



**REGIONE SARDEGNA
COMUNE DI SANTU LUSSURGIU
PROVINCIA DI ORISTANO**



Titolo del Progetto

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO FOTOVOLTAICO
DENOMINATO "SANTU LUSSURGIU" DELLA POTENZA DI 24.014,76 kWp E POTENZA IN
IMMISSIONE 21.154 kW IN LOCALITÀ "SU MULLONE" NEL COMUNE DI SANTU LUSSURGIU (OR)
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARE NEI COMUNI DI
SANTU LUSSURGIU (OR), BORORE (NU) E MACOMER (NU)

Identificativo Documento

REL_AGR

ID Progetto	GBSM	Tipologia	R	Formato	A4	Disciplina	AMB
-------------	------	-----------	---	---------	----	------------	-----

Titolo

RELAZIONE AGRONOMICA

FILE: REL_AGR.pdf

IL PROFESSIONISTA

PhD, Dott. For. Ludovico Frate

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

*SYNERGY srl
Blue Island Energy SaS*



COMMITTENTE

*DS ITALIA 16 SRL
Via del Plebiscito, 112
00186 Roma (RM)
P.iva 16658141003*



Rev.	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
Rev.	Gennaio 2024	Prima Emissione	SYNERGY SRL	SYNERGY SRL	DS ITALIA 16 SRL

PROCEDURA

Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006

*SYNERGY SRL
Via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)*

NOTA LEGALE: Il presente documento non può
falsamente essere diffuso o copiato
su qualsiasi formato e tramite qualsiasi
mezzo senza preventiva autorizzazione
formale da parte di Synergy



Sommario

Premessa	2
Breve introduzione sull'agrivoltaico	4
Generalità.....	4
Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici.....	6
Descrizione dell'opera.....	8
Descrizione dell'ambiente fisico	15
Inquadramento climatico	15
Inquadramento geologico e geomorfologico	18
Inquadramento pedologico	18
Inquadramento vegetazionale	25
Copertura e uso del suolo	27
Inquadramento agronomico.....	29
Il processo produttivo	34
Opere di mitigazione	48
Verifica del rispetto dei requisiti.....	51
Conclusioni	59

Premessa

La DS Italia 16 (Proponente) intende sviluppare un innovativo e sostenibile sistema agrofotovoltaico, adottando un sistema a basso impatto ambientale, nell'assoluto rispetto del benessere animale ponendosi come obiettivo quello di attuare un modello economico, per realizzare progetti Agrovoltaici basati sull'innovazione e la sostenibilità economica.

La DS Italia 16, società del gruppo DVP Solar World Wide, è impegnata nell'uso della tecnologia fotovoltaica come vettore di crescita socio-economica nonché come una soluzione alle gravi sfide climatiche del nostro pianeta affinché l'energia fotovoltaica, insieme alle soluzioni di accumulo, diventi una componente essenziale della matrice energetica su scala globale.

Il modello Agrivoltaico sviluppato permette l'integrazione sistemica tra agricoltura e produzione di energia fotovoltaica con la creazione di filiere tecnicamente ed economicamente sostenibili, attraverso le quali si vuole rafforzare il concetto di Agrovoltaico che mira al miglioramento delle prestazioni dell'attività agro-pastorale e allo stesso tempo garantisce produzioni agricole con minor consumo di risorse (soprattutto quella idrica), rafforzando soluzioni di economia circolare e sostenibilità ambientale.

Attraverso lo sviluppo dell'impianto *Agrovoltaico Santu Lussurgiu* cerca di mitigare la tendenza alla diminuzione degli operatori nel campo dell'allevamento, causata dal progressivo abbandono da parte delle aziende di ridotte dimensioni, che in relazione al loro posizionamento nel mercato risultano meno competitive.

Il modello applicato nello sviluppo dell'Impianto Agrivoltaico cerca di invertire questa tendenza, creando sinergie e complementarità che generano azioni positive con il fine di rendere competitive le aziende e favorire la crescita nel settore lattiero caseario.

L'impianto *Agrovoltaico Santu Lussurgiu* si basa su una visione integrata dei due sistemi (agricoltura + fotovoltaico), attraverso la quale si attuano condizioni tecnico economiche per massimizzare la sostenibilità economica, creare sinergie virtuose sia dal punto di vista agronomico che ambientale, consentendo un incremento della quota di energia da fonti rinnovabili e un uso sostenibile del suolo, anche a tutela della biodiversità

Considerando la rilevanza socio-economica e il ruolo strategico dal punto di vista ambientale in termini di tutela del paesaggio e presidio del territorio, lo sviluppo dell'Impianto *Agrovoltaico Santu Lussurgiu* nel settore ovinicoltura si inserisce appieno nella strategia complessivamente disegnata per la zootecnia italiana all'interno del nuovo Piano Strategico Nazionale della PAC per il 2023-2027, in particolare sui temi della competitività, della sostenibilità ambientale, del benessere animale e della salute del consumatore.

L'impianto Agrivoltaico, applicherà le direttive indicate nell'ambito della PAC, sarà orientato verso azioni specifiche, come migliorarne la competitività, la qualità e la sostenibilità e il benessere degli animali e la riduzione degli antibiotici, in risposta alle esigenze di sicurezza e salubrità degli alimenti da parte dei consumatori.

Per incentivare pratiche allevatoriali più sostenibili e attente alla biosicurezza, che rappresenta uno dei punti critici per l'allevamento ovino, nell'ambito dello sviluppo rurale è previsto uno specifico intervento sul benessere animale e sono attivati, tra gli altri, impegni agro-climatico-ambientali volti alla tutela di razze autoctone a rischio di estinzione o erosione genetica.

Ma la strategia per migliorare la competitività degli allevamenti e innalzarne i livelli di benessere e sostenibilità non può prescindere dalla realizzazione di investimenti per l'ammodernamento delle strutture produttive e l'introduzione di innovazioni sia tecniche che gestionali, questo è possibile attraverso lo sviluppo di un piano che prevede una maggiore aggregazione e integrazione di filiera.

Breve introduzione sull'agrivoltaico

Generalità

La prima definizione di agrivoltaico in letteratura scientifica è stata data nel 2011¹, in un articolo pubblicato sulla rivista *Renewable Energy* dove si proponeva un modo per cercare la migliore strategia per convertire la radiazione solare sia in energia che in produzione di cibo. Gli autori suggerivano che la combinazione di pannelli solari e di coltivazione sulla stessa unità di suolo potesse massimizzare l'utilizzo del suolo stesso, definendo questo tipo di combinazione come "agrivoltaico". Tuttavia risale al lavoro pionieristico del 1981 di Goetzberger and Zastrow² la formulazione del problema sulla coesistenza tra la produzione di energia solare e le coltivazioni. Sebbene il problema della coesistenza tra produzione di energia da radiazione solare e produzione agricola sia stato postulato ormai 3 decenni fa, è solo negli ultimi anni che il tema dell'agrivoltaico è tornato di interesse.

L'Italia al fine di raggiungere gli obiettivi perseguiti dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), deve dotarsi di una serie di infrastrutture energetiche che consentano di coniugare il rispetto dell'ambiente e del territorio con il raggiungimento dell'obiettivo di decarbonizzazione. Una delle soluzioni emergenti in tal senso è proprio nella realizzazione dei cosiddetti impianti agrivoltaici.

Concetto fondamentale di un'installazione agrivoltaica è quindi l'utilizzo dei terreni per la produzione combinata di energia e prodotti agricoli, con la prerogativa che l'attività agricola sia preponderante rispetto alla produzione dell'energia. Uno degli obiettivi che l'agrivoltaico si pone è quello di valorizzare il settore agricolo, rendendolo non solo più innovativo, ma anche più resiliente alla luce dei cambiamenti climatici in corso. Per quanto riguarda la gestione della luce, l'idea di agrivoltaico si avvicina a quella dell'agroforestazione, una tecnica di coltivazione tradizionale per la quale si affiancano a colture alimentari o pascoli, delle specie arboree per fornire ombra e creare sistemi produttivi sinergici. Ne deriva che la gestione del fattore luce è di fondamentale importanza: un eccessivo ombreggiamento può avere un impatto negativo sulla crescita delle piante o, da un punto di vista strettamente tecnico, la spaziatura tra gli elementi della struttura impiantati sul terreno può interferire con l'utilizzo delle macchine agricole. È necessario, dunque, ai fini di una completa sinergia tra produzione energetica e resa agricola, stabilire una corretta configurazione del sistema che renda massima la captazione delle radiazioni senza alterare il profilo agronomico della coltura.

¹ Dupraz et al. 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725-2732.

² Goetzberger A., Zastrow A. 1981. On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. *International Journal of Solar Energy* 1: 55-69.

I sistemi agrivoltaici possono essere applicati a tutti i sottosettori agricoli tra cui si individuano in particolare l'agricoltura senso stretto (coltivazione di piante), l'acquacoltura, l'apicoltura e l'allevamento.

L'apicoltura è senz'altro uno dei settori più interessanti per le applicazioni in campo agrivoltaico. Infatti, la creazione di habitat idonei agli impollinatori al di sotto o tra le file dei pannelli, oppure nelle aree in adiacenza, permette di raggiungere benefici molto significativi oltre la produzione di miele, quali l'aumento delle rese per le coltivazioni, poste nelle vicinanze dell'impianto, che dipendono strettamente dall'azione dell'impollinazione animale.

L'unione del fotovoltaico e allevamento è un'altra delle applicazioni più diffuse. Anche in questi casi i benefici che si apportano con la combinazione della produzione di energia con l'allevamento sono molto significativi. L'intensità della radiazione solare influenza fortemente lo stato di salute degli animali allevati in campo aperto: l'elevato stress termico causa una forte riduzione del benessere degli animali, riducendone la produttività e portando ad una perdita economica. La ricerca d'ombra da parte degli animali è uno dei meccanismi di protezione la quale può essere fornita dai moduli fotovoltaici è che è di molto superiore rispetto all'ombra fornita, ad esempio, dai teli normalmente impiegati a tale scopo. In aggiunta, la presenza dei moduli permette la crescita concentrata dell'erba nei periodi di grave siccità grazie al fatto che l'umidità e le piogge lievi vengono indirizzate dai pannelli verso una singola striscia di terra. I moduli possono anche essere sfruttati per la divisione dell'area di pascolo in modo da attuare la turnazione del pascolo.

La coltivazione è un altro settore di estremo interesse per le applicazioni agrovoltaiche. In questo caso una particolare attenzione deve essere posta nella progettazione e realizzazione degli impianti per la gestione dell'ombra che in questo caso va ad interferire direttamente con la qualità delle colture. Vi è infatti un grande interesse per le piante tolleranti l'ombra quali: erba medica, rucola, broccolo, bietola, luppolo, lattuga, spinaci, patate dolci, ecc. Dal punto di vista tecnico-economico si prediligono, tuttavia, coltivazioni permanenti.

Le strutture agrivoltaiche possono essere classificate, in base alla loro flessibilità:

- strutture fisse: non sono spostabili e le strutture sono costruite per durare almeno per il tempo di vita dell'impianto fotovoltaico;
- strutture mobili: si tratta di strutture che possono essere completamente smontate, spostate e riassemblate in un'altra area, senza l'utilizzo di macchinari pesanti, quindi senza impattare sul suolo sottostante e sulle colture;

in base all'altezza in:

- impianti alti: impianti con altezza da terra minima maggiore di 2 metri;

- impianti bassi: impianti con altezza da terra minore di 2 metri; si tratta di impianti particolarmente adatti all'accoppiamento con l'allevamento (in particolare quello ovino) e l'apicoltura.

Infine esistono varie configurazioni o pattern spaziali che permettono di ottimizzare le prestazioni complessive dei sistemi agrivoltaici in base ai diversi tipi di colture.

Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici

Un impianto agrivoltaico, per essere definito tale e per rispondere alle normative in materia di incentivi, deve possedere il rispetto dei seguenti requisiti³:

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

Inoltre:

- Il rispetto dei requisiti A, B è necessario per definire un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola come "agrivoltaico". Per tali impianti dovrebbe inoltre previsto il rispetto del requisito D.2.
- Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di "impianto agrivoltaico avanzato" e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche.
- Il rispetto dei A, B, C, D ed E sono pre-condizione per l'accesso ai contributi del PNRR, fermo restando che, nell'ambito dell'attuazione della misura Missione 2, Componente 2,

³ Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici

Investimento 1.1 “Sviluppo del sistema agrivoltaico”, come previsto dall’articolo 12, comma 1, lettera f) del decreto legislativo n. 199 del 2021, potranno essere definiti ulteriori criteri in termini di requisiti soggettivi o tecnici, fattori premiali o criteri di priorità.

Descrizione dell'opera

Localizzazione delle opere

L'impianto in esame è localizzato nel comune di Santu Lussurgiu, in provincia di Oristano, in località "Su Mullone" (coordinate del centroide WGS84 Lat: 40.166426; Lon: 8.708175). Dal punto di vista geografico l'area d'impianto ricade a cavallo tra le "tavole" IGM Serie 25V, 206 II-NO (ABBASANTA) e 206 I-SO (BORORE). Per quanto riguarda la Carta Tecnica Regionale della Regione Sardegna, l'area d'impianto ricade nella sezione 515010 "Casa sa Codina" della CTR in scala 1:10.000.

Dal punto di vista catastale l'impianto è localizzato al foglio 41, mappale 34 e foglio 51, mappale 26 del Catasto Terreni del comune di Santu Lussurgiu e risultano così censiti:

Tabella 1 – Inquadramento catastale dei terreni.

Foglio	Particella	Porzioni	Qualità	Classe	ha.are.ca
41	34	-	Seminativo	3	22.39.60
51	26	AA	Seminativo	3	00.00.21
51	26	AB	Pascolo	1	08.43.27

Tabella 2 - Caratteristiche dei terreni che ospiteranno l'impianto.

IMPIANTO FVT UBICATO NEL COMUNE DI S.LUSSURGIU					
COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUP. (ha)	DEST. URBANISTICA	Titolo di proprietà
Santu Lussurgiu	41	34	22,3960	zona E (AGRICOLA)	CONTRATTO DIRITTO DI SUPERFICIE
Santu Lussurgiu	51	26	08,4348	zona E (AGRICOLA)	CONTRATTO DIRITTO DI SUPERFICIE
Superficie Catastale Totale Proprietà (ha)			30,8308		
Superficie Impianto recintato (ha)			28,9481		
Superficie Pannelli IMP FVT (ha)			10,8101		
Superficie occupate da altre opere (strade, power station, ufficio, cabina) (ha)			1,1796		

Descrizione dell'intervento progettuale

La realizzazione dell'impianto sarà eseguita mediante l'installazione di moduli fotovoltaici a terra installati su sistema ad inseguimento monoassiale che raggiunge +/- 55° di inclinazione rispetto al piano di calpestio sfruttando interamente un rapporto di copertura non superiore al 40% della

superficie totale. Il fissaggio della struttura di sostegno dei moduli al terreno avverrà a mezzo di un sistema del tipo a infissione con battipalo nel terreno e quindi amovibile in maniera tale da non degradare, modificare o compromettere in qualunque modo il terreno utilizzato per l'installazione e facilitarne lo smantellamento o l'ammodernamento in periodi successivi senza l'effettuazione di opere di demolizione scavi o riporti. Il movimento dei moduli avviene durante l'arco della giornata con piccolissime variazioni di posizione.

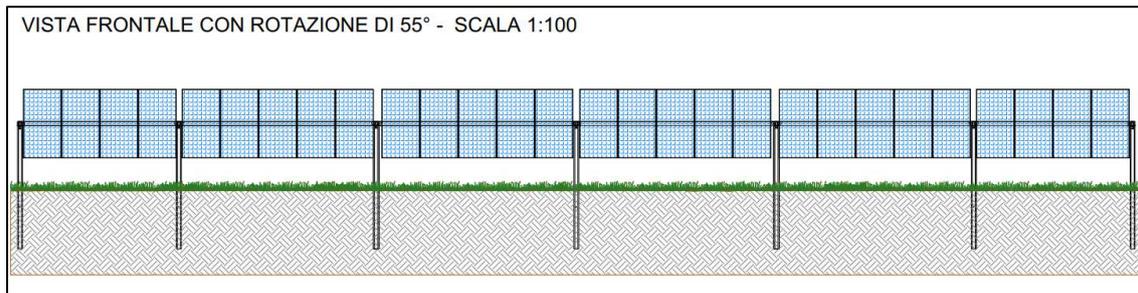


Figura 1 - Vista frontale con rotazione di 55°.

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 5,00 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Le strutture di supporto sono costituite fundamentalmente da tre componenti:

- 1) i pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno;
- 2) la struttura porta moduli girevole, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in alluminio, sulla quale vengono posate due file parallele di moduli fotovoltaici;
- 3) l'inseguitore solare monoassiale, necessario per la rotazione della struttura porta moduli.

L'inseguitore solare serve ad ottimizzare la produzione elettrica dell'effetto fotovoltaico ed utilizza la tecnica del backtracking, per evitare fenomeni di ombreggiamento a ridosso dell'alba e del tramonto. In pratica nelle prime ore della giornata e prima del tramonto i moduli non sono orientati in posizione ottimale rispetto alla direzione dei raggi solari, ma hanno un'inclinazione minore (tracciamento invertito). Con questa tecnica si ottiene una maggiore produzione energetica dell'impianto agro-fotovoltaico, perché il beneficio associato all'annullamento dell'ombreggiamento è superiore alla mancata produzione dovuta al non perfetto allineamento dei moduli rispetto alla direzione dei raggi solari.

L'altezza dei pali di sostegno è stata fissata in modo tale che lo spazio libero tra il piano campagna ed i moduli, alla massima inclinazione, sia superiore a 1,30 m, per agevolare la fruizione del suolo per le attività agricole. Di conseguenza, l'altezza massima raggiunta dai moduli è di 3,25 m.

