

Impianto agrivoltaico
G R _ M A N D A S
della potenza di 26,576 MWp DC
(26,025 MW AC in immissione)

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNI DI GESICO E MANDAS

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Elaborato:

Settembre 2023

137ACB001R_00

Analisi costi-benefici

PROPONENTE:



GREENERGY RINNOVABILI 10 S.R.L.

Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano

P.IVA 11892590966

REDATTORE SIA - CAPOGRUPPO:



EGERIA

ingegneria per l'ambiente

Corso V. Emanuele II, 90 Cagliari

P.Iva 03528400926

Tel. +39 328 82 88 328

info.egeria@gmail.com - www.egeriagroup.net

GRUPPO

DI

LAVORO:

Dott.ssa Ing. Barbara Dessì (EGERIA)

Dott.ssa Arch. Elisabetta Erika Zucca (EGERIA)

Dott.ssa Ing. Elisa Mura (EGERIA)

Dott. Ing. Marco A. L. Murru (Ingegnere elettrico)

Dott. Archeol. Marco Cabras (Archeologo)

Dott. Geol. Nicola Demurtas (Geologo)

Dott. Nat. Francesco Mascia (Botanico e Agrotecnico)

Dott. Nat. Maurizio Medda (Faunista)

Dott. Agr. Pasqualino Tammaro (Agronomo)

Dott. Piero Angelo Salvatore Rubiu (Tecnico compet. in Acustica Ambientale)

1	Premessa	3
2	Descrizione dell'intervento	4
2.1	<i>Inquadramento geografico</i>	4
2.2	<i>Motivazione dell'opera</i>	12
2.3	<i>Caratteristiche progettuali.....</i>	16
2.4	<i>Descrizione delle varie componenti d'impianto</i>	17
2.4.1	Moduli fotovoltaici.....	17
2.4.2	Strutture di sostegno dei moduli	18
2.4.3	Sistema di condizionamento della potenza – inverter e cabine	21
2.4.4	Sistema di accumulo e Cabine / Container	23
2.4.5	Cavi, rete di terra e altre componenti di impianto - tipologia di posa.....	24
2.4.6	Connessione alla rete elettrica	25
2.4.7	Recinzione, mitigazione, viabilità, acque superficiali	26
2.5	<i>Componente agronomica di progetto.....</i>	27
2.5.1	Proposta progettuale	27
2.5.2	Scelta delle specie (prato pascolo).....	28
2.6	<i>Interventi sulla fascia perimetrale dell'area di impianto</i>	30
2.6.1	Viabilità	31
2.6.2	Regimazione acque meteoriche.....	32
2.7	<i>Tempi di realizzazione</i>	33
3	Analisi Costi Benefici	34
3.1	<i>La metodologia di riferimento</i>	34
3.2	<i>La definizione delle esternalità</i>	35
4	L'individuazione delle esternalità.....	36
5	La quantificazione delle esternalità – Aspetti generali	38
6	Analisi Finanziaria – Il valore atteso della produzione di energia.....	38
7	Analisi dei costi e benefici ambientali	40
8	Il Bilancio della CO₂	41
8.1	<i>Risparmio di energia primaria e emissioni di CO₂ evitate</i>	41
8.2	<i>Consumo di suolo- mancato sequestro di carbonio</i>	43
8.3	<i>Valorizzazione del suolo- contributo al sequestro di carbonio</i>	44
8.4	<i>Valutazione del bilancio di CO₂ del progetto</i>	46
9	Modifica della producibilità agricola in UFL	47

10	Ulteriori servizi ecosistemici associati al suolo.....	49
10.1	<i>Perdita di qualità dell'habitat</i>	49
10.2	<i>Rimozione di particolato e ozono.....</i>	50
10.3	<i>Altri servizi ecosistemici - considerazioni di particolato e ozono</i>	50
11	Paesaggio e impatto visivo	51
12	Risultati analisi Costi Benefici Ambientale	53
13	Analisi socio-economica	54
14	Conclusioni	55

1 Premessa

La società Grenergy Rinnovabili 10 S.r.l., parte del gruppo Grenergy Renovables SA, attivo nel campo delle energie rinnovabili dallo sviluppo alla costruzione, fino alla gestione degli impianti, ha incaricato la società Egeria S.r.l. per la progettazione dell'impianto agrivoltaico denominato "GR_MANDAS" e lo studio delle interazioni attese tra il progetto e le componenti ambientali secondo gli approfondimenti dovuti nello Studio di Impatto Ambientale (ai sensi dell'allegato VII alla parte seconda del D.lgs 152/06 e ss.mm.ii).

L'area agricola di intervento insiste in un contesto basso-collinare, posto tra i 331 ed i 412 m. s.l.m., escluso dalla perimetrazione delle aree non idonee per il fotovoltaico di cui alla DGR 59/90 del 27/11/2020, e risulta distribuita a destra e sinistra del "Riu Anguiddas" nelle località denominate "Nureci" e "Tintillonis" ricadenti nel comune di Mandas, nonché nelle località di "Cuccuru Venugu" e "Sarriu Sullinu" in territorio comunale di Gesico.

Il progetto ricerca la coesistenza tra gli interventi necessari alla produzione di energia da fonti rinnovabili, la salvaguardia dei servizi ecosistemici e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale; con questo intento e assumendo come riferimento programmatico le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (pubblicate il 27 giugno 2022 dal MITE), prevede che la superficie interessata dall'installazione dei pannelli fotovoltaici, per una potenza installata di 26,576 MWp DC integrata a un sistema di accumulo di 10 MW, sia destinata alla semina di un prato-pascolo polifita stabile per il pascolamento libero degli ovini (prato-pascolo) ed erbai di graminacee per fienagione alternati a sulla.

I pannelli fotovoltaici sono inseriti in tale contesto attraverso tracker a inseguimento monoassiale orientati nord-sud distanziati su file parallele in loc. Cuccuru Venugu, adeguata per questioni morfologiche ad accogliere questo tipo di strutture dinamiche. La restante parte di impianto è prevista su strutture fisse orientate in direzione est-ovest; il layout d'insieme e la distanza tra le file di pannelli è funzionale alla semina e conduzione del prato polifita stabile e al pascolo e pertanto alla prosecuzione delle attività agro-pastorali già in essere, oggetto di miglioramento attraverso le soluzioni argomentate nella relazione agronomica.

La connessione dell'impianto prevede la posa di un cavidotto interrato posato parallelamente alla SS 128, della lunghezza di circa 2 km e il collegamento a una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 150/36 kV nel comune di Mandas.

2 Descrizione dell'intervento

2.1 Inquadramento geografico

I territori interessati dal progetto ricadono nei confini amministrativi di Mandas (parte dell'impianto agrivoltaico e cavidotto di connessione) e di Gesico (parte dell'impianto agrivoltaico).

Come rappresentato nella Figura 2, i centri comunali confinanti a partire da sud-est sono: Siurgus Donigala, Nurri, Serri, Escolca, Gergei, Villanovafranca, Guasila, Guamaggiore, Selegas, Suelli (tutti appartenenti alla provincia del Sud Sardegna).

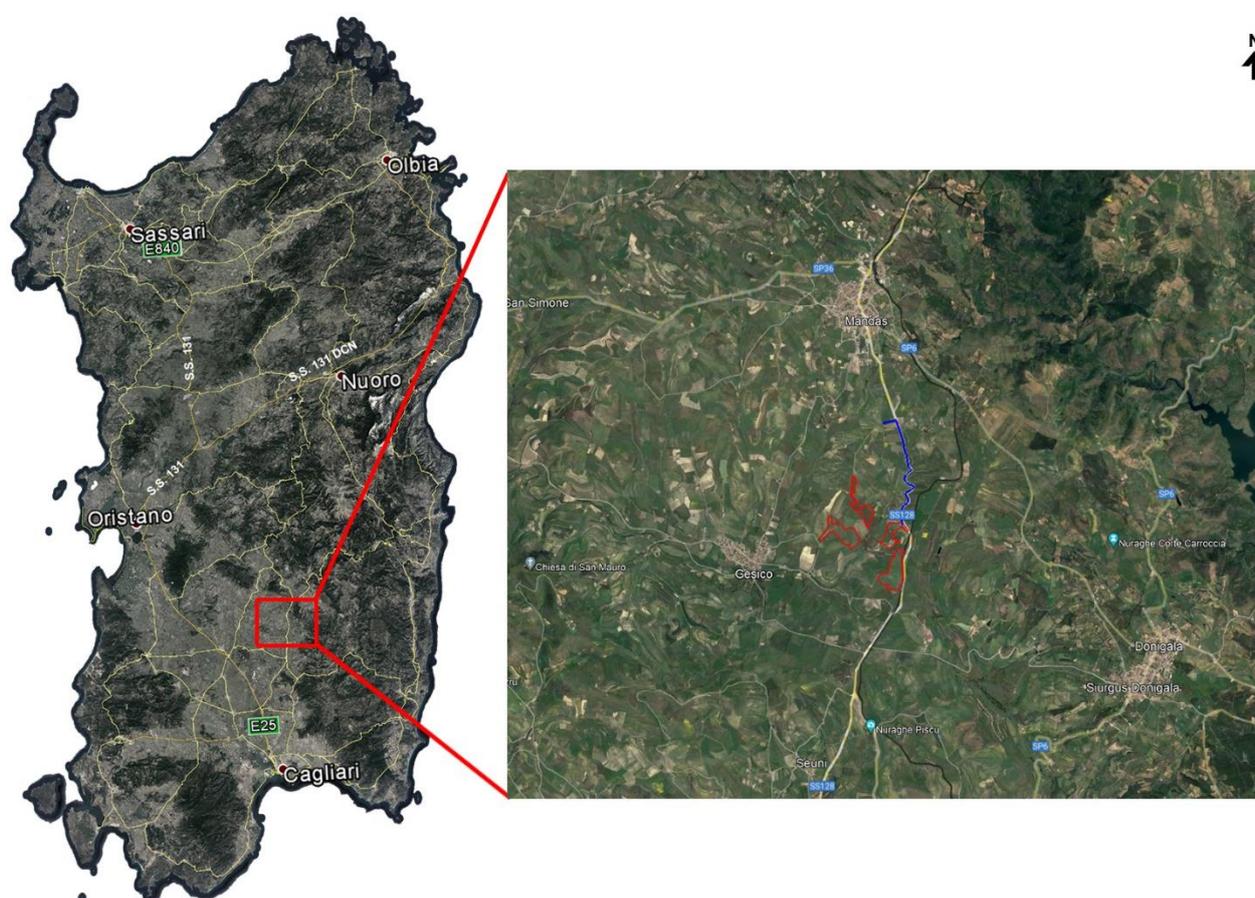


Figura 1 – Localizzazione dell'area di intervento su scala regionale e visione di dettaglio

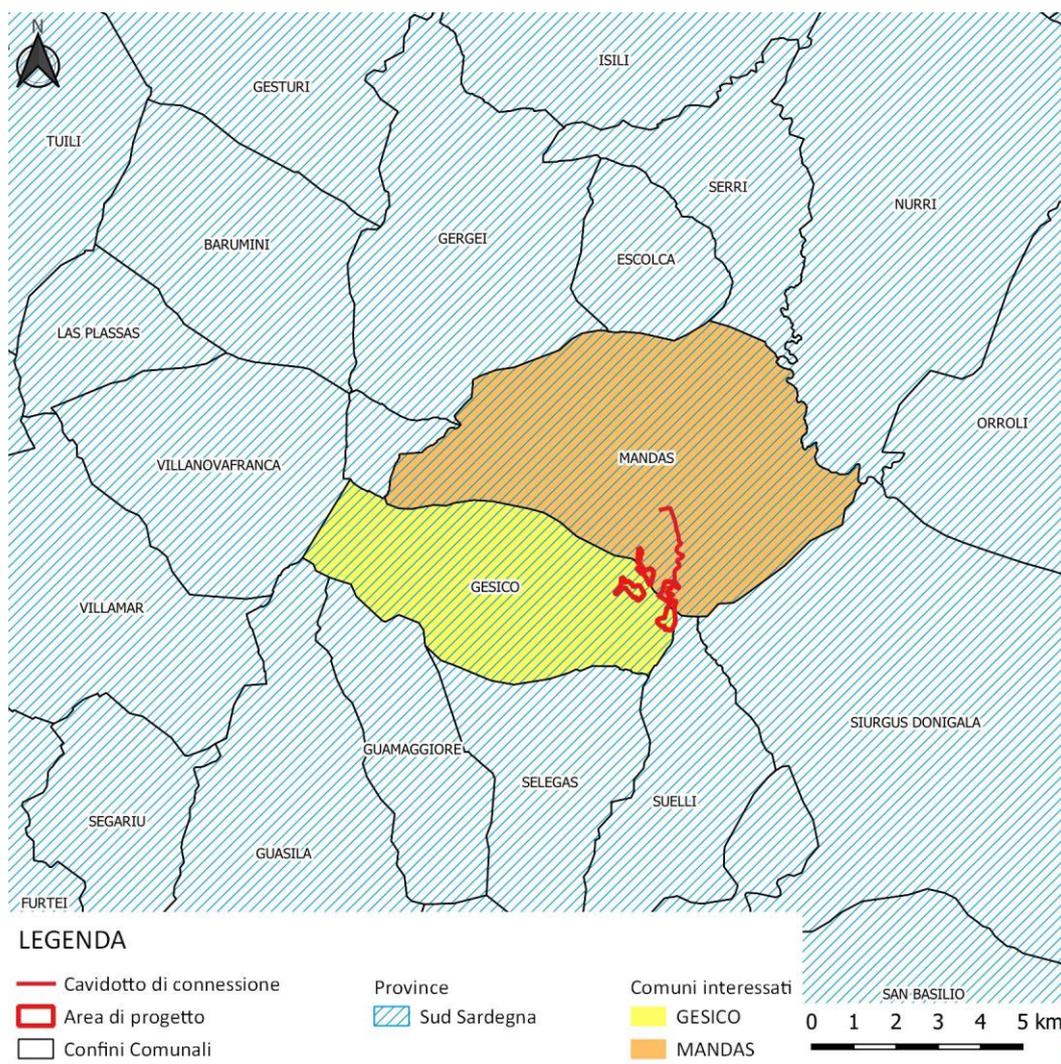


Figura 2 – Localizzazione dell'area di intervento su scala comunale

Cartograficamente l'area dell'impianto agrivoltaico in progetto ricade:

- nel Foglio 226 "Mandas", scala 1:100.000 della Carta Geologica D'Italia;
- nel Foglio 540 "Mandas", scala 1:50.000 dell'I.G.M. D'Italia;
- nel Foglio 540 Sezione 140 "Gesico" della Carta Tecnica Regionale Numerica del Servizio Informativo e Cartografico Regionale della Regione Autonoma della Sardegna in scala 1:10.000.

Le coordinate geografiche chilometriche GAUSS-BOAGA dell'area di progetto (prese in posizione centrale) sono:

- Lotto 1: Longitudine 1511144 m; Latitudine 4385968 m;
- Lotto 2: Longitudine 1510859 m; Latitudine 4385507 m;
- Lotto 3: Longitudine 1511671 m; Latitudine 4385568 m;
- Lotto 4: Longitudine 1511760 m; Latitudine 4384875 m.

