

PROPONENTE:

K4 ENERGY s.r.l.

Sede in:

Via Vecchia Ferriera 22, 36100 Vicenza(VI), Italia

Pec: k4-energy-srl-vi@pec.it

K4 ENERGY



PROVINCIA DI
ORISTANO



COMUNE DI
SAN VERO MILIS



COMUNE DI
SOLARUSSA



COMUNE DI
TRAMATZA



REGIONE
AUTONOMA DELLA
SARDEGNA

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON POTENZA COMPLESSIVA DI 23,8 MW NEL COMUNE DI SAN VERO MILIS (OR) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEI COMUNI DI SAN VERO MILIS (OR), TRAMATZA (OR) E SOLARUSSA (OR)

NOME ELABORATO:

ANALISI COSTI-BENEFICI

PROGETTO SVILUPPATO DA:

AGREENPOWER s.r.l.

Sede legale: Via Serra, 44

09038 Serramanna (SU) - ITALIA

Email: info@agreenpower.it



agreenpower s.r.l.

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Federico Micheli
Ing. Simone Abis
Dott. Gianluca Fadda

COLLABORATORI:

Ing. Federico Miscali
Dott. Agr. Vincenzo Satta
Dott.ssa Archeol. Anna Luisa Sanna
Ing. Michele Pigliaru
Dott. Geol. Giovanni Mele
Per. Ind. Alberto Laudadio
Geom. Mario Dessi

TIMBRO E FIRMA:

SCALA:	CODICE ELABORATO	TIPOLOGIA	FASE PROGETTUALE		
-	REL27	IMPIANTO AGRIVOLTAICO	DEFINITIVO		
FORMATO:					
-					
3					
2					
1	Seconda emissione	Marzo 2024	Agreenpower	Agreenpower	Agreenpower
0	Prima emissione	Luglio 2023	Agreenpower	Agreenpower	Agreenpower
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
1.1. LA SOCIETA' PROPONENTE IL PROGETTO.....	3
1.2. LA PROPRIETA' DEI TERRENI	4
1.3. LA SOCIETA' DI CONSULENZA E INGEGNERIA	4
2. PREMESSA	4
3. LA METODOLOGIA ADOTTATA.....	4
4. LA DEFINIZIONE DEI COSTI (ESTERNALITA') E DEI BENEFICI.....	5
4.1. COSTI (ESTERNALITA') AMBIENTALI E NON AMBIENTALI	6
4.1.1. Costi (esternalità) ambientali	6
4.1.2. Costi (esternalità) ambientali	6
4.1.3. Costi (esternalità) non ambientali	7
4.1.4. Quantificazione delle esternalità negative.....	7
4.1.5. Indicazione delle esternalità negative in fase di costruzione	7
4.1.6. Indicazione delle esternalità negative in fase di esercizio.....	8
4.2. BENEFICI (ESTERNALITA') POSITIVE	8
4.3. QUANTIFICAZIONE DEI COSTI.....	9
4.3.1. Occupazione temporanea del suolo.....	9
4.3.2. Consumo del suolo	10
4.3.3. Produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica	10
4.4. QUANTIFICAZIONE DEI BENEFICI	11
4.4.1. Effetti climatici a scala vasta e locale	11
4.4.2. Occupazione – ricadute socio-economiche	13
5. VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI.....	14
5.1. I SERVIZI ECOSISTEMICI	14
5.2. LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI	15
5.2.1. Stoccaggio e sequestro del Carbonio	16
5.2.2. Qualità degli habitat	17
6. ANALISI FINANZIARIA	18
6.1. IL VALORE ATTUALE NETTO (VAN)	18
6.1.1. Calcolo del VAN.....	19
6.2. IL TASSO INTERNO DI RITORNO (TIR).....	20
6.2.1. Calcolo del TIR.....	20
7. IL RICAVO DALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA.....	20
7.1. PREZZO DELL'ENERGIA PRODOTTA	21

8. CONCLUSIONI 21

1. INTRODUZIONE

Si premette che il presente documento contiene le considerazioni inerenti la nuova Soluzione Tecnica Minima Generale le cui modalità di esecuzione si ritengono ambientalmente migliorative essendo l'elettrodotto di connessione in cavidotto interrato verso la Stazione Elettrica denominata "Bauladu", di prossima realizzazione in agro del Comune di Solarussa anziché l'elettrodotto aereo in triplice terna verso la C.P. NARBOLIA in agro di Narbolia.

La presente relazione "Analisi Costi - Benefici" (di seguito anche "ACB") riporta l'analisi dei costi e dei benefici di "un impianto di agro-energia, ovvero un impianto agricolo-fotovoltaico, ad oggi definito **Agrovoltaico di tipo elevato – avanzato** costituito da un impianto fotovoltaico ad inseguimento solare monoassiale per complessivi **23.796,9** kWp di potenza di picco e **21.600** kW di potenza ai fini dell'immissione in rete, realizzato su suolo privato, e da coltivazioni agricole tra le file e al di sotto dei pannelli fotovoltaici, composto da n. 3 campi fotovoltaici e opere connesse alla RTN costituite da cavidotti interrati interni all'impianto e da n. 1 elettrodotto a 36kV in cavidotto interrato di trasporto dell'energia in fregio alla viabilità esistente, sino all'allaccio in antenna su Stazione Elettrica di prossima costruzione, da realizzarsi su una superficie di circa 35.720 m² di terreni agricoli ubicati nel Comune di San Vero Milis in località Spinarba presso l'Azienda Agricola Guiso, denominato "Agrovoltaico San Vero Milis".

L'Impianto Agrovoltaico sarà composto indicativamente da n. 34.740 pannelli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino da 685 W ciascuno e n.108 inverter distribuiti, posizionati sui pali di fondazione infissi nel terreno su cui sono montate le travi con i "porta moduli" girevoli delle strutture di sostegno mobili mono assiali in acciaio zincato. Il sistema è movimentato da un azionamento lineare controllato da un P.L.C., per la rotazione sull'asse Nord-Sud garantendo quindi che la superficie captante dei moduli fotovoltaici sia sempre perpendicolare ai raggi del sole con un range di rotazione (tilt) che va da - 60° (Est) a + 60° (Ovest); le strutture di sostegno saranno disposte in file parallele, per un totale di 619 trackers, con altezza al mozzo delle strutture di circa 3,27 m dal suolo. In questo modo nella posizione a +/-60° i pannelli raggiungono un'altezza minima dal suolo di 2,1 m e un'altezza massima di circa 4,18 m. Le strutture di sostegno saranno opportunamente distanziate di circa 6 m per evitare sia fenomeni di ombreggiamento reciproci sia per permettere la coltivazione dei terreni tra le file dei moduli fotovoltaici e al di sotto degli stessi, per una superficie di captazione complessiva di circa 107.902,44 m².

Si precisa che la potenza di picco, data dalla somma delle potenze dei pannelli fotovoltaici, risulterà pari a 23.796,90 kWp, potenza alla quale si fa riferimento per il dimensionamento dei componenti dell'impianto Agrovoltaico. La potenza ai fini dell'immissione in rete è pari a 21.600 kW, data dalla somma della potenza dei convertitori di energia, ovvero gli inverter.

L'impianto solare fotovoltaico sarà del tipo *grid-connected* e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, salvo gli autoconsumi di impianto e i fabbisogni energetici dell'Azienda Agricola Guiso.

L'impianto sarà connesso in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica della RTN a 220/36 kV da inserire in entrata – uscita alla linea 220 kV "Codrongianos – Oristano" gestita da Terna S.p.A. secondo la Soluzione Tecnica di Connessione emessa da Terna S.p.A. alla società K4 ENERGY S.r.l. in data 16 novembre 2023, Codice di rintracciabilità: 202305427.

La società K4 ENERGY S.r.l. ha provveduto all'accettazione della Soluzione Tecnica di Connessione con relativo pagamento degli oneri previsti in data in data 22 gennaio 2024.

Alla data di trasmissione del presente documento è stata identificata la localizzazione della nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 220/36 kV, denominata "Bauladu", è già stata sottoposta ad analisi di prefattibilità tecnica e potrà essere realizzata nel comune di Solarussa (OR), essendo stato indetto il tavolo tecnico avente come capofila la società Sorgenia Renewables S.p.A. alla quale è stato assegnato l'incarico di progettazione e autorizzazione della SE.

Le opere elettriche per la connessione dell'impianto Agrovoltaico San Vero Milis saranno realizzate nel rispetto delle normative CEI di riferimento e alle modalità di connessione alla rete previste dal GSE e dall'ENEL e descritte nel carteggio progettuale "Progetto elettrico"

La produzione annuale di energia dell'Impianto Agrovoltaico San Vero Milis è stimata pari a circa 45.200.000 kWh, calcolata utilizzando il software PVsyst (per approfondimento si rimanda alla relazione "REL26 Stima di producibilità").

1.1. LA SOCIETA' PROPONENTE IL PROGETTO

La società proponente il progetto Agrovoltaico San Vero Milis è la **K4 ENERGY S.R.L.**, con sede legale in via

Vecchia Ferriera n. 22, CAP 36100, Vicenza, iscritta alla Sezione Ordinaria del Registro delle Imprese di Vicenza al n. VI-401036, P.IVA 04398050247, di seguito anche “**K4 ENERGY**”.