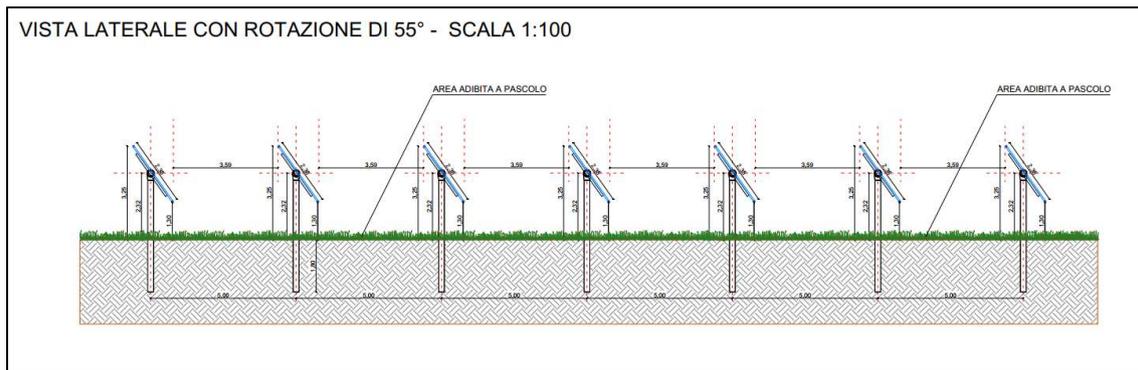


Figura 2 - Vista laterale con angolazione di 55°.

Per il dettaglio delle caratteristiche tecniche e costruttive dei moduli si rimanda alla Relazione Generale e alla Relazione Tecnica.

L'energia prodotta dai moduli viene poi trasformata in corrente alternata (CA) dagli inverter ubicati nel campo fotovoltaico.

L'impianto è completato dalle Trafo Station PS (o cabine di campo). Tali cabine, realizzate da elementi prefabbricati di tipo containerizzati, hanno la funzione di raccogliere l'energia elettrica proveniente dall'impianto, convogliare le linee AC presso appositi quadri di parallelo; si avrà poi il passaggio nei trasformatori all'interno dei quali avverrà la trasformazione BT/36kV. Tutte le apparecchiature saranno posate su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni, ove saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei cavi di potenza e segnale. Presso ciascuna Trafo Station verranno installati tutte le apparecchiature elettriche necessarie per il corretto funzionamento dell'impianto (quadri elettrici, interruttori, trasformatori, UPS, Ecc.).

Inoltre si prevede l'installazione di una Cabina di concentrazione che ha lo scopo di ridurre il numero dei cavi provenienti dalle Trafo station che sono n° 5, a n° 1 terna di cavi AT 36 kV. Essa sarà composta da cinque locali distribuiti come da tavola TAV_FTV036: L'edificio è inoltre destinato ad ospitare attrezzatura elettrica, i sistemi di monitoraggio e controllo, nonché i locali uffici a servizio dell'impianto fotovoltaico, saranno ubicati presso l'impianto. La cabina sarà dotata di servizi igienici, sala controllo, locale quadri MT, sala TSA e locale G.E. sarà inoltre dotata di impianto di illuminazione ordinario e di emergenza, forza motrice per tutti i locali, alimentati da apposito quadro BT installato in loco, nonché di accessori normalmente richiesti dalle normative vigenti (schema del quadro, cartelli comportamentali, tappeti isolanti, guanti di protezione, estintore ecc.).

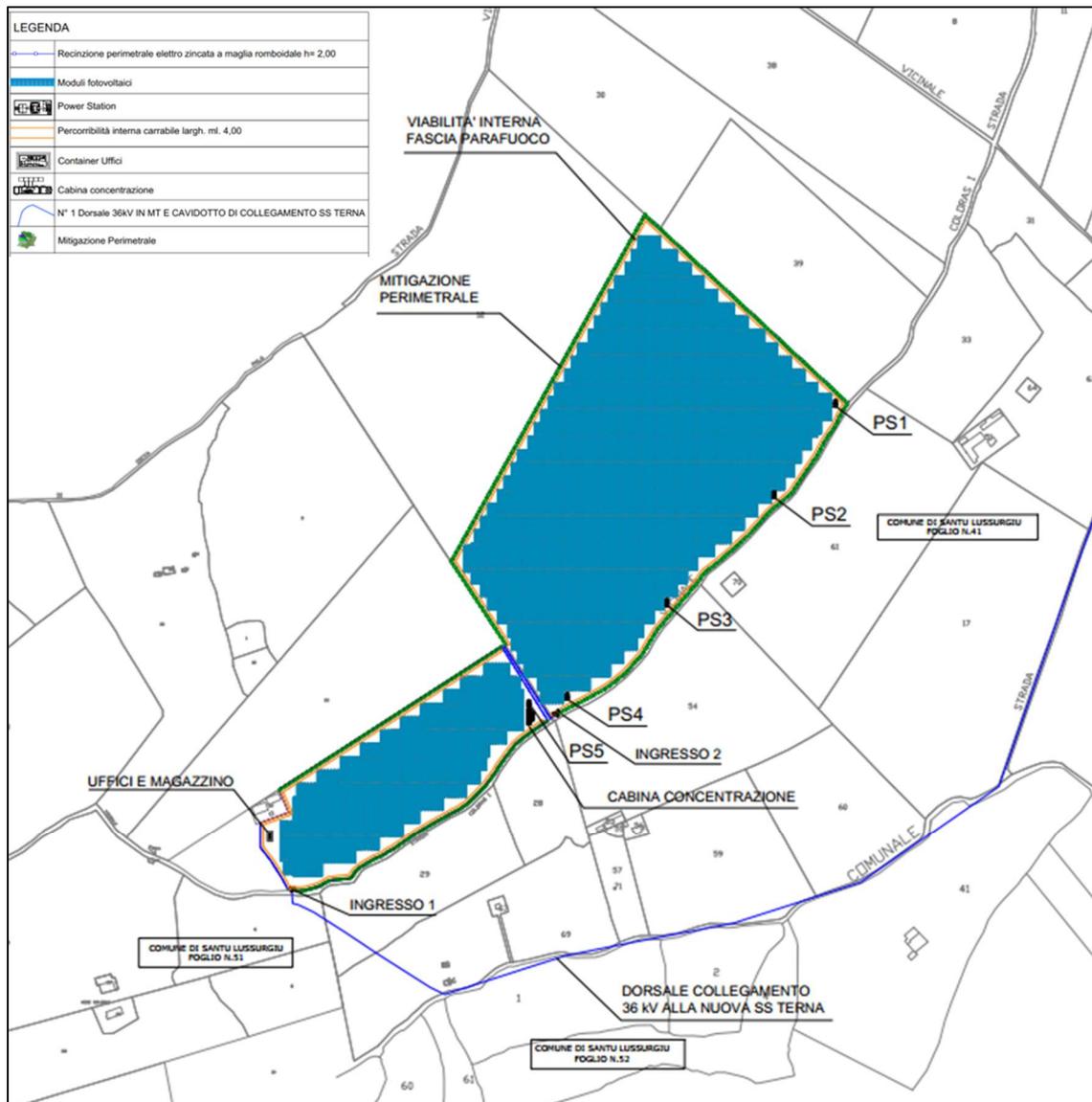


Figura 3 - Layout dell'impianto.

Viabilità e opere accessorie

L' area è recintata perimetralmente da una rete, alta 200 cm con dei passaggi per consentire il libero passaggio dei piccoli animali. La rete è elettrosaldata plastificata di colore verde dello spessore di 2,5 mm, a maglia quadrata o romboidale di 50 mm, resa solidale con il terreno tramite dei picchetti. La rete è sostenuta da paletti in laminato di acciaio zincato spessore 20/10 mm con sezione ad U rastremato 50x32 mm, posti ad interasse non superiore a 2,00 m, controventati con paletti della stessa tipologia. La posa della recinzione sarà effettuata in modo da seguire l'andamento del terreno e mediante infissione dei pali di sostegno del terreno.

Esternamente alla recinzione, ad una distanza di circa 1m per permettere la manutenzione, è prevista una fascia alberata di mitigazione (profonda circa 1 m e alta quanto la recinzione) composta

da specie arbustive autoctone che contribuirà in maniera determinante all'inserimento paesaggistico e ambientale dell'opera (per i dettagli vedere i paragrafi successivi).

Lungo tutto il perimetro dell'impianto sarà realizzata una strada di servizio in misto stabilizzato della larghezza di 4 metri, dotata di opere di scolo e che servirà per la gestione ordinaria e straordinaria dell'impianto e delle coltivazioni agricole e che avrà anche funzione di fascia parafuoco.

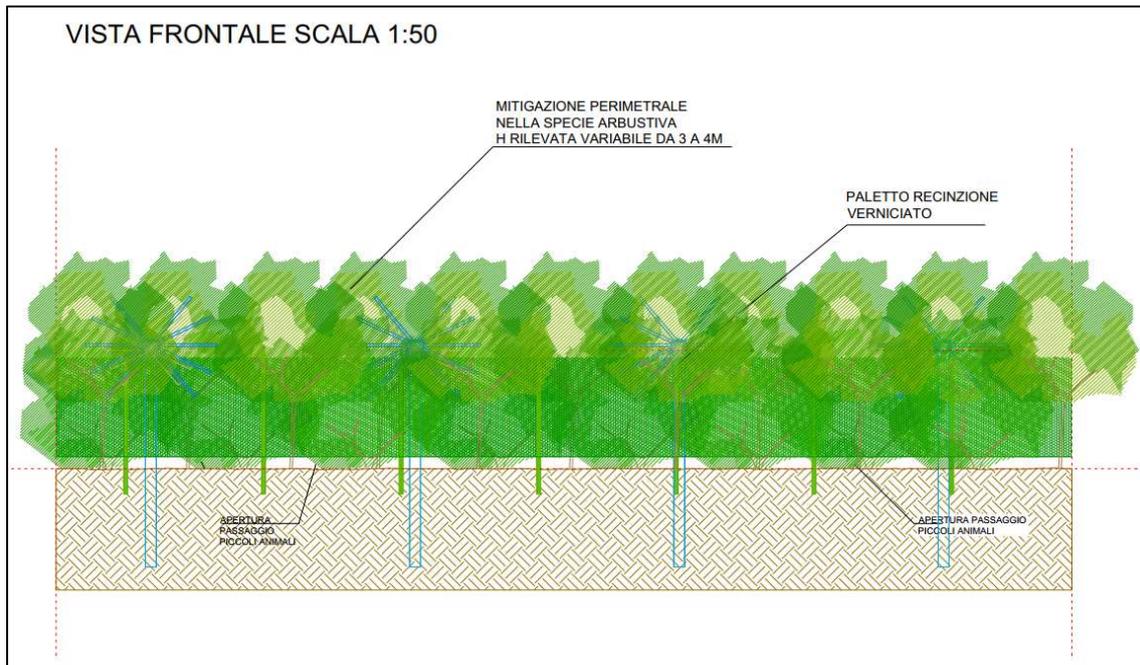


Figura 4 - Vista frontale della recinzione e della fascia di mitigazione.

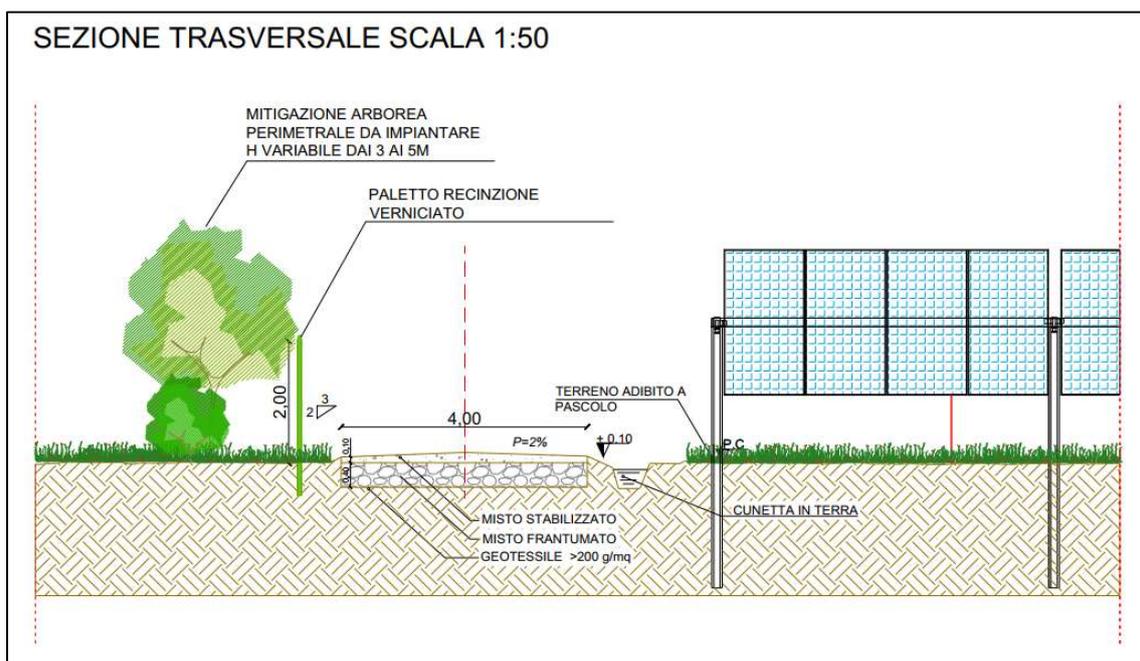


Figura 5 - Sezione trasversale della fascia di mitigazione, recinzione e della strada di servizio

Dimensionamento dell'impianto e stima dell'energia prodotta

L'impianto è di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è trifase in media tensione. Ha una potenza totale pari a 24.014,760 kW e una produzione di energia annua pari a 42.391.019,14 kWh (equivalente a 1.765.21 kWh/kW), derivante da 34 804 moduli che occupano una superficie di 108.101,22 m², ed è composto da 75 inverter.

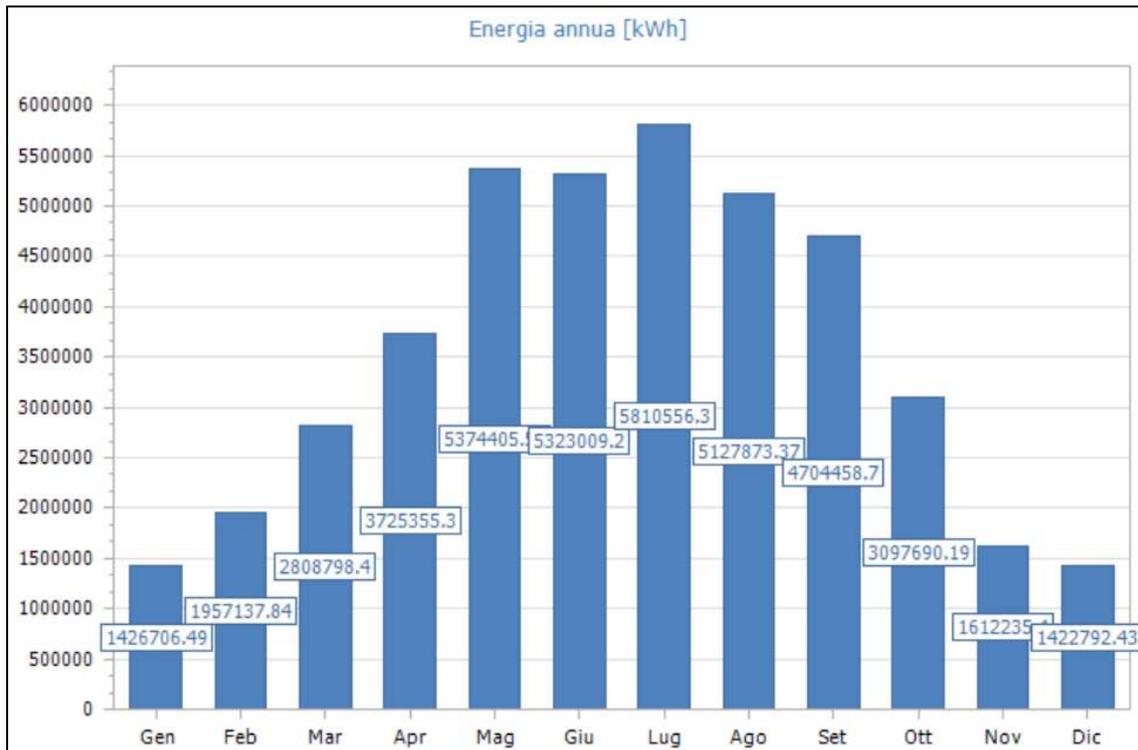


Figura 6 - Energie prodotta mensilmente dall'impianto.

Opere di connessione alla rete

Per l'individuazione del collegamento alla rete elettrica nazionale la società proponente ha inoltrato a Terna ("il Gestore") richiesta formale di connessione alla RTN per l'impianto sopra descritto; la Società ha ricevuto, la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG) (codice Pratica 202200759), come da preventivo per la connessione ricevuto prevede che l'impianto in progetto venga collegato in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione della RTN a 22/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 220 kV "Sulcis – Oristano". A seguito del ricevimento della STMG è stato possibile definire puntualmente le opere progettuali da realizzare, che si possono così sintetizzare:

- impianto ad inseguimento monoassiale, della potenza nominale complessiva installata di 24.014,760 kW, ubicato in località "Su Mullone", nel Comune di Santu Lussurgiu (OR);
- N. 1 dorsali di collegamento interrata, per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto alla futura stazione elettrica di trasformazione Terna;

- Nuova Stazione Elettrica di Trasformazione Terna RTN a 380/150/36 kV da inserire in entrata alla linea RTN a 380 kV "Ittiri - Selargius" e che sarà realizzata nel comune di Macomer.

Accessibilità dell'area

L'accessibilità dell'area è garantita dalla Strada Provinciale 77 che dal comune di Santu Lussurgiu conduce a quello di Macomer. L'accesso al lotto, nei quali saranno installati i pannelli fotovoltaici, è garantito dalle numerose strade esistenti. Tali strade, allo stato attuale, hanno una pavimentazione in terra battuta, consentendo in ogni caso la transitabilità dei veicoli. La larghezza in sezione delle suddette strade è di 4m, pertanto i mezzi utilizzati nelle fasi di cantiere e di manutenzione in fase di esercizio, possono utilizzare la viabilità esistente senza difficoltà.

Descrizione dell'ambiente fisico

Inquadramento climatico

La conoscenza del contesto climatico nel quale si opera è di fondamentale importanza allo scopo di poter valutare le potenzialità ecologiche e produttive dell'area in esame. I parametri di maggior interesse caratterizzanti il clima sono: la temperatura dell'aria, le precipitazioni atmosferiche, l'umidità dell'aria, la radiazione solare. Tali parametri sono interdipendenti e risentono delle caratteristiche morfologiche, della vegetazione, vicinanza ai corpi idrici.

