternalità negative (COSTI)	Flusso di cassa annuale €/anno
Stoccaggio e sequestro di carbonio	26.554,94
Rimozione particolato ed ozono	1.664,00
Qualità degli habitat	979,17
Protezione dall'erosione	2.944,00
Regolazione del regime idrologico	118.540,80
Disponibilità di acqua	806,40
Purificazione dell'acqua	9.600,00
Impollinazione	775,30
Impatto visivo	1.385,44
TOTALE	163.250,05

Tabella 6.13: Valorizzazione economica mancati servizi ecosistemici (Costi).

Mentre di seguito si riportano tutte le esternalità positive legate al progetto.

Esternalità positive (BENEFICI)	Flusso di cassa annuale €/anno
Costi investimento aziende locali	2.567.952,00
Manutenzione	42.484,50
Mancate emissioni CO ₂	2.119.706,75 (valore medio)
Incremento produzione agricola	1.968,30
IMU	88.920,00
Diritto Di Superficie	111.150,00
TOTALE	4.932.181,55

Tabella 6.14: Valorizzazione economica esternalità positive (Benefici).

7. ANALISI RISULTATI COSTI-BENEFICI

Nella tabella seguente vengono riassunte tutte le voci presentate nei capitoli precedenti: in particolare sono riportate le cosiddette esternalità positive, che generano un beneficio quantificabile come un flusso di cassa positivo (ricavo) e le esternalità negative legate al consumo di suolo e ai mancati servizi ecosistemici (costi) , che generano un costo quantificabile come un flusso di cassa negativo.

- Le esternalità negative annuali sono aumentate ogni anno dal valore di inflazione considerato (+3%);
- Per quanto riguarda le esternalità positive si è ipotizzato in maniera conservativa (e a sfavore della proponente) di mantenere costanti tutti i valori (IMU, Manutenzione, DDS, prezzo CO₂) e di avere tutti gli investimenti a favore delle aziende locali nell'anno di costruzione dell'impianto (anno 0);
- Ai fini del calcolo del VANE viene considerato un tasso di attualizzazione pari al 6%.

Sulla base della valutazione congiunta delle esternalità positive e negative generate dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico è quindi 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.

Anno	Esternalità positive "RICAVI"	Esternalità negative "COSTI"	Flusso di cassa	Flusso di cassa cumulato
	€	€	€	€
0	244.522,80 €	163.250,05 €	81.272,75 €	81.272,75 €
1	2.726.090,86 €	168.147,55 €	2.557.943,31 €	2.639.216,06 €
2	2.661.646,57 €	173.191,98 €	2.488.454,59 €	5.127.670,65 €
3	2.639.513,46 €	178.387,74 €	2.461.125,73 €	7.588.796,38 €
4	2.617.579,56 €	183.739,37 €	2.433.840,19 €	10.022.636,56 €
5	2.595.843,05 €	189.251,55 €	2.406.591,50 €	12.429.228,07 €
6	2.574.302,18 €	194.929,10 €	2.379.373,08 €	14.808.601,15 €
7	2.552.955,17 €	200.776,97 €	2.352.178,20 €	17.160.779,35 €
8	2.531.800,29 €	206.800,28 €	2.325.000,01 €	19.485.779,37 €
9	2.510.835,80 €	213.004,29 €	2.297.831,51 €	21.783.610,88 €
10	2.490.059,99 €	219.394,42 €	2.270.665,58 €	24.054.276,46 €
11	2.469.471,17 €	225.976,25 €	2.243.494,92 €	26.297.771,37 €
12	2.449.067,64 €	232.755,54 €	2.216.312,10 €	28.514.083,48 €
13	2.428.847,74 €	239.738,20 €	2.189.109,54 €	30.703.193,02 €
14	2.408.809,83 €	246.930,35 €	2.161.879,48 €	32.865.072,50 €
15	2.388.952,25 €	254.338,26 €	2.134.613,99 €	34.999.686,50 €
16	2.369.273,40 €	261.968,41 €	2.107.304,99 €	37.106.991,49 €
17	2.349.771,65 €	269.827,46 €	2.079.944,19 €	39.186.935,68 €
18	2.330.445,42 €	277.922,28 €	2.052.523,14 €	41.239.458,81 €
19	2.311.293,12 €	286.259,95 €	2.025.033,17 €	43.264.491,99 €
20	2.292.313,20 €	294.847,75 €	1.997.465,45 €	45.261.957,44 €
21	2.273.504,09 €	303.693,18 €	1.969.810,91 €	47.231.768,35 €
22	2.254.864,27 €	312.803,98 €	1.942.060,29 €	49.173.828,64 €
23	2.236.392,21 €	322.188,10 €	1.914.204,11 €	51.088.032,75 €
24	2.218.086,39 €	331.853,74 €	1.886.232,65 €	52.974.265,40 €
25	2.199.945,33 €	341.809,35 €	1.858.135,97 €	54.832.401,37 €
26	2.181.967,53 €	352.063,63 €	1.829.903,90 €	56.662.305,27 €
27	2.164.151,54 €	362.625,54 €	1.801.526,00 €	58.463.831,27 €
28	2.146.495,89 €	373.504,31 €	1.772.991,58 €	60.236.822,85 €
29	2.128.999,14 €	384.709,44 €	1.744.289,70 €	61.981.112,55 €
30	202.412,62 €	396.250,72 €	-193.838,10 €	61.787.274,45 €

Tabella 7.1: analisi flussi economici esternalità positive e negative e valori cumulati.

Applicando ai flussi di cassa risultanti le formule e la metodologia riguardanti il VAN è possibile trarre le seguenti conclusioni.

Come anticipato in precedenza, l'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 rispetto alla situazione vigente. Di conseguenza, se il progetto analizzato risulta avere un VAN positivo, tale intervento sarà da considerarsi più vantaggioso e quindi preferibile rispetto alla cosiddetta alternativa zero.

Come è facile osservare, i flussi di cassa anno per anno risultano essere positivi, determinando un **VANE** pari a **28.800.924,55 €**, valore ampiamente positivo che giustifica anche dal punto di vista della comunità locale l'intervento proposto.

Non è invece possibile, né utile, calcolare il TIRE perché l'investimento genera flussi di cassa positivi per la collettività già all'anno 0, di conseguenza non è possibile computare questo parametro economico in quanto non sono presenti flussi negativi dal punto di vista socio-economico; infatti, gli impatti negativi generati dall'investimento sui servizi ecosistemici o sul consumo di suolo, per esempio, vengono compensati e superati dalle esternalità positive legate al progetto.

Riassumendo le analisi svolte, sia dal punto finanziario, sia dal punto di vista socio-economico e ambientale, appare evidente come l'investimento previsto per l'impianto agrivoltaico restituisca valori complessivamente positivi e quindi superiori e da preferirsi rispetto all'alternativa "zero".