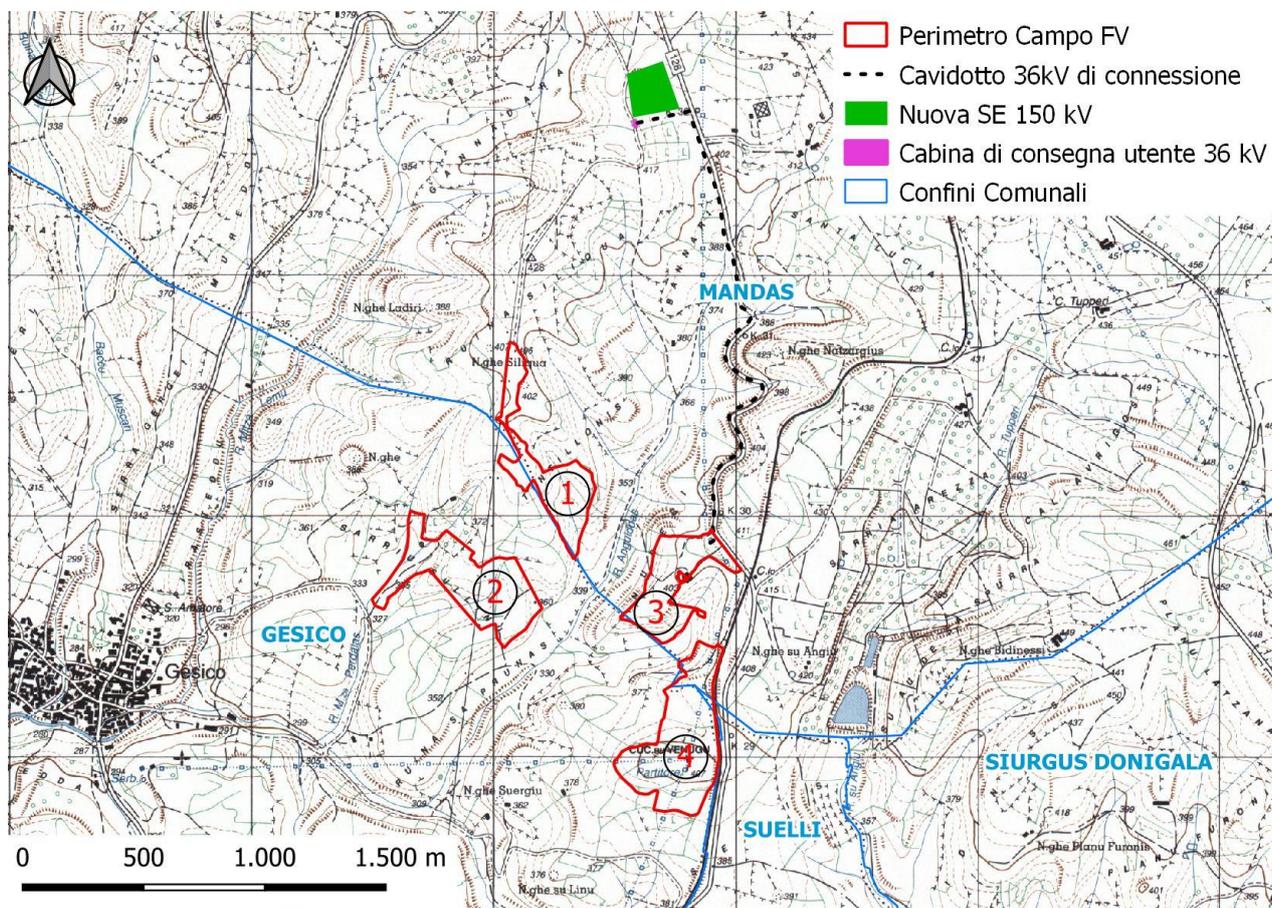


Figura 3 – Localizzazione dell'area di progetto nel territorio d'area vasta e viabilità di accesso

La quota media su cui si attesta l'intervento è di circa:

- 380 m. s.l.m. per il Lotto 1;
- 350 m. s.l.m. per il Lotto 2;
- 390 m. s.l.m. per il Lotto 3;
- 400 m. s.l.m. per il Lotto 4.

La superficie interessata dalla posa dei pannelli è di circa 45 ettari.

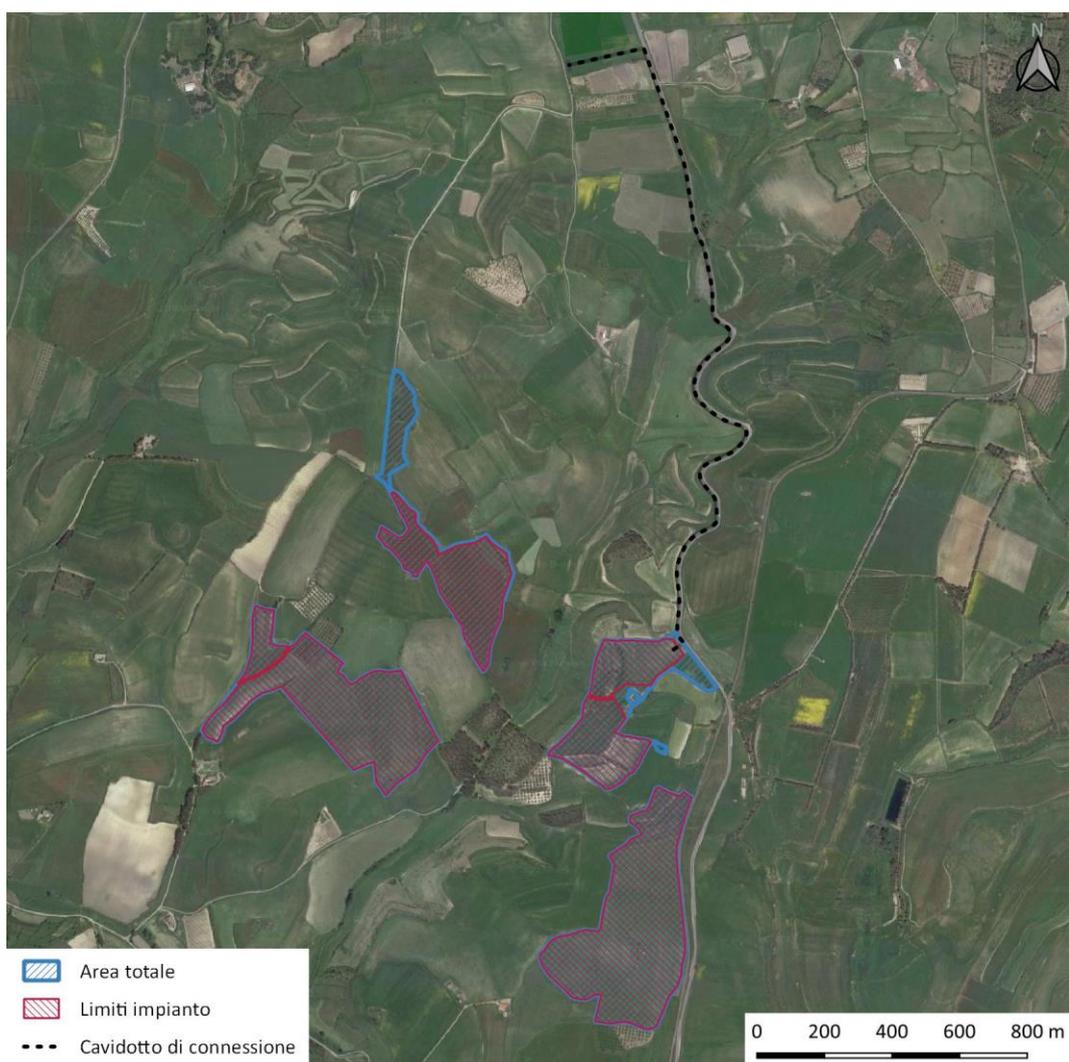


Figura 1 – Localizzazione dell'area di intervento su scala comunale

Di seguito si riporta la localizzazione di dettaglio con riferimento ai dati catastali.

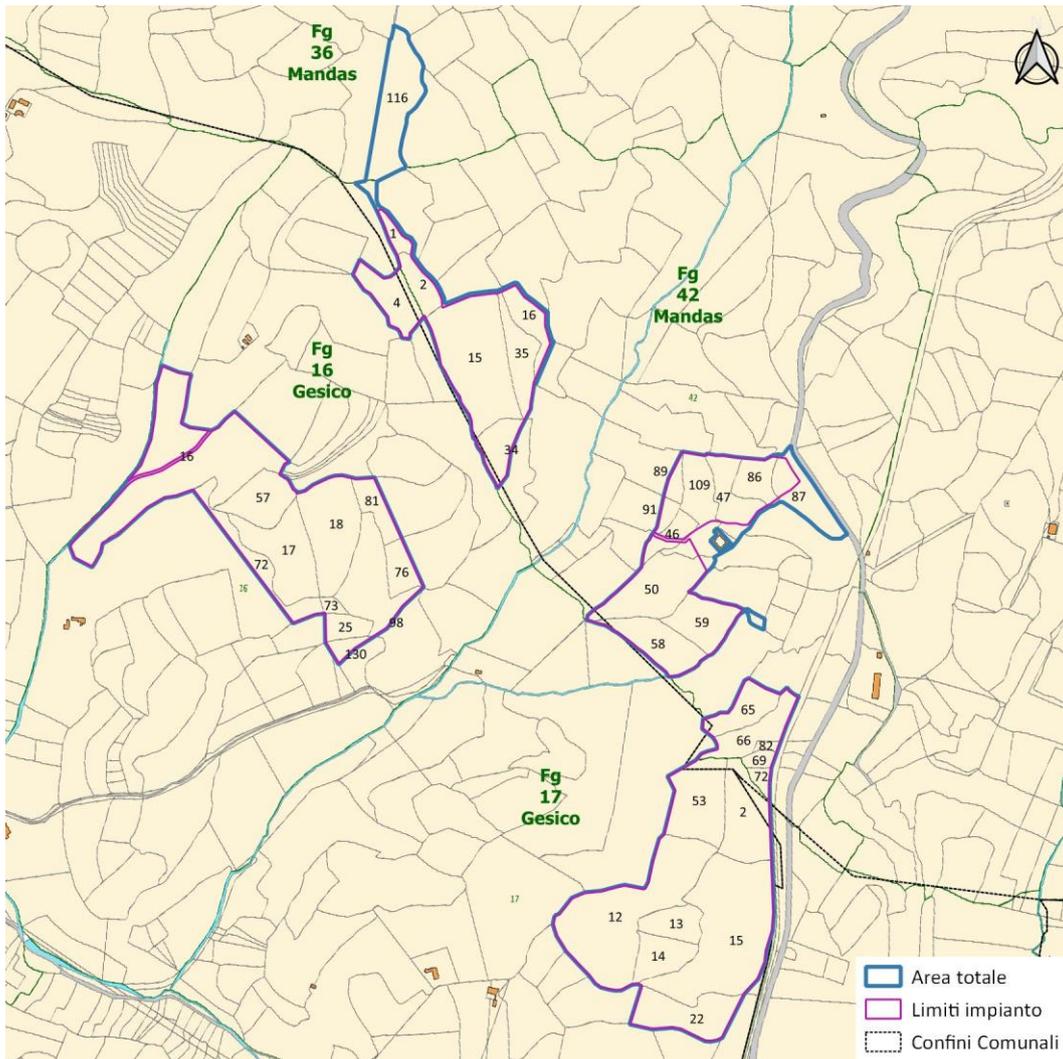


Figura 5 – Sovrapposizione dell'area di progetto sul catastrale

COMUNE	Catastale		Superficie Catastale [Ha]
	Foglio	Mappale	
Gesico	16	4	0,9995
		16	5,0520
		17	1,7660
		18	2,0200
		25	0,4250
		57	1,0710
		72	0,8230
		73	0,1270
		76	0,5435
		81	0,5780
		98	3,4917
	130	0,6927	
	17	2	1,5665
		12	4,0705
		13	0,7015
		14	0,8265
		15	4,2795
22		1,4305	
53	1,6800		
Mandas	36	116	1,8700
	42	1	0,4150
		2	0,5635
		15	3,2320
		16	1,1615
		34	1,5465
		35	4,2910
		46	0,4560
		47	0,9700
		50	1,8140
		58	1,2120
		59	1,1425
		65	0,8375
		66	0,9360
		69	0,1990
		72	0,1895
		82	0,0820
	86	0,6425	
	87	1,0825	
	89	1,4495	
91	0,9820		
109	1,2985		

Tabella 1 – Indicazioni catastali dei lotti

A seguire si riepilogano le principali caratteristiche dei 4 sottocampi di progetto.

Sotto campo	Catastali interessati			Superficie in progetto (delimitata dalla recinzione)		Coordinate (posizione centrale)		Quota Media [m. s.l.m.]
	Comune	Foglio	Mapp.	[mq]	[ha]	Longitudine	Latitudine	
1	Mandas	42	1-2-15-16-34-35	69.506	6,95	1511144	4385968	380
	Gesico	16	4					
2	Gesico	16	16-17-18-25-57-72-73-76-81-98-130	139.625	13,96	1510859	4385507	350
3	Mandas	42	46-47-50-58-59-86-87-89-91-109	74.026	7,40	1511671	4385568	390
4	Mandas	42	65-66-69-72-82	164.741	16,47	1511760	4384875	400
	Gesico	17	2-12-13-14-15-22-53					

Tabella 2 – Suddivisione aree e superfici catastali nei lotti

Le superfici sopra elencate sono attualmente destinate alla coltivazione di specie per l'alimentazione animale, nonché al pascolamento libero dei capi allevati per la produzione di latte.



Figura 6 – Contesto di intervento - Area vasta



Figura 7 – Contesto di intervento - Area vasta



Figura 8 – Contesto di intervento - Area vasta

2.2 Motivazione dell'opera

L'intervento favorisce l'attuazione della strategia per lo sviluppo di energia da fonti rinnovabili derivata dalla crescente consapevolezza della comunità internazionale circa gli effetti negativi associati alla produzione di energia dai combustibili fossili. Gran parte degli ecosistemi terrestri hanno infatti subito significativi mutamenti derivati in particolare dalle modifiche apportate al clima dall'inquinamento atmosferico dovuto all'emissione di grandi quantità di gas climalteranti generati dall'utilizzo dei combustibili fossili. Le ripercussioni dell'inquinamento sono rilevabili in numerosi ambiti e fenomeni, tra queste la salute dell'uomo e il verificarsi di piogge con una concentrazione di acidità superiore al normale. Queste ed altre considerazioni hanno portato la comunità internazionale a sviluppare progressivamente delle strategie ed iniziative per porre delle condizioni ai futuri sviluppi energetici mondiali, al fine di strutturare un sistema energetico maggiormente sostenibile, privilegiando ed incentivando la produzione e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (FER), in un'ottica economicamente e ambientalmente applicabile.

Tutti gli sforzi si sono tradotti a livello europeo in una serie di atti che a partire dal Libro Bianco del 1997 hanno progressivamente dato impulso alla diffusione degli impianti di produzione di energia rinnovabile. Nei mesi più recenti, anche a seguito delle conseguenze sui costi energetici del conflitto tra Russia e Ucraina e alle implicazioni dirette e indirette di questo fattore, si è assistito a significative modifiche del panorama autorizzativo per gli impianti fotovoltaici finalizzati a imprimere un'accelerazione alla realizzazione degli impianti, il tutto quale esito di una serie di misure europee che interessano le energie rinnovabili, l'efficientamento degli edifici, la mobilità elettrica, i materiali critici per la reindustrializzazione *green*.

In base a quanto riconosciuto dall'Unione Europea, l'energia prodotta attraverso il sistema fotovoltaico potrebbe in breve tempo diventare competitiva rispetto alle produzioni convenzionali, tanto da rendere perseguibile il raggiungimento dell'obiettivo del 4% di produzione energetica mondiale tramite questo sistema, entro il 2030.

Nell'ambito del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima sono stati stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO₂, nonché gli obiettivi in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, delineando per ciascuno di essi le misure che saranno attuate per assicurarne il raggiungimento. L'aggiornamento del primo piano è previsto per il 2024 e in caso si modificano gli obiettivi, questi potranno solo subire incrementi rispetto a quanto definito nell'ultimo Piano Nazionale Integrato Per L'energia E Il Clima.

Mediante gli obiettivi e le azioni del Piano Energetico Ambientale Regionale, la Sardegna si propone a sua volta degli obiettivi al 2030 che contribuiscono all'attuazione dei programmi di riduzione delle emissioni

nocive secondo i Protocolli di Montreal, di Kyoto, di Goteborg, compatibilmente con le esigenze generali di equilibrio socioeconomico e di stabilità del sistema industriale esistente. In particolare, nell’obiettivo Generale OG2 Sicurezza Energetica, l’azione strategica di lungo periodo prevede l’installazione di impianti di generazione da fonte rinnovabile per una producibilità attesa superiore di 2-3 TWh rispetto a quella del 2018 (3,6 TWh) con la quale ci si propone di contribuire alla riduzione delle emissioni nel comparto di generazione elettrica, facendo ricorso alle FER ed alle migliori tecnologie per le fonti fossili, nonché tenendo conto della opportunità strategica per l’impatto economico-sociale del ricorso al carbone Sulcis. La posizione geografica della Sardegna, così come evidenziato dal Piano Energetico Ambientale Regionale, è particolarmente favorevole per lo sviluppo delle energie rinnovabili, ad esempio in considerazione del livello di insolazione che permette un rendimento ottimale del sistema fotovoltaico. Tra gli obiettivi del Piano si evidenzia, inoltre, l’indirizzo a minimizzare quanto più possibile le alterazioni ambientali.

Allo stato attuale, attraverso le pubblicazioni di Terna è possibile disporre dei dati riguardanti il contributo offerto alla produzione di energia elettrica, dagli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili in Sardegna.

Sardegna

Tavola 21

Situazione impianti				
al 31/12/2022				
		Produttori	Autoproduttori	Sardegna
Impianti idroelettrici				
Impianti	n.	18	-	18
Potenza efficiente lorda	MW	467,9	-	467,9
Potenza efficiente netta	MW	463,4	-	463,4
Producibilità media annua	GWh	607,6	-	607,6
Impianti termoelettrici				
Impianti	n.	47	8	55
Sezioni	n.	62	11	73
Potenza efficiente lorda	MW	2.230,7	158,3	2.389,0
Potenza efficiente netta	MW	2.025,1	143,5	2.168,6
Impianti eolici				
Impianti	n.	612	-	612
Potenza efficiente lorda	MW	1.095,7	-	1.095,7
Impianti fotovoltaici				
Impianti	n.	47.846	-	47.846
Potenza efficiente lorda	MW	1.141,0	-	1.141,0

Tabella 3 – Produzione di Energia Elettrica per fonte in Sardegna – Capacità installata (2022) – Annuario Statistico

Queste informazioni rilevano una discordanza in difetto tra quanto pianificato e atteso per la Sardegna e quanto ad oggi realizzato nell’isola.