Il clima della Sardegna può essere classificato come Mediterraneo interno ossia caratterizzato da inverni miti e relativamente piovosi ed estati secche e calde. La classificazione bioclimatica della Sardegna (ARPAS 2014⁴) inquadra l'area d'intervento nell'isobioclima mesomediterraneo inferiore (termotipo), subumido inferiore (ombrotipo), euoceanico debole (indice di continentalità) che caratterizza i settori collinari della regione.

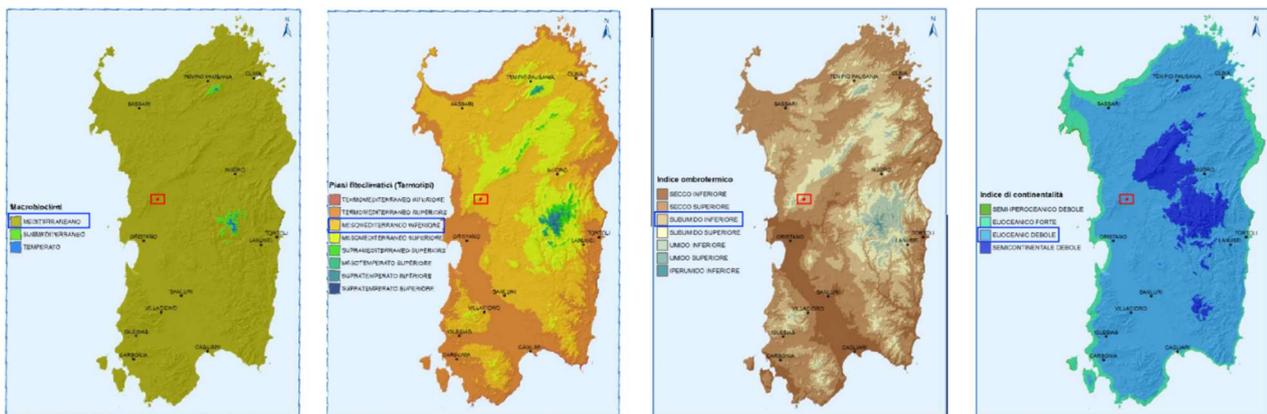


Figura 7 - Classificazione climatica della Regione Sardegna con indicazione dell'area di indagine. Fonte. Classificazione bioclimatica della Sardegna.

Studio agroclimatico dell'area d'intervento

Obiettivo dello studio è stata la definizione delle caratteristiche meteo-climatiche del sito di intervento e di un suo adeguato intorno, utili tanto a un inquadramento ex-ante dell'area quanto all'orientamento delle scelte progettuali relative all'impianto di produzione di energia, alla gestione delle colture interfilare e alla predisposizione del monitoraggio microclimatico.

L'Agenzia regionale ARPAS (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Sardegna) fornisce i dati climatologici per la Regione Sardegna ed in particolare per il periodo 1981-2010. Nello specifico per il comune di Santu Lussurgiu sono disponibili le serie storiche di 4 stazioni meteo-climatiche localizzate nel raggio di 10 km:

⁴ ARPAS 2014. La Carta Bioclimatica della Sardegna. Dipartimento Meteorologico. Servizio meteorologico Agrometeorologico ed Ecosistemi

- stazione di Santu Lussurgiu posta a 557 metri s.l.m. (solo temperature)
- stazione di Borore (Cabina) posta a 401 metri s.l.m. (temperature e precipitazioni)
- stazione di Seneghe posta a 300 metri s.l.m. (solo precipitazioni)
- stazione di Cuglieri posta a 484 metri s.l.m. (temperature e precipitazioni)
- stazione di Paulilatino posta a 280 metri s.l.m. (temperature e precipitazioni)

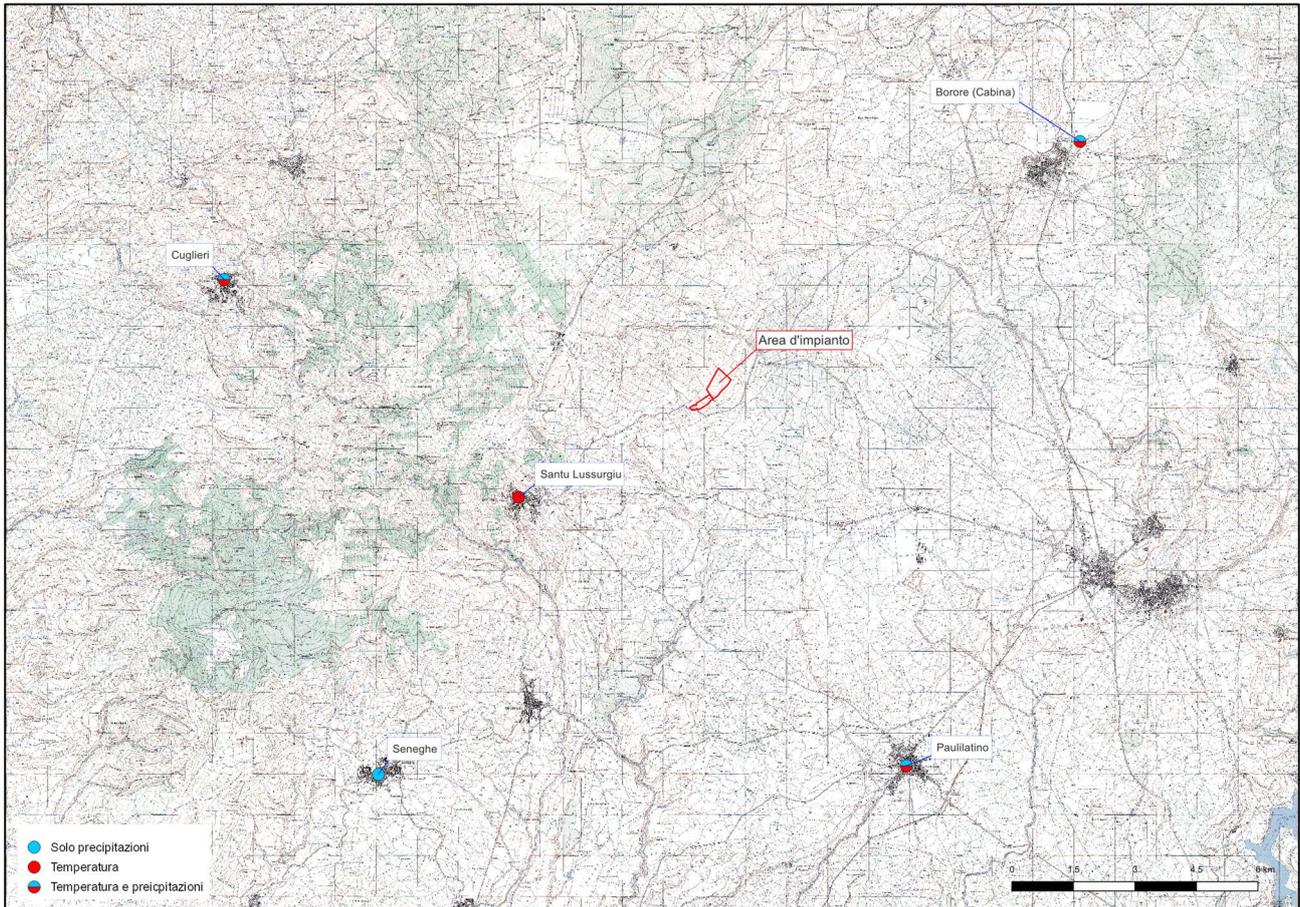


Figura 8 - Distribuzione delle stazioni climatiche nell'area di indagine.

Per le stazioni che presentano serie di temperature e precipitazioni complete sono stati calcolati i digrammi climatici di Walter-Lieth e il calcolo di alcuni indici climatici come l'indice di aridità di De Martonne $IA = \frac{P}{T+10}$ dove P rappresenta le precipitazioni annue in mm e T è la temperatura media annua, l'indice combinato di Pinna (versione modificata dell'indice di De Martonne) $IP = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{T+10} + \frac{12P'd}{T'd+10} \right)$ dove 12P'd è la quantità di precipitazioni in mm del mese più secco e T'd è la temperatura media del mese più secco, e la temperatura media del periodo vegetativo calcolata dal periodo aprile-ottobre.

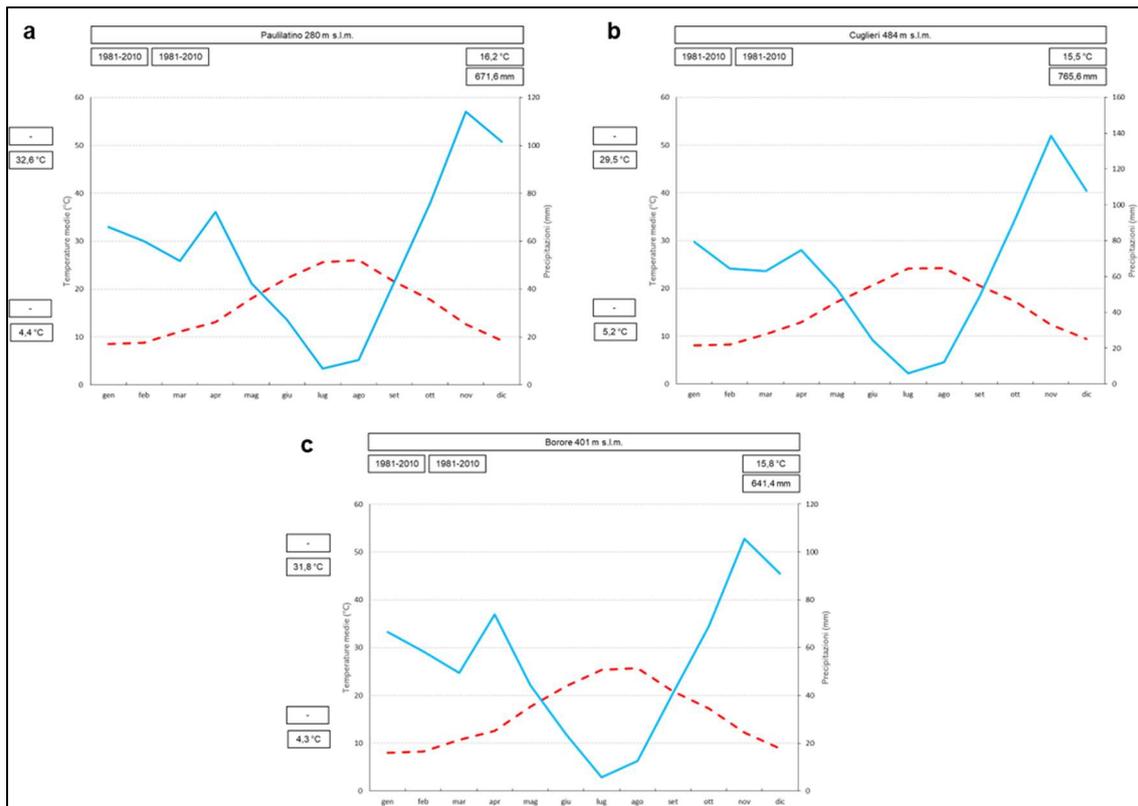


Figura 9 - Diagrammi climatici di Walter-Lieth per le stazioni di Paulilatino (a), Cuglieri (b) e Borore (c).

La temperatura media dell'aria si attesta tra i 16,2 °C di Paulilatino ai 14,7 °C della stazione di Santu Lussurgiu, con temperature medie massime del mese più caldo pari a 32,6 °C registrate nella stazione di Paulilatino e temperature medie minime del mese più freddo di 4,3 °C registrate nella stazione di Borore. In tutti i casi si nota un'assenza di gelate invernali (mesi con temperature medie minime < 0°C). Le precipitazioni annue cumulate si attestano tra i 641,4 mm della stazione di Borore e i 816,8 mm della stazione di Seneghe. L'analisi dei diagrammi permette di individuare due picchi nella distribuzione delle precipitazioni, nei mesi di novembre e di aprile. Inoltre è possibile individuare un periodo di aridità estiva in corrispondenza dei mesi di luglio e di agosto, ossia mesi dove il valore delle precipitazioni totali, espresse in millimetri, è uguale o minore al doppio valore delle temperature del mese, espresse in °C ($P \leq 2T$).

Nella tabella seguente si riportano i valori degli indici climatici calcolati per le stazioni in esame.

Tabella 3 - Principali indici climatici delle 5 stazioni considerate.

Stazione	IA	IP	Tveg (°C)
Santu Lussurgiu	-	-	18,41
Borore	24,9	12,52	20,19
Seneghe	-	-	-
Cuglieri	30,01	15,12	19,58
Paulilatino	25,6	12,89	20,65

I valori assunti dall'indice di aridità (IA) nelle stazioni rileva un clima di tipo semi-umido, mentre secondo la classificazione di Pinna l'area presenta un clima semi-secco. La tipologia di vegetazione associata a tali valori è quella della macchia mediterranea.

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area d'intervento è situata sulle pendici sud orientali dell'edificio vulcanico del Montiferru. Le litologie prevalenti nell'area sono costituite dai basalti dei plateau della subunità di Funtana di Pedru Oe (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA). Nell'area d'intervento sono presenti esclusivamente litologie basaltiche con diverse tipologie: lapidee, scoriacee e argillificate. In alcune aree la rocciosità è affiorante e presenta fenomeni di dissoluzione. La morfologia dell'area assume una forma blandamente ondulata, interrotta da piccole aree a maggior pendenza, corrispondenti a colate laviche a chimismo basaltico, che a causa dell'erosione differenziale emergono dal paesaggio circostante.

Inquadramento pedologico

Per l'intero territorio della Regione Sardegna è disponibile la cartografia pedologica in scala 1:250.000 realizzata dall'Università di Sassari nel 1991. A livello nazionale sono invece disponibili la Carta dei Suoli d'Italia in scala 1:1.000.000 e la Carta Ecopedologica d'Italia in scala 1:250.000. Secondo la Carta dei Suoli d'Italia, l'area dell'impianto ricade nella Regione H – Suoli delle colline del Centro e Sud Italia su depositi vulcanici e su calcari, e nello specifico nell'unità 41 Eutric Leptosol; Andic, Eutric e Thaptoandic Cambisol, Haplic Luvisol (Vitric); Vitric Andosol; Tephrci e Eutric Regosolo (Humic) (Secondo la classificazione WRB – World Reference for Soil Resources).

La Carta Ecopedologica d'Italia inquadra l'area d'impianto nella Regione dei Rilievi tabulari, nell'Unità Ecopedologica degli Altopiani basaltici della Sardegna:

Tabella 4 - Descrizione dei suoli sulla base della Carta Ecopedologica d'Italia.

Soil Regions	Soli Sub Regions	Unità Ecopedologiche	Descrizione
SR n° 17 – Rilievi vulcanici con materiale parentale definito da rocce ignee e metamorfiche (litocode 11) e clima mediterraneo montano (clima code 45)	SSR 17c Rilievi tabulari (plateaux)	UE 17.05 Altopiani basaltici della Sardegna (giare)	Altopiani, emergenti e variamente incisi, costituiti da estese coperture laviche basaltiche. Forma del paesaggio: altopiani dolcemente ondulati Quote comprese tra 25 – 650 metri s.l.m Substrato litologico: basalti. Uso del suolo dominante: associazioni di cespugli e/o vegetazione erbacea; aree agricole eterogene Suoli dominanti: Leptic Dystric Cambisol; Leptic Eutric Cambisol

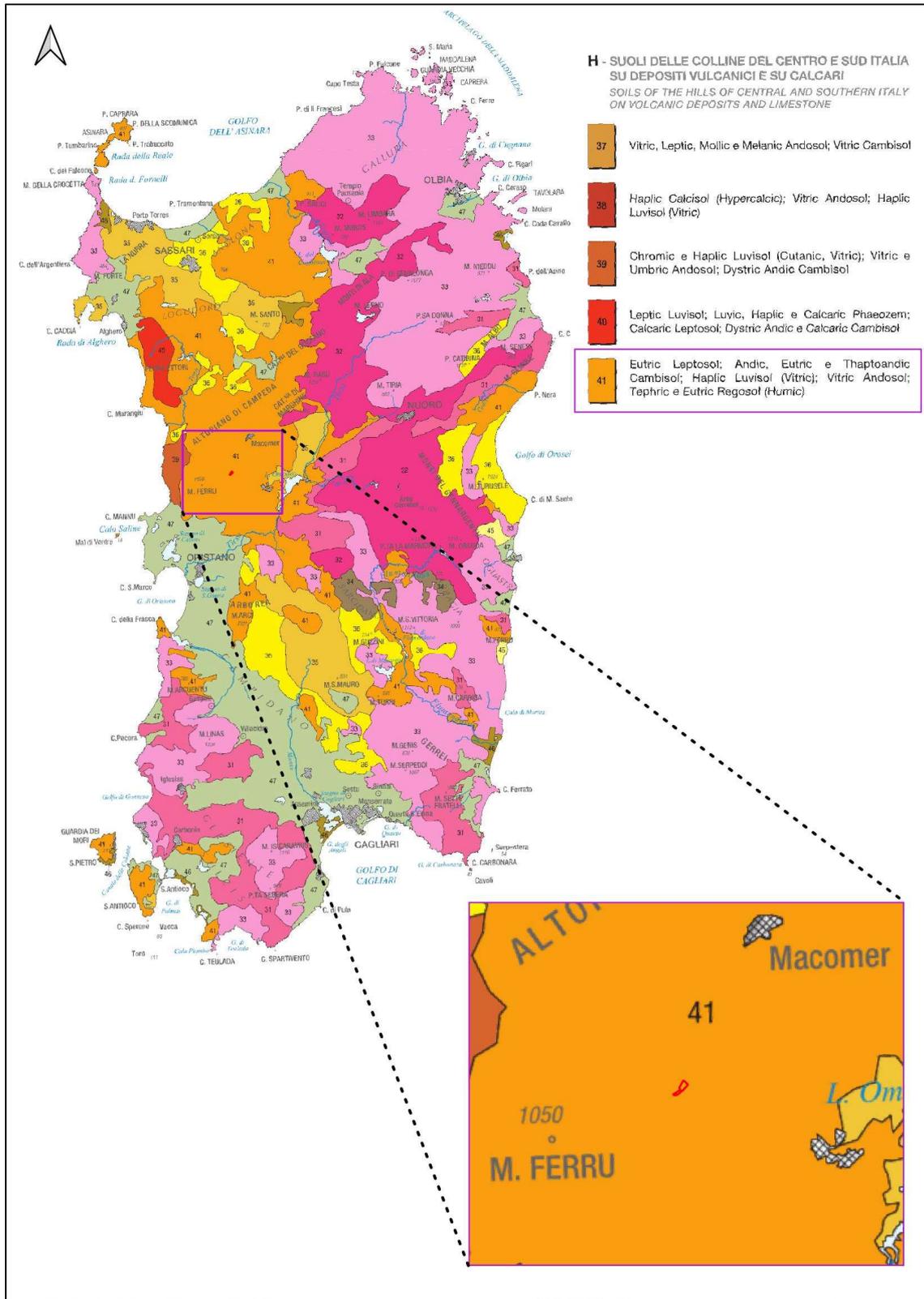


Figura 10 - Stralcio della Carta dei Suoli d'Italia in scala 1:1.000.000.