1.2. LA PROPRIETA' DEI TERRENI

La proprietà dei terreni interessati dalla realizzazione dell'impianto in progetto, è l'azienda agricola denominata “**AZIENDA GUISO SOCIETA' SEMPLICE AGRICOLA**” di seguito anche “**Azienda Agricola Guiso**” di San Vero Milis (OR), rappresentata dai sig.ri Giovanni e Gianmichele Guiso.

1.3. LA SOCIETA' DI CONSULENZA E INGEGNERIA

Il progetto è seguito dalla società di consulenza **AGREENPOWER S.r.l.** in Via Serra 44, 09038 Serramanna (SU), Cod. Fisc. e P.IVA: 03968630925 – REA CA 352875, PEC: rinnovabili@pec.agreenpower.it con un gruppo di lavoro dedicato allo sviluppo progettuale coadiuvato da Consulenti specialistici esterni.

2. PREMESSA

La presente relazione riporta l'analisi dei costi derivanti dalla costruzione dell'impianto **Agrovoltaico San Vero Milis** e dei benefici che produrrà generando energia elettrica da fonte rinnovabile, quale la fonte solare per mezzo dell'effetto fotovoltaico e, allo stesso tempo, permettendo l'utilizzo agronomico e la coltivazione dei terreni sia tra le file dei moduli fotovoltaici sia al di sotto di essi.

L'Analisi Costi-Benefici (di seguito anche ACB) è un metodo di valutazione a priori applicato sia nel campo delle scelte di investimento pubbliche che per progetti di natura privatistica per la valutazione di una scelta strategica di politica economico – industriale che permette di valutare se il singolo progetto imprenditoriale è **economicamente conveniente e socialmente desiderabile**, condizione che si verifica quando il totale dei benefici ad esso associati **supera** il totale dei costi. La comparazione tra diverse alternative progettuali o di convenienza permette la valutazione della convenienza globale della scelta ritenuta ottimale e applicabile.

Il tema della valutazione di investimenti pubblici tanto rilevanti, obbliga all'assunzione di un atteggiamento *on the safe side*, vale a dire tale da certificare l'effettiva fattibilità del progetto in esame con sufficiente robustezza.

Questo significa, in particolare, dover adottare assunzioni prudenti, cautelative per tutti i valori e i parametri che non possono essere oggetto di stime certe e sicure; simmetricamente, una valutazione negativa deve essere espressa assumendo valori e parametri “in favore” del progetto analizzato.

L'analisi ACB si intende quindi l'insieme di tecniche di valutazione di progetti di investimento basate sulla valutazione, il calcolo e il confronto di tutti i costi e i benefici direttamente e indirettamente ricollegabili all'investimento stesso.

In particolare, considerando costi e benefici diretti, devono essere valutate anche le cd. “esternalità” ossia i costi associati all'utilizzo di una fonte di energia e alla sua trasformazione in un prodotto energetico, che ricadono sulla collettività e che non sono sostenuti dal proprietario dell'impianto.

La valutazione delle esternalità non è reperibile in un mercato internazionale e quindi deve essere fatta una valutazione indiretta e la quantificazione economica facendo riferimento a valutazioni reperibili in letteratura.

3. LA METODOLOGIA ADOTTATA

La metodologia adottata, del tipo costi-benefici sociali, sostanzialmente si basa sulla miglior prassi internazionale, se pur semplificata.

L'**analisi economica** valuta il **contributo di un progetto al benessere economico complessivo**. Lo scopo dell'analisi è quello di stabilire se la società nel suo complesso stia meglio con o senza il progetto.

La regola dell'analisi economica è che un investimento, per essere realizzato, debba essere vantaggioso per la collettività, il che significa che i benefici ottenibili per la collettività devono essere più grandi dei costi sostenuti.

La funzione di benessere collettivo sarà la discriminante che consentirà di decidere se attuare (o finanziare) un progetto o quale alternativa progettuale realizzare.

L'analisi economica differisce da quella **finanziaria**, che ha l'obiettivo di misurare il valore «sociale» di un progetto. Per la valutazione del valore sociale di un progetto, è importante considerare sia i vantaggi che gli svantaggi per tutte le parti coinvolte (in particolare gli utenti e i contribuenti) e non solo quelli relativi ai promotori dell'investimento, considerando le tipiche variabili che influenzano direttamente la funzione del profitto (flusso di ricavi e dei costi).

Per il progetto di impianto Agrovoltaiico San Vero Milis l'approccio da seguire è quello dell'analisi economica e la massima rilevanza è data dagli effetti ambientali associati all'intervento in progetto.

I parametri che saranno presi in considerazione per la valutazione economica del progetto Agrovoltaiico sono il **Valore Attuale Netto** (VAN) e il **Tasso Interno di Rendimento** (TIR) descritti nei capitoli 5.1. e 5.2.

È considerazione diffusa che, sebbene l'energia da fonte solare 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 pienamente nel prezzo di mercato dell'energia elettrica, ovvero 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.

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.

Allo stesso tempo, anche i costi ambientali non rientrano nel prezzo di mercato e pertanto non ricadono sui produttori e sui consumatori, ma vengono globalmente imposti alla società. Tali costi possono essere tutt'altro che trascurabili e vanno identificati e stimati in ogni progetto.

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 Agrovoltaiico e una vita utile dell'impianto di 30 anni.

Il progetto sarà considerato "utile socialmente" quando il valore aggiunto prodotto (Va) sommato alle economie esterne prodotte (Ee) e al maggior benessere sociale (Bs) avrà un valore superiore ai costi di produzione del servizio (Cs) sommato alle diseconomie esterne (De) e al disagio sociale (Ds), in formula:

$$Va+Ee+Bs > Cs+De+Ds$$

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.

Al fine di contribuire al processo decisionale concernente il progetto di impianto Agrovoltaiico San Vero Milis, quanto segue si propone di introdurre nella valutazione ambientale gli interessi degli interlocutori sociali, attraverso la valutazione dei principali costi e benefici, ovvero delle principali **esternalità positive** e **negative** associate all'iniziativa, come più oltre definite e individuate.

Non essendo ancora state consolidate delle metodologie di valutazione delle "esternalità" ambientali connesse agli impianti Agrovoltaiici, ovvero l'identificazione degli impatti più significativi e la relativa quantificazione economica, la presente ACB rappresenta il contributo analitico-conoscitivo alla valutazione di impatto complessiva e non come una sintesi della valutazione stessa, più diffusamente articolata e sviluppata nei restanti documenti dello Studio di Impatto Ambientale.

4. LA DEFINIZIONE DEI COSTI (ESTERNALITA') E DEI BENEFICI

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.

Ogni progetto è, infatti, accompagnato da effetti "collaterali" per i quali non esiste un prezzo di mercato, giacché lo stesso implica tipicamente, oltre a costi e benefici finanziari, effetti non direttamente monetizzabili, definiti comunemente esternalità o effetti indiretti.

È ormai chiaro che qualunque iniziativa si ripercuote, direttamente o indirettamente, sull'ambiente circostante, sia dal punto di vista strettamente naturale, che dal punto di vista antropico.

È l'adozione del punto di vista della collettività nella valutazione dei progetti che vale a contraddistinguere l'ACB in senso stretto dall'analisi finanziaria.

4.1. COSTI (ESTERNALITA') AMBIENTALI E NON AMBIENTALI

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

Il concetto di esternalità discende dal presupposto economico secondo il quale ogni attività economica, sia essa condotta da individui o associazioni, che fa uso di risorse scarse, non possa essere di utilità se i conseguenti effetti si ripercuotono negativamente sul benessere di altri individui o gruppi di persone (Energy Information Administration, 1995).

Da tale presupposto discende la più generica definizione di esternalità: *“costi e benefici che si generano allorquando un’attività sociale o economica condotta da un gruppo di persone ha un impatto su un altro gruppo e, allo stesso tempo, il primo gruppo non compensa pienamente i propri impatti”* (Commissione Europea, 1994).

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

4.1.1. Costi (esternalità) ambientali

Per la quantificazione dei costi e dei benefici sociali si fa riferimento alla Ricerca ExternE, “External Costs of Energy” inizialmente promosso dalla Commissione Europea in collaborazione con il Dipartimento dell’Energia degli Stati Uniti nel 1991, in seguito alla presa di consapevolezza che gli impatti ambientali connessi alla produzione di energia non fossero debitamente considerati nei processi decisionali.

Il progresso nella conoscenza scientifica aveva dimostrato, già nel 1991, che talune fonti energetiche possono provocare impatti negativi anche molto significativi su un ampio numero di recettori, influenzando sulla salute umana, sugli ecosistemi e sull’ambiente in generale.

La decisione di approfondire la valutazione delle esternalità riconducibili al settore della produzione energetica è stata, quindi, dettata da diversi fattori, tra cui:

- ✚ la necessità di considerare l’interesse ambientale nella scelta tra differenti fonti energetiche e tecnologie ad esse associate;
- ✚ la necessità di valutare i costi ed i benefici dell’applicazione di standard ambientali più rigorosi;
- ✚ la maggiore attenzione verso l’utilizzo di strumenti economici nelle politiche ambientali;
- ✚ la promozione di politiche volte all’incoraggiamento dello sviluppo dei meccanismi di mercato e della competizione nel settore dell’energia (privatizzazione, liberalizzazione dei mercati energetici...)