Tenuto conto del quadro di riferimento appena fornito si rileva che in Sardegna, come del resto nelle altre regioni italiane lo sviluppo delle energie rinnovabili continua a contare significativamente sull’attività

imprenditoriale di settore; infatti, gli operatori del mercato elettrico hanno iniziato ad investire su interventi cosiddetti in "grid parity". Per questo motivo per ottimizzare degli investimenti si assiste spesso alla condivisione di infrastrutture di connessione anche con altri operatori, in modo da poter ridurre i costi di impianto.

Il progetto che interessa i comuni di Gesico e Mandas viene proposto nel rispetto del modello di investimento in *grid parity*, includendo la condivisione delle infrastrutture con altri operatori anche a seguito degli indirizzi forniti da Terna, tenuto conto che i presupposti di esistenza di un impianto di questo tipo sono nettamente disegnati come accennato, dalla politica climatica e dagli obiettivi comuni europei di decarbonizzazione sottoscritti dal nostro Paese e illustrati con maggiore dettaglio nel Quadro Programmatico, laddove emerge che tali infrastrutture energetiche si rendono necessarie e urgenti, *tout court*.

Muovendo da una tale posizione pragmatica, l'ideazione del progetto e l'attenzione dello SIA è, rivolta quindi al "come" realizzare tali infrastrutture energetiche e come individuare percorsi locali che, superando approcci ideologici o d'opinione basati sulla polarizzazione e il conflitto tra valori quali, ad esempio, ambiente vs paesaggio, permettano di costruire la continuità attorno ad un più inclusivo insieme i valori che attengono al rispetto dell'ambiente e del paesaggio, nonché al contrasto alla povertà delle comunità umane che vi abitano e producono.

Particolarmente, nel caso dell'agrivoltaico, quello di fare sistema tra gli obiettivi di qualificazione del sistema paesistico ambientale e gli obiettivi di riqualificazione delle imprese agricole mediante un miglioramento dell'efficienza aziendale, e della performance reddituale legata ai fattori organizzativi e di specializzazione produttiva, è una tematica attenzionata dal PNRR¹, di grande attualità, e sfidante per tutto il mondo del progetto e dei progettisti.

Per tale ragione, lo SIA nella sua interezza di approccio progettuale, approfondimenti specialistici e stime di impatti, contribuisce ad affrontare e sciogliere il nodo dell'integrazione degli impianti a fonti rinnovabili realizzati su aree agricole, rappresentando una delle prime esperienze di individuazione di un percorso di agrivoltaico compatibile in Sardegna, dal momento che eventuali risultati citabili a parte un caso nell'oristanese, si riferiscono principalmente ad applicazioni fotovoltaiche tradizionali collocate sulle coperture aziendali o a terra. Per fare ciò, il SIA assume, fra gli altri riferimenti programmatici, anche le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici² che descrivono le caratteristiche minime e i requisiti che un

¹ Il PNRR prevede che la misura di investimento dedicata allo sviluppo degli impianti agrivoltaici contribuisca alla sostenibilità non solo ambientale, ma anche economica delle aziende coinvolte.

² Pubblicate il 27 giugno 2022 dal MITE

impianto fotovoltaico dovrebbe possedere al fine di garantire un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola, e ne effettua una puntuale verifica di coerenza in un territorio della "periferia agraria" della provincia del Sud Sardegna, tra i comuni di Mandas e Gesico.

La società Greenergy Rinnovabili 10 S.r.l. che ricerca l'approccio sopra esposto investirà capitale proprio per la costruzione e per l'esercizio dell'impianto, rientrando degli investimenti grazie alla producibilità media annuale di circa 42 GWh /anno in grado di garantire il rimborso e la gestione futura dell'impianto. Allo stesso tempo la riqualificazione apportata al modello produttivo agricolo già in essere nell'area di intervento, favorirà ai conduttori del fondo, una conferma delle produzioni già in essere migliorata sotto il profilo quantitativo e qualitativo, come meglio illustrato nella relazione agronomica.

2.3 Caratteristiche progettuali

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico con potenza in corrente continua pari a 26,576 MWp, integrato con un sistema di accumulo di potenza pari a 10 MW, con potenza ai fini della connessione di 28,11602 MW. La distribuzione dei pannelli è suddivisa in quattro sottocampi, intercollegati tramite la viabilità esistente, insieme ai rispettivi collegamenti elettrici di potenza.

La connessione dell'impianto agrivoltaico è prevista in antenna sulla sezione 36 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento e Trasformazione della RTN a 150/36 kV, da realizzarsi in agro di Mandas.

Il percorso del cavidotto è stato impostato longitudinalmente alla SS128 senza attraversamenti e in modo da interessare, il più possibile, la fascia laterale alla viabilità esistente, riducendo gli impatti su altri terreni ad esclusione di quelli coinvolti per la produzione.

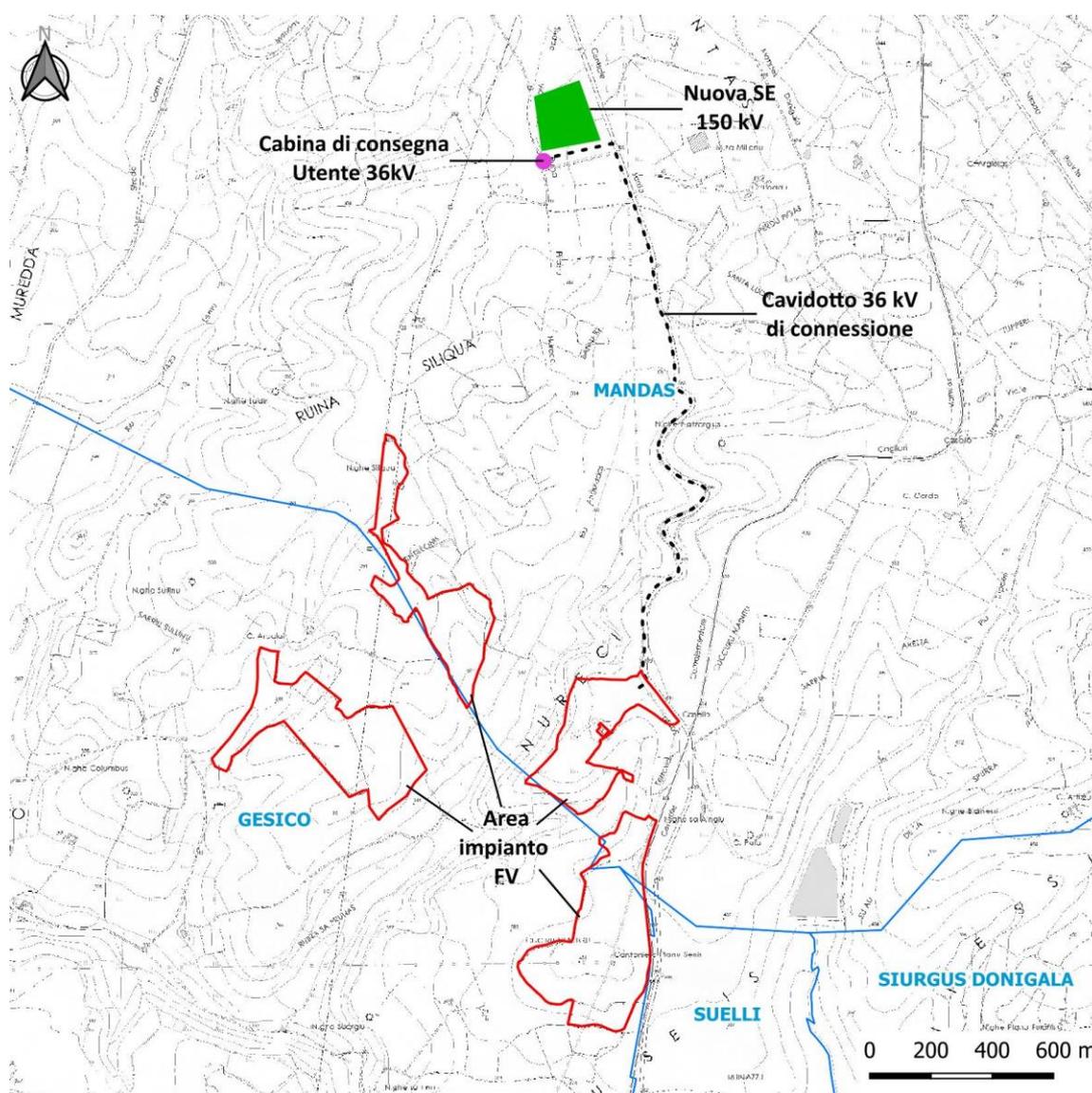


Figura 9 – Inquadramento del progetto

La tabella che segue riepiloga le caratteristiche essenziali dell'impianto, rimandando gli approfondimenti alla *Relazione tecnica descrittiva*.

	PROGETTO
Potenza di picco dell'impianto (DC)	26'576 kWp
Potenza in immissione (AC)	26'025 kW
Potenza pannello	610 W
Tipologia (ipotesi)	Canadian Solar BiHiKu7
N. pannelli	43'568
n. cabine di campo (Skid)	9
Cabina di raccolta e connessione (cabina in campo)	1
Cabine container accumulo e Power Control System	16 moduli batteria 2 PCS
Altre cabine / container funzionali (compresa cabina sez. presso Terna)	3

Tabella 4 – Dati di progetto

2.4 Descrizione delle varie componenti d'impianto

2.4.1 Moduli fotovoltaici

Il dimensionamento dell'impianto è stato realizzato con una tipologia di modulo fotovoltaico composto da 120 celle in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di una stringa pari a 17,29 kWp.

L'impianto sarà costituito da un totale di 43'568 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 26'576kWp.

Nella tabella seguente sono elencate le caratteristiche principali del modulo utilizzato.

Parametro	Sigla e/o valori caratteristici	UM
Costruttore e sigla modello	Canadian Solar CS7L 610MS-R	-
Tipologia	Silicio monocristallino	-
Dimensioni	2172 x 1303 x 35	mm
Peso	34,4	kg
Numero di celle	120 (20 file da 6);	-
Potenza nominale massima con STC (P_{max})	610	W
Efficienza del modulo	21,6	%
Tensione di esercizio ottimale (V_{mp})	35,3	V
Corrente di esercizio ottimale (I_{mp})	17,29	A
Tensione di circuito aperto (V_{oc})	41,7	V
Corrente di corto circuito (I_{sc})	18,57	A
Temperatura di esercizio	-40 °C ÷ 85	°C
Tensione massima di sistema	1500	V

Tabella 5 – Caratteristiche dei moduli fotovoltaici

2.4.2 Strutture di sostegno dei moduli

Le previsioni di progetto inquadrano le scelte tecniche su due tipologie di sostegno – fissi e ad inseguimento –, da impiantarsi su superfici ricoprenti rispettivamente:

- 6,16 ettari (in proiezione al suolo con angolo di 28°), o di 6,98 con angolo 0°, per i pannelli fissi;
- 4,77 ettari per i pannelli ad inseguimento in posizione orizzontale.

Il sistema fotovoltaico proposto con l'utilizzo di *pannelli fissi*, dove le pendenze non hanno consentito l'utilizzo dei tracker, avrà strutture metalliche di supporto disposte lungo l'asse nord-sud su file parallele opportunamente distanziate al fine di ridurre gli effetti degli ombreggiamenti costanti e consentire l'agevole passaggio delle macchine operatrici necessarie all'attività agricola. L'altezza dei sostegni è pari a 0,500 m dal suolo nel punto basso e 2,413 m nella parte alta. La distanza tra due punti simmetrici delle strutture in direzione est-ovest (cioè longitudinale al filare) detto *pitch* è pari a 9,9 m.

La fascia libera completamente libera dalla copertura dei pannelli tra le stringhe (*gap*), sarà di larghezza pari a 5,910 m.



Figura 10 – Sezione con pannelli fissi: distanze tra superfici libere e stringhe

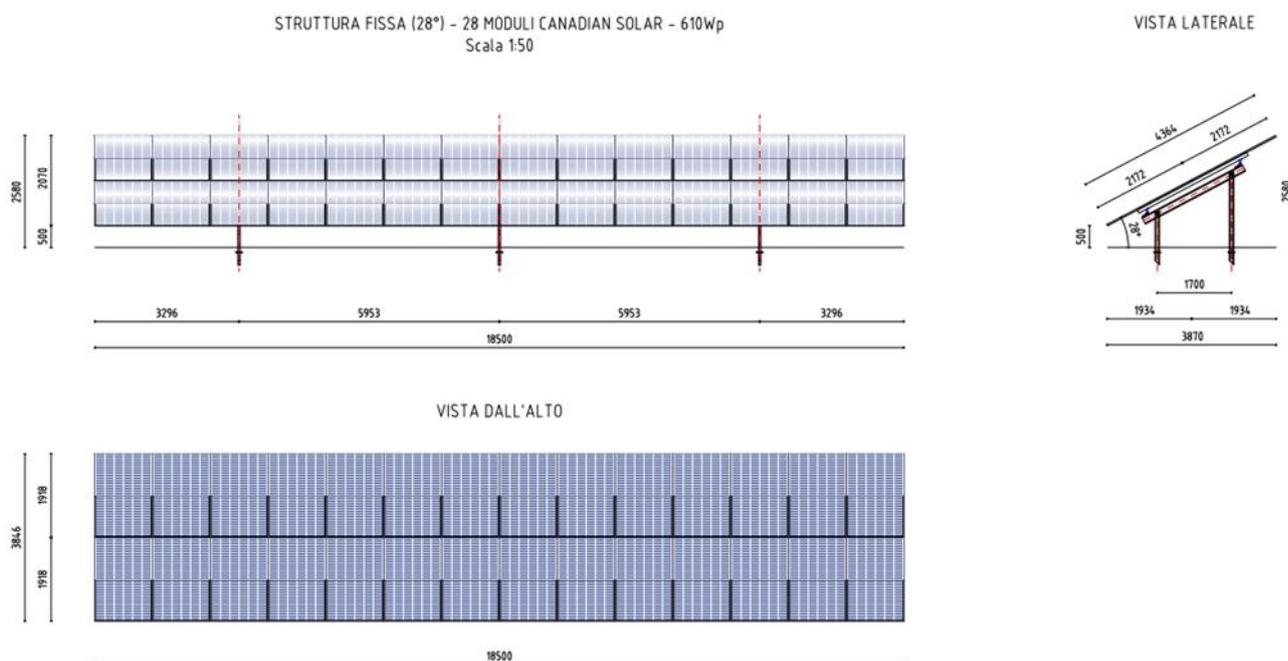


Figura 11 – Tipico struttura supporto pannelli di tipo fisso

Per quanto riguarda i pannelli ad inseguimento, le strutture metalliche di supporto sono disposte lungo l'asse nord-sud su file parallele opportunamente distanziate tra loro di minimo 11 m (distanza palo-palo) al fine di ridurre gli effetti degli ombreggiamenti e consentire l'agevole passaggio delle macchine operatrici necessarie all'attività agricola. L'altezza del nodo di rotazione è pari a 2,188 m dal suolo.

La scelta dei tracker consente di avere, nel momento di massima apertura -zenith solare- una fascia di larghezza superiore ai 6 m (**Figura 12**) completamente libera dalla copertura dei pannelli tra le stringhe (*gap*).

Ciascuna struttura è ancorata a supporti sorretti da pali infissi nel terreno senza l'utilizzo di plinti/fondazioni in cemento.