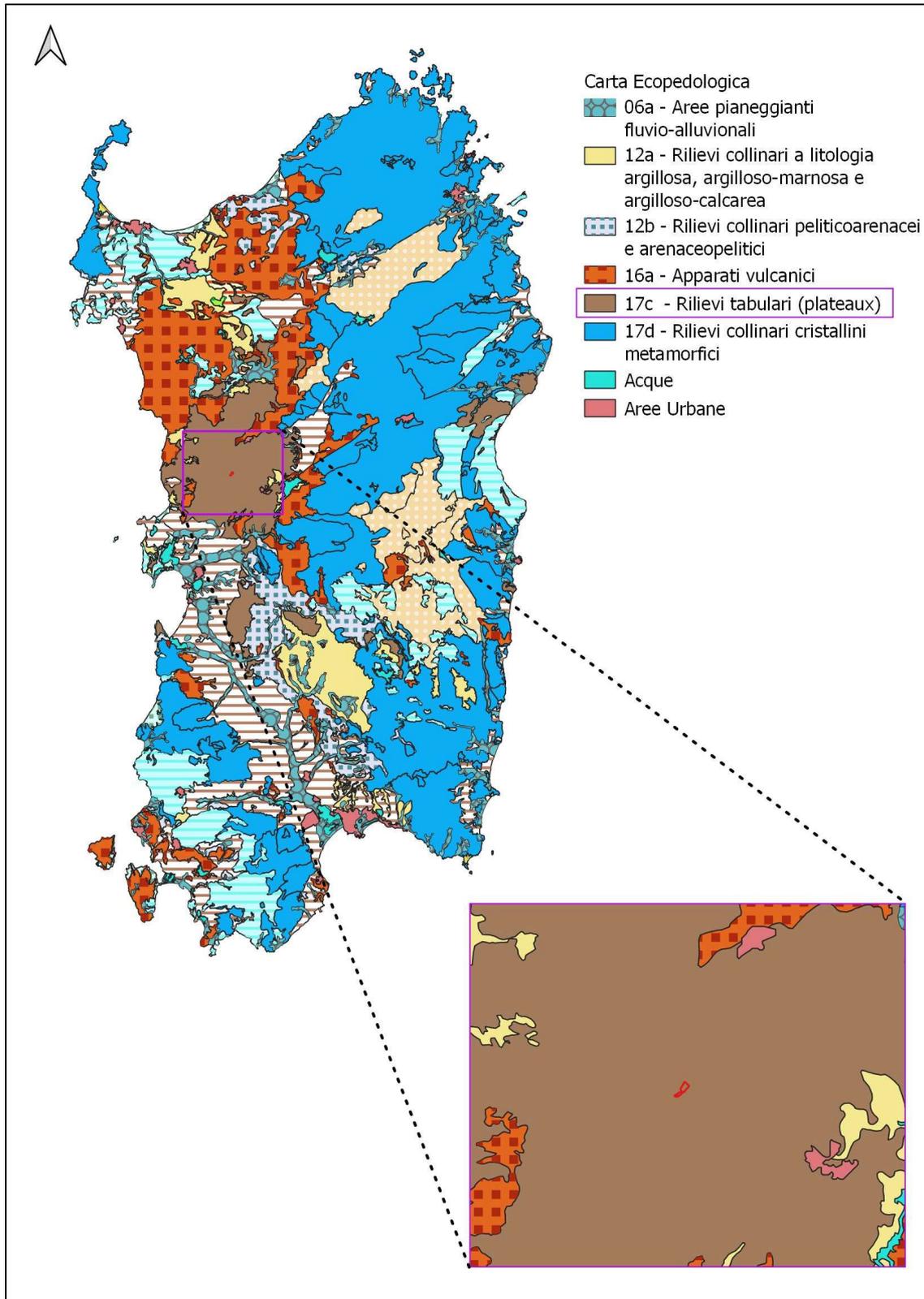


Figura 11 - Stralcio della Carta Ecopedologica d'Italia 1:250.000.

Secondo la Carta dei Suoli della Regione Sardegna l'area d'indagine ricade nell'Unità E1. Tale Unità presenta le seguenti caratteristiche:

Tabella 5 - Inquadramento dei suoli secondo la Carta dei Suoli della Regione Sardegna.

Substrato	Rocce effusive basiche (basalti) del Pliocene superiore e del Pleistocene e relativi depositi di versante e colluviali
Morfologia	Aree con forme da ondulate a subpianeggianti e con pendenze elevate sull'orlo delle colate.
Descrizione	Roccia affiorante e suoli a profilo A-R e subordinatamente A-Bw-R, poco profondi, franco argillosi, permeabili, neutri, saturi.
Tassonomia	ROCK OUTCROP, LITHIC XERORTHENTS, subordinatamente XEROCHREPTS
Classi Land Capability	VII
Copertura del suolo	Aree prevalentemente prive di copertura arbustiva ed arborea.
Limitazioni d'uso	Rischiosità e pietrosità elevate, scarsa profondità, eccesso di scheletro, a tratti idromorfia dovuta al substrato impermeabile.
Attitudini	Ripristino e conservazione della vegetazione naturale, riduzione od eliminazione del pascolamento

Nello specifico la classificazione della capacità d'uso (Land Capability Classification) è un metodo che viene usato per classificare le terre in base alla loro capacità di produrre le comuni colture, senza subire alcun deterioramento e per un lungo periodo di tempo. La LCC si fonda su una serie di principi ispiratori:

- la valutazione si riferisce al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura in particolare;
- vengono escluse le valutazioni dei fattori socio-economici;
- al concetto di limitazione è legato quello di flessibilità colturale, nel senso che all'aumentare del grado di limitazione corrisponde una diminuzione nella gamma dei possibili usi agro-silvo-pastorali;
- le limitazioni prese in considerazione sono quelle permanenti e non quelle temporanee, quelle cioè che possono essere risolte da appropriati interventi di miglioramento (drenaggi, concimazioni, ecc.);
- nel termine "difficoltà di gestione" vengono comprese tutte quelle pratiche conservative e sistematorie necessarie affinché l'uso non determini perdita di fertilità o degradazione del suolo;
- La valutazione considera un livello di conduzione gestionale medio elevato, ma allo stesso tempo accessibile alla maggioranza degli operatori agricoli.

La classificazione prevede tre livelli di definizione: la classe, la sottoclasse e l'unità. Le classi di capacità d'uso raggruppano sottoclassi che possiedono lo stesso grado di limitazione o rischio e sono rappresentate con numeri romani dall'I all'VIII in base al numero ed alla severità delle limitazioni.

		Classi di capacità d'uso	Aumento dell'intensità d'uso del territorio							
					Pascolo			Coltivazione		
			Ambiente naturale	Forestazione	Limitato	Moderato	Intensivo	Limitato	Moderato	Intensivo
Aumento delle limitazioni e dei rischi Diminuzione dell'adattamento e della libertà di scelta negli usi	I									
	II									
	III									
	IV									
	V									
	VI									
	VII									
	VIII									

Figura 12 - Relazione tra le classi di capacità d'uso, intensità delle limitazioni e rischio per il suolo e intensità d'uso de territorio.

Secondo la Carta dei Suoli della Regione Sardegna e dai sopralluoghi effettuati, si ritiene che i suoli interessati dal progetto in esame possano rientrare tra le classi VI e VII. Tali suoli rientrano nel gruppo dei suoli non arabili e nello specifico:

- Classe VI: suoli con limitazioni permanenti tali da restringere l'uso alla produzione forestale, al pascolo o alla produzione di foraggi;
- Classe VII: suoli con limitazioni permanenti tali da richiedere pratiche di conservazione anche per l'utilizzazione forestale o per il pascolo.

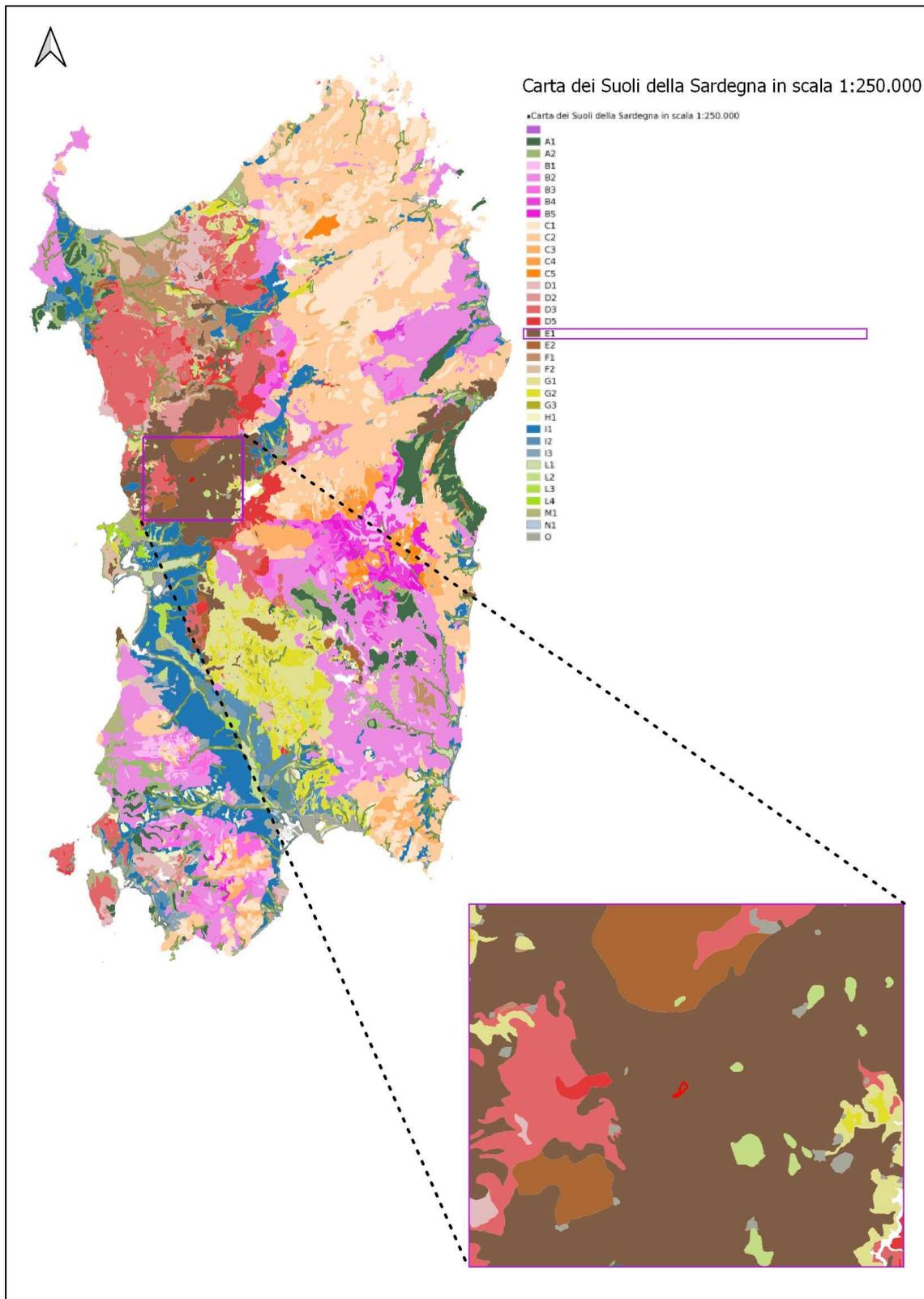


Figura 13 - Carta dei Suoli della Sardegna in scala 1:250.000.

Inquadramento vegetazionale

La Carta della Serie di Vegetazione della Regione Sardegna⁵ in scala 1:350.000 indica per l'area d'indagine la Serie sarda centro-occidentale, calcifuga, mesomediterranea della sughera (*Violo dehnhardtii-Quercetum suberis*). La testa di serie è rappresentata da un mesobosco dominato da *Quercus suber* con querce caducifoglie, in particolare *Quercus pubescens* e *Quercus dalechampii*. Lo strato arbustivo, denso, è caratterizzato da *Pyrus spinosa*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Crataegus monogyna* e *Cytisus villosus*. Le tappe di sostituzione sono rappresentate da formazioni arbustive ad *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Cytisus villosus*, da garighe a *Cistus monspeliensis*, da praterie perenni a *Dactylis hispanica*, e da comunità erbacee delle classi *Tuberarietea guttatae*, *Stellarietea* e *Poetea bulbosae*.

⁵ Bacchetta et al. 2009. Carta della serie di vegetazione della Sardegna (scala 1:350.000).

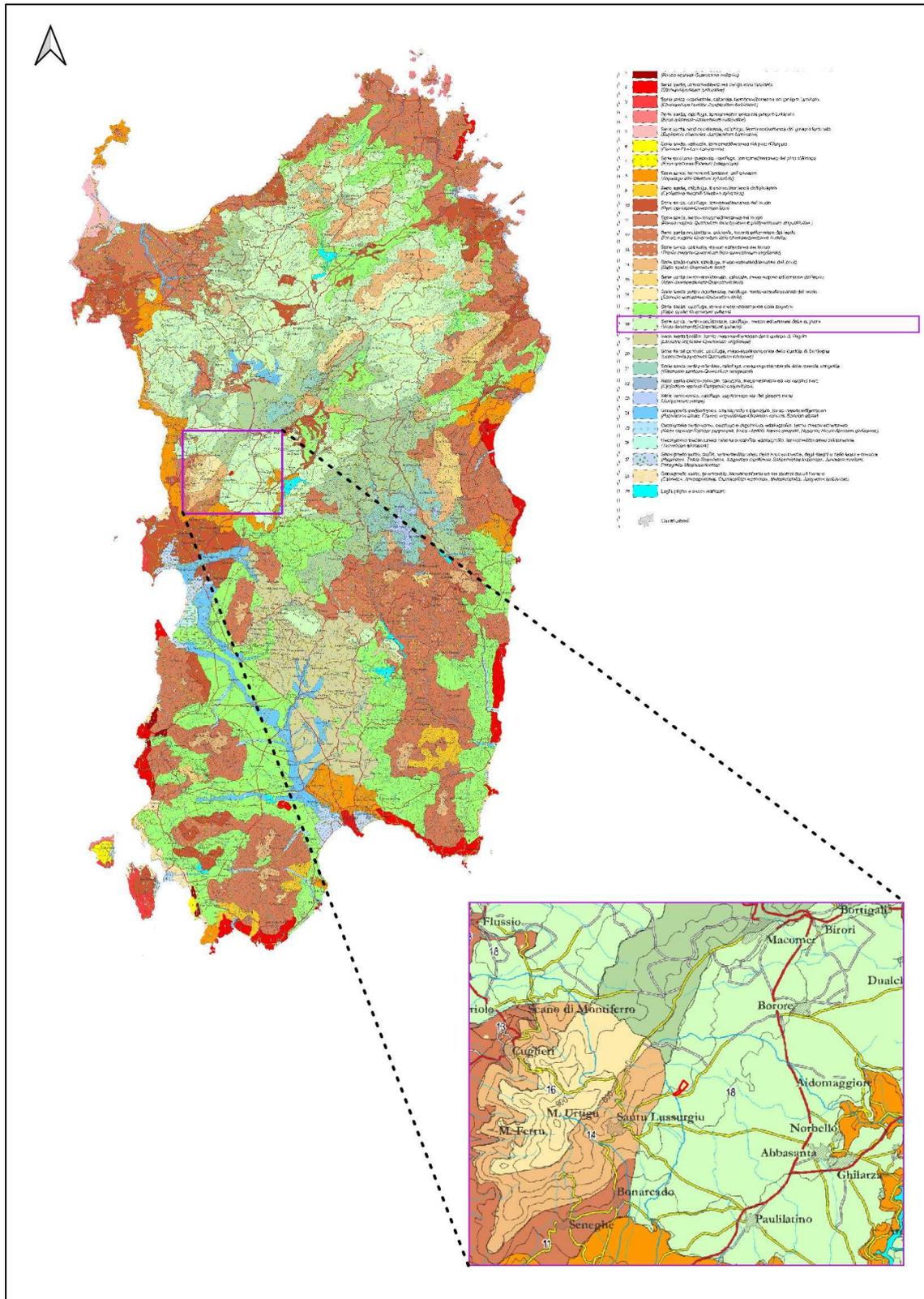


Figura 14 - Carta della Serie di Vegetazione in scala 1:350.000.

L'attuale paesaggio vegetale nell'area d'indagine risente in forte misura dell'attività antropica che ha fatto sì che la vegetazione potenziale del luogo sia stata in larga parte sostituita dai pascoli, ove la loro sussistenza è strettamente legata al pascolo ovino.

Copertura e uso del suolo

La copertura del suolo di un determinato territorio descrive la sua copertura fisica e biologica e comprende le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide e i corpi idrici. L'uso del suolo è invece un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e quindi descrive come una determinata classe di copertura venga utilizzata dall'uomo.

Il sistema di classificazione Corine Land Cover è un sistema di classificazione della copertura e dell'uso del suolo, adottato a livello europeo dalla Commissione Europea. Si basa su un sistema gerarchico di classificazione basato su 3 livelli.

Per la Regione Sardegna sono disponibili a livello regionale:

- la Carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25.000 edizione del 2003, con unità minima cartografabile compresa tra 1-1,5 ha. Sistema di classificazione Corine Land Cover con classi aggiuntive di dettaglio (70 classi);
- la Carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25.000 edizione del 2008, con unità minima cartografabile compresa tra 0,5-0,75 ha. Sistema di classificazione Corine Land Cover con classi aggiuntive di dettaglio (70 classi);

Secondo la Carta dell'Uso del Suolo anno 2003 le particelle interessate dall'intervento ricadono nelle seguenti classi:

- fg. 41, p.la 34 – 2111 Seminativi in aree non irrigue: Sono da considerare perimetri non irrigui quelli dove non siano individuabili per fotointerpretazione canali o strutture di pompaggio. Vi sono inclusi i seminativi semplici, compresi gli impianti per la produzione di piante medicinali, aromatiche e culinarie.
- fg. 51, p.la 26 – 321 Aree a pascolo naturale: Aree foraggere localizzate nelle zone meno produttive talvolta con affioramenti rocciosi non convertibili a seminativo. Sono spesso situate in zone accidentate e/o montane. Possono essere presenti anche limiti di particella (siepi, muri, recinti) intesi a circoscriverne e localizzarne l'uso.