La metodologia sviluppata nell’ambito del progetto ExternE rappresenta il primo approccio sistematico per la valutazione monetaria dei costi esterni di una vasta gamma di cicli di produzione di energia. Gli impatti ed i costi sono sommati per i diversi recettori sensibili e lo studio si delinea come un’analisi di tipo multidisciplinare.

Negli anni la metodologia è stata ulteriormente sviluppata (l’ultima pubblicazione comprendente l’aggiornamento della stessa risale al 2005) e lo studio esteso ad altri settori come il solare **fotovoltaico**, i rifiuti o i danni riconducibili al riscaldamento globale.

Ai fini della presente ACB, ci si concentrerà sulla metodologia proposta da ExternE per la monetizzazione dei danni riconducibili alla produzione di energia tramite lo sfruttamento delle risorse naturali in generale.

Gli impatti identificati come maggiormente rilevanti da ExternE, relativamente alla fonte energetica solare, sono i seguenti:

- consumo di suolo;
- costo di produzione dell’energia.

Per la quantificazione dei costi faremo riferimento ad alcune pubblicazioni dell’ISPRA e ad alcuni documenti dell’UE in generale e altri prodotti nell’ambito della Ricerca ExternE, sulle esternalità prodotte dalle centrali di produzione dell’energia elettrica più specifici per quanto ci riguarda. Questi documenti offrono dei parametri riassuntivi di costo che includono tutte le quantificazioni sopra esposte. Per ciò che riguarda il suolo e la sua occupazione temporanea o permanente con superfici impermeabilizzate faremo riferimento ai mancati introiti per l’impossibilità di utilizzo agricolo e ai costi valutati dall’ISPRA relativamente all’impermeabilizzazione delle superfici.

4.1.2. Costi (esternalità) ambientali

Si considerano le esternalità ambientali più significative dell'impianto Agrovoltaiico:

- Occupazione temporanea del suolo
- Uso del suolo
- *Alterazione del Paesaggio*

Non si considerano a) la salute pubblica (incidenti, malattie), b) la sicurezza sul lavoro (incidenti, rumore, stress psicofisico), c) la qualità dell'aria, d) gli impatti ecologici (piogge acide, eutrofizzazione, qualità dei suoli), e) i cambiamenti climatici (aumento della temperatura, incremento del livello medio del mare, cambiamenti nel regime delle precipitazioni, aumento degli uragani).

Le esternalità ambientali, i costi ambientali possono essere a scala locale, regionale e globale, queste ultime con particolare riferimento al problema dei cambiamenti climatici conseguenti alle emissioni di anidride carbonica (CO₂) e riduzione dello strato di ozono a protezione dell'atmosfera a seguito dell'emissione di gas climalteranti.

4.1.3. Costi (esternalità) non ambientali

Le esternalità non ambientali che si riferiscono a costi nascosti, non chiaramente identificabili e misurabili possono così essere suddivise:

- Sussidi
- Costi per ricerca e sviluppo
- Affidabilità e sicurezza della fornitura
- Effetti sul prodotto interno lordo

L'individuazione, l'analisi e la quantificazione dei costi esterni non è un lavoro né semplice né immediato e investe questioni di carattere scientifico (per valutare la reale portata dell'impatto) ed economico (per quantificare in termini monetari tale impatto).

Quanto più è complessa la valutazione dei beni intangibili, tanto più la stima delle esternalità è affetta da incertezze. Basti pensare, come esempio emblematico, alla valutazione del costo conseguente all'inserimento di un impianto fotovoltaico avente un impatto visivo su un soggetto umano o del danno emergente conseguente all'emissione in atmosfera di una tonnellata di CO₂, aspetto questo che oggi non può più essere messo in dubbio quale conseguenza delle azioni antropiche.

4.1.4. Quantificazione delle esternalità 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 della presente 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 dell'impianto Agrovoltaiico che riguarderanno sia gli aspetti visivi (paesaggistici), sia quelli naturalistici. Tali esternalità saranno ad ogni modo riscontrabili esclusivamente nel periodo di costruzione dell'impianto Agrovoltaiico, andando praticamente a scomparire nella successiva fase di esercizio.

4.1.5. Indicazione delle esternalità negative in fase di costruzione

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

1. Aspetti di natura ambientale e paesaggistica.
2. Aspetti insediativi e infrastrutturali;

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

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 potranno essere mitigati grazie ad alcuni accorgimenti che sono stati predisposti e che sono qui brevemente riassunti:

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

4.1.6. Indicazione delle 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 dell’impianto Agrovoltaiico potrebbe avere sugli habitat di qualche specie faunistica qualora ci trovassimo in aree protette. Non è il caso dell’impianto in progetto.

4.2. BENEFICI (ESTERNALITA’) POSITIVE

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

Fase di realizzazione:

- I benefici occupazionali;
- I benefici economici diretti ed indiretti

Fase di esercizio:

- La riduzione della quantità di emissioni inquinanti e più in generale, gli effetti climatici su vasta scala
- I benefici occupazionali ed economici.

La metodologia utilizzata per quantificare in termini monetari le economie sopra esposte fa riferimento alla definizione di un prezzo ombra per ciascuno dei parametri identificati e all’individuazione in termini fisici della variazione del parametro in esame prodotta dalla realizzazione del progetto rispetto alla situazione “in assenza” del progetto. Pertanto, per ognuna delle variabili considerate, sarà stimato il relativo valore atteso futuro sia nello scenario “in assenza di intervento” sia nello scenario “con intervento”.

Successivamente, sarà calcolato il valore monetario di tale parametro, sulla base del prezzo individuato in entrambe le ipotesi; la differenza tra i due valori individuati rappresenta il beneficio generato dalla realizzazione del progetto riferito all’elemento considerato.

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 e lo Studio stesso 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.

4.3. QUANTIFICAZIONE DEI COSTI

4.3.1. Occupazione temporanea del suolo

I costi relativi all'occupazione di suolo per la realizzazione dell'impianto Agrovoltaiico possono essere stimati facendo riferimento al valore agricolo del terreno sulla base delle colture praticate. Per l'impianto Agrovoltaiico il suolo effettivamente "sottratto" temporaneamente, ovvero per le fasi di costruzione e dismissione e durante l'esercizio impiantistico, ovvero nei 30 anni stimati di vita produttiva dell'impianto Agrovoltaiico, è relativo alle sole aree:

1. occupate dai pali di fondazione, con profilo ad I, n. 1.184 pali * 0,0022 m² (area del profilo a I) per complessivi 2,6 m².
2. della viabilità di progetto (stradelle sterrate) e di manovra, ulteriori rispetto alla viabilità interna (stradelle) già esistenti, per complessivi 5.268 m²,
3. delle vasche di fondazione prefabbricate delle cabine elettriche, anch'esse prefabbricate (le Cabine di sottocampo, di Campo e la Cabina di Raccolta per circa 351 m² + 156 m² + 93,5 m² = 600,5 m²,
4. l'area di cantiere, durante la fase di costruzione temporanea per 10 mesi, per complessivi 1.600 m² e durante la fase di dismissione, per analoga superficie e durata di 7 mesi.

Nella stima dei costi *sociali* si fa riferimento ai redditi mancati (costo opportunità) che non potranno essere goduti a causa dell'utilizzo del suolo per altre finalità. Tali redditi sono quelli derivanti dalla coltivazione e corrispondono al reddito ritraibile dal conduttore del fondo in base alla tipologia di attività praticata. Per questa valutazione faremo ricorso al Reddito Lordo Standard (RLS), che rappresenta il criterio economico utilizzato per classificare le aziende agricole della UE, conosciuta come "Tipologia comunitaria delle aziende agricole".

Il RLS aziendale è il risultato della somma:

- per le produzioni vegetali: RLS/anno per ettaro di superficie coltivata e le rispettive superfici interessate alle colture praticate in azienda;

- per le produzioni animali: RLS/anno per capo allevato e numero di capi per specie allevati in azienda. Il coefficiente di evoluzione agro – economica da utilizzare per la definizione dell'Unità di Dimensione Europea è pari a 1,2 (Decisione 90/36/CEE) e pertanto ad ogni UDE corrispondono 1.200 Euro di RLS/anno

Per la determinazione dei valori ci si riferisce ai dati pubblicati dall'Assessorato all'Agricoltura della Regione Sardegna (Allegato 1 alla Determinazione n. 15737/706 del 04.08.2009¹).

Per il progetto di impianto Agrovoltaiico, le aree interessate dagli interventi ricadono in terreni adibiti prevalentemente a produzione di foraggio, e quindi si fa riferimento al valore relativo a questo utilizzo siglato D18B, che è pari a 859,00 €/ha per anno. Questo valore rivalutato ad oggi diviene circa **1.040 €/ha**.

Il totale delle superfici occupate in fase di cantiere praticamente è la stessa superficie che l'impianto occuperà permanentemente in futuro, e sono pari a 35,72 ha, coltivati con specie poliennali foraggere e/o cerealicole, a mano delle superfici sopra indicate pari a circa 10.311 m² per cui l'estensione effettiva del parco è di circa 34,7 ha.