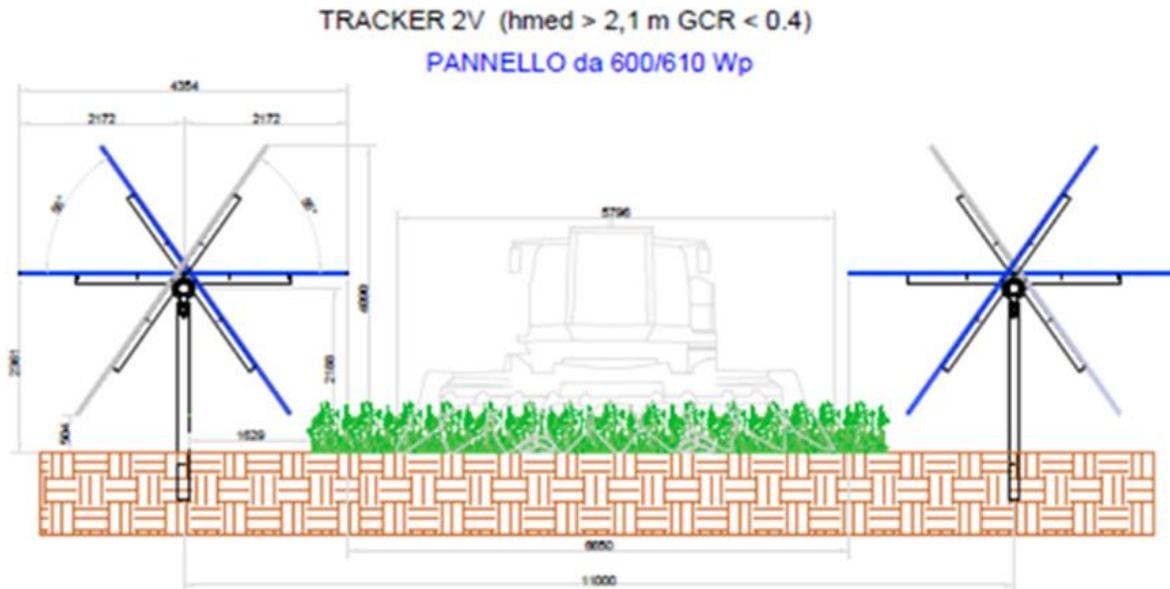


Figura 12 –sezione con pannelli a inseguimento: distanze tra superfici libere e stringhe

Il sistema di sostegno dei moduli ad inseguimento (tracker), è previsto con strutture infisse su file monopalo, con i pannelli montati in configurazione “portrait” (affiancamento sul lato più lungo), con due file per vela. Il dimensionamento delle strutture tiene in conto i carichi statici (pesi dei componenti), le sollecitazioni dinamiche del vento e le caratteristiche del terreno sulla base dello studio geologico. Il layout con tracker mono-assiali ad asse di rotazione nord-sud consente di ottimizzare la produzione di energia elettrica, inseguendo la posizione giornaliera del sole con appositi motori, riduttori e schede di controllo installate a bordo dei tracker. Per gestire le diverse conformazioni delle superfici del terreno si adotteranno inseguitori di lunghezza e numero di pannelli standard, in particolare saranno utilizzati 575 tracker da 28 moduli da 610 W, per cui i tracker avranno una potenza nominale di 17,08 kW dc.

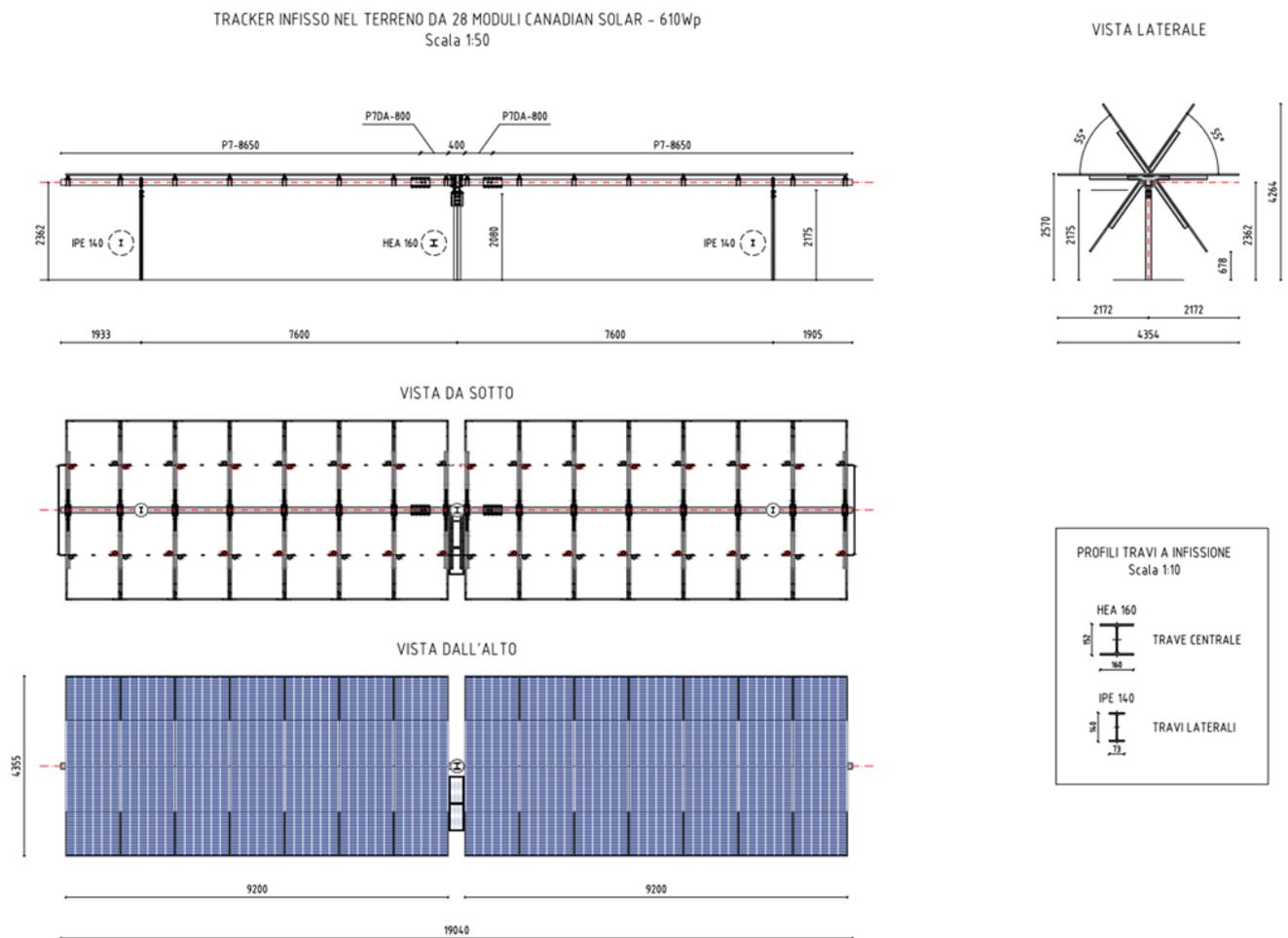


Figura 13 – Tipico struttura supporto pannelli ad inseguimento (tracker)

2.4.3 Sistema di condizionamento della potenza – inverter e cabine

Per la conversione dell'energia prodotta, da continua in alternata, si utilizzeranno inverter di tipo centralizzato completi internamente dei componenti accessori, quali filtri e dispositivi di protezione e controllo, che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili.

Gli inverter individuati sono della Power Electronics, i due modelli che verranno utilizzati sono:

- MVS3430 di potenza 3'550 kVA;
- MVS2285 di potenza 2'365 kVA;

con potenze a 40 ° C, temperatura di riferimento tipiche delle macchine elettriche di potenza.

Questi inverter sono inseriti nel campo fotovoltaico all'interno delle rispettive **cabine di zona**.

Ciascuna di queste cabine (9 in tutto) è costituita dai diversi componenti di impianto e accessori (fonte 137PRG001R Relazione Tecnica descrittiva degli Impianti). Avranno dimensioni esterne indicative: 10,00 x 2,50 x 3,00 [m].

Nella figura sottostante è rappresentato un estratto che rappresenta lo skid previsto.

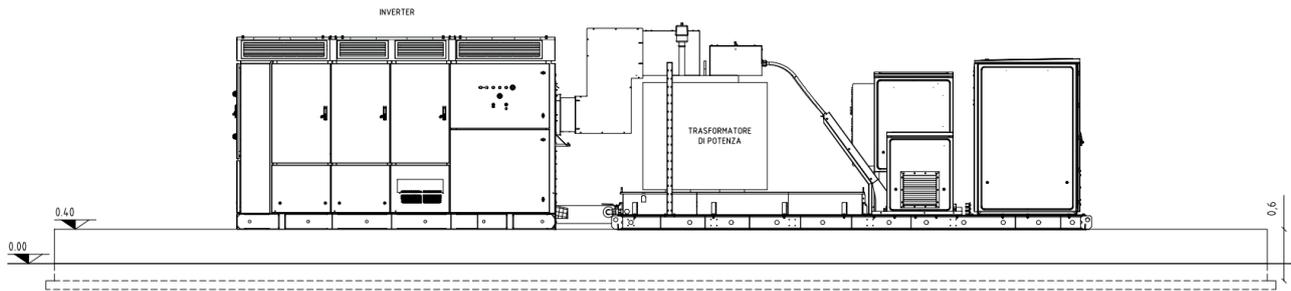
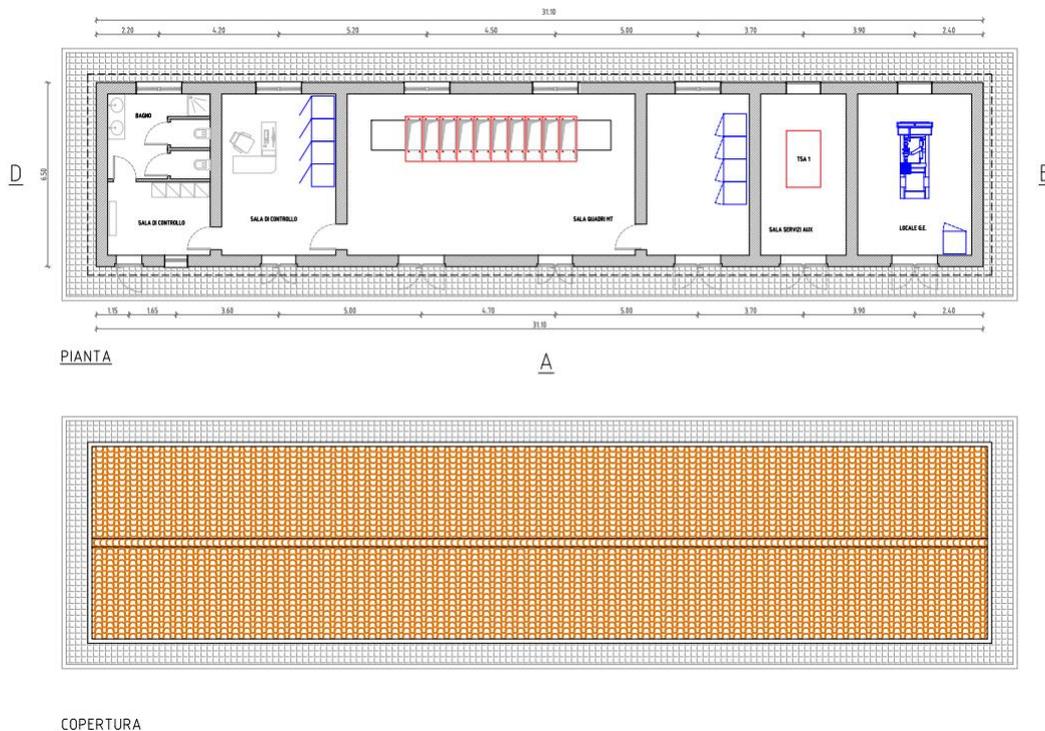


Figura 14 – Cabina di Campo - Pianta e prospetti

La cabina di raccolta e trasmissione che invece contiene i quadri 36 kV con gli scomparti di arrivo delle linee dal campo e gli scomparti interruttori per le linee di trasmissione fino alla Stazione Elettrica Terna ha dimensioni esterne totali pari a 32,00 x 6,50 x 4,50 [m]. Nella figura sottostante è rappresentata la sua configurazione planimetrica e il prospetto.



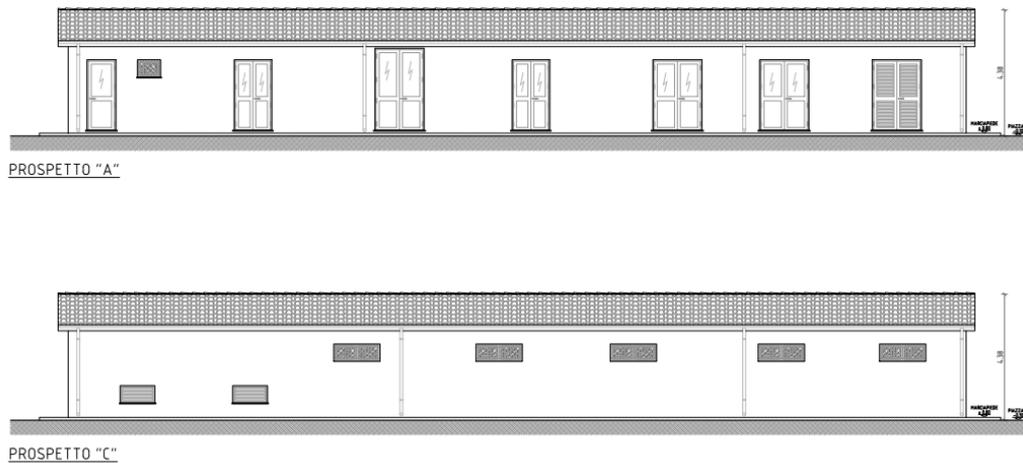


Figura 15 2 – Cabina di Raccolta e Trasmissione

2.4.4 Sistema di accumulo e Cabine / Container

Considerata la natura intermittente non programmabile delle fonti rinnovabili, è stato previsto un sistema di accumulo, BESS (Battery Energy Storage System), collegato anch'esso alla rete a 36 kV.

I sistemi di accumulo, per la loro disponibilità "su richiesta" della rete, sono assimilabili alle altre unità di produzione non rinnovabili (programmabili), a questi sistemi vengono applicati anche i corrispettivi economici di remunerazione in funzione delle esigenze del dispacciamento e dal mercato dell'energia.

Tecnicamente il sistema previsto è del tipo bidirezionale ed in generale può caricarsi sia tramite energia proveniente dall'impianto fotovoltaico, sia con quella proveniente direttamente dalla connessione RTN (ove il parametro "costo a MWh" della rete siano giustificati), in quest'ultimo caso la quota parte di energia prelevata esclusivamente dall'accumulo è assimilata a quella del pompaggio per i sistemi idroelettrici.

In generale i sistemi di accumulo connessi in AT sono dimensionati sia per compensare le fluttuazioni della produzione di energia solare sia per offrire servizi di gestione della rete, quali ad esempio il supporto al controllo della frequenza.

Il progetto prevede l'installazione dei seguenti componenti di impianto principali entro container ognuno da posizionarsi su basamento appositamente predisposto:

- n. 16 moduli batteria da 2'752 kWh ciascuno, per un totale nominale DC pari a 44'032 kWh, con a valle dei convertitori una potenza in AC pari a 42'896 kWh;
- n. 2 sistema Power Conversion System, centralizzato per le batterie, con convertitori DC/AC, trasformazione BT/AT e quadro elettrico AT a 36kV, con potenza nominale del singolo convertitore pari a 5'500 kVA ed una potenza attiva di 5MW kW cadauno.

Il sistema di accumulo complessivo costituito dai 16 moduli avrà pertanto una potenza, disponibile sul nodo della rete di circa 10 MW (a meno delle perdite di trasmissione), per un tempo indicativo di 4h.

Le cabine/container dedicate all'accumulo dell'energia, sono in numero di 16 ed hanno dimensioni esterne indicative paria a: 12,20 x 2,50 x 2,60 [m].

Altri monoblocchi simili sono dedicati a funzioni specifiche che saranno meglio dettagliate in fase esecutiva. L'area nella quale devono essere posizionati questi prefabbricati, dovrà essere accessibile ai mezzi con gru per lo scarico. Le aperture adibite per l'aerazione dei locali tecnici dovranno garantire un grado di protezione IP33 ed un'adeguata ventilazione; le tubazioni d'ingresso cavi, dovranno essere sigillate in modo da prevenire l'ingresso indesiderato di fluidi.

La posizione di tutte queste cabine è rappresentata nel documento: *137PRG605D - Planimetria su CTR Distribuzione Pannelli e Cabine.*



Figura 16 – Container Storage e Power Converter System

2.4.5 Cavi, rete di terra e altre componenti di impianto - tipologia di posa

Tutti i cavi elettrici saranno interrati secondo profondità di posa che variano in base alla sede di posa e alla tipologia del cavo.

Sono previsti:

- Cavi in corrente continua;
- Cavi in corrente alternata BT e condotti prefabbricati BT;
- Cavi 36 kV.

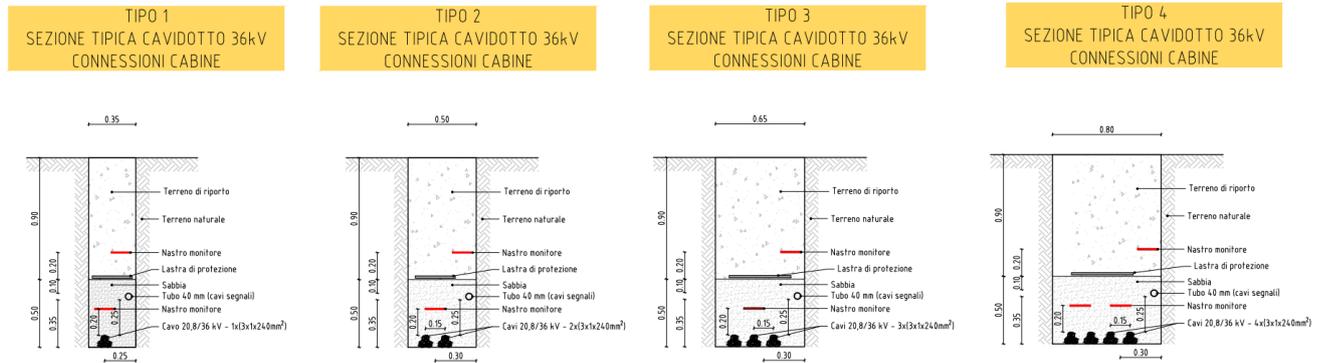


Figura 17 – Tipici per la posa interrata dei cavi 36 kV nell’area dell’impianto di produzione

Maggiori dettagli possono essere apprezzati alla tavola: **137PRG607D 00 – Planimetria percorso cavi 36kV.**

2.4.6 Connessione alla rete elettrica

Considerata la potenza importante dell’impianto, è necessario che essa sia immessa nella rete in alta tensione, pertanto, ci sarà una prima rete di cavi 36 kV interrato che raccolgono l’energia delle cabine di campo e le convogliano ad una cabina di Raccolta e Trasmissione, dalla quale un altro cavo interrato AT provvede a trasportare l’energia in alta tensione, fino allo scomparto 36 kV dedicato nella Nuova Stazione 150/36 kV prevista da Terna.