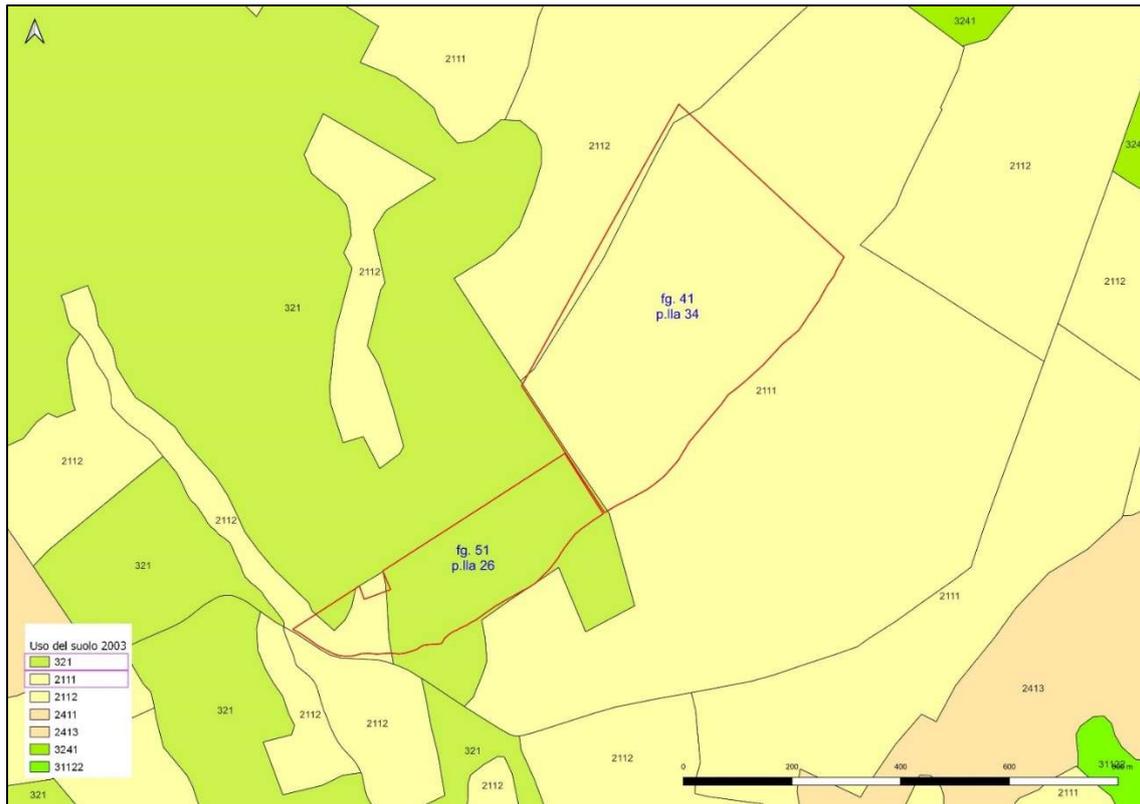


Figura 15 - Stralcio della Carta dell'Uso del Suolo anno 2003.

Secondo la Carta dell'Uso del Suolo anno 2008 le particelle interessate dall'intervento ricadono nelle seguenti classi:

- fig. 41, p.lla 34 – 2111 Seminativi in aree non irrigue: Sono da considerare perimetri non irrigui quelli dove non siano individuabili per fotointerpretazione canali o strutture di pompaggio. Vi sono inclusi i seminativi semplici, compresi gli impianti per la produzione di piante medicinali, aromatiche e culinarie.
- fig. 51, p.lla 26 – 2112 Prati artificiali: Colture foraggere ove si può riconoscere una sorta di avvicendamento con i seminativi e una certa produttività, sono sempre potenzialmente riconvertiti a seminativo, possono essere riconoscibili muretti o manufatti.

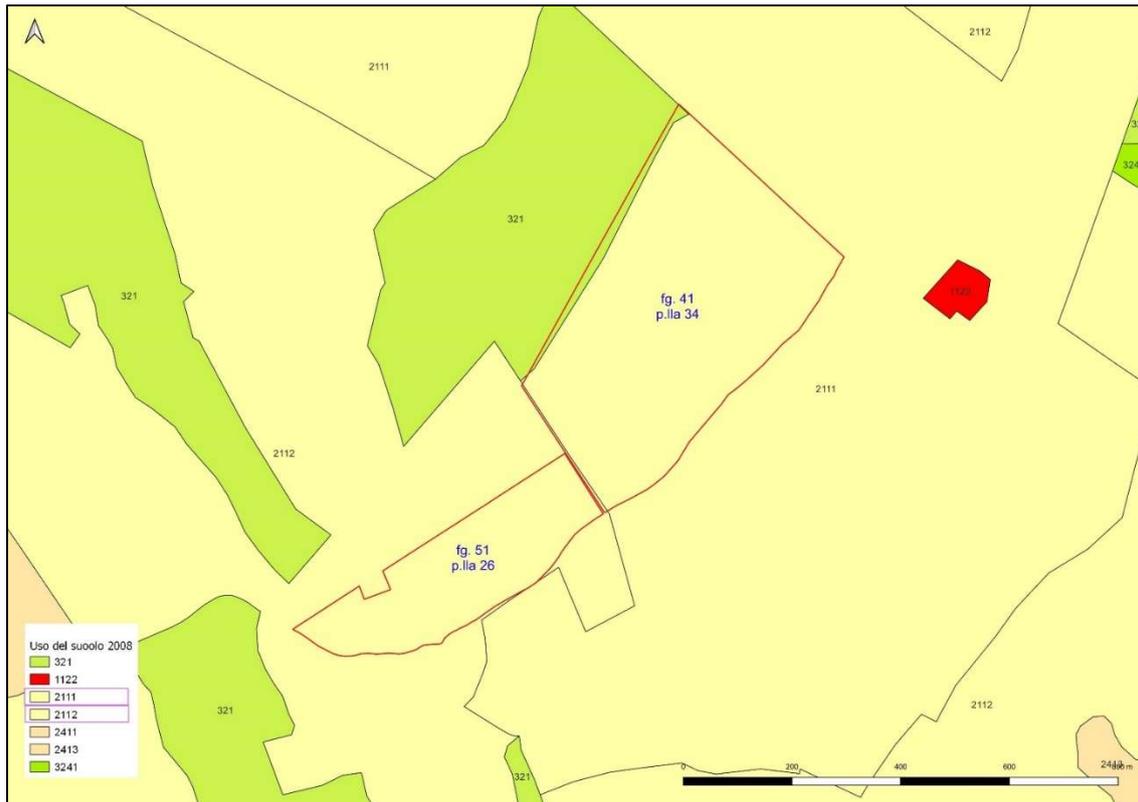


Figura 16 - Stralcio della Carta dell'Uso del Suolo anno 2008.

L'analisi delle ortofoto storiche e recenti non ha tuttavia evidenziato trasformazioni evidenti della copertura e uso del suolo dell'area d'indagine (TAV_AGR_01). Si ritiene che la classificazione del 2003 sia la più coerente con la situazione passata e attuale dell'area d'indagine.

Inquadramento agronomico

La regione Sardegna si caratterizza per un territorio prevalentemente collinare. La sua conformazione orografica, ma anche le caratteristiche pedologiche e climatiche, pongono numerosi comuni della Regione in una particolare condizione di svantaggio, soprattutto per quanto riguarda lo sviluppo dell'attività agricola.

L'analisi dei dati regionali del 6° Censimento Generale dell'Agricoltura⁶ ha rilevato, in linea con gli andamenti nazionali, una progressiva diminuzione sia del numero di aziende che della Superficie Aziendale Totale (SAT). Tuttavia, a fronte di una SAT in diminuzione, si è assistito ad un aumento della SAU (1.153.691 ettari, +13,1% rispetto al 2000). La dimensione media delle aziende è invece di circa 19 ettari di SAU. Il dato provinciale per Oristano ricalca sostanzialmente il dato registrato a livello regionale.

⁶ Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna – Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali

Per quanto riguarda il comune di Santu Lussurgiu i dati del 6° censimento indicano una SAU di 5.731,34 ha, in diminuzione rispetto al 5° censimento. Per quanto riguarda la distribuzione della SAU nei vari utilizzi del suolo, la maggior parte della superficie è destinata a prati permanenti e pascoli (82,6%) seguito dai seminativi (14,18%). Rivestono un ruolo marginale gli oliveti e le altre colture legnose e la coltivazione delle orticole. Gli allevamenti praticati nell'area di Santu Lussurgiu sono principalmente da ricondursi all'allevamento ovi-caprino, bovino ed equino. I dati del 6° censimento indicano un numero di allevamenti ovi-caprini pari a 85, seguito da bovini pari a 80 e dagli equini pari a 52.

Produzioni DOP e IGP

Tra i prodotti dell'eccellenza sarda DOP e IGP abbiamo⁷:

- il Fiore Sardo DOP
- il Pecorino Sardo DOP
- il Pecorino Romano DOP
- l'Agnello di Sardegna IGP
- l'Olio extravergine d'oliva Sardegna DOP
- il Carciofo Spinoso di Sardegna DOP
- lo Zafferano di Sardegna DOP
- i Culurgionis d'Ogliastra IGP

Per quanto riguarda il comparto viti-vinicolo abbiamo:

- DOC Alghero
- DOC Moscato di Sorso
- DOCG Vermentino di Gallura
- DOC Cannonau
- DOC Monica
- DOC Moscato
- DOC Vermentino
- DOC Sardegna Semidano
- DOC Mandrolisai
- DOC Nuragus di Cagliari
- DOC Cagliari
- DOC Nasco di Cagliari
- DOC Girò di Cagliari

⁷ <https://www.sardegnaagricoltura.it/argomenti/prodottitipici/dop-igp/>

- DOC Carignano del Sulcis
- DOC Campidano di Terralba
- DOC Arborea
- DOC Vernaccia di Oristano
- DOC Malvasia di Bosa

Per quanto riguarda i distretti rurali e agroalimentari di qualità, istituiti e disciplinati con Legge n. 16/2014 della Regione Autonoma della Sardegna, nell'area di indagini sono presenti esclusivamente il costituito "Biodistretto Sardegna Bio" che interessa tutta l'isola, ed il costituendo "Biodistretto Bioslow della Sardegna".

Descrizione dei terreni aziendali

Come anticipato nei paragrafi precedenti, il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico sui seguenti terreni aziendali:

- fg. 41, p.la 34 di proprietà del Sig. Maicu Giovanni Giuseppe e attualmente condotto dallo stesso proprietario, titolare dell'omonima azienda
- fg. 51, p.la 26 di proprietà del Sig. Nughes Piermarco e attualmente condotti dall'azienda Deriu Bonaria

La descrizione che segue, dei terreni oggetto della presente indagine, deriva direttamente dall'analisi dei Fascicoli Aziendali AGEA.

I terreni interessati dall'impianto agrivoltaico sono così classificato secondo i Fascicoli Aziendali AGEA:

- fg. 41, p.la 34 (Fascicolo AGEA 30367901953): prato polifita da foraggio avvicendato (non irriguo) per una superficie coltivata di ha 22,0590
- fg. 51, p.la 26 (Fascicolo AGEA 30365722195):
 - prato polifita da foraggio non avvicendato (permanente e non irriguo) per una superficie di ha 6,9160
 - erbaio da foraggio annuale (non irriguo) per una superficie di ha 1,3318

Gli indirizzi produttivi delle aziende che conducono i terreni sono l'allevamento di ovini e caprini e l'allevamento di bovini e bufalini da carne. Nello specifico la particella 26 è attualmente destinata al pascolo di bovini.

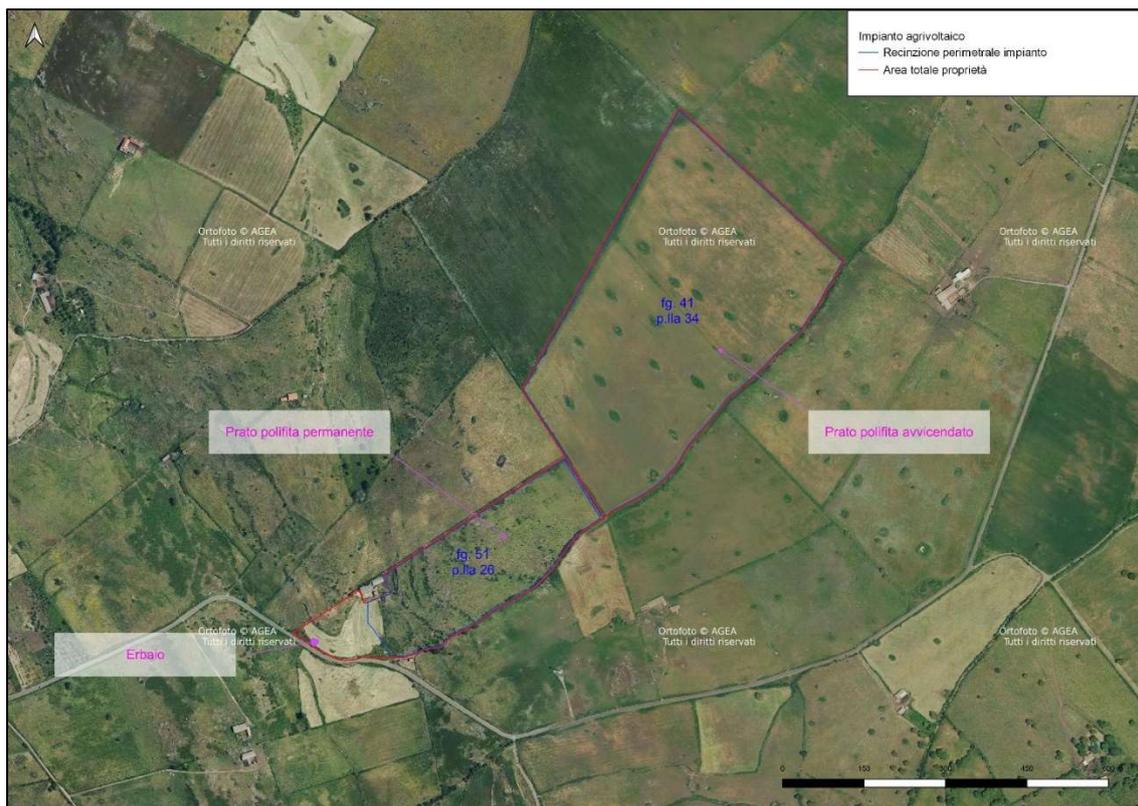


Figura 17 – Ortofoto 2019 con localizzazione dei terreni interessati dall'impianto.



Figura 18 - Vista della particella 34, foglio 41 (prato polifita da foraggio avvicendato)



Figura 19 - Vista della particella 26, foglio 51 (prato polifita da foraggio permanente)

Il processo produttivo

Come dichiarato in premessa l'obiettivo del proponente è quello di sviluppare un modello di business che permetta l'integrazione sistemica tra agricoltura e produzione di energia fotovoltaica con la creazione di filiere tecnicamente ed economicamente sostenibili, rafforzando soluzioni di economia circolare e sostenibilità ambientale.

Nello specifico mediante la realizzazione dell'impianto di Santu Lussurgiu si vuole apportare investimenti significativi nel campo dell'allevamento ovino e della filiera connessa, creando sinergie e complementarità che generano azioni positive con il fine di rendere competitive le aziende e favorire la crescita nel settore lattiero caseario. L'impianto *Agrovoltaico Santu Lussurgiu* si basa su una visione integrata dei due sistemi (agricoltura + fotovoltaico), attraverso la quale si attuano condizioni tecnico economiche per massimizzare la sostenibilità economica, creare sinergie virtuose sia dal punto di vista agronomico che ambientale, consentendo un incremento della quota di energia da fonti rinnovabili e un uso sostenibile del suolo, anche a tutela della biodiversità.

Alla luce di quanto esposto, l'attività agricola pensata in sinergia con la produzione di energia si può così sintetizzare:

- 1) creazione e mantenimento di superfici a prato-pascolo permanente funzionali all'allevamento;
- 2) allevamento ovino con produzione principale di latte;
- 3) apicoltura

Prato polifita permanente

Il passaggio da un sistema di colture annuali avvicendate a una coltivazione di foraggere perenni o annuali auto-riseminanti si configura come intervento di miglioramento del prato-pascolo. Il vantaggio di ottenere un prato pascolo permanente risiede nella disponibilità di avere foraggi freschi praticamente durante tutto l'anno, tranne che nella stagione secca. Per prato permanente si intende un terreno utilizzato per la coltivazione di erba o di altre piante erbacee da foraggio, naturali (spontanee) o coltivate (seminate) e non compreso nella rotazione delle colture dell'azienda né arato da cinque anni o più. Le superfici oggetto di coltivazione non sono irrigue e pertanto si prevede una tecnica di coltivazione in "asciutto", cioè tenendo conto solo dell'apporto idrico dovuto alle precipitazioni meteoriche. Negli ambienti mediterranei per il miglioramento dei pascoli sono di grande interesse i miscugli a base di leguminose e graminacee autoriseminanti da pascolo e specie perenni. Data le condizioni di aridità estiva, scarsa fertilità e profondità dei terreni della zona, si prevede di utilizzare un miscuglio costituito da erba medica (15 kg/ha), ginestrino o sulla (10 kg/ha), erba mazzolina (10 kg/ha), festuca arundinacea (10 kg/ha).

La situazione colturale pre-intervento è così definita:

- fg. 41, p.lla 34 (Fascicolo AGEA 30367901953): prato polifita da foraggio avvicendato (non irriguo) per una superficie coltivata di ha 22,0590
- fg. 51, p.lla 26 (Fascicolo AGEA 30365722195):
 - o prato polifita da foraggio non avvicendato (permanente e non irriguo) per una superficie di ha 6,9160
 - o erbaio da foraggio annuale (non irriguo) per una superficie di ha 1,3318

L'intervento prevede quindi:

- 1) la conversione delle superfici da prato-polifita avvicendato a prato-pascolo polifita permanente per una superficie lorda di ha 22,0590
- 2) la conversione da erbaio da foraggio annuale a prato-pascolo polifita permanente per una superficie lorda di ha 1,3318;
- 3) il miglioramento delle superfici a prato polifita permanente attraverso la trasemina su di una superficie di ha 6,9160

La superficie di prato-pascolo permanente risultante dagli interventi di cui sopra, al netto della superficie occupata dalle strutture necessarie all'impianto fotovoltaico, strade e fascia di mitigazione ammonta a ha 29,2712.