Quindi per ogni anno di vita utile dell'impianto avremo dei redditi mancati (e dunque costi) stimabili in:

Mancato reddito agricolo durante la fase di costruzione = 357.200 m² × 0,104 €/m² = 37.148 €/anno = € 30.957 per i 10 mesi di durata del cantiere.

Mancato reddito agricolo = 2,6 m² + 5.268 m² + 600,5 m² × 0,104 €/m² = 610,59 €/anno per 30 anni = € 18.317.

¹ https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_19_20090806130855.pdf

Mancato reddito agricolo durante la fase di dismissione = $357.200 \text{ m}^2 \times 0,104 \text{ €/m}^2 = 37.148 \text{ €/anno} = \text{€ } 21.669$ per i 7 mesi di durata del cantiere.

Il valore globale nei 30 anni di esercizio più la fase di costruzione e quella di dismissione è quindi pari a $30.957 + \text{€ } 18.317 + \text{€ } 21.669 = \text{€ } 70.943$.

4.3.2. Consumo del suolo

Rispetto al punto precedente si valuta l'effettivo consumo di suolo dell'opera, che si riduce alle sole superficie impermeabilizzate al di sotto delle n.15 cabine elettriche, ovvero lo spazio occupato fisicamente dalle fondazioni delle cabine elettriche dell'impianto Agrovoltaiico, pari a circa $600,5 \text{ m}^2$, oltre alle superfici dei pali di fondazione delle strutture di sostegno dei moduli ($2,6 \text{ m}^2$) considerando che non sarà fatto uso di asfalto nell'intero sviluppo dell'impianto Agrovoltaiico.

Il basamento prefabbricato di fondazione delle cabine elettriche è considerato, in via conservativa, come se fosse una cementificazione che soffoca il terreno destinato o potenzialmente destinato all'agricoltura.

Il costo ambientale immediato dell'impermeabilizzazione è la perdita di servizi ecosistemici, ovvero di quei benefici che l'uomo ottiene, direttamente o indirettamente, dagli ecosistemi e necessari al proprio sostentamento.

Sulla base di queste analisi nel rapporto 2016 "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" elaborato dall'ISPRA, il paragrafo "Impatto sul consumo di suolo in Italia" riporta: *L'impatto economico del consumo di suolo in Italia è stato – in questa sede – stimato attraverso la contabilizzazione dei costi associati alla perdita dei servizi ecosistemici connessi. Partendo tuttavia dalle elaborazioni effettuate è possibile notare che il costo imputabile al suolo consumato, e dovuto alla non erogazione dei servizi ecosistemici oggetto di stima, varia tra i 538,3 e gli 824,5 milioni di euro, pari a 36.000 – 55.000 € per ogni ettaro di suolo consumato.* Per tutti i costi attribuibili al consumo di suolo, considerando il valore maggiore di €/ha 55.000, il

Costo del consumo di suolo è stimato in $2,6 \text{ m}^2 + 600,5 \text{ m}^2 = 603,1 \text{ m}^2 = 0,0603 \text{ ettari} * 55.000 \text{ €/ettaro} = \text{€ } 3.316,5 * 30 \text{ anni} = \text{€ } 99.495$.

4.3.3. Produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica

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

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

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

Per l'ACB si prende in considerazione il documento edito dall'RSE Spa – "Ricerca sul Sistema Energetico dal titolo Energia Elettrica, anatomia dei costi", di cui si riporta una tabella di confronto significativa.

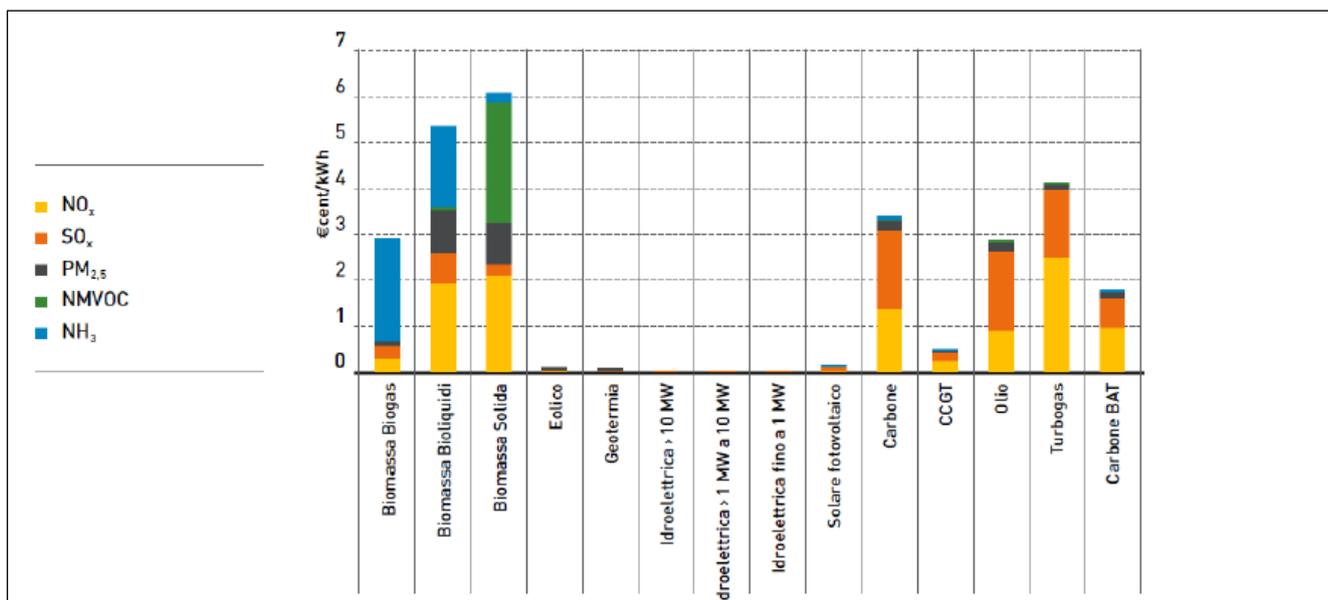


Fig. 1: valori esternalità a livello locale per le fonti energetiche

Le esternalità negative degli impianti di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili sono estremamente ridotte, stimabili in max 0,002 €/kWh. Per la fonte solare fotovoltaica si considera il valore di 0,0015 €/kWh.

La produzione annuale di energia dell’Impianto Agrovoltaiico San Vero Milis è stimata pari a circa 45.200.000 kWh, calcolata utilizzando il software PVsyst (per approfondimento si rimanda alla relazione “REL26 Stima di producibilità”).

I costi esterni imputabili all’energia prodotta dall’impianto Agrovoltaiico sono pari a
 $45.200.000 \text{ kWh} * 0,0015 \text{ €/kWh} = \text{€/anno } \mathbf{67.800}$

4.4. QUANTIFICAZIONE DEI BENEFICI

4.4.1. Effetti climatici a scala vasta e locale

Il contributo positivo dato da un impianto fotovoltaico è collegato alla diminuzione delle emissioni di gas climalteranti, in particolare CO₂ in atmosfera, SO₂ ed NO_x che, come è ormai riconosciuto a livello unanime dalla comunità scientifica, sono tra i principali responsabili del riscaldamento globale del pianeta, e derivano in gran parte dallo sfruttamento dei combustibili fossili.

Tali emissioni possono essere evitate preferendo la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. I benefici ambientali che derivano dall’esercizio dell’impianto Agrovoltaiico sono connessi dunque alla mancata immissione in atmosfera di gas ad “effetto serra” (CO₂), oltre che di gas nocivi alla salute, quali SO₂ ed NO_x.

Il principio di questa stima è quello dei costi evitati. Ovvero la produzione (e dunque il consumo) di medesime quantità di energia con fonti tradizionali porterebbe ad emissioni superiori e dunque avrebbe esternalità decisamente superiori a quelle prodotte dall’impianto Agrovoltaiico in progetto.

Come espresso nel capitolo precedente, per le fonti tradizionali i costi esterni sono di gran lunga superiori a quelli degli impianti solari fotovoltaici. Per comprendere, allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e internazionali, gli impatti evitati ma rapportati alla realtà italiana, e quindi il risparmio in termini di esternalità negative si fa riferimento alla metodologia illustrata nello studio dell’RSE Spa – “Ricerca sul Sistema Energetico dal titolo Energia Elettrica, anatomia dei costi”, che si riporta qui sotto.

La metodologia semplificata utilizzata in questa sede per il calcolo delle esternalità ambientali è una metodologia speditiva, messa a punto dall’Agenzia Europea per l’Ambiente – EEA European Environment Agency che consente di valutare in termini monetari il danno sulla salute e sull’ambiente provocato da:

- inquinanti atmosferici con effetti a scala locale e regionale: NH₃, NO_x, NMVOC, PM, SO₂;
- inquinanti atmosferici con effetti a scala globale (effetto serra): CO₂, N₂O, CH₄ misurati come CO₂EQ.

La metodologia utilizzata per quantificare il costo del danno per gli inquinanti a scala locale e regionale segue il percorso degli impatti, già definito da ExternE, con una serie di semplificazioni metodologiche. Le principali semplificazioni rispetto alla metodologia ExternE sono le seguenti:

- il danno per tonnellata, per singolo inquinante, è stato quantificato a livello medio nazionale grazie all'utilizzo ripetuto di modelli di dispersione atmosferica e, quindi, alla realizzazione di matrici di trasferimento emissione-concentrazioni;

- sono stati valutati opportuni fattori per passare dal danno medio nazionale al danno medio per settore, per tenere conto ad esempio dell'altezza del camino, che influenza la dispersione degli inquinanti;

- il danno è calcolato come (emissioni degli impianti) x (danno medio nazionale) x (fattore "camino").