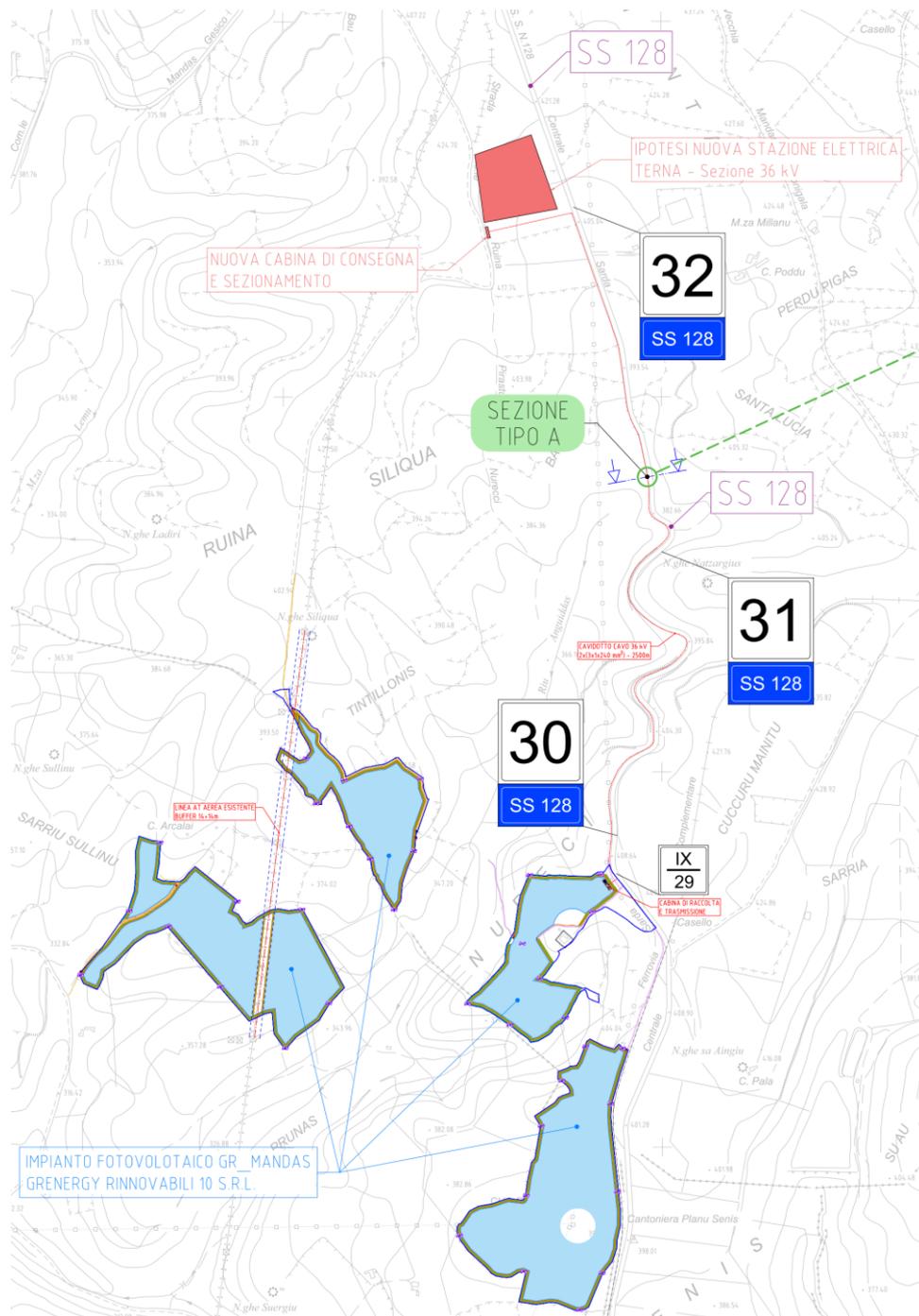


Figura 18 3 - Connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale

2.4.7 Recinzione, mitigazione, viabilità, acque superficiali

Intorno a tutte le aree nelle quali saranno installati i pannelli fotovoltaici ci sarà una recinzione, al fine di delimitare la proprietà, essa sarà costituita da rete metallica romboidale, maglia 5 x 5 cm, altezza 2 m, plastificata verde, ancorata ad elementi metallici.

Al fine di garantire la continuità dei corridoi ecologici alle specie faunistiche, la recinzione sarà dotata di idonee aperture e/o dovrà essere sollevata da terra di almeno 30 cm.

Quanto descritto è rappresentato nella figura sottostante.

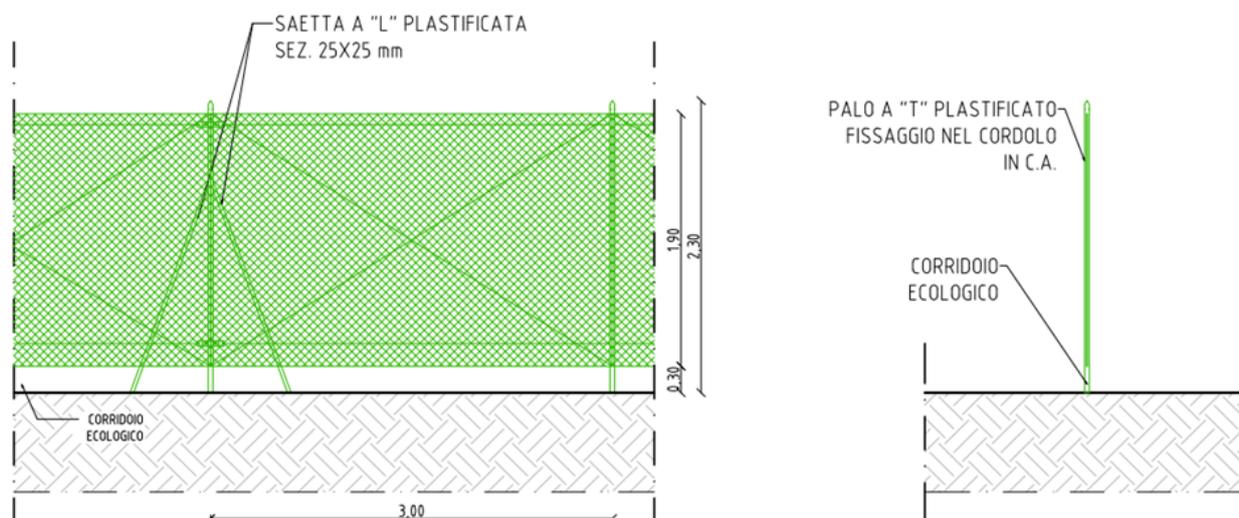


Figura 194 – Dettaglio recinzione - Prospetto e sezione

Per inibire furti ed atti vandalici i perimetri recintati saranno controllati da sistema antintrusione tramite sorveglianza con telecamere, con sensore di movimento, in grado di funzionare nel campo dell'infrarosso per la visione notturna e di attivare automaticamente l'accensione dell'impianto di illuminazione.

2.5 Componente agronomica di progetto

Al fine di soddisfare la salvaguardia dei servizi ecosistemici, il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale, si prevede che l'intera superficie interessata dai pannelli sia destinata alla **semina di un prato-pascolo polifita stabile** per il pascolamento libero degli ovini (prato-pascolo) ed erbai di graminacee per fienagione alternati a sulla (*Hedysarum coronarium L* -leguminosa miglioratrice)

2.5.1 Proposta progettuale

Le superfici oggetto di studio sono attualmente destinate alla coltivazione di specie per l'alimentazione animale, nonché al pascolamento libero dei capi allevati per la produzione di latte.

Il progetto propone:

A. il miglioramento delle superfici a seminativo con la gestione turnata dei fondi;

B. il mantenimento ed il miglioramento delle superfici a pascolo permanente.

La gestione dei seminativi in rotazione di graminacee con leguminose **(A)** garantirà:

- il mantenimento della fertilità naturale del suolo dopo anni di coltivazione di specie depauperanti;
- il miglioramento della micro/macro porosità, della capacità di ritenzione idrica e del microbiota naturali del suolo attraverso la tecnica del minimum tillage;
- la riduzione della compattazione degli strati più superficiali del terreno causata dal ricorrente passaggio dei mezzi impiegati nelle lavorazioni dei fondi rustici con le tecniche tradizionali.

Il miglioramento ed il mantenimento delle superfici già investite a pascolo permanente garantiscono:

- l'aumento delle superfici pascolive nella disponibilità dei capi attualmente allevati in azienda;
- l'aumento della qualità e della quantità di foraggio fresco nella disponibilità dei capi che pascolano le superfici.

2.5.2 Scelta delle specie (prato pascolo)

Per il popolamento erbaceo si ipotizza un mix di **60% leguminose e 40% graminacee**, al fine di mantenere una elevata biodiversità vegetale. Tale inerbimento favorisce una maggiore biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, nonché quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato e contribuisce al miglioramento dei suoli in virtù delle proprietà anti-erosive del manto erboso, all'utilizzo di piante azotofissatrici e alla riduzione della diffusione di specie infestanti. Inoltre, si prevede un miglioramento della struttura del suolo in virtù degli apparati radicali fittonanti e molto sviluppati in profondità che sono capaci di sviluppare alcune specie designate (leguminose).

Il prato-pascolo permanente è definibile **polifita** poiché il mix da impiegare sarà composto da **cinque o più specie** - come già accennato appartenenti al patrimonio floristico spontaneo regionale, integrato con specie che possano conferire allo stesso anche un alto valore foraggero. La soluzione proposta, oltre ai vantaggi già elencati, favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, poiché non prevede, per definizione, alcuna rotazione e lavorazioni annuali (come avviene invece nei seminativi tradizionali); allo stesso tempo, consente la produzione di foraggio verde utile al pascolamento. Il cotico erboso permanente consentirà infine un agevole passaggio dei mezzi meccanici che verranno utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche in condizioni di elevata umidità del suolo.

Tra le specie più adatte alle condizioni pedoclimatiche del sito in esame, nonché ad alto valore foraggero ed in linea con le essenze spontanee tipiche del territorio regionale, sono state selezionate le seguenti:

- **Trifoglio brachicalicino** (*Trifolium brachycalycinum* Katzn e Morley) cv. **Antas** (semi-tardiva) - 20%;
- **Trifoglio squarroso** (*Trifolium squarrosus* Savi) - 5%;

- **Erba medica polimorfa** (*Medicago polymorpha* L.) cv. **Anglona** (medio-tardiva) - 10%;
- **Meliloto d'India** (*Melilotus indicus* L.) - 5%;
- **Erba mazzolina** (*Dactylis glomerata* L.) cv. **Hyspanica** (di origine mediterranea) - 20%;
- **Loglio rigido** (*Lolium rigidum* Gaudin) cv. **Nurra** (selezionata in Sardegna) - 10%;
- **Orzo distico** (*Hordeum distichum* L.) - 10%.

Per le **leguminose** sono state selezionate specie appartenenti ai pascoli mediterranei, con varietà selezionate localmente, appartenenti prevalentemente ai **trifogli sotterranei** (*Trifolium subterraneum* L.), così chiamati per il loro geocarpismo¹² e all'**erba medica polimorfa** (molto diffusa e apprezzata nei pascoli sardi).

Tutte le specie identificate fanno parte del gruppo delle leguminose annuali autoriseminanti le quali, grazie al loro ciclo congeniale ai climi mediterranei, alla loro persistenza in coltura (dovuta al fenomeno dell'autorisemina), all'adattabilità a suoli poveri (che arricchiscono grazie alla loro capacità di azotofissazione) e a pascolamenti continui e severi, sono chiamate a svolgere un ruolo importante in molte regioni Sud-europee, non solo come risorsa fondamentale dei sistemi prato-pascolivi, ma anche in utilizzazioni non convenzionali (ad esempio in sistemi multiuso: agrivoltaico, aree viticole, aree forestali).

Il manto vegetale - soprattutto quello dei trifogli che rappresentano nel loro insieme la percentuale maggiore del miscuglio - è per lo più contenuto in altezza, estremamente compatto, con il grosso della fitomassa vicina al suolo (5-15 cm), con foglie situate in alto e steli ed organi riproduttivi allocati in basso, e ben funzionante anche quando sottoposto a frequenti defogliazioni.

Ai trifogli brachicalicino e ianninico è stata associata anche una piccola percentuale di trifoglio squarroso, di erba medica polimorfa e di meliloto d'india, anch'essi comuni della flora Sarda e idonei alle condizioni climatico-edafiche esistenti con ampi margini di tolleranza.

Il prato formato da queste specie risulta di lunga durata, capace di superare le estati siccitose e tollerare anche una condizione di semi-ombreggiamento dovuta alla coesistenza della coltura con i moduli fotovoltaici.

Per quanto concerne le graminacee sono state selezionate tre specie di caratteristiche sinergiche tra di loro e in consociazione con le leguminose. Nello specifico, il miscuglio ha previsto una piccola percentuale di orzo distico a ciclo annuale autunno-vernino, caratterizzato da germinazione precoce e crescita rapida (funzionale a instaurare una subitanea copertura al suolo con funzione anti-erosiva e coadiuvante all'insediamento del prato perennante ma privo di persistenza negli anni successivi a quello di semina), unitamente a erba mazzolina e loglio rigido.

L'erba mazzolina, in particolare (con specifico riferimento alla varietà mediterranea designata presenta insediamento lento, producendo cotici inizialmente non serrati, ma caratterizzata da pronto ricaccio,

grande adattamento, lunga persistenza ed elevata produttività. Il loglio rigido, invece, è una graminacea annuale a ciclo autunno-primaverile dotata di buona persistenza, autoriseminante di grande capacità, con elevate produzioni foraggere.

Il cotico erboso derivante dal mix ipotizzato sarà caratterizzato da:

- biomassa in continua evoluzione e fioriture scalari durante tutto il periodo di pascolamento delle greggi;
- sfruttamento di tutta la colonna di terra per la radicazione, avendo le varie specie diverse caratteristiche degli apparati radicali;
- scarsa competitività delle varie essenze l'una con le altre in termini di risorsa idrica e nutrienti, nonché capacità di alcune di arricchire il terreno favorendo lo sviluppo di altre;
- una buona capacità di risemina il che concorrerà a garantire una certa persistenza delle specie nel tempo, da gestire ad hoc con risemine e trasemine.

Per maggiori dettagli si rimanda alla 137QAM340R Relazione Agronomica.

2.6 Interventi sulla fascia perimetrale dell'area di impianto

Sia ai fini paesaggistici, cioè con finalità di un migliore inserimento visivo dell'impianto, secondo quanto dimostrato nello sviluppo della 137PAE001R Relazione Paesaggistica, sia allo scopo di sostenere e potenziare la connettività ecologica nell'area, come riscontrata anche nelle relazioni specialistiche dedicate alla componente floristica e faunistica, si prevede di realizzare delle fasce perimetrali ai lotti completate con specie arboree ed arbustive di nuovo impianto esclusivamente autoctone e facenti parte della vegetazione potenziale dell'area vasta o preesistenti nel sito di intervento. Gli esemplari arborei di olivo presenti all'interno del perimetro ed interferenti con la realizzazione delle opere, opportunamente censiti ed identificati, dovranno essere espianati con adeguato pane di terra e reimpiantati in precisi segmenti di contesto alle suddette fasce perimetrali.

In merito alle specie arboree, si prevede l'impiego di piante di olivastro (*Olea europea var. sylvestris*) e di leccio (*Quercus ilex*); le specie arbustive proposte sono invece le seguenti: lentisco (*Pistacia lentiscus*), viburno (*Viburnum*), Ginepro (*Juniperus oxycedrus subsp. Oxycedrus*) con distribuzione disomogenea e casuale tra un olivastro e l'altro. La distribuzione lungo la fascia perimetrale è rappresentata in figura.