Lavorazione del terreno

Il prato polifita permanente verrà seminato in autunno (settembre-ottobre) e al termina della posa in opera delle strutture dell'impianto agrivoltaico, prevedendo una leggera lavorazione (erpicoltura), al fine di rimuovere le erbe infestanti e di rompere croste o zolle di terreno presenti. Contestualmente alla lavorazione del terreno si deve prevedere una sua concimazione di fondo con apporto di sostanza organica (letame) alla dose di 300-400 q.li/ha.

Scelta del miscuglio e modalità di semina

La semina verrà realizzata con seminatrici a file o a spaglio al dosaggio di 40-50 kg/ha di semente con miscugli costituiti da specie e varietà di foraggere graminacee e leguminose. Si adotterà una elevata biodiversità nella realizzazione del miscuglio, utilizzando le seguenti specie graminacee (festuca, erba mazzolina) e leguminose (erba medica, ginestrino, sulla).

Successivamente alla semina si dovrà provvedere alla rollatura del terreno.

Gestione del pascolo

Il pascolo praticato nei terreni interessati dall'impianto sarà di tipo ovino. Il pascolo post-semine non potrà avvenire se non dopo alcuni mesi dopo la semina dello stesso. Di seguito si elencano alcuni aspetti legati alla gestione del pascolamento:

- il pascolamento in autunno/inverno dovrà essere effettuato quando l'umidità del suolo non è troppo elevata e la sua capacità portante è abbastanza elevata da supportare il calpestio. Il pascolamento deve mirare a mantenere le principali specie seminate libere dalla competizione di erbe infestanti. Con questo obiettivo, il carico di animali deve essere elevato, il pascolo deve essere effettuato per periodi molto brevi e ripetuto una o due volte dopo 30-40 giorni.
- il pascolo deve essere lasciato in completo riposo non appena compaiono i primi fiori. Questo evento di solito si verifica alla fine di febbraio, e segna il momento in cui gli animali devono essere tenuti lontani. Le specie seminate cresceranno e svilupperanno liberamente, dando origine a un'abbondante produzione di seme.
- l'erba secca residua presente deve essere rimossa durante l'estate. Gli animali possono rientrare nel pascolo quando è completamente secco. Il carico animale deve essere elevato, in modo che prima dell'arrivo delle prime piogge nell'autunno successivo, l'erba secca sia stata completamente consumata. Gli animali al pascolo favoriscono il rilascio dei semi dalle piante e il loro interrimento. In questo modo, la germinazione è facilitata e si avrà lo sviluppo di nuove piante dopo le prime piogge.
- nel secondo e negli anni successivi, le piante devono essere protette dal pascolamento a partire da 2-3 settimane dopo le prime piogge autunnali, in modo che possano reinsediarsi bene evitando che siano distrutte in una fase in cui sono molto vulnerabili. Da questo momento in poi, il pascolamento può essere effettuato adattando il carico di animali alla quantità di erba del pascolo. In seguito, è importante far pascolare gli animali durante l'estate in modo che, prima delle piogge autunnali, venga rimossa tutta la biomassa secca.

Pascolo

Il pascolo ovino di tipo estensivo è la soluzione ecocompatibile ed economicamente sostenibile che consente di valorizzare al massimo le potenzialità agricole legate al prato polifita permanente dell'impianto. L'altezza minima dell'impianto in esame (1,30 metri) permette il pascolo anche la di sotto dei moduli fotovoltaici. Inoltre, l'ombreggiamento operato dai moduli, permette agli animali a pascoli di ritrovare ristoro nelle ore più calde della giornata, aumentando sensibilmente la il benessere degli animali con ripercussioni significative sulle produzioni.



Figura 20 - Integrazione tra allevamento di ovini e fotovoltaico. Fonte Foto: Enel Green Power.

Scelta della razza per l'allevamento

Tra le razze più diffuse a livello nazionale per la produzione di latte, riveste un ruolo sicuramente molto importante la razza sarda. Si tratta di una razza autoctona della Regione Sardegna, ormai allevata in tutt'Italia centrale. È una razza rustica e molto produttiva ma poco adatta alla produzione di lana (modeste quantità e poco pregiata e che quindi con poco valore economico). Tale razza è considerata a prevalente attitudine lattifera mentre la produzione di carne, per la parte eccedente la rimonta, è costituita da agnelli macellati nel primo mese di vita e da pecore che giungono a fine attività produttiva. Per la sua elevata capacità di adattamento è allevata in aziende di collina e di montagna, in condizioni di allevamento estensivo. Dalle pecore da latte di razza Sarda deriva l'Agnello di Sardegna IGP. Tale indicazione IGP è riservata agli agnelli allevati in un ambiente del tutto naturale, caratterizzato da ampi spazi esposti a forte insolazione, ai venti ed al clima della Sardegna, che risponde perfettamente alle esigenze tipiche della specie. L'allevamento avviene prevalentemente allo stato brado; solo nel periodo invernale e nel corso della notte gli agnelli possono essere ricoverati in idonee strutture dotate di condizioni adeguate per quanto concerne il ricambio di aria, l'illuminazione, la pavimentazione, gli interventi sanitari e controlli. L'agnello non deve essere soggetto a forzature alimentari, a stress ambientali e/o a sofisticazioni ormonali. Gli agnelli devono essere nutriti esclusivamente con latte materno (nel tipo "da latte") e con l'integrazione pascolativa di alimenti naturali ed essenze spontanee peculiari dell'habitat caratteristico dell'isola di Sardegna.

Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche morfologiche e produttive della razza Sarda⁸.

⁸ La descrizione è tratta dal sito www.agraria.org

Tabella 6 - Caratteristiche della pecora razza sarda.

Taglia	media.
Collo	ben unito alle spalle ed al petto, lungo ed esile nelle femmine, più forte e più robusto nei maschi.
Tronco	allungato e di forma tronco-conica, garrese ben serrato, leggermente pronunciato e piuttosto affilato nella pecora, più muscoloso nell'ariete; torace profondo e leggermente piatto, spalle ben attaccate, leggere, giustamente inclinate ed in armonia con le regioni circostanti; dorso forte e diritto; linea superiore corretta; lombi larghi e robusti allineati con il dorso, ventre capace, arrotondato e ben modellato, fianchi pieni, larghi e profondi, groppa leggermente spiovente, più lunga che larga, coscia piatta, scarna e ben discesa. Coda esile e lunga. Mammella sferica, larga, ben sostenuta, forte negli attacchi, con tessitura morbida, spugnosa, elastica, quasi floscia dopo la mungitura, bene irrorata dalla corrente sanguigna periferica e con capezzoli proporzionati e ben diretti.
Vello	bianco, aperto, costituito da bioccoli appuntiti, con presenza di peli morti nel sottovello, esteso fino a metà dell'avambraccio e poco sopra il garretto.
Pelle e pigmentazione	pelle sottile, elastica e di colore bianco rosato, talora con lieve picchiettatura nera o marrone sulla testa, negli arti, e, in genere nelle parti prive di lana.
Altezza media al garrese	Maschi a. cm. 71 Femmine a. cm. 63
Peso medio	Maschi a. cm. 59 Femmine a. cm. 42
Produzioni medie:	Latte (senza poppata - grasso 6,0% proteine 5,3%): - primipare lt. 158 - pluripare lt. 360 Carne: - Maschi Kg. 44,5 - Femmine Kg. 32,5 Lana: (in sucido) - Arieti Kg. 2,5 - Pecore Kg. 1,2

Calcolo del bestiame allevabile con il metodo delle Unità Foraggere

Per il dimensionamento dell'allevamento all'interno delle superfici oggetto dell'intervento è stato applicato il metodo delle Unità Foraggere. Il calcolo consiste nel determinare i seguenti parametri:

- 1) produzione foraggera aziendale (UF);
- 2) calcolo del consumo annuo di un gruppo omogeneo;
- 3) calcolo del numero di animali per gruppo omogeneo;
- 4) calcolo del numero totale di capi allevabili

La produzione foraggera viene stimata sulla base della composizione attuale e futura dei terreni interessati dall'allevamento e risulta pari a 210 quintali/ha (prato polifita non irriguo).

Tabella 7 - Stima della produzione foraggera.

Coltura	Q.li/ha	UF/Q.le	UFL/Q.le
Prato polifita non irriguo	210	13	16

Considerando una superficie pari a 29,2712 ha ne deriva una produzione di foraggi pari a 6146,95 quintali a cui corrispondono 79910,38 UF totali e 98.351,23 UF latte.

Per il calcolo del fabbisogno semplificato si considera un gruppo omogeneo composto da soli animali adulti al pascolo. Per le pecore da latte si considera un fabbisogno in termini di UFL medio pari a 558 (capo/annuo). Sulla base delle produzioni stimate si ha che il numero di capi adulti allevabili è pari a 176 capi. Tradotto in termini di Uba (Unità di bestiame adulto) e considerando un parametro di conversione per gli ovini pari a 1 ovino = 0,15 Uba, si ha un numero di capi espresso come Uba pari a 26,44 che corrispondono ad un carico di 0,90 Uba/ha (considerando una SAU di 29,2712 ha). Si tratta di valori ampiamente al di sotto delle soglie massime di 4 UBA/ha ma anche al di sotto delle soglie per la gestione dei prati pascoli permanenti in aree ad alto interesse naturalistico ($0,2 \geq \text{Uba/ha} \leq 2$). È importante sottolineare che il numero di capi allevabili tiene conto solo della produzione interna dei terreni esaminati, ma tale numero può essere ampiamente incrementato considerando l'acquisto di foraggi esterni all'azienda. L'idea aziendale è quello di creare un allevamento produttivo che però sposi la filosofia della sostenibilità ambientale e del benessere animale per cui l'obiettivo sarà quello di mantenere un carico di bestiame ≤ 2 UBA/ha che corrisponde a un numero di capi adulti pari a 395.

Stima dei costi di produzione e dei ricavi dell'allevamento

A livello nazionale, negli ultimi anni si conferma un trend in costante diminuzione degli operatori della fase di allevamento, a causa del progressivo abbandono da parte delle aziende di ridotte dimensioni e meno competitive, e un fenomeno di concentrazione in termini dimensionali con la conversione verso sistemi intensivi o semintensivi. Dal punto di vista territoriale, in Sardegna si localizza il 56% del patrimonio ovicaprino nazionale con il 17% del totale degli allevamenti a orientamento latte e misto. La destinazione quasi esclusiva del latte ovino è rappresentata dalla caseificazione. L'equilibrio della filiera nazionale è fortemente influenzato dall'andamento del mercato del Pecorino Romano, che rappresenta oltre l'80% dei formaggi ovini DOP-IGP sia in termini di produzione

certificata che di fatturato realizzato. Il Romano, per oltre il 95% prodotto in Sardegna, rappresenta la principale destinazione del latte ovino regionale⁹.

Negli allevamenti di ovini da latte, i ricavi ottenibili sono costituiti dalla vendita del latte e secondariamente dalla vendita degli agnelli per la carne. La lana invece non costituisce un ricavo significativo o addirittura rappresenta un costo di smaltimento.

Per la stima della produzione dei ricavi derivanti dall'attività di allevamento sono state fatte le seguenti assunzioni:

- capi inizio del ciclo produttivo: 140
- percentuale destinata alla rimonta (interna): 35%
- numero medio di agnelli per parto: 1,5
- mancate nascite: 15%
- percentuale maschi/femmine: 50%/50%
- produzione latte: 1,5 L/capo/giorno
- periodo di produzione: 240 giorni
- prezzo di vendita del latte: 1,40 €/L
- prezzo medio carne (peso vivo): 5 €/kg
- peso medio (peso vivo): 8 kg

Si ipotizza inoltre un progressivo aumento del numero di capi del 30%, partendo dagli iniziali 140 per arrivare al 4° anno con circa 380-390 capi che corrispondono ad un carico di bestiame pari a 2UBA/ha.

⁹ ISMEA 2022. Tendenze e dinamiche recenti. Latte Ovino – Luglio 2022.

Tabella 8 - Stima della produzione derivante dall'allevamento.

ANNO	0	1	2	3	4
Capi Inizio Ciclo Produttivo	140	180	232	299	385
Rimonta	-49	-63	-81	-105	-135
Riproduzione di cui	210	270	348	448	577
N° nascite	-32	-41	-52	-67	-87
Femmine	89	115	148	190	245
Maschi	89	115	148	190	245
Capi per rimonta (femmine)	-49	-63	-81	-105	-135
Capi produzione latte	40	52	67	86	111
Capi produzione carni e derivati	89	115	148	190	245
Capi fine Ciclo Produttivo	180	232	299	385	495
Incremento netto	40	52	67	86	111
Incremento cumulativo		92	119	153	197
UBA/ha	0,7	0,9	1,2	1,5	2,0
latte (L)	210	270	348	448	577
periodo produzione [240gg] (L)	50.400	64.890	83.546	107.565	138.490
valore latte €	70.560	90.846	116.964	158.121	203.058
valore carne €	3.570	4.596	5.918	7.619	9.810
Produzione totale €	74.130	95.442	122.882	165.740	213.391

Per quanto riguarda i costi di produzione del latte, questi risentono fortemente delle condizioni climatiche in quanto condizioni di siccità come quelle che si sono susseguite nelle annate 2016-2017 incidono fortemente sulle produttività.

Una recente indagine ISMEA¹⁰ ha evidenziato che il costo di produzione del latte di pecora è mediamente pari a 1,12 €/litro. Un'indagine del 2017¹¹ ha stabilito il punto di pareggio per gli allevamenti italiani a 0,95 €/litro; applicando i coefficienti ISTAT riferiti a novembre 2023 si ha un punto di pareggio pari a 1,116 €/litro, praticamente uguale al valore di 1,12 €/litro stimato nell'indagine ISMEA.

Dall'analisi dei ricavi e dei costi, per l'azienda in questione, scaturisce il seguente conto economico.

¹⁰ ISMEA. Costi e ricavi di gestione degli allevamenti ovini destinati alla produzione di latte.

¹¹ Pulina et al. 2018. Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>

Tabella 9 - Stima dei ricavi netti derivanti dall'allevamento.

ANNO	1	2	3	4	5
Ricavi totali €	74.130	95.442	122.882	165.740	213.391
Costi totali €	56.448	72.676	93.571	120.473	155.109
<i>Ricavo netto €</i>	<i>17.682</i>	<i>22.766</i>	<i>29.311</i>	<i>45.267</i>	<i>58.281</i>

Il piano produttivo delineato per l'azienda in parola ha permesso di stimare un reddito operativo derivante dall'allevamento di ovini pari a € 17.682 nel primo anno, con previsione di € 58.281 al 5° anno e quindi pienamente sostenibile dal punto di vista finanziario.

Apicoltura

La Regione Sardegna nell'ambito del PSP 2023-2027 ha individuato tra gli interventi da attuare mediante il Piano di Sviluppo Rurale, l'intervento SRA18 – ACA18 Impegni per l'apicoltura rimarcando a livello regionale l'importanza che riveste tale settore agricolo (apicoltura) soprattutto per i servizi ecosistemici che è in grado di fornire quali il servizio di impollinazione. Nel Piano Colturale sviluppato per la futura gestione dei terreni interessati dall'impianto, si è voluto puntare molto in quest'ottica.

In accordo con la legge Regionale 24 luglio 2015, n.19 – Disposizioni in materia di apicoltura – si allevano esclusivamente specie autoctone ed in particolare l'ape di razza italiana (*Apis mellifera ligustica* Spinola).

L'allevamento delle api sarà supportato dalla scelta, non casuale, di convertire i terreni in disponibilità, in prato polifita permanente, oltre che alla costituzione delle fasce di mitigazione con le specie mellifere Corbezzolo e Mirto (vedi sotto paragrafo successivo).

Il potenziale mellifero è una misura dell'importanza nettarifera di una specie e si calcola come la quantità media di nettare secreto da un fiore in 24 ore, data la sua concentrazione zuccherina, la durata di vita del fiore e il numero medio di fiori per unità di superficie o nel caso di alberi per pianta. I risultati si esprimono in termini di kg miele/ha ma ciò non costituisce una previsione reale della quantità di miele che è possibile ottenere, bensì una stima teorica sulla potenzialità della pianta nelle condizioni più favorevoli. Nella tabella che segue è riportato il sistema di classificazione adottato, suddiviso in sei classi che esprimono il potenziale mellifero riportato in kg di zucchero/ha.

Tabella 10 - Classi del potenziale nettario.

Classe	Potenziale nettario
I	0-25 kg/ha
II	26-50 kg/ha
III	51-100 kg/ha
IV	101-200 kg/ha
V	201-500 kg/ha
VI	>500 kg/ha

Tra le specie indicate per la creazione del prato-pascolo, possiedono un significativo potenziale nettario:

- erba medica polimorfa: ~ 170 kg/ha
- ginestrino: ~ 37 kg/ha

Ipotizzando una composizione del prato permanente del 33% di erba medica, 22% ginestrino e la restante parte da graminacee, si può determinare la seguente produzione ipotetica:

Tabella 11 - Stima della produzione di miele.

Specie	Potenziale nettario (kg/ha)	Quantità (ha)	Produzione (kg)
Erba medica	170	~ 10	1.700
Ginestrino	37	~ 6,7	67
Totale			1.767

Dalla sola produzione del prato polifita si potranno ricavare circa 1.767 Kg di miele. Naturalmente la produzione di miele risente fortemente degli andamenti stagionali, della piovosità e quindi della produzione di fiori. Ogni arnia può produrre una quantità di miele che varia da 10-15 kg fino ai 40 kg.

Per quanto riguarda la fascia di mitigazione, il Corbezzolo presenta un potenziale mellifero della classe IV (tra 101-200 kg/ha), mentre il mirto pur essendo indicato in letteratura come pianta mellifera, non si trovano dati affidabili sul suo potenziale mellifero. Per tale motivo la fascia di mitigazione viene non computata nel calcolo della produzione totale di miele, ritenendo la stima effettuata prudenziale.