In altri termini, il costo esterno per l'emissione di un singolo inquinante (€/ton) per un singolo Stato membro è calcolato una volta per tutte a livello medio per ogni nazione. Grazie a questi fattori di costo nazionali, è possibile quindi stimare i costi esterni a partire dalle emissioni atmosferiche semplicemente moltiplicando le emissioni annue (in tonnellate) per il fattore di costo (€/t).

Il modello di dispersione utilizzato traccia gli inquinanti in atmosfera e segue le loro reazioni chimiche consentendo di quantificare gli effetti legati alle emissioni e non solo alla concentrazione atmosferica degli inquinanti nello stato chimico-fisico in cui essi vengono rilasciati. Ne consegue, ad esempio, che i danni causati dalla concentrazione in atmosfera di particolato sono assegnati al PM_{2,5} (primario) così come agli altri inquinanti primari da cui si forma il particolato secondario (SO₂ per i solfati presenti in atmosfera, NO_x per i nitrati e NH₃ per lo ione ammonio) in proporzione al loro contributo al fenomeno.

L'analisi degli impatti degli inquinanti a scala regionale rende conto degli effetti sulla salute umana, sulle coltivazioni e sui materiali a causa dell'esposizione a PM_{2,5}, ozono troposferico e acidità atmosferica. L'effetto sulla salute di SO₂, NO_x, NH₃ e NMVOC è legato alla formazione di particolato secondario e ozono attraverso reazioni chimiche in atmosfera. Gli effetti diretti sulla salute da esposizione diretta a SO₂ ed NO_x sono già considerati negli effetti del particolato fine e non vengono riconsiderati per evitare doppi conteggi.

Si riporta, di seguito la tabella di costi relativi ai vari inquinanti che riteniamo possa essere utilizzata per l'ACB.

Scala	Globale	Regionale e locale					
Inquinante	CO ₂ eq	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM ₂₅	NMVOG	NH ₃
[€/t]	33,6	8 394	7 994	23 120	35 604	625	13 129

Tab. 1: Fattori di danno per tonnellata di inquinante per l'effetto serra

I valori delle principali emissioni associate alla generazione del parco termoelettrico nazionale sono le seguenti (fonte Rapporti ISPRA 363/2022 – Indicatori di efficienza e decarbonizzazione del sistema energetico nazionale e del settore elettrico):

Inquinanti atmosferici	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ossidi di azoto - NO_x	368,44	288,07	253,12	237,66	226,91	218,32	209,57	205,36
Ossidi di zolfo - SO_x	524,75	222,46	95,41	71,72	63,31	58,41	47,44	45,50
Composti organici volatili non metanici - COVNM	52,97	73,26	81,69	86,78	85,62	86,54	85,78	90,20
Monossido di carbonio - CO	105,49	101,11	94,31	96,29	97,60	93,37	94,44	92,48
Ammoniaca - NH₃	0,63	0,61	0,67	0,57	0,50	0,46	0,33	0,28
Materiale particolato - PM₁₀	16,91	8,03	4,12	3,54	3,31	2,91	2,66	2,37

* energia elettrica totale al netto dai pompaggi + calore in kWh

Tab. 2: Rapporti ISPRA 363/2022, Tab. 2.34 pag. 87

1 kWh di energia prodotta in Italia comporta l'emissione di	
Anidride carbonica (CO ₂) [kg]	0,483
Ossidi di azoto (NO _x) [g]	0,205
Anidride solforosa (SO ₂) [g]	0,00455
Polveri PM10 [g]	0,0237

Tab. 3: Emissioni per kWh da fonte tradizionale (fonte: Rapporti ISPRA 363/2022)

Considerata la produzione attesa dell'impianto Agrovoltaiico pari a circa 45.200.000 kWh/anno e l'uso di petrolio per la produzione di 1 kWh (g): TEP per 1kWh: 0,22 X 10⁻³ tep/kWh = 0,00022 TEP (220g di petrolio), l'entrata in esercizio dell'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis avrà l'effetto positivo ambientale di evitare l'emissione in

atmosfera dei seguenti valori:

Emissioni evitate in atmosfera dall'Impianto Agrovoltaiico San Vero Milis				
Anidride carbonica (CO ₂) [kg/anno]	Ossidi di azoto (NOx) [kg/anno]	Anidride solforosa (SO ₂) [kg/anno]	Polveri [kg/anno]	Tonn. di petrolio equivalente [TEP]
21 831 600	9 266	206	1 071	9 944

Tab. 4: Emissioni evitate in atmosfera dall'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis in un anno

Durante la sua vita produttiva, stimata in 30 anni, l'impianto Agrovoltaiico permetterà il risparmio delle seguenti quantità di inquinanti:

Emissioni evitate in atmosfera in 30 anni dall'Impianto Agrovoltaiico San Vero Milis				
Anidride carbonica (CO ₂) [kg]	Ossidi di azoto (NOx) [kg]	Anidride solforosa (SO ₂) [kg]	Polveri [kg]	Tonn. di petrolio equivalente [TEP]
654 948 000	277 980	6 170	32 137	298 320

Tab. 5: Emissioni evitate in atmosfera dall'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis in 30 anni

Applicando i costi dell'ultima tabella alle citate quantità avremo:

	Produzione evitata	kWh/anno prodotti	Tonnellate	Costi [€]	Costi evitati annui [€]
CO ₂ [kg/kWh]	0,483	45 200 000	21 832	33,6	733 542
SO ₂ [kg/kWh]	0,0000455	45 200 000	2,06	7 994	16 440
NOx [kg/kWh]	0,000205	45 200 000	9,27	8 394	77 779
PM10 [kg/kWh]	0,00000237	45 200 000	0,11	23 120	2 477
				Totale [€]	830 237,73

Tab. 6: Costi evitati dall'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis in 1 anno

4.4.2. Occupazione – ricadute socio-economiche

La realizzazione e la gestione ed esercizio dell'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis in progetto comporterà delle ricadute positive sul contesto occupazionale locale. Infatti, sia per le operazioni di cantiere (fase di costruzione) che per quelle di manutenzione e gestione (fase di esercizio) che per quelle di dismissione (fase di smantellamento) delle varie parti di impianto, è previsto prioritariamente il ricorso all'impiego di risorse locali, a parità di condizioni tecnico economiche e soprattutto a seconda della reperibilità delle professionalità necessarie.

La manodopera impiegata sarà di varie tipologie: operai edili per gli scavi delle stradelle di progetto, delle platee di fondazioni delle cabine elettriche, dei pali di fondazione, operai meccanici per l'installazione delle parti meccaniche dell'impianto, le strutture di sostegno, che operai elettrici specializzati per l'impiantistica elettrica e le connessioni e per le linee elettriche aeree di connessione e messa in rete dell'energia.

Le stime del computo metrico riguardano la presenza media di 3 operai edili, 6 operai meccanici e 6 operai elettrici specializzati, con varie mansioni.

Nella fase di costruzione si avrà quindi un incremento dell'occupazione di manodopera locale, per circa 10 mesi, stimata (con tempistiche differenti) di circa 15 addetti.

In base alle ore lavorate all'anno (1.543 h/anno) e le tabelle del costo medio orario del Ministero del Lavoro² per la Provincia di Cagliari:

operaio di II livello: €/h 27,6 (3 operai edili)

operaio di III livello €/h 29,81 (n. 6 operai meccanici)

operaio di IV livello €/h 31,42 (n. 6 operai elettrici specializzati)

²

<https://www.lavoro.gov.it/temi-e-priorita/rapporti-di-lavoro-e-relazioni-industriali/focus-on/Analisi-economiche-costo-lavoro/Documents/Tabelle-Operai-2022-P.pdf>

Nella fase di costruzione si stima:

27,6 €/h * 3 operai edili (II livello) * 4 mesi * 154,3 h/mese = € 51.104,16

29,81 €/h * 6 operai meccanici (III livello) * 5 mesi * 154,3 h/mese = € 137.990,49

31,42 €/h * 6 operai (specializzati, IV livello) * 8 mesi * 154,3 h/mese = € 232.709,088

Il totale è pari a € **421.804**.

Nella fase di smantellamento si avrà quindi un incremento medio dell'occupazione di manodopera locale, per circa 7 mesi, stimata (con tempistiche differenti) di circa 8 addetti. In base ai valori del costo medio orario sopra riportate, nella fase di smantellamento si stima:

27,6 €/h * 2 operai edili (II livello) * 2 mese * 154,3 h/mese = € 17.034,72

29,81 €/h * 3 operai meccanici (III livello) * 4 mesi * 154,3 h/mese = € 55.196,196

31,42 €/h * 3 operai (specializzati, IV livello) * 5 mesi * 154,3 h/mese = € 72.721,59

Il totale è pari a € **144.953**.

Il totale sia per la **fase di costruzione** che per la **fase di dismissione** è pari a € **566.757**

Nella fase di costruzione sono ovviamente previsti dei riflessi economici indiretti sulle attività legate alla fornitura di beni e servizi quali approvvigionamento di materiali, noleggio automezzi, ristorazione, ecc.