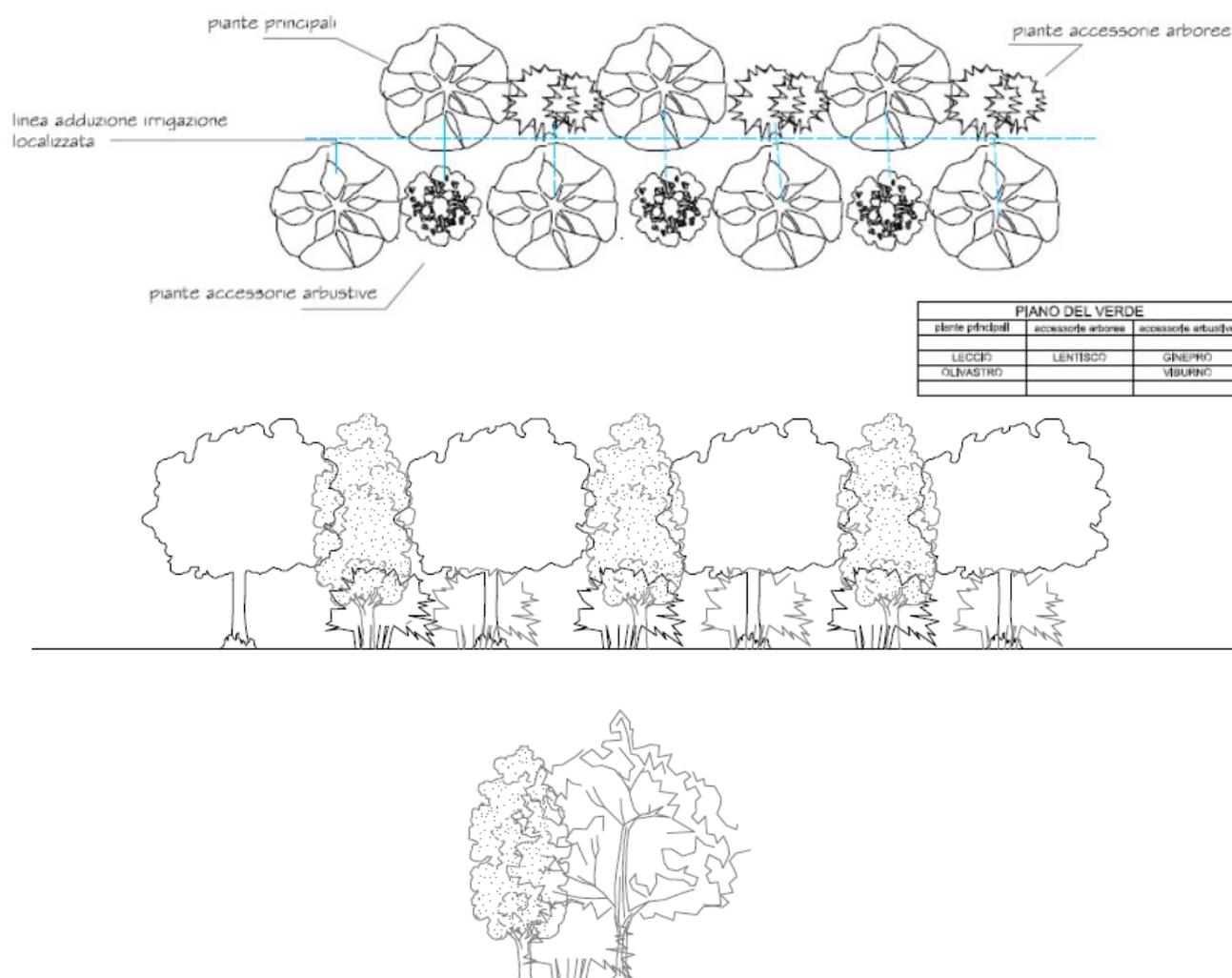


Figura 20 – Distribuzione di specie arboree e arbustive lungo la fascia perimetrale

I dettagli di queste scelte sono parte integrante del documento 137QAM200R – Relazione agronomica, mentre la tavola di riferimento per apprezzare tali inserimenti verdi anche nel contesto di altri elementi è la 137QAM351D – “Tavola del verde e altre misure di mitigazione”.

È prevista la piantumazione di 5.736 nuove specie.

2.6.1 Viabilità

Per quanto riguarda la viabilità interna ai lotti agrivoltaici, vale quanto descritto, per cui le caratteristiche geometriche del layout d’impianto e delle due tipologie di sostegni previste, in particolare i *gap* disponibili tra i filari fotovoltaici, permettono ai mezzi, sia quelli per le ordinarie attività agricole, sia quelli meccanici di movimentazione in fase di costruzione e di esercizio/manutenzione, di muoversi all’interno delle aree, mantenendo la velocità entro i valori di rispetto per i cantieri e di sicurezza per la conduzione agricola.

Per garantire la percorribilità a mezzi importanti anche quando i tracker sono in funzione è stata predisposta, oltre alla viabilità principale costituita da tre accessi e relativi prolungamenti interni, anche una fascia libera compresa tra la recinzione perimetrale e le strutture finalizzate a consentire la percorrenza e un agevole spazio di manovra anche dei mezzi meccanici più ingombranti.

Per avere un ridotto impatto ambientale, i nuovi accessi e la viabilità saranno realizzati con la tecnica della terra stabilizzata, prendendo cioè il materiale in situ, opportunamente vagliato, miscelato ed impastato nelle dosi con calce, opportuni leganti, aggreganti, sanificanti.

Questo permette di avere percorsi stabili adatti anche al traffico pesante, altamente drenanti, contemperando le esigenze di valenza paesaggistica e di eco-sostenibilità con la funzionalità ed affidabili nel tempo. La conformazione opportuna della sezione di queste strade, l'ottimizzazione dei percorsi dei cavidotti coordinandoli con la viabilità, permette la gestione delle acque superficiali in modo da non erodere il piano stradale e diminuire il più possibile la manutenzione delle stesse.

In alternativa le strade si potranno realizzare in tout-venant, soluzione che mantiene ugualmente una elevata capacità drenante, un basso impatto ambientale, ma che dovrà essere mantenuta con più frequenza ed intervenendo per il ripristino in caso di interruzione della viabilità.

2.6.2 Regimazione acque meteoriche

L'allontanamento e gestione delle acque meteoriche, posto che i movimenti di terre saranno solo quelli indispensabili al livellamento, la tendenza è quella di lasciare inalterati, i regimi di scorrimento delle acque superficiali, migliorandoli in definizione di forma e funzione, attraverso ripristini degli scorrimenti, con la rimozione, anzitutto, dello strato superficiale del terreno e degli arbusti.

A tale fine sarà realizzato un canale di invito che correrà in senso longitudinale accanto alle strade interne e perimetrali e, laddove la direzione dei deflussi sia trasversale, saranno aggiunti dei pozzetti con tubazioni di drenaggio a permettere lo scarico verso i canali di raccolta esistenti.

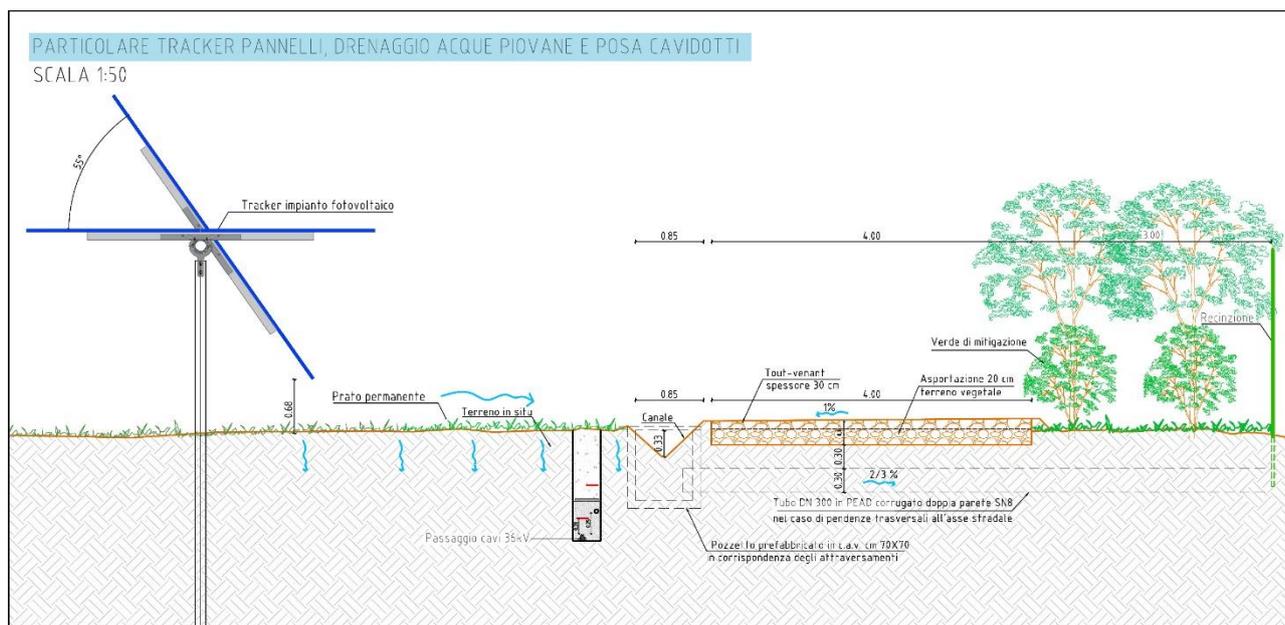


Figura 21 – Acque superficiali - drenaggi trasversali bordo strada

2.7 Tempi di realizzazione

I tempi di realizzazione delle opere necessarie alla realizzazione dell’impianto saranno presumibilmente dell’ordine di 11 mesi, a partire dal momento di ricezione di tutte le autorizzazioni e le concessioni relative al nuovo impianto. Sono previste 20 squadre da 4 uomini.

Sarà comunque stilato un cronoprogramma delle operazioni prima dell’inizio dei lavori, dove saranno rese chiare le operazioni prioritarie.

Tutti gli aspetti progettuali sono dettagliatamente descritti nell’elaborato 137PRG001R Relazione tecnica” e nelle tavole progettuali e nella 137QAM340R - Relazione agronomica.

3 Analisi Costi Benefici

3.1 La metodologia di riferimento

Lo studio di fattibilità di un'opera pubblica o privata è di consueto corredata da un'analisi economico-sociale, che ha lo scopo di verificare il grado di utilità dell'intervento per la collettività.

L'analisi propriamente economica si focalizza sullo studio dei costi e benefici attesi, interni ed esterni al progetto, mediante un'impostazione teorica propria dell'analisi economico-sociale all'interno costi benefici e rappresenta uno strumento conoscitivo e decisionale indispensabile per la valutazione di un progetto.

L'analisi costi benefici (ACB) permette di valutare se il progetto è economicamente conveniente e socialmente desiderabile.

Questa condizione si verifica quanto il totale dei benefici supera il totale dei costi ad esso associati.

$$(B-C) > 0$$

Per quanto l'energia prodotta da un impianto fotovoltaico presenti dei benefici ambientali indiscutibili che rende la diffusione di questa tecnologia, al pari di altre per la produzione di energia da fonti rinnovabili, una delle priorità dei Piani per il contrasto ai cambiamenti climatici, internazionali e nazionali, tali benefici non si riflettono pienamente nel prezzo di mercato dell'energia elettrica, che sembra non tenere conto in modo appropriato dei costi sociali conseguenti alla produzione di energia.

Per questo motivo, per la valutazione dell'utilità sociale di un progetto occorre tener conto del valore aggiunto prodotto (V_A) sommato alle economie esterne prodotte (E_e) e al maggior benessere sociale (B_s) che sommate dovranno produrre un valore superiore al costo di produzione del servizio (C_s), sommato alle diseconomie esterne (D_e) e al disagio sociale (D_s)

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

I risultati di un progetto di investimento, realizzato a favore della collettività, deve tener conto di effetti prodotti anche involontariamente su individui, ambiente, imprese.

3.2 La definizione delle esternalità

Gli effetti economici esogeni generati da un progetto, sono chiamati esternalità.

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.

Tra le esternalità ambientali: salute pubblica (incidenti, malattie); sicurezza sul lavoro (incidenti, rumore, stress psicofisico); disturbi (rumore, impatto visivo, odori); occupazione; 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).

Tra le esternalità non-ambientali: sussidi; costi per ricerca e sviluppo; affidabilità e sicurezza della fornitura; effetti sul prodotto interno lordo. A loro volta le esternalità ambientali possono essere classificate in locali, regionali o globali, queste ultime con particolare riferimento al problema dei cambiamenti climatici conseguenti alle emissioni di CO₂. Le esternalità non-ambientali si riferiscono ai costi nascosti: riduzione dello strato di ozono a seguito dell'emissione di clorofluorocarburi o di esafluoruro di zolfo. 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). Essa inoltre diventa particolarmente complessa quando implica la valutazione dei beni intangibili (per esempio il costo conseguente all'inserimento visivo di una turbina eolica o, ancora, del danno futuro conseguente all'emissione in atmosfera di una tonnellata di CO₂). L'individuazione e la quantificazione delle esternalità negative, tanto più la stima delle esternalità, è affetta da incertezze.

4 L'individuazione delle esternalità

Nel caso dell'impianto agrivoltaico in progetto da un punto di vista socioeconomico, le esternalità negative e positive più rilevanti legate alla realizzazione dell'intervento interessano prevalentemente cittadini e attività produttive che insistono nelle zone interessate dai lavori di costruzione dell'impianto.

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 strutturali comprendono:

- le funzioni produttive e di servizio: l'apertura dei cantieri potrebbe determinare condizionamenti alle attività in essere lungo le strade di percorrenza;
- la mobilità: i lavori 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 sottoservizi a rete) in termini delle possibili interruzioni parziali del servizio, che provocano evidentemente un danno alla collettività.

La 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 e al contempo rendono poco significative questo tipo di esternalità. In particolare, alcuni disagi sostenuti dalla collettività potranno essere mitigati grazie ad alcuni accorgimenti che sono qui brevemente riassunti:

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

Gli aspetti ambientali e paesaggistici delle esternalità negative comprendono:

- l’Impatto visivo. La “visibilità delle strutture” da grande distanza e la loro localizzazione.
- il consumo di suolo. L’apertura dei cantieri e le opere da realizzarsi determinano una sottrazione di suolo alle pratiche agricole attualmente in essere e una variazione di alcuni servizi ecosistemici³ che possono essere valutati qualitativamente e quantitativamente in termini negativi; saranno analizzati in tal senso: la perdita e la qualità dell’habitat, lo stoccaggio e il sequestro di carbonio; la rimozione di particolato e ozono.

Le esternalità positive sono anch’esse in parte riconducibili ai servizi ecosistemici riferibili al suolo; una lettura in tal senso scaturisce dall’esito dello Studio di Impatto Ambientale che tenuto conto delle caratteristiche del progetto restituisce una Valutazione dello stesso in cui non risultano minacciati e altresì potenzialmente migliorati in fase di esercizio dell’impianto: la regolazione del microclima e la protezione dall’erosione, Il contributo di questi servizi non è stato quantificato economicamente, ma se ne rileva comunque un potenziale apporto positivo nel bilancio economico complessivo. Sono invece oggetto di valutazione economica: la produzione agricola che rappresenta una esplicita e ricercata esternalità positiva del progetto; la cattura del carbonio che diviene esternalità positiva se rapportata all’introduzione del prato pascolo e del verde nella fascia perimetrale dell’impianto.

Come ampiamente trattato nello SIA nelle sezioni del Quadro Programmatico e della Valutazione degli impatti, gli impianti di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili sono strategici e funzionali al raggiungimento degli obiettivi di contrasto ai cambiamenti climatici, mediante un’azione indiretta sulle emissioni inquinanti, che si esplicita nella quantificazione delle emissioni evitate. Questi aspetti possono essere valutati in termini economici sulla base di metodologie e valori applicati nel campo delle Compensazioni di CO₂.

Risultano infine rilevanti per la presente Analisi delle esternalità positive i benefici occupazionali (in fase di realizzazione e di esercizio) e i benefici economici diretti ed indiretti che risultano correlati alla realizzazione dell’impianto fotovoltaico e alla conduzione dei fonti agricoli secondo nuove tecniche di coltura e di pascolo.

³ Per l’elenco e la valutazione dei servizi ecosistemici associati al suolo il riferimento è il II Rapporto SNPA “Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici” dell’ISPRA e l’allegato “Mappatura e valutazione dell’impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo

5 La quantificazione delle esternalità – Aspetti generali

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

Per la quantificazione in termini monetari si rimanda ai capitoli successivi e alle diverse fonti utilizzate allo scopo.

Attraverso la valutazione congiunta delle esternalità positive e negative generate dalla realizzazione dell'impianto si calcolerà il beneficio sociale netto. Tale valutazione indica un saldo netto determinato dalla differenza tra i benefici e le esternalità negative

6 Analisi Finanziaria – Il valore atteso della produzione di energia

La remunerazione economica del settore fotovoltaico è rappresentata dal ricavo generato dalla vendita dell'energia prodotta (kWh) mediante cessione alla rete esistente, 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).

La società Grenergy Rinnovabili 10 S.r.l. ha scelto di esercire l'impianto in progetto in *grid-parity*, con un Power Purchase Agreement per la valorizzazione economica dell'energia prodotta stimato pari a 70 €/MWh.

Il ricavo atteso in 25 anni, tenuto conto della perdita di efficienza dell'impianto, sarà pertanto pari a circa € 67.847.876,67, secondo il dettaglio nei 25 anni di esercizio, della seguente tabella:

anno	Producibilità annua	perdita %	[kWh]	70 €/MWh
1	42.309.499,00	0	42.309.499	2961664,93
2	41.463.309,02	2,00	41.463.309	2902431,63
3	41.160.626,86	0,73	41.160.627	2881243,89
4	40.860.154,29	0,73	40.860.154	2860210,78
5	40.561.875,16	0,73	40.561.875	2839331,25
6	40.265.773,47	0,73	40.265.773	2818604,11
7	39.971.833,33	0,73	39.971.833	2798028,31
8	39.680.038,94	0,73	39.680.039	2777602,73
9	39.390.374,66	0,73	39.390.375	2757326,25
10	39.102.824,92	0,73	39.102.825	2737197,75
11	38.817.374,30	0,73	38.817.374	2717216,18
12	38.534.007,47	0,73	38.534.007	2697380,49
13	38.379.871,44	0,40	38.379.871	2686590,97
14	38.226.351,95	0,40	38.226.352	2675844,64
15	38.073.446,55	0,40	38.073.447	2665141,29
16	37.921.152,76	0,40	37.921.153	2654480,71
17	37.769.468,15	0,40	37.769.468	2643862,76
18	37.618.390,28	0,40	37.618.390	2633287,3
19	37.467.916,72	0,40	37.467.917	2622754,19
20	37.318.045,05	0,40	37.318.045	2612263,15
21	37.168.772,87	0,40	37.168.773	2601814,11
22	37.020.097,78	0,40	37.020.098	2591406,86
23	36.872.017,39	0,40	36.872.017	2581041,19
24	36.724.529,32	0,40	36.724.529	2570717,03
25	36.577.631,20	0,40	36.577.631	2560434,17
			969.255.381	67.847.877

Tabella 6 - Valore economico atteso derivato dalla produzione di energia

7 Analisi dei costi e benefici ambientali

Tenuto conto dell'analisi dell'esternalità positive e negative ritenute significative di cui al precedente paragrafo, verranno illustrate a seguire le metodologie e le fonti utilizzate per una loro monetizzazione.

Per la prosecuzione del documento è tuttavia necessaria una introduzione all'economia ecologica volta a stabilire un punto di contatto tra ecologia ed economia. In questo punto di contatto tra discipline storicamente divergenti, l'ecosistema rappresenta l'unità di misura condivisa ed i "servizi ecosistemici" sono i "benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano", in altri termini il nostro benessere dipende dai servizi forniti dalla natura. Un servizio ecosistemico ha una stretta relazione con le condizioni di benessere delle comunità così come indagate dal "Millennium Ecosystem Assessment" così come citato nel documento "Definizione del metodo per la classificazione e quantificazione dei servizi ecosistemici in Italia" pubblicato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione per la Protezione della Natura.

I Servizi ecosistemici possono essere distinti in quattro grandi categorie: supporto alla vita, approvvigionamento, regolazione, valori culturali.

Attraverso questo schema quindi le componenti ambientali vengono analizzate in una relazione dinamica con l'uomo e i servizi ecosistemici in una continua interazione con le attività antropiche che li contrastano o valorizzano.

Il proseguo della trattazione attinge da alcuni studi che hanno fornito una quantificazione economica dei servizi ecosistemici riferiti al consumo di suolo e al paesaggio, considerati, come visto in precedenza come le esternalità negative di cui tener conto per il progetto in analisi.

8 Il Bilancio della CO₂

8.1 Risparmio di energia primaria e emissioni di CO₂ evitate

Gli impianti per lo sfruttamento dell'energia solare sono l'esito di un processo di innovazione tecnologica orientato ad individuare una fonte di energia alternativa e rinnovabile sostitutiva delle fonti fossili che implicano un consumo di risorse non rinnovabili e per questo motivo non più sostenibile a livello globale e locale.

Il risparmio di fonti fossili si ottiene pertanto in maniera indiretta attraverso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. L'impianto proposto consentirà un notevole risparmio di olio combustibile per la produzione di energia, evitando inoltre la produzione di CO₂. Infatti, per produrre un chilowattora (kW/h) elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 250 grammi di olio combustibile (petrolio) e di conseguenza vengono emessi nell'aria circa 0,531 kg di anidride carbonica (CO₂), che contribuiscono all'innalzamento dell'effetto serra.

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0,187*
TEP risparmiate un anno per ogni MWh	9619,62
TEP risparmiate in 25 anni per ogni MWh	224541,82

Tabella 7 - TEP e MWh - Delibera EEN 3/08 del 20-03-2008 (GU n. 100 del 29.4.08 - SO n.107)

I valori delle mancate emissioni di CO₂, nel caso di un impianto fotovoltaico, devono tener conto della riduzione dell'efficienza dell'impianto nel corso del suo ciclo di vita (25 anni di vita).

Di seguito la tabella di dettaglio che mette in relazione la producibilità dell'impianto (decescente in 25 anni) con la mancata emissione di CO₂.

anno	Producibilità annua	perdita %	[kWh]	[tep/kWh]	[tep]	[t/tep]	[t] CO ₂
1	42.309.499,00	0	42.309.499	0,000187	7.911,88	3,17	25.080,65
2	41.463.309,02	2,00	41.463.309	0,000187	7.753,64	3,17	24.579,03
3	41.160.626,86	0,73	41.160.627	0,000187	7.697,04	3,17	24.399,61
4	40.860.154,29	0,73	40.860.154	0,000187	7.640,85	3,17	24.221,49
5	40.561.875,16	0,73	40.561.875	0,000187	7.585,07	3,17	24.044,67
6	40.265.773,47	0,73	40.265.773	0,000187	7.529,70	3,17	23.869,15
7	39.971.833,33	0,73	39.971.833	0,000187	7.474,73	3,17	23.694,90
8	39.680.038,94	0,73	39.680.039	0,000187	7.420,17	3,17	23.521,93
9	39.390.374,66	0,73	39.390.375	0,000187	7.366,00	3,17	23.350,22
10	39.102.824,92	0,73	39.102.825	0,000187	7.312,23	3,17	23.179,76
11	38.817.374,30	0,73	38.817.374	0,000187	7.258,85	3,17	23.010,55
12	38.534.007,47	0,73	38.534.007	0,000187	7.205,86	3,17	22.842,57
13	38.379.871,44	0,40	38.379.871	0,000187	7.177,04	3,17	22.751,20
14	38.226.351,95	0,40	38.226.352	0,000187	7.148,33	3,17	22.660,20
15	38.073.446,55	0,40	38.073.447	0,000187	7.119,73	3,17	22.569,56
16	37.921.152,76	0,40	37.921.153	0,000187	7.091,26	3,17	22.479,28
17	37.769.468,15	0,40	37.769.468	0,000187	7.062,89	3,17	22.389,36
18	37.618.390,28	0,40	37.618.390	0,000187	7.034,64	3,17	22.299,81
19	37.467.916,72	0,40	37.467.917	0,000187	7.006,50	3,17	22.210,61
20	37.318.045,05	0,40	37.318.045	0,000187	6.978,47	3,17	22.121,76
21	37.168.772,87	0,40	37.168.773	0,000187	6.950,56	3,17	22.033,28
22	37.020.097,78	0,40	37.020.098	0,000187	6.922,76	3,17	21.945,14
23	36.872.017,39	0,40	36.872.017	0,000187	6.895,07	3,17	21.857,36
24	36.724.529,32	0,40	36.724.529	0,000187	6.867,49	3,17	21.769,93
25	36.577.631,20	0,40	36.577.631	0,000187	6.840,02	3,17	21.682,85
			969.255.381		181.250,76		574.564,90

Tabella 8 - Il valore atteso della produzione di energia

Il bilancio della CO₂ dovrebbe tener conto:

- 1) delle emissioni durante le fasi di realizzazione/dismissione dell'impianto;
- 2) del mancato assorbimento di anidride carbonica, per effetto di occupazione di suolo da parti di elementi di impianto (per quanto limitate), precedentemente ricoperto da vegetazione (le piante mediante fotosintesi assorbono l'anidride carbonica dall'atmosfera; il suolo assorbe fauna e flora in decomposizione e impedisce alla CO₂ di tornare in atmosfera).

Tuttavia, tenuto conto che nello SIA le emissioni di CO₂ in fase di cantiere e di dismissione sono state considerate poco significative (per la durata del cantiere, la durata delle fasi lavorative e la tipologia dei mezzi coinvolti), e considerato che l'impianto fotovoltaico entra in relazione con la produzione agricola, mediante il recupero e il miglioramento del prato ai fini del pascolo sotto e tra i pannelli, si è tenuto conto di seguito esclusivamente del mancato sequestro di carbonio per le parti di impianto che

occupano suolo in modo continuo e non entrano propriamente in relazione con le funzionalità del sistema agrivoltaico (cabine di campo e container per accumulo e strade).

8.2 Consumo di suolo- mancato sequestro di carbonio

Tenuto conto che la realizzazione dell’impianto agrivoltaico in progetto è associata alla semina e gestione di un prato permanente e senza considerare che le condizioni della copertura vegetale e del pascolo potranno concorrere, anche attraverso la gestione dei dati monitorati, al miglioramento delle caratteristiche del suolo agricolo e della qualità del pascolo (“137QAM200R” – Relazione agronomica), si elencano di seguito gli interventi in progetto che per loro natura determineranno una stabile occupazione di suolo, il quale, privato della copertura vegetale non potrà più svolgere la funzione di assorbimento del carbonio dall’atmosfera.

Installazione tracker e strutture fisse – Superficie occupata per infissione pali

I moduli saranno installati su:

- 575 tracker da 28 moduli cadauno. I sostegni dei tracker sono 1150 e occupano una superficie totale di 23 m².
- 981 strutture fisse da 28 moduli cadauno. I sostegni sono 2943 e occupano una superficie totale di circa 59 m².

Area Totale occupata dalle strutture dei pannelli 82 m².

Superfici cabine prefabbricate con diverse funzioni

Le cabine presentano le seguenti dimensioni unitarie

Dimensioni Geometriche Unitarie	L1 [m]	L2 [m]	H [m]	S [m ²]	V [m ³]
SKID (con inverter centralizzato)	9,9	2,2	3,1	21,78	67,518
Cabina di raccolta e Trasmissione	31,1	6,5	4,38	202,15	885,417
Container Batterie, PCS, Control Room e varie	12,2	2,5	2,6	30,5	79,3

Tabella 9 – Dimensioni geometriche cabine

Tenuto conto delle quantità previste in progetto si ottengono le seguenti superfici

N. Skid	Sup tot Skid [m ²]
9	196,02
1	202,15
20	610
1	15,00

Tabella 10 – Superficie occupata dalle cabine

Area Totale occupata dalle cabine: 1023,17 m².

L'area netta occupata strutture e cabine è la somma di queste due voci, per un totale di circa 1105 m².

Viabilità

	COMPARTO A		COMPARTO B		COMPARTO C		COMPARTO D	
	[m]	Sup [m ²]						
Strade esistenti (in uso anche all'impianto) Lunghezza	674	2.696	352	1.408	490	1.960	1.036	4.144
Strade esistenti (in uso anche all'impianto) Larghezza	4		4		4		4	
Strade Interne e perimetrali nuove - Lunghezza	1.494	4.482	2.086	6.258	2.093	6.279	1.695	5.085
Strade Interne e perimetrali nuove - Larghezza	3		3		3		3	

Tabella 11 – Superficie occupata dalla viabilità per Comparto di Intervento

L'area netta occupata dalle strade di nuova realizzazione è la somma delle superfici presenti in tabella e suddivise nei comparti 22.104 m².

Nell'area interessata dall'intervento, la superficie che non potrà contribuire al servizio di regolazione climatica e al sequestro e stoccaggio del carbonio, a causa della perdita di vegetazione di sequestrare e stoccare il carbonio, sarà pari a complessivamente 23.291 m². Il mancato assorbimento di CO₂ complessivo verrà calcolato a seguire tenendo conto del tasso di assorbimento medio attribuito in letteratura alla tipologia di copertura vegetale presente oggi nell'area di intervento. Come riportato nella relazione specialistica a firma del Dott. Pasqualino Tammaro, la copertura vegetale sarà costituita unicamente da prato permanente. L'attuale utilizzo dei terreni a coltivazione di foraggiere, consentono di utilizzare per il calcolo i dati dei prati di ambienti substepici (assimilabile a seminativi) pertanto è stato considerato un valore di 3,19 tonnellate ad ettaro all'anno (Qian and Follet, 2002/2012; Qian et al., 2010).

Area occupata da opere di diversa natura (m ²)	MANCATO ASSORBIMENTO DI CO ₂ PER OCCUPAZIONE SUOLO	
	tCO ₂ /ha/anno	tCO ₂ /25 anni
23.291	3,19	185,74

Tabella 12 – Mancato assorbimento CO₂

8.3 Valorizzazione del suolo- contributo al sequestro di carbonio

Il progetto come esposto in sintesi nel paragrafo 2.3 consta di un significativo intervento agronomico che prevede la coltivazione dedicata di essenze scelte per l'ottenimento di unità foraggiere e la conduzione dei terreni con metodologie e pratiche agricole accurate e specifiche per il territorio che mirano a migliorare significativamente la qualità delle colture e conseguentemente, la qualità nutrizionale delle stesse. Il risultato va raffrontato con quanto si ottiene ad oggi mediante una conduzione dei fondi che si affida esclusivamente alla "buona stagione", intesa come il verificarsi delle condizioni ottimali in assenza di interventi appropriati basati su tecniche di coltivazione volte ad esaltare le potenzialità produttive in termini

quantitative e qualitative dei pascoli (minimum tillage, fertilizzazione organica, spietramento superficiale, trasemine di miscugli di prato).

La coltivazione scelta fornisce un **contributo dell'assorbimento del Carbonio** da calcolarsi su una superficie di 439.769,21 m² (assorbimento di C pari a 1.740 g/m²) (fonte Studi Ecologia del suolo - Università di Parma).

Non va inoltre trascurato il contributo all'assorbimento di carbonio offerto dalla fascia di mitigazione larga tre metri ed estesa per tutto il perimetro, con una superficie occupata di 22.681,32 m².

Gli alberi sequestrano CO₂ presente nell'atmosfera e le fissano nei loro tessuti con un tasso variabile in base a parametri quali la dimensione a maturità la longevità e il tasso di accrescimento. *Da⁴ calcoli effettuati da Akbari (20002) è risultata una media di rimozione di CO₂ di circa 4,6 kg all'anno sulla vita di un albero fino all'ampiezza della chioma di 50 m². Quando l'albero cresce il tasso di sequestro di carbonio aumenta fino a 11 kg all'anno. Johnson e Gerhold (2001) hanno calcolato, invece, che la quantità di carbonio immagazzinata negli alberi urbani, escludendo foglie e radici, varia da 2.1 kg in alberi piccoli, a 37.5 kg negli alberi più grandi. Secondo le stime di Rosenfeld et al. (1998). Tenuto conto della maturità delle piante che verranno utilizzate e dei 25 anni di vita utile dell'impianto in cui si registrerà un progressivo accrescimento si è assunto che la fascia a verde si è assunto un valore a pianta uniforme.*

Lo SIA cui si riferisce la presente analisi assume ad albero il valore fisso, nei 25 anni, di 4,6 kg all'anno di CO₂ assorbita; l'approccio consente di tener conto della dimensione iniziale delle piante e della densità di verde che altresì andrà nel tempo a comporsi nella fascia perimetrale dei lotti di intervento.

L'assorbimento di CO₂ complessivo è riepilogato di seguito

Area occupata da prato pascolo/fascia verde (m ²)	ASSORBIMENTO DI CO ₂ PRATO PASCOLO E FASCIA VERDE	
	g/m ² /anno	tCo ₂ /25 anni
439.769,21	1.740	19.130
22.681,32	843	660
TOTALE	2.583	19.790

Tabella 13 – Assorbimento CO₂

⁴ Progetto di ricerca Qualiviva “finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali” – Allegato. Linee Guida 3

8.4 Valutazione del bilancio di CO₂ del progetto

La tabella seguente misura l'effetto del progetto sul bilancio della CO₂ alla luce di tutti gli aspetti considerati.

	BILANCIO CO ₂
tCO ₂ evitata in 25 anni	574.564,90
tCO ₂ persa per occupazione di suolo in 25 anni	-185,64
tCO ₂ assorbita con piantumazione e prato pascolo in 25 anni	19.790
Bilancio tCO₂ evitate in 25 anni	594.169

Tabella 14 – Bilancio CO₂

Tra le azioni per il contrasto ai cambiamenti climatici attuate dalla Commissione Europea, che a luglio 2021 ha adottato una serie di proposte legislative che illustrano come intende raggiungere la neutralità climatica nell'UE entro il 2050, la vendita all'asta dell'anidride carbonica è il metodo più trasparente per l'assegnazione delle quote di emissione agli stati e mette in pratica il principio del "chi inquina paga".

La vendita all'asta è il metodo predefinito di assegnazione delle quote a partire dalla fase 3 dell'EU ETS (2013-2020).

È attraverso questi strumenti che è possibile **quantificare economicamente** i benefici rappresentati dalle mancate emissioni di CO₂.

Il GSE, in quanto membro nazionale del **Joint Procurement Steering Committee** (JPSC) è il responsabile del collocamento delle quote di emissione italiane sulla piattaforma comune europea e assolve alla funzione di Responsabile per il collocamento dell'Italia ai sensi dell'art. 6 e dell'art. 23 del D.L. 47/2020.

Dai suoi rapporti sulle aste si evince il prezzo della CO₂. I dati più aggiornati sono del primo trimestre del 2023, dove il prezzo medio ponderato delle quote registrato sul mercato primario è stato pari a 89 €/t CO₂.

Il risparmio in termini di emissioni di CO₂ derivante dall'installazione dell'impianto fotovoltaico, al primo anno di funzionamento, ad oggi può essere stimata pari a circa **€ 2.115.242, pari a € 52.881.050 in 25 anni.**

9 Modifica della producibilità agricola in UFL

I terreni che verranno utilizzati per il posizionamento dell'impianto fotovoltaico sono classificati nella pianificazione vigente come terreni a destinazione agricola; allo stato attuale l'indirizzo produttivo delle società proprietarie dei terreni agricoli è quello dell'allevamento zootecnico per la produzione di latte ovino.

La sottrazione di suolo alla pratica agricola e al pascolo a seguito dell'installazione dell'impianto fotovoltaico è pari a circa 145.405 m² (Relazione agronomica capitolo 6.1).

Per calcolare le modifiche al rendimento economico delle pratiche attualmente in essere, per le quali è previsto un proseguo migliorato, sono stati calcolati i quintali di foraggio e le corrispondenti unità foraggiere latte producibili per ettaro; nel proseguo si utilizzano i dati di cui alla Relazione Agronomica.

La produzione unitaria media calcolata in UF (Unità Foraggiere) derivante dalle diverse tipologie di colture in atto sulle superfici oggetto di studio è stata calcolata utilizzando i dati forniti dal RICA.

Allo stato attuale 585.174 m² di terreno, garantiscono una resa in Unità Foraggiere Latte pari 134.885; per questo calcolo i valori di resa utilizzati sono i più bassi in letteratura in quanto la coltura non viene praticata con le più opportune tecniche di coltivazione che ne possano esaltare le potenzialità produttive. Considerando che il fabbisogno alimentare di una pecora da latte (espresso in UFL) è pari mediamente a 558,5 UFL (min 508 – max 609) tale resa in Unità Foraggiere garantisce alimento per **241 capi**.

In seguito all'intervento progettato la superficie dedicata alla coltura e al pascolo – detratte quindi strutture, proiezione al suolo dei pannelli, cabine, sistema di accumulo, viabilità e fascia verde – sarà pari a 439.769,21 m² (valore comunque sottostimato poiché soprattutto nell'installazione su tracker ci si attende un contributo alla produzione di foraggio e al pascolo). Su questa superficie si avrà una resa in Unità Foraggiere Latte pari 168,871; considerando che le coltivazioni vengono effettuate con miscugli di semi selezionati e perfettamente bilanciati in percentuali tali da garantire la massima espressione della potenzialità nutrizionali per il pascolamento e per la fienagione, operando con le migliori tecniche colturali e con interventi tempestivi garantiti dal sistema di monitoraggio e controllo che fornisce tutte le informazioni per poter intervenire tempestivamente per correggere, ove possibile, o intervenire in anticipo rispetto al verificarsi di eventi avversi alla coltura o alle esigenze delle greggi in pascolamento; il fabbisogno alimentare di una pecora da latte (espresso in UFL) è pari mediamente a 558,5 UFL (min 508 – max 609) tale resa in Unità Foraggiere garantisce alimento per **302 capi**.

La migliore qualità delle produzioni foraggiere garantite da una conduzione dei seminativi più attenta e mirata alla massimizzazione del potenziale produttivo dei terreni attraverso l'adozione di tecniche colturali

che preservano il suolo grazie alle opportune rotazioni con alternanza di specie depauperanti con specie che arricchiscono il terreno di elementi nutritivi; l'utilizzazione di miscugli (graminacee-leguminose) per il pascolamento; lavorazioni che salvaguardano la composizione fisico-strutturale del terreno, vanno tutte a concorrere ad un aumento della capacità produttiva del prodotto finale potendo garantire alimento adeguato per un maggior numero di capi a parità di superficie.

Tenuto conto dei seguenti dati:

- Litri di latte prodotti da 1 capo: 180 litri per lattazione (180gg di mungitura/anno mediamente),
- Costo del latte ovino a litro: 1,05 €/lt.

si otterrà la seguente variazione di producibilità agricola.

Capi Ovini		Costo latte [€/l]	VARIAZIONE PRODUCIBILITÀ AGRICOLA
			Resa per conduzione ai fini del pascolo dei terreni al primo anno [€]
Ante Intervento	241	1.05	45.549
Post Intervento	311	1.05	58.779

Tabella 15 – Variazione producibilità agricola

Ogni anno il pascolamento praticato sulla superficie agricola ridotte a seguito dell'installazione fotovoltaica, comporterà un maggior guadagno di 13.230 €; in 25 anni il maggior guadagno derivato dalla conduzione dei campi secondo quanto previsto in progetto è **stimato pari a € 330.750, con un rendimento complessivo di € 1.469.475.**

10 Ulteriori servizi ecosistemici associati al suolo

10.1 Perdita di qualità dell'habitat

Il Servizio ecosistemico della qualità degli habitat rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico dei suoli. È un servizio che consiste nel fornire habitat essenziali per la vita di qualsiasi specie e il mantenimento della biodiversità. Gli habitat vengono modificati da fattori che impattano su di essi, ad esempio il cambio di uso del suolo può incidere positivamente o negativamente sulla funzione di processi eco-biologici.

Le relazioni specialistiche dedicate all'analisi della flora e della fauna che insiste attualmente sull'area di intervento non segnalano la presenza di habitat rari o specie pregiate. L'area è priva di forme di tutela su specie animali e vegetali e priva di vincoli di natura ecologica.

Sulla base della metodologia utilizzata in letteratura⁵, per individuare il valore economico per tipologia di habitat, occorre considerare l'analisi dell'uso del suolo. Nello Studio Ambientale, l'area vasta rientra nella classe di appartenenza dei "Seminativi non irrigui".

Il tipo di habitat presente può essere quindi assimilato a quello delle superfici agricole a uso estensivo avente valore pari a € 520,4 €/ha. La perdita di questo habitat si avrà sulla superficie occupata e privata della vegetazione attuale. La perdita di tale habitat può essere tuttavia attribuito alla sola superficie che verrà stabilmente occupata da parti d'impianto ossia **23.291 m²**.

Una serie di accorgimenti quali ad esempio la realizzazione della recinzione rialzata per il passaggio delle specie striscianti, il prato permanente a protezione del suolo, la fascia di mitigazione, favoriranno il mantenimento dell'habitat esistente sulla restante area.

		PERDITA QUALITA' HABITAT
Superficie [m ²]	Valore habitat [€/ha]	COSTI/BENEFICI al primo anno [€]
23.291	€ 520,4 €/ha	- 1.212 €

Tabella 16 – Quantificazione economica perdita qualità Habitat

Di seguito si elencano ulteriori servizi ecosistemici che per effetto del consumo del suolo possono determinare un costo indiretto.

10.2 Rimozione di particolato e ozono

Questo servizio è associato alla regolazione attuata dal suolo sul miglioramento della qualità dell'aria attraverso la rimozione di PM10 e Ozono.

La valutazione monetaria di questo “mancato servizio” 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. Per l'Italia⁶ vengono assunti pari a 284,9 e 910 €/ha per PM10 e 234,9 e 693,7 €/ha per €/ha per O₃.

PERDITA CONTRIBUTI SULLA QUALITA' DELL'ARIA		
Superficie [m ²]	Costo sociale mancata rimozione PM10 min [€]	Costo sociale – mancata rimozione PM10 max [€]
23.291	-663,56	--2.119,48
Superficie [m ²]	Costo sociale mancata rimozione O ₃ min [€]	Costo sociale – mancata rimozione O ₃ max [€]
23.291	-547,10	-1.615,69
TOT	-1.210,66	-3.735,18

Tabella 17 – Quantificazione economica perdita contributi su qualità dell'aria

Nel bilancio si utilizzeranno i valori minimi, non trattandosi di superficie boschiva.

10.3 Altri servizi ecosistemici - considerazioni di particolato e ozono

Altri servizi ecosistemici quali impollinazione e attività ricreative sono stati considerati poco significativi. Non sussiste per le scelte di progetto la perdita di suolo e habitat; allo stesso tempo verrà migliorata la coltura e le caratteristiche del suolo e implementato il verde attraverso la realizzazione di una fascia verde di mitigazione che occuperà una fascia di 3 metri lungo il perimetro delle due aree di impianto.

Il servizio ecosistemico ricreativo non viene considerato poiché l'accessibilità all'area e la fruibilità è interna all'area agricola verrà mantenuta per le stesse persone che attualmente ne usufruiscono, per cui si ritiene trascurabile e non associata a pratiche consolidate o messe in atto sull'area.

⁶ Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo. (autori vari).

11 Paesaggio e impatto visivo

Il progetto prevede interventi di mitigazione visiva lungo i confini perimetrali dei singoli lotti, da attuarsi mediante l'utilizzo da specie arboree e arbustive esclusivamente autoctone e facenti parte della vegetazione potenziale dell'area vasta e storicamente presenti nel sito di intervento. Le specie arboree proposte sono le seguenti:

- leccio (*Quercus ilex*);
- olivastro (*Olea europea*).

Le specie arbustive proposte sono invece le seguenti:

- lentischio (*Pistacia lentiscus*);
- ginepro (*Juniperus oxycedrus*);
- Viburno (*Viburnum*).

L'analisi del paesaggio ha permesso di escludere impatti significativi sulla visuale dell'area di intervento da punti sensibili del paesaggio, opportunamente scelti. L'introduzione dell'impianto agrivoltaico rappresenterà comunque un elemento inedito nel lotto di intervento e andrà ad inserirsi in un'area agricola, caratterizzata ad oggi da un utilizzo a pascolo ovino e a coltivazione di foraggiere in asciutto.

Il paesaggio come noto, non è un bene oggetto di scambi commerciali e il suo valore non è disponibile in analisi statistiche derivate da valori di mercato. Tuttavia in letteratura sono presenti numerosi studi volti ad individuare le preferenze dichiarate da fruitori del paesaggio mediante indagini e interviste volte a individuare la disponibilità a pagare per il paesaggio.

Allo scopo di quantificare indirettamente, il valore del paesaggio del contesto di intervento, non essendo disponibili ricerche specifiche, sono stati considerati gli esiti della pubblicazione "The Value of EU Agricultural landscape"⁷ che stima il "valore del paesaggio agricolo", considerato uno dei beni pubblici fondamentali prodotti dall'agricoltura. Lo Studio applica il metodo del trasferimento dei benefici, basato su dati secondari, ossia valutazioni del valore del paesaggio agricolo, derivati da numerosi studi. L'approccio combina i risultati di studi che hanno fornito la disponibilità a pagare per il paesaggio (Willingness to Pay in seguito WTP) da parte di diversi fruitori dello stesso (turisti, residenti, ecc.) e in diversi contesti geografici. Lo studio perviene alla stima per ettaro di valori economici (non di mercato) dei paesaggi europei di pascolo, pascolo permanente e aree arabili trasferendo le informazioni disponibili da studi originali già completati. Lo studio riporta, con riferimento all'Italia, per le aree adibite a pascolo un valore di WTP medio 331 €/ha/anno (anno 2009) mentre per le aree adibite alla coltivazione un valore di WTP medio 207 €/ha/anno (anno 2009)

⁷ "The Value of EU Agricultural landscape", Pavel Ciaian and Sergio Gomez y Paloma, JRC Scientific and Technical Reports

Considerato un raggio di 5 km da centro dell'impianto, la superficie totale da cui risulta visibile l'area di impianto è di circa 1.582 ha (su 10.468 ha analizzati inclusi in un buffer di 5 km).

Fascia		Area totale (At) [m ²]	Area di visibilità (Av) [m ²]	Percentuale (Av/At) [%]
0-500 m	Dominanza visuale	4.271.743	3.700.230	87
500-1500 m	Presenza visuale	11.551.911	6.684.616	58
1500-5000 m	Sfondo	88.866.022	24.681.567	28

Tabella 18 – Aree di visibilità dell'impianto

La presenza visuale rende conto, tuttavia, anche della effettiva percezione del nuovo intervento; in questo caso occorre considerare che sono coinvolti circa 1.155 ha.

Attribuendo il valore WTP di cui allo Studio citato per le aree agricole, 207 €/ha/anno (2009) si ottiene quanto riportato nella seguente tabella.

Destinazione	Superficie [ha]	EU WTP [€/ha/anno]	COSTI/BENEFICI [€/anno]	COSTI/BENEFICI [€] 25 anni
Agricolo	1.155	207	-239.085	-5.977.125

Tabella 19 – WTP Paesaggio

Dal momento che nell'area vasta è diffusa l'area agricola, come risulta dalla carta di uso del suolo è stato considerato il WTP associato ai suoli agricoli e sono state trascurate le aree antropizzate.

12 Risultati analisi Costi Benefici Ambientale

Dalla combinazione dei costi e benefici, ricondotti a un valore economico, derivati dall'analisi ambientale del progetto, si ottiene il seguente riepilogo riferito a 25 anni:

	COSTI/BENEFICI €
Mancate Emissioni	52.881.050
Perdita/incremento producibilità fondo	330.750
Perdita contributi sulla qualità dell'aria	-46.855,5
Perdita habitat	-30.300
Paesaggio	--5.977.125€
Totale	47.157.519,5

Tabella 20 – Tabella sintesi analisi costi/benefici ambientale

13 Analisi socio-economica

La realizzazione dell'impianto implicherà un coinvolgimento di manodopera locale qualificata.

L'indotto generato sarà inoltre associato alle fasi di esercizio dell'impianto agrivoltaico per le quali si renderanno necessarie attività di manutenzione delle aree e delle apparecchiature elettriche, sia ai fini della sicurezza sia per la funzionalità e producibilità; saranno necessarie altresì attività di gestione di tutte le opere di mitigazione e del suolo nonché delle opere idrauliche.

In particolare:

- le apparecchiature e gli impianti devono essere mantenuti e tenuti in efficienza, ad esempio per quanto riguarda gli isolamenti e l'impianto di terra;
- i pannelli devono essere puliti periodicamente per evitare che la sporcizia degradi eccessivamente l'efficienza nel catturare l'irraggiamento;
- il monitoraggio della produzione dovrà essere costante, per l'individuazione di scostamenti e malfunzionamenti.

In considerazione di ciò sono state valutate le ore lavorative da associare alle diverse attività sopra elencate e si stima una ricaduta occupazionale avente i seguenti valori:

- fase realizzativa pari a **€ 4'860'000,00**;
- fase di esercizio e a regime pari a **€ 482.328/anno pari a € 12.058.200 in 25 anni**.

Per quanto riguarda le misure compensative da riconoscere eventualmente alle amministrazioni, come da articolo 14 comma 15 del D.M 10-09-2010 del Ministero dello sviluppo economica, prevede che *“Le amministrazioni competenti determinano in sede di riunione di conferenza di servizi eventuali misure di compensazione a favore dei Comuni, di carattere ambientale e territoriale e non meramente patrimoniali o economiche, in conformità ai criteri di cui all'Allegato 2”*. Fermo restando, anche ai sensi del punto 1.1 e del punto 13.4 delle linee-guida (allegato 2), che per l'attività di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili non è dovuto alcun corrispettivo monetario in favore dei Comuni, l'autorizzazione unica può prevedere l'individuazione di misure compensative, a carattere non meramente patrimoniale, a favore degli stessi Comuni e da orientare su interventi di miglioramento ambientale correlati alla mitigazione degli impatti riconducibili al progetto, ad interventi di efficienza energetica, di diffusione di installazioni di impianti a fonti rinnovabili e di sensibilizzazione della cittadinanza sui predetti temi.

14 Conclusioni

Riepilogando tutte le analisi svolte finora è possibile dedurre la seguente tabella riepilogativa. Si rammenta che la producibilità agricola è inclusa, come maggior valore di produzione, nell'importo dell'analisi economica ambientale.

Analisi Finanziaria Impianto Agrivoltaico Valore Flusso Di Cassa Fino Al 2043 (€)	67.847.876,67
Analisi Ambientale (€)	47.157.519,5
Analisi Socio-Economica Fase Costruzione (€)	4'860'000,00
Analisi Socio-Economica Fase Esercizio (€)	12.058.200

Tabella 21 – Tabella sintesi analisi costi/benefici

L'analisi Costi Benefici evidenzia che l'installazione dell'impianto agrivoltaico genera sulle tre dimensioni analizzate, delle ricadute positive.