Definizione del numero di arnie e della loro localizzazione

Come anticipato, il numero di miele prodotto da un'arnia è molto variabile: si possono ottenere dal processo di smielatura di un'arnia stanziale in media 10-15 kg di miele all'anno, fino a 40 kg a seconda della stagione. La produttività stimata di miele annuo, ricavabili dai terreni in disponibilità, è pari a 1.700 kg; considerando una produzione media di 12 kg ad arnia si traduce in un numero di arnie pari a 85 (considerando circa 30 ha di superficie disponibile, la densità risulta pari a 2,5 arnie/ettaro). Tuttavia l'intenzione del proponente è quello di creare un allevamento non intensivo, ma che si avvicini agli standard della produzione biologica con possibilità di aderire, in futuro, a tale standard. Ad esempio il sopracitato intervento SRA18 – ACA18 Impegni per l'apicoltura, prevede che per poter usufruire degli incentivi per l'attività apistica in aree particolarmente importanti dal punto di vista ambientale e naturalistico, il rispetto di alcuni criteri tra i quali:

- numero minimo di alveari pari a 40;
- il non superamento del numero massimo di 40 alveari per singola postazione, rispettando una distanza tra gli apiari della medesima azienda non inferiore a 2,2 km.

Si ritiene che, date le dimensioni aziendali e i parametri definiti nel PSP, un numero di 40 arnie sia del tutto compatibile con la produttività potenziale dei terreni e con la sostenibilità ambientale

Localizzazione delle arnie deve tener conto di alcune considerazioni:

- Scegliere un luogo in cui sono disponibili sufficienti risorse nettariifere per lo sviluppo e la crescita delle colonie. Se possibile evitare campi coltivati con monoculture dove si pratica la coltura intensiva.
- L'apiario deve essere installato lontano da strade trafficate, da fonti di rumore e vibrazioni troppo forti e da elettrodotti.
- Luoghi troppo ventosi o dove c'è un eccessivo ristagno di umidità sono vivamente sconsigliati. Troppo vento non solo disturba le api, contribuendo a innervosirle e ad aumentarne l'aggressività, ma riduce la produzione di nettare. Per contro, troppa umidità favorisce l'insorgenza di micosi e patologie.
- Accertarsi della disponibilità di acqua nelle vicinanze, altrimenti predisporre degli abbeveratoi con ricambio frequente dell'acqua. L'acqua serve in primavera per l'allevamento della covata, e in estate per la regolazione termica dell'alveare. In primavera le api abbandonano la raccolta d'acqua quando le fioriture sono massime.
- Preferire postazioni che si trovano al di sotto della fonte nettariifera da cui attingono le api. In tal modo, saranno più leggere durante il volo in salita e agevolate nel volo di ritorno a casa, quando sono cariche di nettare e quindi più pesanti.
- Posizionare le arnie preferibilmente dove vi è presenza di alberi caducifoglie. Questo tipo di vegetazione è davvero ottimale, in quanto permette di avere ombra d'estate, evitando così

eccessivi surriscaldamenti degli alveari, ma nel contempo in inverno i raggi del sole possono scaldare le famiglie senza essere ostacolati e schermati da fronde sempreverdi.

- Una volta scelto il luogo è anche importante il posizionamento delle arnie. Sicuramente è importantissimo che le arnie siano rivolte a sud e che siano esposte al sole almeno nelle ore mattutine. Questo favorisce la ripresa dell'attività delle api. Ottimo sarebbe se ricevessero luce anche nel pomeriggio, soprattutto d'inverno.
- Dopo aver scelto la direzione, bisogna considerare il posizionamento vero e proprio. Per poter limitare il fenomeno della "deriva" è utile posizionare le arnie lungo linee curve, a semicerchio, in cerchio, a ferro di cavallo, a L o a S. Inoltre, bisogna avere l'accortezza di disporre le cassette in modo da intercalarne i colori per non confondere ulteriormente le api.
- Bisogna considerare la distanza da terra e fra le arnie stesse. Non bisogna posizionarle troppo vicino al suolo perché altrimenti si favorirebbe il ristagno di umidità. L'opzione migliore è quella di metterle su blocchi singoli perché se poggiassero su traversine lunghe le eventuali vibrazioni, indotte su un'arnia si propagherebbero alle arnie contigue. Generalmente, inoltre, le arnie devono essere posizionate a 35-40 cm l'una dall'altra e, se disposte in file, deve esserci una distanza di almeno 4 m. In generale, si consiglia sempre di non avere apiari che eccedano di molto le 50 unità.
- È necessario evitare ostacoli davanti alle porticine di volo delle arnie, siano essi erba alta, arbusti o elementi di altra natura. Questi ovviamente disturbano le api e il loro lavoro.

Alla luce delle considerazioni scaturite è stata selezionata la postazione "ideale" per il posizionamento degli alveari, come riportato nella cartografia allegata.



Figura 21 – layout impianto agrivoltaico con ubicazione arnie (esagono bianco-arancio)

Stima dei costi di produzione e dei ricavi dell'apicoltura

I costi di produzione del miele scaturiscono da diversi fattori e sono legati fortemente alle condizioni climatiche stagionali che determinano, ad esempio, la necessità o meno di intervenire con alimentazione artificiale, il numero di trattamenti antiparassitari da effettuare, ecc. Anche il tipo di allevamento praticato (stanziale o nomadismo), influisce sui costi di produzione del miele. Un contributo fondamentale sulla quantificazione statistica dei costi di produzione del miele, deriva dall'indagine "Honey cost"¹² del CREA della quale si prende spunto per l'analisi che segue.

Per un allevamento del tipo stanziale, come quello previsto all'interno della futura azienda agricola, si può stimare una produzione media di miele di 12 kg/arnia. Il prezzo medio del miele presenta una forbice di valori che vanno da 8,9 a 9,7 €/kg, ma con prezzi decisamente maggiori se si opera nella vendita al dettaglio (dai 10 ai 13 €/kg).

Considerando una produzione media di 12 kg/arnia e un prezzo medio di 10€/kg, dai 40 alveari previsti si avrà una produzione di miele pari a circa 480 kg di miele per un ricavo lordo pari a 4.800 € (120€/arnia). Oltre alla produzione di miele è possibile ottenere dei ricavi di altri prodotti ricavati dall'alveare quali cera, propoli, pappa reale, vendita di regine e famiglie/sciami, ecc. L'indagine

¹² Cardillo et al. 2023. Indagine statistica Honey Cost. Primi risultati economici dell'indagine 2023.

Honey Cost quantifica i proventi del miele e degli altri prodotti in 147 €/arnia. Pertanto si una produzione lorda totale di €5.880.

I costi di produzione del miele possono essere suddivisi in costo di produzione di 1° livello che comprende le spese variabili ossia quelle sostenute per l'acquisto dei farmaci (trattamento antivarroa), prodotti per la nutrizione (candito), assicurazione, consumo di energia e acqua potabile, per il confezionamento e la commercializzazione. Per le piccole aziende che praticano allevamento stanziale, l'indagine Honey Cost ha stimato un costo di produzione delle spese variabili pari a 3,39 €/kg. La voce di spesa più rilevate per queste tipologie di aziende è quella sostenuta per acquistare i materiali per il confezionamento e la commercializzazione, la cui incidenza arriva fino al 45%.

Le spese di 2° livello invece riguardano la manodopera impiegata, le spese generali e le spese per la manutenzione dei fabbricati, macchinari (quote di ammortamento). Tali costi, definiti anche fissi, per allevamenti di piccole dimensioni e di tipo stanziale possono essere quantificate in €4,95/kg.

Per le piccole aziende che conducono un allevamento di tipo stanziale, i costi di produzione del miele possono essere quindi quantificati in €8,34. Ciò si traduce in un costo per alveare pari a 119,84 €/alveare.

L'utile medio di esercizio derivante dall'apicoltura praticata nella futura azienda sarà pari a $40 \times (147 \text{ €/arnia} - 119,84 \text{ €/arnia}) = 1.086.40 \text{ €}$.

Innovazioni del processo produttivo

Blockchain

La filiera agricola italiana presenta grandi sfide come la digitalizzazione, la garanzia dell'origine e dell'autenticità Made in Italy, sicurezza alimentare. Tra gli obiettivi chiave della PAC 2023-2027 vi è infatti la promozione delle conoscenze e dell'innovazione, che rappresenta uno degli elementi fondamentali per raggiungere obiettivi di sostenibilità del settore agricolo, di modernizzazione dell'agricoltura e delle zone rurali, promuovendo e condividendo le conoscenze, l'innovazione e la digitalizzazione, incoraggiandone l'applicazione da parte degli agricoltori attraverso un migliore accesso alla ricerca, all'innovazione, allo scambio di conoscenze e alla formazione

È in quest'ambito su come utilizzare di tecnologie innovative nel settore agro-alimentare, che il processo di innovazione dell'impianto agrivoltaico Santu Lussurgiu prevede l'inserimento della tecnologia **BLOCKCHAIN** per tracciare e commercializzare i prodotti di qualità derivati dall'attività agrofotovoltaica.

La tecnologia Blockchain permetterà di tracciare tutta la filiera di produzione, il pascolo, l'alimentazione, la trasformazione, la commercializzazione, aumentando la trasparenza nei confronti dei consumatori e la sicurezza alimentare, favorendone l'internazionalizzazione. La tracciabilità

avverrà attraverso l'installazione di dispositivi **IoT** che raccoglieranno informazioni e dati sui requisiti qualitativi del prodotto.

Attraverso questo importantissimo strumento operativo i potenziali consumatori finali saranno garantiti sui singoli processi di produzione dell'intera filiera e conosceranno più intimamente la storia del prodotto che si approssimano ad utilizzare, la specie di allevamento, la natura e la consistenza dei pascoli, l'areale di produzione e di trasformazione, gli allevatori che con tanto amore e attenzione curano le proprie greggi.

La tecnologia blockchain gioca un ruolo chiave, sia nella tutela della food safety che nei processi di certificazione, evidenziando come "i dati raccolti e resi immutabili possono essere messi a disposizione dei certificatori, i quali potrebbero avere, ad esempio, sempre accesso a una copia del registro distribuito in modo tale da facilitare il processo di emissione e rinnovo delle certificazioni per le singole imprese o per l'intera filiera".

BIOCHAR

All'interno dell'attività agro pastorali occorre considerare con attenzione la produzione della lana grezza di scarto, considerata un costo con un interesse commerciale nullo, con forti oneri economici di gestione per l'attività perché è considerata come rifiuto speciale. Costi che, molte volte, non sono sostenibili e che potrebbero portare a "pratiche di smaltimento" non controllate generando danni di tipo ambientale. La gestione e lo smaltimento della lana grezza di scarto (lana sucida) proveniente dagli allevamenti rappresenta, in Italia e nel mondo, un costo di gestione aggiuntivo per le aziende produttrici.

Per questi importanti aspetti sia ambientali che economici ma non solo, lo sviluppo del progetto prevede l'intenzione di esplorare la possibilità di convertire termicamente la lana grezza di scarto in **biochar**, (applicando con coerenza il principio di economia circolare) per testarne l'utilizzo come ammendante dei suoli. Tale obiettivo implica la valorizzazione della lana ovina, scarto di produzione/rifiuto, che prodotta in risposta ad esigenze di benessere animale verrebbe ad essere utilizzata come ammendante dei suoli, impatto positivo in termini di capacità dei suoli di ritenzione idrica e di intrappolamento del carbonio in forme meno disponibili alla produzione di gas serra.

Opere di mitigazione

La scelta delle specie da mettere a dimora con funzione prevalente di fascia di mitigazione dell'impianto è stata dettata in primo luogo dallo studio della vegetazione potenziale dell'area, focalizzando la scelta su specie autoctone e che come tali, ben adattate alle condizioni climatiche ed edafiche dei luoghi e che quindi richiedono pochissima manutenzione post-impianto. In secondo luogo si è cercato di selezionare specie che presentassero un alto potenziale mellifero. A tal

proposito è stato scelto un impianto misto composto da Corbezzolo (*Arbutus unedo*) e da Mirto (*Myrtus communis*). Di seguito si riportano le schede descrittive delle specie selezionate¹³.

Tabella 12 - Scheda botanica del corbezzolo.

Corbezzolo
<p>Nome scientifico: <i>Arbutus unedo</i> L.</p> <p>Divisione: Angiospermae</p> <p>Classe: Dicotyledones</p> <p>Ordine: Ericales</p> <p>Famiglia: Ericaceae</p>
<p>Descrizione: È un arbusto sempreverde, molto ramificato, con foglie sclerofilliche, tipico della macchia mediterranea. Le foglie persistenti e coriacee, semplici alterne, con il margine dentato, brevemente picciolate, sono lunghe 7-12 cm, color verde scuro e lucide nella parte superiore e verde chiaro inferiormente, a volte riunite in verticilli. Sulle nervature è presente una colorazione rossastra. È una pianta con fiori ermafroditi, riuniti in infiorescenze terminali a pannocchia con asse pendulo. I fiori in numero di 15-30, sono bianchi e campanulati, formati da un piccolo calice, larghi 5-10 millimetri. Il frutto è rappresentato da una bacca globosa e carnosa, di colore rosso con superficie granulosa. Il frutto è edule e saporito.</p>
<p>Fenologia: Fiorisce in autunno-inverno (settembre-dicembre) e fruttifica da agosto a novembre dell'anno successivo, si presenta quindi contemporaneamente con i fiori ed i frutti.</p>
<p>Habitat ed ecologia: Il corbezzolo è spontaneo quasi lungo tutta la fascia costiera della penisola, e nelle isole maggiori e minori in consociazione con altre specie caratteristiche della macchia mediterranea, in particolare al Leccio. È una pianta che ben si adatta a molti tipi di substrato, con preferenza per i suoli sciolti e sub-acidi. Generalmente lo ritroviamo ad un'altitudine compresa tra 0-500 metri s.l.m. Mal sopporta le gelate intense e prolungate. È una pianta con una spiccata capacità di reazione agli incendi, in grado di emettere vigorosi polloni che le consentono di reagire velocemente.</p>
<p>Usi e curiosità: Del corbezzolo si utilizzano le foglie, le radici e i frutti. La fronda recisa con i frutti immaturi viene utilizzata per decorazioni ornamentali. Il legno è adatto per la lavorazione al tornio e per essere levigato. In Sardegna è particolarmente conosciuto per la produzione del tipico miele amaro dalle proprietà antisettiche e utilizzato spesso nella cura delle affezioni bronchiali. Inoltre, la sua trasformazione consente l'ottenimento di buonissime marmellate.</p>

¹³ Le schede sono tratte dal documento "Il mondo delle api" a cura di SardegnaForeste nell'ambito del II Progetto Miele. <https://www.sardegnaforeste.it/notizia/il-mondo-delle-api>

Tabella 13 - - Scheda botanica del mirto.

Mirto
<p>Nome scientifico: <i>Myrtus communis</i> L.</p> <p>Divisione: <i>Angiospermae</i></p> <p>Classe: <i>Dicotyledones</i></p> <p>Ordine: <i>Myrtales</i></p> <p>Famiglia: <i>Myrtaceae</i></p>
<p>Descrizione: Arbusto molto ramificato alto 1-3 metri di altezza, sempreverde, di forma da rotondeggiante-espansa a piramidale, irregolare. I rami sono disposti in modo opposto, la scorza è di colore rossastro negli esemplari giovanili e col tempo diventa grigiasta con screpolature. Le foglie sono coriacee, persistenti, opposte, con lamina lanceolata, ellittica o ovato-lanceolata, sessili o subsessili, lunghe 2-4 cm, di un colore verde scuro e molto aromatiche per l'elevato contenuto in terpeni. I fiori hanno numerosi stami con lunghi filamenti, sono di colore bianco con sfumature rosate, solitari o talvolta appaiati all'ascella delle foglie, sorretti da un lungo peduncolo. I frutti sono bacche più o meno tondeggianti di colore nero-bluastro sormontate dal calice persistente.</p>
<p>Fenologia: Fiorisce in maggio-giugno e fruttifica in ottobre-novembre.</p>
<p>Habitat ed ecologia: Il mirto è un arbusto diffuso nel mediterraneo, che vive in consociazione con altri elementi caratteristici della macchia, quali il lentisco ed i cisti, nella fascia litoranea e collinare. È una pianta che necessita di un clima mite ed è sensibile ai venti forti per cui lo si trova spesso localizzato nelle vallecole. Si adatta molto bene a qualsiasi tipo di terreno. Tollera bene la siccità. In estate esprime il massimo della sua bellezza quando la sua chioma verdastra si riempie di deliziosi fiorellini bianchi.</p>
<p>Usi e curiosità: Le bacche si utilizzano per preparare un ottimo liquore e per aromatizzare carni insaccate oppure olive. Il legno durissimo viene utilizzato per lavori d'intarsio, mentre le foglie ricche di tannino sono utilizzabili per la concia delle pelli.</p>

Nello specifico è importante sottolineare che la fenologia delle due specie è molto differente con una fioritura primaverile nel mirto e autunnale nel corbezzolo, il che rende possibile anche una diversificazione nella produzione del miele. Inoltre, entrambe le specie sono in grado di fornire frutti che potenzialmente possono costituire una produzione secondaria da affiancare a quella principale dell'allevamento di ovini e dell'apicoltura al fine di aumentare il reddito derivante dall'attività agricola.

Verifica del rispetto dei requisiti

Come anticipato nei paragrafi precedenti, l'impianto agrivoltaico per poter essere riconosciuto come tale deve possedere dei requisiti (requisito A e B). Inoltre, il rispetto dei requisiti A-B-C e D è necessario per soddisfare la definizione di impianto "agrivoltaico avanzato".

Requisito A: l'impianto rientra nella definizione di agrivoltaico.

Per il rispetto di tale requisito è necessaria la verifica dei seguenti parametri:

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola

A.1 - Superficie minima coltivata

Si deve garantire sugli appezzamenti oggetto d'intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico S_{tot}) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole BPA.

$$S_{agricola} \geq 0,7 \times S_{tot}$$

Si precisa che l'impianto prevede la coltivazione sia tra le fila dei moduli che al di sotto dei moduli (prato a pascolo). Dal progetto si stimano i seguenti parametri:

- $S_{tot} = 30,8308$ ha (area di proprietà);
- $S_{impianto\ totale} = 28,9481$ ha (area recintata, nella quale insistono le strutture dell'impianto)
- $S_{agricola} = 27,7704$ ha (area recintata al netto delle strutture dell'impianto)

Posto che il totale dell'area di progetto (S_{tot}) si attesta sui 28,9481 ha, si ottiene che la superficie agricola occuperà il 95,9% rispetto al totale della superficie interessata dall'intervento e, dunque, è rispettato il primo requisito utile per definire un impianto "agri-voltaico".