Nella **fase di esercizio** si valuta una occupazione stabile per 5 unità lavorative, fra part time e full time, per tutta la vita utile dell'impianto (30 anni), compresi le unità lavorative delle ditte esterne di manutenzione. Può essere stimato un sostegno economico sicuro per 5 famiglie.

Benefici occupazionali in fase di esercizio previsti pari a €/anno 175.000 per 30 anni.

Considerata la tipologia di operai e di mansioni possiamo, cautelativamente stimare che gran parte della manodopera sarà comunque reperibile nell'area di San Vero Milis, Narbolia e in generale in Provincia di Oristano.

Considerando che il territorio del Comune di San Vero Milis è parzialmente caratterizzato dalle problematiche legate al progressivo spopolamento dovuto all'impossibilità di garantirsi un reddito sufficiente attraverso le tradizionali attività legate al settore agricolo o pastorale o legato a lavori occasionali, l'inserimento di un nuovo settore produttivo come la produzione di energia da fonti rinnovabili, genererà un reale sviluppo del territorio.

5. VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

5.1. I SERVIZI ECOSISTEMICI

I servizi ecosistemici ("*ecosystem services*" e anche "SE") sono quella serie di servizi che i **sistemi naturali generano a favore dell'uomo**: secondo la definizione proposta dal MEA - Millennium Ecosystem Assessment, i servizi ecosistemici sono i "**molteplici benefici forniti dagli ecosistemi al genere umano**" (MEA, 2005).

La disponibilità di SE è riconosciuta essere un'imprescindibile base del benessere umano e fattore di riduzione della povertà (MEA, 2005).

Nel 2005 il Millennium Ecosystem Assessment ha rilevato che la maggior parte dei servizi ecosistemici sono minacciati e con trend negativi per i prossimi 50 anni e ha classificato i servizi ecosistemici in quattro in gruppi funzionali: di **fornitura**, cioè prodotti ottenuti dagli ecosistemi quali cibo, acqua pura, fibre, combustibile, medicine; di **regolazione**, in quanto i benefici sono ottenuti dalla regolazione di processi ecosistemici ad esempio in relazione al clima, al regime delle acque, all'azione di agenti patogeni; **culturali**, intesi come l'insieme dei benefici non materiali ottenuti dagli ecosistemi come il senso spirituale, etico, ricreativo, estetico, le relazioni sociali; di **supporto**, in cui rientrano i servizi necessari per la produzione di tutti gli altri servizi ecosistemici come la formazione del suolo, il ciclo dei nutrienti e la produzione primaria di biomassa.

Per molti di questi servizi il valore economico non è contabilizzato sul mercato e, di conseguenza, sono eccessivamente utilizzati o inquinati.

E' quindi importante la quantificazione biofisica e le stime monetarie per misurare sia i costi ambientali associati allo sfruttamento della biodiversità, sia i benefici ottenuti per il benessere umano; ciò è stato riconosciuto nell'ambito delle Nazioni Unite, attraverso la definizione degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 (SDGs) e dal Piano Strategico 2011-2020 della CBD con i suoi Aichi Targets.

Avere una buona dotazione di servizi ecosistemici significa avere una maggior "ricchezza" pro-capite in termini di capitale naturale, ma anche una minore vulnerabilità, una maggiore salute e resilienza dei territori. Ecosistemi sani possono offrire un contributo molto significativo, proprio perché i loro servizi, gratuitamente utilizzati

dall'uomo, che costituiscono risorse non sostituibili con quelle del capitale antropico,

La valutazione ecologica-economica ha lo scopo di stimare i SE in termini monetari, al fine di fornire una metrica comune attraverso cui i benefici di diversi servizi forniti dagli ecosistemi possano essere quantificati (MEA, 2005) al fine di supportare strategie di sostenibilità e di perequazione territoriale, anche a fronte dei cambiamenti globali nel breve, medio e lungo periodo.

5.2. LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

La valutazione dei servizi ecosistemici (SE) è un processo complesso e articolato; per alcuni SE la metodologia di valutazione è abbastanza consolidata, come ad es. la valutazione dello stoccaggio di carbonio, e la discussione in questi casi verte sull'approfondimento delle fonti di dati, per altri si stanno sperimentando diverse modalità di valutazione.

Nella valutazione a scala nazionale prodotta da ISPRA-SNPA, viene stimata la variazione di SE conseguente al consumo di suolo prodotto ogni anno. E' considerata sia la variazione dei servizi offerti, sia la variazione dello stock di risorse, a seconda dei casi e in funzione di metodi e dati disponibili. Questo è un aspetto attualmente oggetto di discussione e approfondimento, in particolare rispetto alla componente di perdita di capacità degli ecosistemi all'interno dell'impatto complessivo, che va oltre la valutazione del servizio effettivamente fornito e assume secondo alcuni un ruolo simile a quello della perdita dello stock di risorse.

È opportuno sottolineare che la valutazione dei SE a scala nazionale incontra un importante problema rappresentato dalla disponibilità di banche dati idonee a scala nazionale. Alcune banche dati ambientali – come nel caso dei suoli – sono assolutamente deficitarie rispetto alla necessità.

Il progetto Life SAM4CP ha identificato sette servizi ecosistemici già nella prima edizione della valutazione nazionale (ISPRA, 2016) e il rapporto 2018 ha integrato alcuni SE diversi e ne ha aggiunto altri, ulteriormente selezionati nella edizione 2017 e proposti per la edizione del 2018 come evidenzia la tabella 7 che segue.

Servizi	u.m. biofisica	u.m. economica	LIFE SAM4CP ¹	Rapporto 2016	Rapporto 2017	Rapporto 2018
Stoccaggio e sequestro di carbonio						
Flusso	t/ha	€/t				x
Stock	t/ha	€/t	x	x	x	x
Qualità degli habitat	adim	€/ha	x	x	x	x
Produzione agricola						
Flusso	ha	€/ha				x
Stock	ha	€/ha	x	x	x	x
Produzione di legname						
Flusso	m ³	€/m ³				x
Stock		€/ha	x	x	x	x
Impollinazione	adim	€/ha	x	x	x	x
Regolazione del microclima	stima	stima		x	x	x
Rimozione particolato e ozono	t/ha	€/t		x	x	x
Protezione dall'erosione	t/ha	€/t	x	x	x	x
Disponibilità di acqua	m ³	€/m ³				x
Regolazione del regime idrologico	m ³	€/m ³	Come Water Yield	x	x	x
Purificazione dell'acqua	adim	€/ha/anno	x	x	-	x
Supporto alle attività umane	adim	-				x

Tab. 7: Rapporto 2018 - Servizi ecosistemici considerati

Alcuni aspetti aperti devono essere approfonditi e determinati nel prossimo futuro, come la valutazione del valore del capitale naturale in un dato periodo, la valutazione delle variazioni dei SE anche rispetto ai cambiamenti da copertura artificiale a naturale e in generale tra le diverse classi (trade off), o l'analisi di ulteriori servizi, quali quelli culturali, finora poco investigati.

In futuro, si spera non lontano, sarà necessario sviluppare Linee guida per la valutazione a scala locale, poiché la pianificazione urbanistica ha esigenze incompatibili con l'utilizzo di dati/metodi utilizzati a scala nazionale nonché indirizzi ed azioni per aumentare la percezione del pubblico sui temi del suolo e dei servizi ecosistemici che esso è in grado di fornire.

Nel caso del progetto Agrovoltaico in esame sono stati considerati pertinenti e di interesse per la presente ACB i seguenti servizi ecosistemici.

- Stoccaggio e sequestro di carbonio,
- Qualità degli habitat.

5.2.1. Stoccaggio e sequestro del Carbonio

Il sequestro e lo stoccaggio di carbonio (SSC) costituiscono un servizio di regolazione assicurato dai diversi ecosistemi terrestri e marini grazie alla loro capacità di fissare gas serra, seppur con diversa entità (Hutyra et al., 2011), secondo modalità incrementali rispetto alla naturalità dell'ecosistema considerato (tale regola vale in generale e nel contesto mediterraneo e del nostro Paese).

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 connotati da un elevato grado di naturalità. (Sallustio et al., 2015).

Seguendo l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), la maggior parte del carbonio presente negli ecosistemi terrestri è contenuta in quattro principali pools costituiti da: biomassa epigea, biomassa ipogea, suolo e sostanza organica morta.

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.

Non esiste un unico valore monetario corretto per il SCC (Isacs et al., 2016), in letteratura è disponibile un rilevante numero di stime, che tuttavia differiscono per diversi ordini di grandezza, lasciando ambiguità e confusione su quale usare. L'incertezza di queste stime è intrinseca, in quella dei fenomeni da cui dipende tra cui la sensibilità al clima, le ipotesi sulle emissioni future e le posizioni etiche dei decisori. Nella valutazione del costo sociale, in particolare, a seconda delle scelte fatte in merito ai punti di vista etici e alle ipotesi sulle emissioni future e sulla sensibilità al clima, le stime possono essere significativamente più alte di quelle normalmente utilizzate negli strumenti di valutazione.

Il costo sociale considera il danno evitato, a livello globale, grazie al sequestro di CO₂. Questo tipo di costo è variabile a causa dell'incertezza della stima.

Per la valutazione economica del servizio ecosistemico di stoccaggio e sequestro di carbonio esistono diversi approcci, ma due sono quelli più utilizzati: uno basato sul costo sociale, l'altro sul valore di mercato dei permessi di emissione.

Per le finalità in esame si farà riferimento al prezzo utilizzato frequentemente per la valutazione dei costi potenziali associati al cambiamento climatico (US EPA - *Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government*, 2016), per il 2015 indicano un valore di 36 \$/t (dollari 2007 per tonnellata di CO₂), come assunto nel Rapporto ISPRA 33.18 €/tCO₂ (2015), pari a 101.85 €/tC³.

I valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo (da Sallustio et al. 2015), come riportati nel citato report ISPRA, sono indicati in Tabella 8.

³ $4 \cdot 0,6793$ tasso di cambio tra dollaro e euro 2007 (<https://cambio-euro.it/archivio-valute/2007-12-31/>); coefficiente di rivalutazione di 1,138 (rivaluta.istat.it, da 2007 a 2015); $1 \text{ tC} = 3,66 \text{ t CO}_2$ in funzione del rapporto tra peso molecolare del CO₂ e peso atomico del carbonio C; la valutazione è di $36 \text{ \$/tCO}_2(2007) \cdot 0,6793 \cdot 1,138 \cdot 3,66 = 101,85 \text{ €/tC}(2015)$.

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	**	**	**	**	**

Tab. 8: Valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo (da Sallustio et al. 2015)

Per il territorio in esame lo stock di Carbonio di riferimento può ricondursi a quello indicato per la categoria delle aree agricole, pari a 58.1 t C ha⁻¹.

Valutato che le superfici per le quali è prevista una effettiva trasformazione dell'uso del suolo possono ricondursi esclusivamente a quelle occupate in modo permanente da:

- pali di fondazione delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici per circa 2,6 m²,
- vasche di fondazione prefabbricate per la posa delle cabine elettriche, anch'esse prefabbricate (le cabine di trasformazione, di raccolta e di consegna) per circa 351 m² + 156 m² + 93,5 m² = 600,5 m²

la stima economica della perdita di stock di CO₂ è di seguito riportata:

S = Superficie sottratta [ha] = 2,6 m² + 600,5 m² = 603,1 m² = 0,00603 ettari

C = Contenuto di Carbonio [t] = 58,1 t C ha⁻¹ x 0,00603 ha = 3,5

P = Prezzo delle emissioni di carbonio [€/tC] = 101,85

Valore economico perdita di Stock [€] = 3,5 * 101,85 = € 356,82.

5.2.2. 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. Questo servizio è considerato come un indice della biodiversità complessiva, e rientra nella categoria dei cosiddetti servizi di supporto, secondo alcune classificazioni, o incluso nei servizi di Regolazione e mantenimento, o in altri casi ancora escluso come nello schema CICES.

Per quanto riguarda il valore economico da associare a questo servizio, ISPRA ha scelto di fare riferimento a valutazioni come quella di Costanza (Costanza et al.1997 e 2014) che fornisce il valore economico a scala globale di 17 servizi ecosistemici, tra cui anche l'habitat, suddivisi in 16 biomi.

Per il Rapporto ISPRA 2018, al fine di migliorare i valori economici, sempre a partire dai valori proposti da Costanza sono stati derivati i valori per gli altri ecosistemi per i quali non sono presenti valori nello studio citato (Tabella 9).

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

Tab. 9: Valori economici per tipologia di Habitat

Con tali presupposti, sulla base di un valore stimato del servizio ecosistemico di 520,4 €/ettaro, valutato per le superfici agricole ad uso estensivo quali sono le aree di progetto e di una superficie "coperta" occupata dall'impianto Agrovoltaiico pari a circa 0,00603, si può stimare un costo esterno derivante dalla perdita di qualità dell'habitat pari a **31,38 euro**.

6. ANALISI FINANZIARIA

6.1. IL VALORE ATTUALE NETTO (VAN)

Il Valore Attuale Netto (VAN) di un progetto è un criterio di valutazione dell'investimento che, operativamente, considera lo sconto al tempo presente e ad un tasso determinato (un tasso di sconto o tasso di attualizzazione), del cash-flow (i flussi di cassa) rappresentato dalla somma di tutti i benefici netti generati in periodi futuri (= benefici meno costi) derivanti dal progetto.

Una volta noto il flusso di cassa del progetto, e individuato il tasso di sconto ottimale per lo stesso, il VAN risulta, sulla base della definizione di cui sopra, dalla seguente formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + s)^t}$$

$B_t - C_t$ è il flusso finanziario positivo o negativo (Benefici - Costi) al tempo t

s è il Costo medio ponderato del capitale.

$(1 + s)^{-1}$ è il tasso di attualizzazione al tempo t

Il VAN fornisce quindi il valore assoluto dei benefici netti ricavabili dal progetto stesso.

Di conseguenza, con il criterio di investimento così formulato, sarà considerato economicamente, o finanziariamente, ammissibile, tra più alternative progettuali, l'investimento con il valore di VAN maggiore o comunque con un VAN positivo ($VAN > 0$).

Il VAN è considerato come criterio di investimento perché, qualora non esista una concreta alternativa progettuale, ovvero se l'investitore pubblico o privato non possa valutare e scegliere fra più progetti che si escludono vicendevolmente, l'opzione in esame s'intende accettata allorché sussista la condizione per cui il VAN > 0.

Il rispetto di questa condizione per l'accettazione del progetto esaminato risiede nel fatto che un VAN positivo, ossia un progetto caratterizzato da un flusso di benefici che supera il flusso dei costi, identifica un utilizzo delle risorse a disposizione che comporta l'incremento del benessere della collettività interessata.

Inoltre, un VAN positivo implica il fatto che l'alternativa progettuale è più conveniente dell'opzione zero; nel caso particolare di un VAN pari a zero, il progetto si trova al limite della convenienza economica.

L'investitore, pubblico o privato dovrà, pertanto, considerare criteri aggiuntivi per decidere sulla sua realizzazione o meno, poiché il benessere della collettività apparentemente non muta, ma potrebbero esistere benefici aggiuntivi che l'ACB tradizionale non considera.

La determinazione del valore corretto del tasso di sconto nell'analisi economica del progetto all'interno dell'analisi ACB e quindi si può considerare un tasso di sconto *sociale* è fondamentale in quanto a tassi di sconto differenti corrispondono valutazioni diverse sui progetti. Per l'analisi ACB del progetto Agrovoltaiico, in Italia⁴, è ragionevole considerare un tasso di sconto *sociale* al 5% per il calcolo del VAN quale valore considerato per gli studi di fattibilità in Italia come indicato nelle Linee Guida per lo studio di fattibilità.

6.1.1. Calcolo del VAN

Per calcolare il Valore Attuale Netto occorre quindi attualizzare ad oggi tutti i costi e i benefici e verificare se la loro sommatoria produce un risultato positivo o negativo.

Per l'attualizzazione ad oggi, considerato che tutti i costi ed i benefici sono stati valutati come annualità costanti (negative per i costi e positive per i benefici), possiamo procedere con la loro accumulazione iniziale ed operare la somma direttamente all'attualità.

Si ricorda che l'accumulazione di n annualità costanti e posticipate è pari a:

$$A_0 = a \cdot \frac{q^n - 1}{r \cdot q^n}$$

Dove A_0 è il totale delle annualità accumulate all'attualità, a è l'importo dell'annualità, n è il numero di anni in cui si ripete l'annualità, r è il tasso di sconto utilizzato e q è il montante unitario, ovvero:

$$q = 1 + r$$

Il valore di r = tasso di sconto *sociale* lo abbiamo determinato al paragrafo precedente pari al 5%

Come si vede nella tabella sottostante avremo i costi relativi all'occupazione e consumo di suolo sin dall'avvio del cantiere, mentre quelli relativi alla esternalità della produzione di energia partiranno dal 2° anno e dureranno in tutto 30 anni. I benefici del cantiere dureranno 10 mesi, e quelli relativi all'esercizio dell'impianto 30 anni.

In tabella sono riportati tutti i valori correttamente scontati all'attualità:

Costi/Benefici	Costi annuali	Costi parziali	Benefici Annuali	Anni	Costi Attualizzati	Benefici Attualizzati
Mancati redditi agricoli	32 173,00 €			30,0	965 190,00 €	
- costruzione (10 mesi)		30 957,00 €		0,83		
- dismissione (7 mesi)		21 669,00 €		0,58		
SE - Stoccaggio e sequestro del Carbonio		0,59 €				
SE - Qualità degli habitat		2,66 €				
Consumo di suolo	1 715,00 €			30,0	26 364,00 €	
Esternalità FTV	67 800,00 €			30,0	1 042 252,00 €	
Mancata produzione gas climalteranti			830 237,00 €	30,0		12 762 778,00 €
Occupazione in fase di cantiere			421 804,00 €	0,83		
Occupazione in fase di esercizio			175 000,00 €	30,0		260 179,00 €
Occupazione in fase di dismissione			144 953,00 €	0,58		
Totali	101 688,00 €	52 629,25 €	1 571 994,00 €		2 033 806,00 €	13 022 957,00 €

⁴ Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome (2001). Studi di fattibilità delle opere pubbliche.

Tab. 7: Costi e Benefici globali dell'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis

I costi definiti “parziali”, inerenti alle fasi di cantiere e dismissione NON sono stati attualizzati e sommano a: € 52.629,25.

I benefici definiti “parziali”, inerenti alle fasi di cantiere e dismissione NON sono stati attualizzati e sommano a: € 596.804.

I costi parziali (€ 52.629,25) sommati ai costi attualizzati nei 30 anni pari a € 2.036.806 sono pari a € 2.089.435,25.

I benefici parziali (€ 566.757) sommati ai benefici attualizzati nei 30 anni pari a € 13.022.957 sono pari a € 13.589.714.

Si conclude quindi che l'intervento impiantistico di realizzazione dell'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis valutato con il parametro Valore Attuale Netto per ciò che riguarda l'Analisi Costi Benefici (ambiente e società) è assolutamente **positivo**.

6.2. IL TASSO INTERNO DI RITORNO (TIR)

Il Tasso Interno di Ritorno (TIR) di un progetto, detto anche “indice di redditività” è quel tasso di attualizzazione per cui il Valore Attuale Netto (VAN) del progetto stesso è pari a zero.

$$\sum_{t=0}^N \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Considerando il costo opportunità del capitale privato, il TIR è il valore massimo che può assumere senza che l'investimento determini una perdita netta in confronto con un utilizzo alternativo del capitale. Il TIR è utilizzato quale criterio per la valutazione di un progetto: il progetto non dovrebbe essere considerato accettabile al di sotto di un certo valore del TIR, determinato dall'investitore.

Il TIR fornisce quindi una valutazione intrinseca dell'investimento di progetto, a prescindere da tassi di interesse esterni e serve principalmente al valutatore per giudicare la performance economico-finanziaria prossima dell'investimento.

6.2.1. Calcolo del TIR

Il calcolo del TIR si effettua se almeno per una annualità se i costi e i benefici hanno segno opposto. Non esiste infatti un TIR in grado di annullare il VAN se la sommatoria è costituita solamente da termini dello stesso segno, positivo o negativo.

Per il conto economico di un investimento privato o pubblico, si ha, in genere, un valore di TIR, poiché inizialmente si sostengono solo costi e solo da un certo momento in poi si inizia ad avere i benefici.

Nel caso invece dell'ACB del progetto Agrovoltaiico San Vero Milis si è appurato che sin dall'inizio i benefici sono maggiori dei costi; quindi, per tutti gli anni abbiamo addendi positivi.

Per il progetto Agrovoltaiico San Vero Milis il totale anno per anno è sempre positivo, per cui ricadiamo nel caso in cui la curva del TIR è tutta al di sopra dell'asse delle ascisse, per cui non possiamo trovare un valore che annulli la formula del VAN.

Ovviamente questo significa che anche dal punto di vista della valutazione del TIR, seppure questo non sia determinabile, **l'intervento va valutato in maniera molto favorevole**.

7. IL RICAVO DALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

I costi di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica dipendono principalmente dall'intensità dell'irraggiamento solare nel sito di intervento, dall'investimento impiantistico, ovvero dal costo di realizzazione delle opere e relative opere connesse, dalla distanza del punto di consegna dell'energia elettrica alla rete nazionale che determina, se lontano, perdite di trasporto di energia.

L'area sulla quale insiste l'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis si trova in condizioni di irraggiamento solare ottimale e la consegna dell'energia avverrà in Media Tensione.

In generale, il costo di produzione di energia da fonte solare fotovoltaica è costantemente in diminuzione, sia per l'industrializzazione dei processi produttivi dei moduli fotovoltaici e l'aumento del coefficiente di conversione energetica e all'innovazione tecnologica sia per l'inseguimento solare sia per la conversione della tensione.

I dati sui costi livellati dell'elettricità (LCOE) rilevati da Althesis nell'IREX Report il costo medio dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Europa nel 2020, inteso come *Levelized Cost of Electricity* (LCOE), è stato di 43,30 €/MWh, in Italia di 68,50 €/MWh, per il fotovoltaico, con una riduzione rispetto al 2017 del – 12.7%.

Per l'impianto Agrovoltaiico San Vero Milis, con l'utilizzo di moduli fotovoltaici di ultima generazione è possibile stimare un costo di produzione dell'energia elettrica ad oggi pari a: 64,4 €/MWh ovvero 0,064 €/kWh.

7.1. PREZZO DELL'ENERGIA PRODOTTA

Per poter valutare compiutamente costi e benefici va stimato il prezzo dell'energia, in altri termini il valore di quanto prodotto dall'impianto Agrovoltaiico.

Il prezzo medio di acquisto dell'energia in Italia ovvero il PUN **Prezzo Unico Nazionale dell'Energia Elettrica** è il prezzo a cui viene acquistata l'energia elettrica nella borsa elettrica italiana (Italian Power Exchange, **IPEX**).

In pratica, è il prezzo al quale i grandi produttori vendono l'energia sul mercato all'ingrosso e, allo stesso tempo, è il prezzo che i fornitori del mercato libero pagano ai produttori per acquistare l'energia da rivendere poi ai clienti finali.

Il PUN è, quindi, il **prezzo all'ingrosso della corrente elettrica**, secondo le contrattazioni effettuate sulla borsa elettrica IPEX.

IL valore del PUN viene pubblicato dal GME (**Gestore dei Mercati Energetici**) sul portale <https://www.mercatoelettrico.org>

Il PUN è un valore espresso in €/MWh (megawattora), ma può anche essere riportato anche in scala, come €/kWh (kilowattora) dividendo il valore del PUN al MWh per mille.

Il PUN di luglio vale 0,11626 € (dato parziale al 16 luglio 2023), utile solo per capire l'andamento nel mese corrente.

8. CONCLUSIONI

L'Analisi Costi Benefici ha analizzato e illustrato l'effettivo vantaggio, dal punto di vista ambientale, sociale ed economico della tecnologia di produzione di energia da fonte rinnovabile solare fotovoltaica abbinata, sinergica con le attività agro-zootecniche, ovvero l'Agrovoltaiico rispetto ai combustibili fossili e ad altre tipologie di fonti rinnovabili. In particolare, l'impianto Agrovoltaiico in progetto consente di generare energia elettrica per 45.200 MWh/anno ed evitare emissioni di 21.831 ton/anno di CO₂, che diventano oltre 654.948 tonnellate nell'arco dei 30 anni di vita dell'impianto Agrovoltaiico rispetto ad un impianto alimentato a combustibili fossili.

E' stato calcolato un VAN positivo pur con valutazioni di parametri sicuramente cautelativi nella valutazione sia dei costi sia dei benefici; benefici che sono sempre superiori ai costi per cui non ha significato effettuare un'analisi predittiva di sensitività del risultato al variare del tasso di sconto applicato, che comunque abbiamo ripreso da letteratura e leggi ad oggi applicate.

Anche il TIR, non essendo calcolabile perché gli addendi della sommatoria del VAN sono tutti positivi, fornisce indicazioni positive per ciò che riguarda l'ACB (ambiente e sociale) del progetto.

La realizzazione del progetto comporta una richiesta di manodopera essenzialmente ricollegabile all'attività di costruzione della Parco fotovoltaico: le attività dureranno 7 mesi circa e il personale presente in sito varierà da alcune unità nelle prime fasi costruttive (primi mesi) ad un massimo di circa 10 unità nel periodo di punta; attività di esercizio: sono previsti complessivamente circa 3/5 tecnici impiegati per attività legate al processo produttivo e tecnologico e come manodopera coinvolta nell'indotto; Sia in fase di realizzazione sia durante la fase di esercizio, incluse le necessarie attività di manutenzione, a parità di costi e qualità, si privilegeranno le imprese locali che intendessero concorrere agli appalti che saranno indetti dalla proponente.

Analizzando quindi l'energia elettrica generata, la quantità di emissioni evitate, l'occupazione di suolo ed i costi di produzione, nonché le ricadute economiche-occupazionali, risulta che la fonte di tipo solare fotovoltaica nel resoconto costi-benefici risulta conveniente rispetto alle fonti energetiche tradizionali e rispetto ad altre fonti rinnovabili come le biomasse.

Per tutte queste ragioni si ribadisce un risultato assolutamente positivo dell'analisi costi-benefici.

Indice delle Figure

Fig. 1: valori esternalità a livello locale per le fonti energetiche

Indice delle Tabelle

Tab. 1: Fattori di danno per tonnellata di inquinante per l'effetto serra

Tab. 2: Rapporti ISPRA 363/2022, Tab. 2.34 pag. 87

Tab. 3: Emissioni per kWh da fonte tradizionale (fonte: Rapporti ISPRA 363/2022)

Tab. 4: Emissioni evitate in atmosfera dall'impianto Agrovoltaico San Vero Milis in un anno

Tab. 5: Emissioni evitate in atmosfera dall'impianto Agrovoltaico San Vero Milis in 30 anni

Tab. 6: Costi evitati dall'impianto Agrovoltaico San Vero Milis in 1 anno

Tab. 7: Rapporto 2018 - Servizi ecosistemici considerati

Tab. 8: Valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo (da Sallustio et al. 2015)

Tab. 9: Valori economici per tipologia di Habitat