A.2 – Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)

Un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità". Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione si considera la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR). Tale percentuale deve essere \leq al 40%.

$$LAOR \leq 40\%$$

La superficie totale coperta dai moduli è pari a 10,8101 ha. Posta la superficie sulla quale insistono le strutture (superficie recintata) pari a 28,9481 ha, il LAOR del presente progetto è pari a 37,34%, quindi al di sotto del limite imposto dalle linee guida.

REQUISITO	PARAMETRO	PARAMETRO DI PROGETTO	STATO
A1	$S_{\text{agricola}} \geq 0,7 \times S_{\text{tot}}$	0,95	VERIFICATO
A2	LAOR $\leq 40\%$	37,34 %	VERIFICATO

Requisito B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli.

Nel corso della vita tecnica utile devono essere rispettate le condizioni di reale integrazione fra attività agricola e produzione elettrica valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

In particolare, dovrebbero essere verificate:

B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;

B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

B.1 – Continuità dell'attività agricola

Gli elementi da valutare per comprovare la continuità dell'attività agricola sono articolati in due sub-requisiti:

B.1.a) va accertata la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione dei campi AV e il valore della produzione negli anni solari successivi all'entrata in esercizio (espressa in €/ha o €/UBA - Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si potrebbe fare riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione. In alternativa è possibile monitorare il dato prevedendo la presenza di una zona di controllo che permetterebbe di produrre una stima della produzione sul terreno sotteso all'impianto

B.1.b) il mantenimento dell'indirizzo produttivo: ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate.

Per il calcolo dei requisiti si è proceduto ad operare il confronto tra le PST definite per la Regione Sardegna¹⁴, pre e post-intervento.

Tabella 14 - Stima della PST pre investimento.

SITUAZIONE ATTUALE					
Codice RICA	Descrizione	SOC_EUR	Unità di misura	Quantità	Produzione Parziale (€)
D18A	Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)	751,47	Ha	23,3908	17.577,48
F01	Prati permanenti e pascoli	360,00	Ha	6,916	2.489,76
Produzione Standard					20.067,24

Tabella 15 – Stima della PST dopo l'investimento. * il numero di capi stimati è del tutto prudenziale.

SITUAZIONE FUTURA					
Codice RICA	Descrizione	SOC_EUR	Unità di misura	Quantità	Produzione Parziale (€)
F01	Prati permanenti e pascoli	360,00	ha	29,2712	10.537,63
J18	Api (alveare)	189,65	Cad. (alveare)	40	7.586,00
J09B	Ovini – altri (arieti e agnelli)	164,30	Capo	176*	28.916,80
Produzione Standard					47.040,43

La produzione Standard Totale post investimento è molto maggiore rispetto a quella pre-investimento, per cui il requisito è ampiamente soddisfatto. Inoltre non è stata considerata la potenziale produttività delle fasce di mitigazione che, nel caso fossero messe in produzione, farebbero ulteriormente aumentare la PST.

Come si evince dal quadro del calcolo della PST, le produzioni agricole implementate nel sistema agrivoltaico comportano un aumento della produttività dell'azienda: difatti si passa da una coltivazione basata sulla produzione di foraggi all'allevamento di ovini e all'apicoltura che comportano un aumento significativo della PST e quindi ad un indirizzo produttivo con valore economico maggiore.

B.2 – Producibilità elettrica minima

¹⁴ <https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>

La producibilità elettrica minima viene stabilita attraverso un rapporto tra la produzione specifica di un impianto agrivoltaico e la producibilità elettrica specifica di un impianto fotovoltaico standard costituito da strutture fisse con inclinazione di 12° che interessi la stessa area di impianto. La producibilità dell'impianto agrivoltaico non deve essere inferiore al 60% della producibilità dell'impianto standard.

$$FV_{agri} \geq 0,6 \times FV_{standard}$$

Ai fini di verificare il rispetto del requisito in esame, si espongono, di seguito, le produzioni specifiche di un impianto fotovoltaico standard e dell'impianto agrivoltaico sulla medesima superficie di progetto, pari 28.94.81 ha (area recintata).

a. Produzione elettrica specifica impianto fotovoltaico standard:

L'impianto fisso orientato a SUD, collocato nello stesso sito dell'impianto agrivoltaico di progetto (su una superficie di 10.81.01 ha):



$FV_{standard} = 1,489,39$ GWh/ha/anno calcolato con applicativo PVGIS

b. Produzione elettrica specifica impianto fotovoltaico di progetto

- produzione elettrica totale impianto di progetto= 42,391 GWh_{anno}
- superficie impianto agrivoltaico (area recintata) = 28,94 ha produzione elettrica specifica:
- $FV_{agri} = 42,391 \text{ GWh}_{anno} / 28,94 \text{ ha} = 1,464 \text{ GWh/ha/anno}$

c. Rapporto tra produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico (FV_{agri}) e dell'impianto fotovoltaico ($FV_{standard}$)

- $FV_{standard} = 1,489$ GWh/ha/anno
- $FV_{agri} = 1,464$ GWh/ha/anno
- $FV_{agri} / FV_{standard} = 98.32 \% > 60\% - \text{REQUISITO RISPETTATO}$

REQUISITO	PARAMETRO	PARAMETRO DI PROGETTO	STATO
B1	$PST_{post} > PST_{pre}$	$PST_{post} = 47040,43$ $PST_{pre} = 20067,24$	VERIFICATO
B2	$FV_{agri} / FV_{standard} = > 60\%$	98.32%	VERIFICATO

REQUISITO C: l'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra

La configurazione spaziale del sistema agrivoltaico, e segnatamente l'altezza minima di moduli da terra, influenza lo svolgimento delle attività agricole su tutta l'area occupata dall'impianto agrivoltaico o solo sulla porzione che risulti libera dai moduli fotovoltaici. Nel caso delle colture agricole, l'altezza minima dei moduli da terra condiziona la dimensione delle colture che possono essere impiegate (in termini di altezza), la scelta della tipologia di coltura in funzione del grado di compatibilità con l'ombreggiamento generato dai moduli, la possibilità di compiere tutte le attività legate alla coltivazione ed al raccolto. Le stesse considerazioni restano valide nel caso di attività zootecniche, considerato che il passaggio degli animali al di sotto dei moduli è condizionato dall'altezza dei moduli da terra.

Il progetto in esame è realizzato adottando una tecnologia su strutture fisse con altezza minima dei moduli pari a 1,30 metri dal suolo, tale da consentire l'attività zootecnica ed in particolare l'allevamento di ovini. Pertanto l'impianto ricade nel TIPO 1 (così come definito dalle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici):

- TIPO 1) l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici.

REQUISITO	PARAMETRO	PARAMETRO DI PROGETTO	STATO
C	$H_{moduli} \geq 1,30 \text{ m}$	$H_{moduli} = 1,30 \text{ m}$	VERIFICATO

REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio

Il Decreto Legge 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio:

D.1) il risparmio idrico;

D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

In aggiunta a quanto sopra, al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrivoltaiche, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri (REQUISITO E):

E.1) il recupero della fertilità del suolo;

E.2) il microclima;

E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

D.1 Monitoraggio del risparmio idrico

Secondo le Linee Guida il fabbisogno irriguo per l'attività agricola può essere soddisfatto attraverso:

- auto-provvigionamento: l'utilizzo di acqua può essere misurato dai volumi di acqua dei serbatoi/autobotti prelevati attraverso pompe in discontinuo o tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi di acqua o bacini idrici, o tramite la conoscenza della portata concessa (l/s) presente sull'atto della concessione a derivare unitamente al tempo di funzionamento della pompa;
- servizio di irrigazione: l'utilizzo di acqua può essere misurato attraverso contatori/misuratori fiscali di portata in ingresso all'impianto dell'azienda agricola e sul by-pass dedicato all'irrigazione del sistema agrivoltaico, o anche tramite i dati presenti nel SIGRIAN;
- misto: il cui consumo di acqua può essere misurato attraverso la disposizione di entrambi i sistemi di misurazione suddetti.

Le stesse linee guida indicano che nelle aziende con colture in asciutta, invece, il tema riguarderebbe solo l'analisi dell'efficienza d'uso dell'acqua piovana, il cui indice dovrebbe evidenziare un miglioramento conseguente la diminuzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento causato dai sistemi agrivoltaici. Nelle aziende non irrigue il monitoraggio di questo elemento dovrebbe essere escluso.

Il presente progetto agronomico non prevede la coltivazione di colture irrigue o di colture in asciutta: si tratta infatti di prati-pascoli non irrigui.

Tuttavia, al fine di monitorare gli effetti della presenza dei pannelli sull'eventuale fabbisogno idrico del prato-pascolo derivante dall'installazione dei pannelli APV, verranno determinate due aree studio permanenti di 4 m², posizionate una sotto la fascia ombreggiata ed una nella fascia di pieno campo. Nelle due aree studio verrà installata la sensoristica necessaria (sensori in grado di misurare la % di acqua nel terreno) alla determinazione del fabbisogno e deficit idrico della coltura nelle due

differenti condizioni. Le valutazioni agronomiche riguardanti il risparmio idrico derivante dall'installazione di pannelli APV verranno riportate nella relazione agronomica, redatta ogni 3 anni.

D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Il monitoraggio della continuità agricola verrà assicurato tramite la redazione con cadenza periodica di una relazione tecnica asseverata da un agronomo. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).

Inoltre è intenzione della futura azienda di aderire alla rete RICA.

REQUISITO	PARAMETRO	PARAMETRO DI PROGETTO	STATO
D1	Monitoraggio del fabbisogno idrico	Monitoraggio del contenuto idrico tramite aree permanenti nelle due condizioni (piena luce e semi-ombra) e redazione di relazione.	VERIFICATO
D2	Monitoraggio della continuità dell'attività agricola	Relazione tecnica asseverata da parte di un agronomo	VERIFICATO

E.1 Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo

L'intervento prevede la conversione di un prato avvicendato a prato-pascolo permanente, apportando un significativo miglioramento della fertilità del suolo. In aggiunta il prato-pascolo permanente non prevede la lavorazione del terreno, l'uso di fertilizzanti chimici di sintesi, diserbanti e altri prodotti fitosanitari, favorendo la tutela delle acque dall'inquinamento e la conservazione e ripristino della fertilità dei suoli. In aggiunta la conversione a prato-pascolo permanente cooccorre a perseguire gli obiettivi in termini di adattamento ai cambiamenti climatici, in quanto consente di aumentare la capacità del terreno di assorbire e di trattenere l'acqua, sia in termini di mitigazione, riducendo l'emissione di CO₂ che si avrebbe in caso di ordinaria lavorazione del terreno, per mineralizzazione della sostanza organica.

Il monitoraggio di tali aspetti verrà effettuato tramite relazione asseverata da parte di un agronomo.

E.2 Monitoraggio del microclima

Il monitoraggio del microclima verrà eseguito mediante l'installazione di apposita sensoristica per la rilevazione dei seguenti parametri:

- temperatura ambiente esterno e retro modulo misurata con sensore PT100 da localizzare nelle aree di monitoraggio;
- umidità dell'aria dell'ambiente esterno e del retro-modulo misurata con igrometri/psicrometri da localizzare nelle aree di monitoraggio;
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.

Le valutazioni agronomiche riguardanti il microclima derivante dall'installazione di pannelli APV verranno riportate nella relazione agronomica, redatta annualmente.

E.3 Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici

In fase di progettazione esecutiva si provvederà a produrre una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento.

REQUISITO	PARAMETRO	PARAMETRO DI PROGETTO	STATO
E1	Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo	Relazione tecnica asseverata da parte di un agronomo	VERIFICATO
E2	Monitoraggio del microclima	Installazione di apposita sensoristica e relazione tecnica asseverata da parte di un agronomo	VERIFICATO
E3	Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici	Redazione della relazione del rispetto del principio DNSH in fase di progettazione esecutiva	VERIFICATO

Conclusioni

Il progetto in esame prevede l'installazione di un impianto agro-voltaico di tipo avanzato in grado di produrre 42.391.019 kWh di energia. L'impianto agro-voltaico richiede la coesistenza delle attività agricole con la produzione di energia da fonte rinnovabile. Le attività agricole praticate nella zona sono principalmente da ricondurre all'allevamento sia bovino che ovino e dai seminativi perlopiù estensivi. Le caratteristiche dei suoli, inquadrabili tra le classi VI e VII della classificazione della Land Capability, non offrono molte possibilità di implementare sistemi di coltivazioni spinti ed intensivi. Alla luce di tali considerazioni, si è tentato di sviluppare un piano aziendale che tenesse in conto delle vocazioni naturali dell'area. L'attività agricola è stata basata sulla diversificazione delle produzioni ed implementando una trasformazione delle superfici avvicendate in permanenti (prato polifita permanente), da utilizzare per l'allevamento estensivo ovino. Dal punto di vista ambientale e dell'agro-ecosistema la trasformazione da prato avvicendato a prato-pascolo permanente comporta numerosi vantaggi tra i quali un minor input di energia, una maggiore capacità di assorbimento del carbonio da parte del suolo, un aumento della biodiversità vegetale e di conseguenza di quella animale. L'allevamento ovino, praticato fin dall'antichità nella zona, permette di aumentare significativamente la produzione standard della futura gestione, ed è del tutto compatibile con l'ambiente naturale e contribuisce al mantenimento dello stesso. Inoltre l'integrazione tra la produzione di energia solare e dell'allevamento contribuisce in maniera significativa all'abbattimento delle emissioni se comparato con sistemi tradizionali di allevamento e di fotovoltaico. Uno studio LCA (Life Cycle Assessment) condotto negli USA nel 2022¹⁵ ha dimostrato come l'implementazione di un sistema agrivoltaico sia superiore se comparato a 2 scenari classici, ossia di allevamento tradizionale e produzione di energia fotovoltaica da pannelli, allevamento tradizionale e produzione di energia da fonti tradizionali (fonti fossili). Secondo tale analisi, l'implementazione di un sistema agrivoltaico ha permesso di ridurre la quantità di foraggi necessari per l'allevamento degli ovini e una minor manutenzione del sistema di produzione di energia (una riduzione stimata nel caso studio del 4% di emissioni di gas serra). Altri vantaggi sono legati alla riduzione nell'utilizzo dei pesticidi (passando da un'alimentazione classica basata sulla produzione di mangimi ad una alimentazione proveniente perlopiù da foraggi freschi). I benefici di un impianto agrivoltaico si sono rilevati ancora più maggiori se comparati con il secondo scenario in quanto per la produzione della stessa quantità di energia, le fonti tradizionali sono circa 10 volte più impattanti rispetto all'agrivoltaico in termini di emissioni. I risultati dello studio hanno infine dimostrato che, generalizzando, ogni ovino allevato in un sistema agrivoltaico permette di ridurre le emissioni di circa 103 Kg CO₂ per ogni anno rispetto ad un allevamento tradizionale.

¹⁵ Handler R, Pearce JM. 2022. Greener sheep: Life cycle analysis of integrated sheep agrivoltaic systems. Cleaner Energy Systems. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2022.100036>

Infine, l'implementazione dell'attività apistica costituisce un valore aggiunto di fondamentale importanza, in linea con quelli che sono gli obiettivi regionali del settore agricolo. L'attività apistica permette l'aumento delle rese tramite il fondamentale servizio ecosistemico di impollinazione. Difatti circa il 75% delle colture alimentari a livello mondiale dipendono dall'impollinazione animale. Alcuni studi¹⁶ hanno dimostrato che nei sistemi agrivoltaici, le condizioni di semi-ombra che si vengono a creare a causa dei moduli, in ambienti caratterizzati da periodi di aridità favorisce l'abbondanza di specie floristiche e provoca un ritardo del periodo di inizio fioritura e con potenziali benefici per gli impollinatori come conseguenza dell'aumento della disponibilità di fiori nel pieno e in tarda stagione estiva, a differenza delle aree in pieno sole. Ciò è dovuto principalmente alle mutazioni delle condizioni microclimatiche in condizioni di semi-ombra.

In conclusione si può affermare che il progetto agrivoltaico in esame non presenta impatti negativi significativi, mentre tra gli impatti positivi, sull'agro-ecosistema si possono annoverare:

- aumento della produzione standard dei terreni e conseguente aumento della redditività;
- miglioramento ambientale delle superfici avvicendate tramite trasformazioni in pascoli permanenti (assenza di lavorazioni del terreno, di utilizzo di diserbanti, fertilizzanti chimici di sintesi e altri prodotti fitosanitari), favorendo la tutela delle acque dall'inquinamento e la conservazione e ripristino della fertilità dei suoli;
- aumento della biodiversità vegetale e di conseguenza faunistica;
- aumento del servizio di impollinazione;
- aumento della capacità di sequestro di carbonio dei terreni attraverso la conversione da un prato avvicendato ad uno permanente. Utilizzando i parametri di sequestro di carbonio da letteratura di un terreno seminativo¹⁷ (58,1 Mg C/ha) e di un prato pascolo naturale¹⁸ (78,9 Mg C/ha) si può stimare un aumento della capacità di sequestro del Carbonio pari a 20,8 Mg C/ha x 22,0590 ha (superficie trasformata in prato permanente) = 458,82 tonnellate di carbonio in più sequestrate ogni anno rispetto allo stato attuale;
- aumento della capacità di sequestro del carbonio grazie alla fascia di mitigazione;
- adattamento ai cambiamenti climatici aumentando la capacità del terreno di assorbire e trattenere l'acqua;
- Infine l'adozione di pratiche agricole che concorrono a migliorare la gestione del suolo e/o prevenirne l'erosione (agricoltura conservativa) è esplicitamente prevista tra le azioni

¹⁶ Greham et al. 2021. Partial shading by solar panels delays bloom, increases floral abundance during the late-season for pollinators in a dryland, agrivoltaic ecosystem. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86756-4>

¹⁷ Chiti et al. 2012. Soil organic carbon stock assessment for the different cropland land uses in Italy. [10.1007/s00374-011-0599-4](https://doi.org/10.1007/s00374-011-0599-4)

¹⁸ ISPRA 2014. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990–2012. National Inventory Report 2014. ISPRA, Rapporti 198/14. ISBN 978-88-448-0654-5

benefiche per il clima e l'ambiente indicate per l'agricoltura nel Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici.