

Relazione agro-pedologica e piano colturale

Progetto definitivo

Impianto agrivoltaico "F-SASSA"

Comune di Sassari (SS)

Località Predda Bianca



N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	IT/FTV/F-SASSA/PDF/A/RS/010-a
a	Emissione	FC	Asja Sassari S.r.l.	GF – IAT S.r.l.	29/02/2024 Corso Vittorio Emanuele II, 6 10123 Torino - Italia asja.sassari@pec.it

PROGETTAZIONE:

I.A.T. Consulenza e Progetti S.r.l.

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore Tecnico)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Pian. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Pian. Terr. Veronica Fais

Dott. Fabio Mancosu

Ing. Gianluca Melis

Dott. Fabrizio Murru

Ing. Andrea Onnis

Pian. Terr. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

Ing. Marco Utzeri

COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Aspetti geologici e geotecnici: Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Alessio Musu

Caratterizzazione agro-pedologica: Dott. Agronomo Federico Corona

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Fabio Schirru

Aspetti archeologici: Dott.ssa Anna Luisa Sanna

INDICE

1	PREMESSA	5
2	IL CONTESTO TECNICO E NORMATIVO DI RIFERIMENTO	7
2.1	Definizioni di “Agro-Voltaico”	7
2.2	Potenzialità dell’agrivoltaico per i sistemi agricoli.....	8
2.3	Parametri tecnici e requisiti degli impianti agrivoltaici e agrivoltaici avanzati secondo il D.L. 199/2021 e le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici	11
3	INQUADRAMENTO CATASTALE	15
4	INQUADRAMENTO URBANISTICO	16
5	INQUADRAMENTO CLIMATICO	17
5.1	Temperature.....	18
5.2	Precipitazioni	18
5.3	5.3 Evapotraspirazione.....	20
6	CARATTERIZZAZIONE PEDOLOGICA DEL SITO	22
6.1	Piano delle osservazioni pedologiche	23
7	IL METODO DELLA LAND CAPABILITY CLASSIFICATION	27
7.1.1	<i>Classificazione secondo la Land Capability Classification.....</i>	<i>30</i>
8	ASSETTO AGRICOLO ATTUALE E PIANIFICAZIONE DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO.....	32
8.1	Uso attuale del suolo e contesto agrario	32
8.2	Analisi storica dell’uso del suolo	32
8.3	Uso futuro del suolo e suo inserimento nel contesto agrario	37
8.3.1	<i>Premessa metodologica.....</i>	<i>37</i>
8.3.2	<i>Principali operazioni colturali.....</i>	<i>41</i>
8.3.3	<i>Azioni di miglioramento del contesto agricolo-ambientale</i>	<i>46</i>
8.3.4	<i>Indicazione dei costi delle opere di miglioramento fondiario necessarie.....</i>	<i>47</i>
8.3.5	<i>Comparazione con la situazione ex ante.....</i>	<i>47</i>
8.3.6	<i>Analisi costi-benefici relativa alle coltivazioni</i>	<i>48</i>
9	RISPONDENZA DEL SISTEMA AI REQUISITI DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO	50
10	ANALISI DEGLI IMPATTI POTENZIALI DEL PROGETTO SUL SISTEMA AGRICOLO	54
10.1	Suolo	54

10.2	Agricoltura	54
11	BIBLIOGRAFIA	58
12	ALLEGATO A) – COMPUTO METRICO	60

1 PREMESSA

La presente relazione agronomica è parte integrante del progetto di un sistema agrivoltaico, da realizzarsi su inseguitori solari monoassiali. Il sistema, insistente su una superficie lorda complessiva di circa 47,44 ettari, è ubicato in agro del Comune di Sassari (SS) in Località "Predda Bianca".

Scopo del presente lavoro è quello di effettuare la caratterizzazione in via preliminare delle risorse pedo-agronomiche delle aree di intervento e di eseguire tutti i necessari rilievi, gli studi e la classificazione pedologica dell'area. Tale attività ha previsto la raccolta ed analisi dei dati disponibili e l'esecuzione di rilievi in campo, comprendendo l'esecuzione dei profili di studio pedologico, la raccolta di campioni rappresentativi dell'area oggetto di indagine e la successiva analisi fisica interna mediante prova al setaccio e prova di reazione all'HCl, determinazione della dimensione e della forma delle aggregazioni e loro grado e consistenza, indicazione della scala cromatica con riferimento alla Munsell Soil Color Code. Sulla base dei risultati ottenuti, lo studio ha previsto l'elaborazione del piano culturale per il sistema agrivoltaico e la stima dei relativi costi da inserire in progetto, assicurando la verifica/dimostrazione che il sistema agrivoltaico sia conforme alle LLGG ministeriali del giugno 2022, anche attraverso l'elaborazione del piano di monitoraggio previsto per la tipologia di impianto AgriPV "avanzato" di cui all'art. 65 comma 1-quater e 1-quinquies del DL 24/01/2012 n. 1.

La centrale solare in progetto avrà una potenza complessiva in immissione di 24,975 MW_{AC}, valore ottenuto dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter (potenza nominale lato DC pari a 30,157 MW_P), e comprenderà n. 895 inseguitori solari monoassiali di cui n. 133 da 2x13 moduli FV e n. 762 da 2x26 moduli FV.

Il preventivo di connessione con codice pratica Terna n. 202204229 prevede che l'impianto sia collegato in antenna sulla sezione a 36 kV di una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150/36 kV della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Fiumesanto Carbo – Ittiri".

Il campo solare sarà suddiviso elettricamente in n. 2 blocchi di potenza (sottocampi); l'energia prodotta dai moduli FV in corrente continua verrà convogliata agli inverter, opportunamente distribuiti all'interno del campo solare, al fine di essere convertita in alternata ed essere resa disponibile alle cabine di trasformazione, equipaggiate di trasformatori elevatori da 4,0 MVA e 3,15 MVA. All'interno delle suddette cabine la tensione verrà elevata dal livello di 800 V al livello di 36 kV prima del successivo vettoriamento dell'energia, attraverso cavidotti interrati a 36 kV, alla cabina di raccolta prevista all'interno dei confini dell'impianto.

Risulta, inoltre, parte integrante del progetto la realizzazione di una cabina elettrica di utenza,

avente la funzione di sezionamento e protezione delle linee a 36 kV provenienti dall'impianto, nei pressi dell'area in cui sorgerà la futura Stazione di Terna in località *Gianna de Mare* (Sassari).

L'elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento alla citata Stazione RTN rappresenta impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Si stima che l'impianto produrrà 65.298 MWh annui di elettricità, permettendo un risparmio di CO₂ immessa in atmosfera pari a 918.617 tonnellate nell'arco della sua vita utile, stimata in 30 anni.

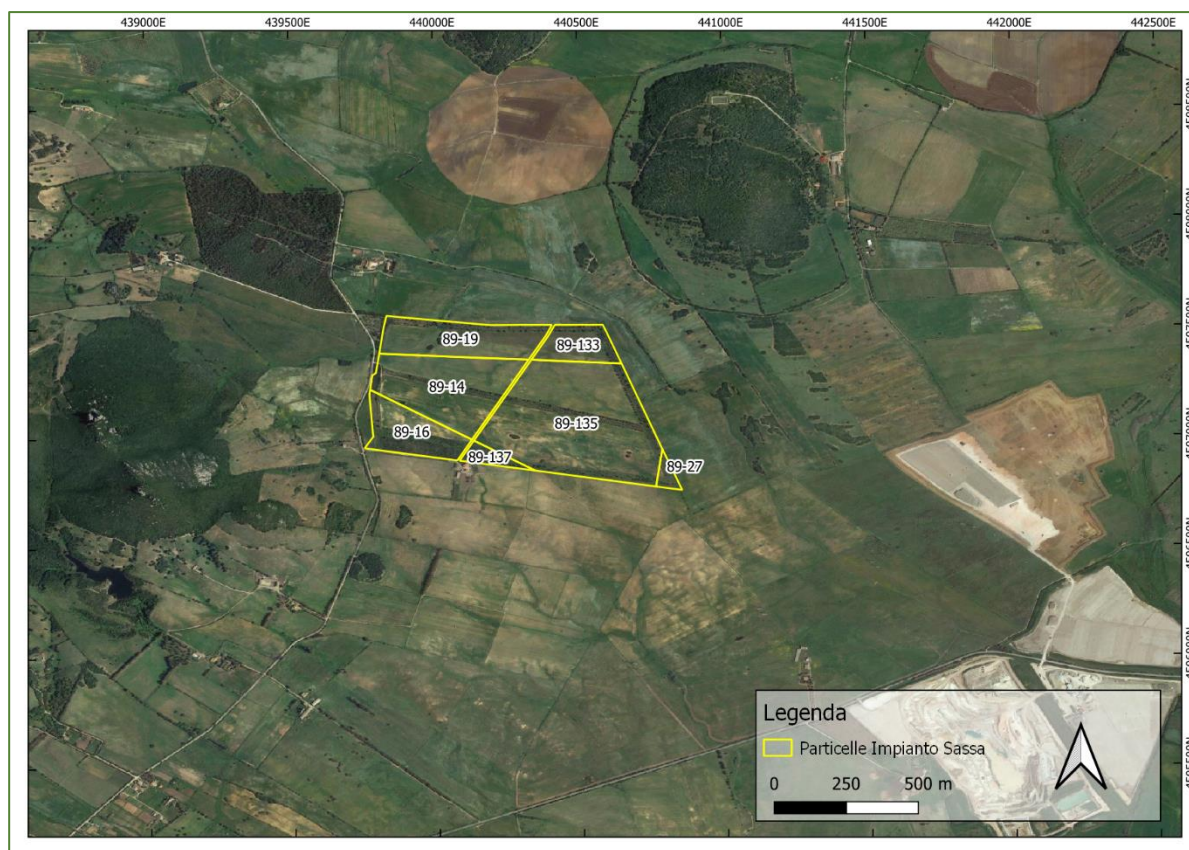


Figura 1-1 – Inquadramento su ortofoto

2 IL CONTESTO TECNICO E NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1 Definizione normativa di “Agro-Voltaico”

Le locuzioni “agro-fotovoltaico” o “agro-voltaico” o ancora “agri-voltaico” e “agro-photovoltaic” e le relative abbreviazioni “AFV”, “AV” o “APV” indicano un moderno sistema di utilizzo dei terreni agricoli che integra la produzione di energia elettrica a quella agricola, mediante la realizzazione di strutture capaci di captare e convertire l’energia solare in energia elettrica.

La categoria degli impianti agro-fotovoltaici ha trovato nel 2021 una prima definizione normativa in una fonte di livello primario che ne riconosce la diversità e le peculiarità rispetto ad altre tipologie di impianti. Infatti, l’articolo 31 del D.L. 77/2021 (*Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure*), come convertito dalla L. 108/2021, nel modificare l’art. 65 del D.L. 24 gennaio 2012 n. 1, ha introdotto, al comma 5, una definizione di impianto agro-fotovoltaico che, per le sue caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia rinnovabile, è ammesso a beneficiare delle premialità statali. Nel dettaglio, gli impianti agro-fotovoltaici sono impianti che *“adottino soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l’applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione. 1 -quinquies. L’accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1 - quater è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano 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.”*

Il riferimento puntuale all’altezza di elevazione dei pannelli da terra idonea a consentire la pratica agricola, non specificato dal D.L. 77/2021, è stato poi introdotto dalle Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici del giugno 2022 e, in riferimento ai cosiddetti “impianti agrivoltaici avanzati”, dal recente D.L. 436/2023 emanato in attuazione dell’articolo 14, comma 1, lettera c), del decreto legislativo n. 199 del 2021 per incentivare la realizzazione, entro il 30 giugno 2026, di sistemi agrivoltaici di natura sperimentale.

In questo documento, al fine di garantire una maggiore chiarezza su quelli che sono i recenti riferimenti normativi, appare comunque doveroso richiamare alcune definizioni riportate nelle predette linee Guida MiTE.

- Impianto fotovoltaico: insieme di componenti che producono e forniscono elettricità ottenuta per mezzo dell’effetto fotovoltaico; esso è composto dall’insieme di moduli

fotovoltaici e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche in corrente alternata o in corrente continua e/o di immetterla nella rete di distribuzione o di trasmissione.

- Impianto agrivoltaico (o agrovoltaico, o agro-fotovoltaico): impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione;
- Impianto agrivoltaico avanzato: impianto agrivoltaico che, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm.:
 - adotta soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.
 - prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.
- Sistema agrivoltaico avanzato: sistema complesso composto dalle opere necessarie per lo svolgimento di attività agricole in una data area e da un impianto agrivoltaico installato su quest'ultima che, attraverso una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, integri attività agricola e produzione elettrica, e che ha lo scopo di valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi, garantendo comunque la continuità delle attività agricole proprie dell'area.

2.2 Potenzialità dell'agrivoltaico per i sistemi agricoli

Negli ultimi decenni, l'agricoltore, sotto la pressione della variabilità dei prezzi dei prodotti, dei costi dei mezzi tecnici e delle politiche agricole comunitarie, ha sperimentato una progressiva limitazione nella possibilità di scelta delle colture da inserire negli avvicendamenti colturali. Oltre a questo, anche l'ampia disponibilità di mezzi tecnici ha determinato la diminuzione delle specie coltivate e la diffusione di poche colture.

In questo contesto il reddito aggiuntivo derivante dal fotovoltaico potrebbe consentire all'agricoltore di conseguire una maggiore autonomia nelle proprie scelte aziendali, tradizionalmente orientate secondo logiche di compatibilità con il territorio e sostenibilità ambientale. Tale processo potrebbe essere accompagnato da un ritorno, in alcuni territori, di

colture tipiche, ormai quasi del tutto scomparse.

L'agrivoltaico quindi, diventa un efficace strumento per la multifunzionalità dei sistemi agricoli, incentivando anche l'utilizzo produttivo di superfici agricole ormai non più coltivate o non valorizzate adeguatamente per la loro bassa redditività.

Le strutture di sostegno delle coperture fotovoltaiche possono essere considerate come fattori che possono favorire:

- la diffusione delle tecniche di “*agricoltura conservativa*”, per minimizzare le limitazioni alla libera movimentazione dei macchinari agricoli sulla superficie;
- la presenza di aree ad elevata biodiversità (siepi, strisce inerbite con specie spontanee, bande inerbite con specie mellifere o con specie utilizzate dalla fauna selvatica).

Di conseguenza, la diffusione dell'agrivoltaico potrebbe permettere la nascita di sistemi colturali ad elevata sostenibilità ambientale ed economica, andando anche ad aumentare il legame tra produzione agricola e territorio.

Ciò premesso, la reale capacità produttiva dei sistemi agrovoltaici è un argomento di grande interesse per la comunità scientifica e attualmente oggetto di specifiche ricerche in diverse parti del mondo.

Ad esempio, una recente ricerca dagli Stati Uniti dal titolo “*Herbage Yield, Lamb Growth and Foraging Behaviour in Agrivoltaic Production System, pubblicato su Frontiers in Sustainable Food Systems*”, ha mostrato i numerosi vantaggi derivanti dalla combinazione tra il pascolo di agnelli e la produzione di energia solare. I ricercatori hanno scoperto, in particolare, che il rendimento complessivo del pascolo era lo stesso sia nei pascoli solari che nei campi aperti senza pannelli fotovoltaici.

Gli scienziati della Oregon State University hanno confrontato la crescita degli agnelli e la produzione di pascoli in sistemi agrovoltaici e pascoli aperti tradizionali per un periodo di due anni e hanno scoperto che la combinazione del pascolo di agnelli con la produzione di energia fotovoltaica ha diversi vantaggi per entrambe le attività.

La ricerca è stata condotta in una struttura agrovoltaica da 1,4 MW situata all'interno dell'università della Oregon State University nella primavera tra il 2019 e il 2020, costituita da un impianto fotovoltaico orientato a est-ovest con i pannelli posti ad una distanza di 6 m tra le file. Questa disposizione offriva 3 metri di aree completamente ombreggiate e 3 metri di aree parzialmente ombreggiate (copertura al 50%). Sui terreni è stata misurata la quantità di biomassa prodotta e sono stati fatti pascolare liberamente gli agnelli, andando poi a rilevare gli incrementi di peso (indice di conversione in carne). Il risultato è stato che, a fronte di una

riduzione media della produzione di erba (-38%), si è avuto un incremento della qualità della stessa tale da determinare variazioni sul peso degli agnelli (rispetto ai metodi tradizionali) del tutto trascurabili. Inoltre, si è rilevato che gli agnelli preferivano pascolare nelle zone in ombra, direttamente sotto i pannelli solari, per il 45%. Le attività di ruminazione invece avvenivano all'ombra dei pannelli per il 95% del tempo.

Altri studi tendono a comparare il grado di mantenimento degli habitat naturali nei sistemi agrivoltaici con quelli dei sistemi colturali ad elevata intensità.

Nel documento dal titolo "*Opportunities to enhance pollinator biodiversity in solar parks*" viene spiegato come la biodiversità potrebbe essere influenzata sia positivamente che negativamente dai parchi solari e dal cambiamento dell'uso del suolo associato. Nei paesaggi agricoli gestiti in modo intensivo e poveri di specie, tuttavia, i parchi solari possono aiutare a ripristinare le condizioni ideali per gli habitat degli impollinatori. "*La creazione di habitat idonei sui parchi solari, che sono comunemente situati tra terreni agricoli a gestione intensiva, potrebbe offrire rifugi per gli impollinatori in paesaggi in cui è stato perso molto habitat, aumentando anche l'eterogeneità e la connettività del paesaggio*", hanno sottolineato gli scienziati.

Infine, si cita lo studio dal titolo "*Partial shading by solar panels delays bloom, increases floral abundance during the late-season for pollinators in a dryland, agrivoltaic ecosystem*" attraverso il quale sono stati indagati gli effetti dei pannelli solari sulla composizione delle piante, tempo di fioritura e comportamento di bottinamento degli impollinatori da giugno a settembre (dopo il picco di fioritura) in aree in piena ombra e in zone a ombra parziale sotto i pannelli solari, nonché in aree in pieno sole (controlli) al di fuori dei pannelli solari. Si è riscontrato che l'abbondanza floreale è aumentata e il tempo di fioritura è stato ritardato nelle parcelle in ombra parziale, il che ha il potenziale per avvantaggiare gli impollinatori di fine stagione negli ecosistemi con acqua limitata. L'abbondanza, la diversità e la ricchezza degli impollinatori erano simili in aree in pieno sole e in ombra parziale, entrambe maggiori che in piena ombra. I tassi di visita dei fiori impollinatori non differivano tra i trattamenti a questa scala. Ciò dimostra che gli impollinatori usano l'habitat sotto i pannelli solari, nonostante le variazioni nella struttura della comunità attraverso i gradienti d'ombra.

Vista la novità del settore, la letteratura scientifica di riferimento è ancora carente in Italia e non sono presenti modelli di gestione agronomica appositamente implementati sulla base di esperienze documentate in campo, per cui ci si aspetta in un immediato futuro di avere sempre più parametri per il dimensionamento, la comprensione e la valutazione delle potenzialità dell'agrivoltaico per i sistemi agricoli e le modalità di convivenza con gli usi

tradizionali dei suoli.

2.3 Parametri tecnici e requisiti degli impianti agrivoltaici e agrivoltaici avanzati secondo il D.L. 199/2021 e le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, composto da due sottosistemi ben definiti, ma spazialmente integrati: un sottosistema energetico ed uno agronomico.

I sistemi agrivoltaici, in funzione del contesto e del sito di progetto, possono essere caratterizzati da diverse configurazioni spaziali (campo solare con grado di copertura più o meno “denso”) e livelli di integrazione tra gli usi ed innovazione differenti, con il fine di massimizzare le sinergie produttive tra i due sottosistemi (energetico e colturale).

In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole possono trovarsi in antagonismo poiché le soluzioni spinte verso la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa. È dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

Così, affinché un sistema fotovoltaico possa essere definito “agrivoltaico” o “agrivoltaico avanzato”, devono essere rispettate delle condizioni strutturali e dei parametri tecnici specifici.

Requisito	Definizione generale	Sub Requisito	Definizione specifica
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	A.1 Superficie minima per l'attività agricola	Sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, S_{tot}) almeno il 70% della superficie è destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA). $S_{agricola} \geq 0,7 S_{tot}$
		A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)	Al fine di non limitare l'adizione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR (% di superficie complessiva coperta dai moduli del 40 %): $LAOR \leq 40\%$

Requisito	Definizione generale	Sub Requisito	Definizione specifica
	sottosistemi;		
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;	B.1 Continuità dell'attività agricola: esistenza e resa della coltivazione e mantenimento dell'indirizzo produttivo	Confronto del valore produttivo <i>ante operam</i> con quello <i>post operam</i> . PSa ≤ PSp Mantenimento dell'indirizzo produttivo o passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP
		B.2 Producibilità elettrica minima	La produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV _{agri} in GWh/ha/anno), paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FV _{standard} in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima: FV_{agri} ≥ FV_{standard}
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.		L'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto agrivoltaico. <ul style="list-style-type: none"> • 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame); • 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

Requisito	Definizione generale	Sub Requisito	Definizione specifica
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;	D.1 Monitoraggio del risparmio idrico	Per aziende in asciutta, 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. Prevedere specifiche soluzioni integrative che pongano attenzione all'efficientamento dell'uso dell'acqua (sistemi per il risparmio idrico e gestione acque di ruscellamento)
		D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola	Verifica dell'esistenza e della resa della coltivazione; Verifica del mantenimento dell'indirizzo produttivo. Mediante relazione tecnica asseverata da un agronomo.
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.	E.1 Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo	Tramite analisi chimiche integrate nella relazione di cui al sub requisito D.2
		E.2 Monitoraggio del microclima	Tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto
		E.3 Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici	In fase di progettazione: produrre una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento; In fase di monitoraggio: il soggetto erogatore degli eventuali incentivi verificherà l'attuazione delle soluzioni di adattamento climatico eventualmente individuate nella relazione di cui al punto precedente (ad esempio tramite la richiesta di

Requisito	Definizione generale	Sub Requisito	Definizione specifica
			documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale).

Il rispetto simultaneo dei quattro requisiti A, B, C e D è condizione necessaria e sufficiente per consentire 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-condizioni per l'accesso ai contributi del PNRR, fermo restando che, nell'ambito dell'attuazione della misura Missione 2, Componente 2, 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.

Il rispetto dei soli requisiti A, B è necessario invece per definire un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola come “agrivoltaico” e per tale tipologia di impianti dovrebbe inoltre essere previsto anche il rispetto del requisito D.2.

3 INQUADRAMENTO CATASTALE

Dal punto di vista amministrativo l'area ricade interamente nel perimetro delle aree del Comune di Sassari, ed è individuata catastalmente dai seguenti identificativi:

Comune	Foglio	Particella	Qualità	Superficie (mq)	Superficie (ha)
Sassari	B 89	14	Seminativo	122093	12,2093
Sassari	B 89	16	Seminativo	64207	6,4207
Sassari	B 89	19	Seminativo	89929	8,9929
Sassari	B 90	27	Seminativo	8108	0,8108
Sassari	B 89	133	Seminativo	37895	3,7895
Sassari	B 89	135	Seminativo	273572	27,3572
Sassari	B 89	137	Seminativo	12772	1,2772
Sassari	B 89	137	Pascolo arborato	494	0,0494
Totale				609070	60,907

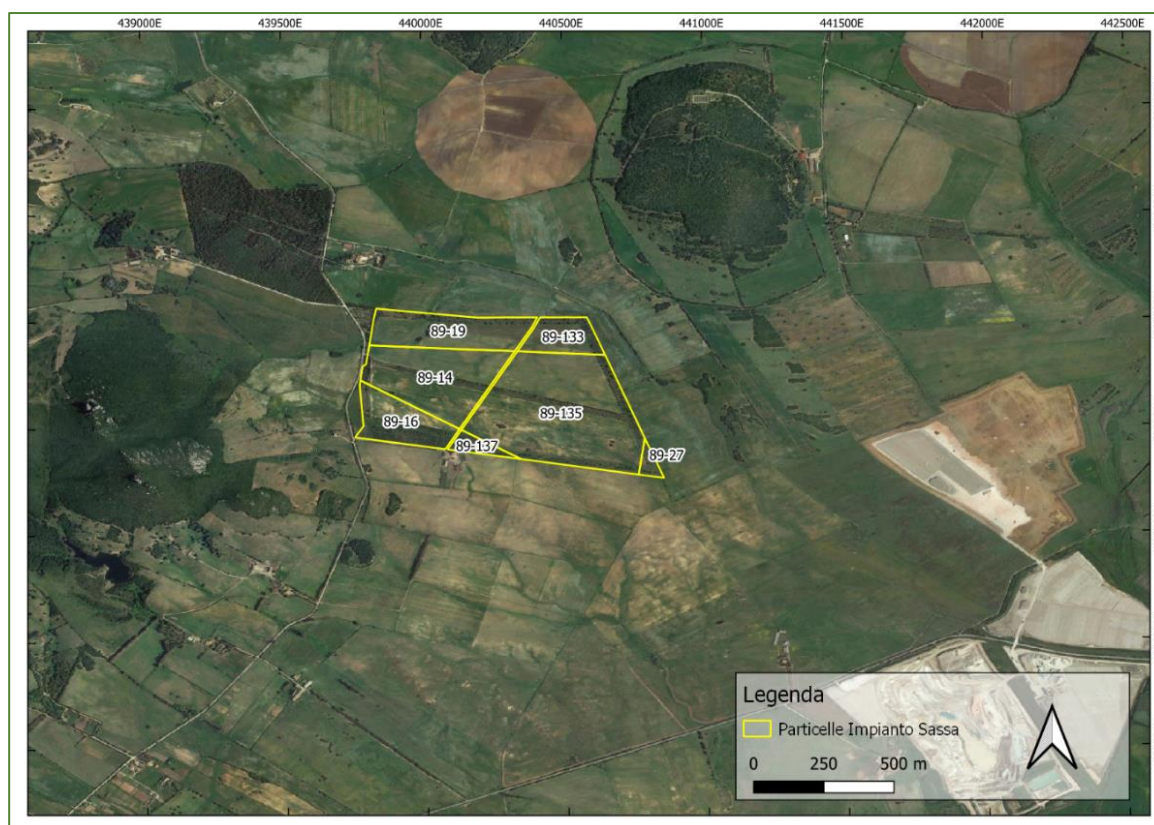


Figura 3-1 – Inquadramento su ortofoto

4 INQUADRAMENTO URBANISTICO

Le aree individuate per la realizzazione del sistema agrivoltaico ricadono, come visto precedentemente, interamente nel comune di Sassari che ha adottato quale strumento di pianificazione del territorio, il PUC, pubblicato in Gazzetta Ufficiale n.58 del 11/12/2014.

Rispetto al piano adottato, le aree interessate dall'impianto risultano normate ai sensi degli Artt. 43 e 45 e successivi delle N.T.A. che le classifica come **Sottozona E2a - Aree di primaria importanza per la funzione agricola produttiva in terreni irrigui.**

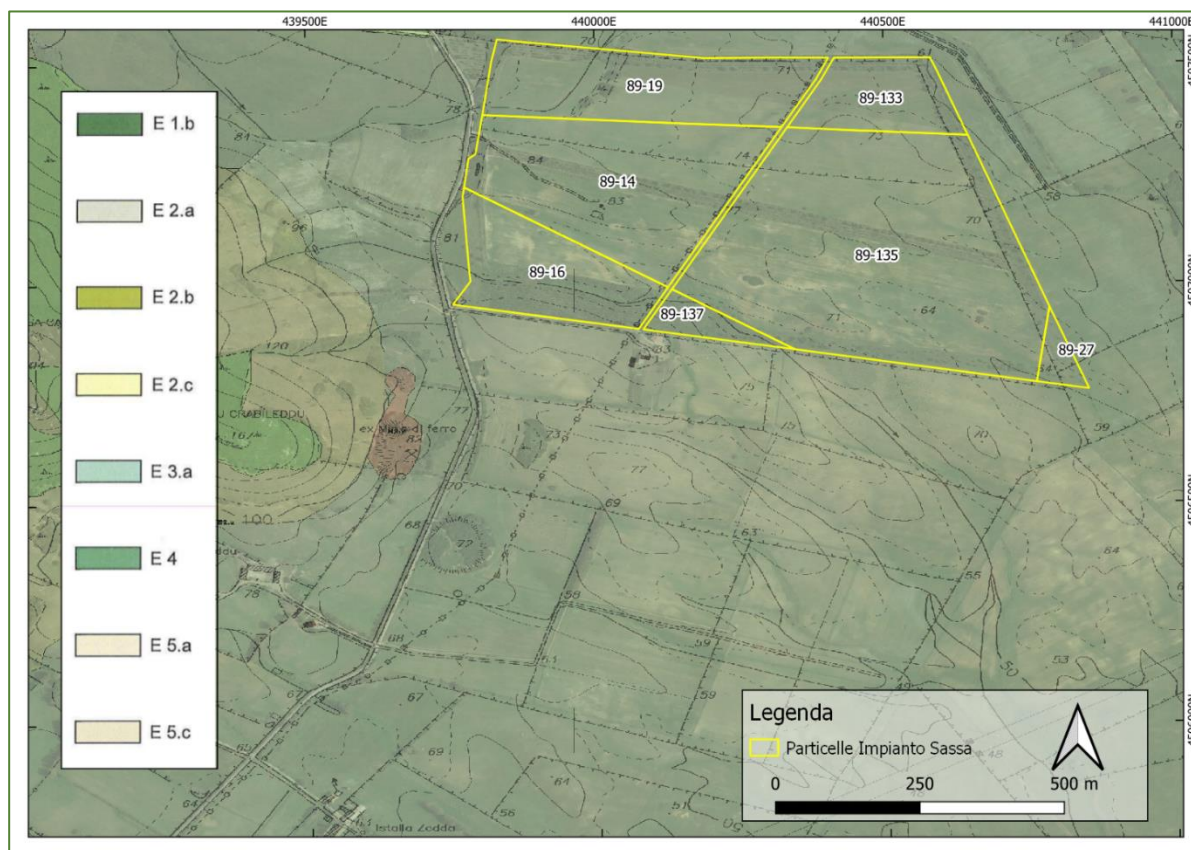


Figura 4-1 – Inquadramento rispetto al PUC

5 INQUADRAMENTO CLIMATICO

Il comune di Sassari è ubicato nella Sardegna Nord-occidentale ed il suo territorio comunale ricade interamente nella provincia di Sassari.

Il Macrobioclima della zona è sempre Mediterraneo, con inverni miti e piovosi ed estati aride. L'area in esame ricade entro il Piano Fitoclimatico (Termotipo) Mesomediterraneo Inferiore, l'Ombrotipo è in parte Secco Superiore ed in parte Sub-umido inferiore e l'indice di continentalità Euroceanico debole. Tali parametri definiscono il Bioclima in seguito rappresentato su fonte dati Sardegna Arpa – Dipartimento Meteorologico.

17 - Lower Mesomediterranean, Upper Dry, Euroceanic Weak

20 - Lower Mesomediterranean, Lower Subhumid, Euroceanic Weak

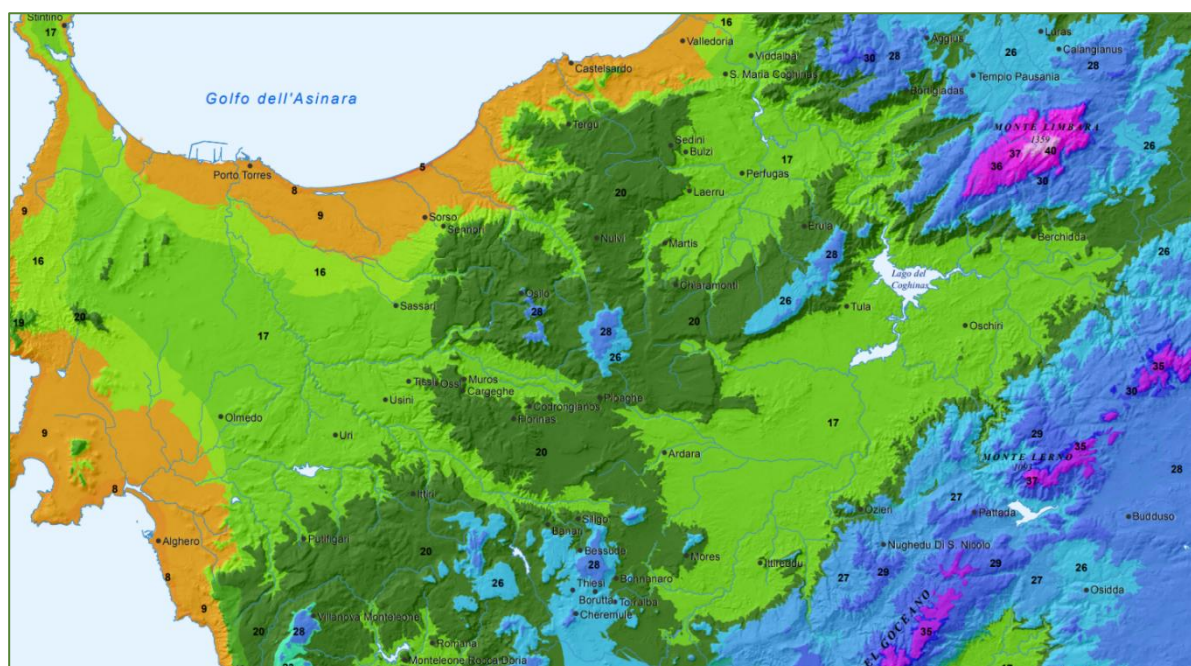


Figura 5-1– Stralcio Carta Bioclimatica della Sardegna - Edizione 2014

Per quanto attiene ai parametri climatici medi sono stati considerati quelli registrati nelle stazioni meteorologiche ARPAS ubicate nelle vicinanze della zona di interesse.

Si riportano di seguito le temperature medie massime e medie minime mensili relative alla

stazione di Bancali Macciadosa (74 m s.l.m.) per il trentennio 1981-2010. Le condizioni altimetriche della stazione e la distanza dal mare (9250 km circa), rendono le condizioni di rilevamento paragonabili a quelle dell'area di studio.

5.1 Temperature

Si riportano i dati medi rilevati nel trentennio 1981-2010.

	Temp ° C	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Stazione: BANCALI (MACCIADOSA) Quota m s.l.m.: 74 Utm EST: 454414 Utm NORD: 4509814 Distanza mare (m): 9250	TEMP. MAX	14,0	14,5	17,2	19,0	24,0	28,7	31,8	32,3	27,0	23,7	18,5	14,9
	TEMP. MIN	5,1	5,4	7,0	8,4	11,8	15,1	17,4	18,2	15,4	13,1	9,4	6,8
	TEMP. MEDIA	9,6	10,0	12,1	13,7	17,9	21,9	24,6	25,3	21,2	18,4	14,0	10,9

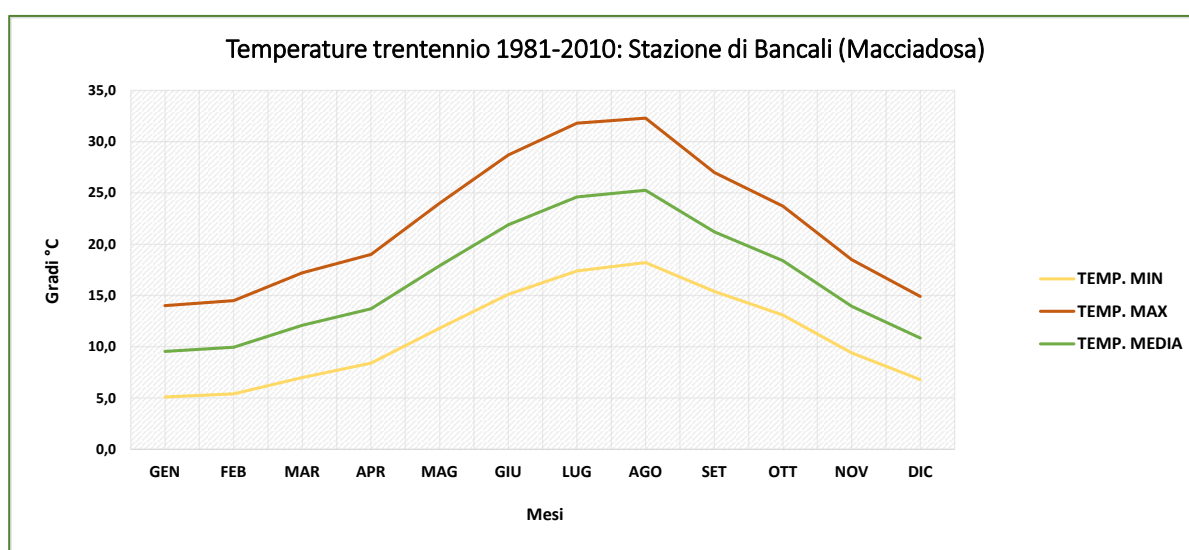


Figura 5-2 – Andamento delle temperature

Le temperature minime si mantengono sempre al di sopra dello zero; ciò non significa che la zona sia esente da gelate o da fenomeni eccezionali che possono interessare la piana, occasionalmente e per brevi periodi, con i dannosi effetti sulle coltivazioni (gelate tardive primaverili).

Le temperature massime, di contro, raggiungono nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre la soglia dei 30°C, superandola quasi sempre nei mesi di luglio e agosto che risultano essere i più caldi.

5.2 Precipitazioni

Si riportano i dati medi rilevati nel trentennio 1981-2010.

Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
PIOGGIA	47,8	43,5	43,7	54	39,7	18,5	5,9	13,8	42,6	83,3	93,6	81,1

Le precipitazioni annuali ammontano a circa 605 mm e la loro distribuzione assume un andamento inverso a quello osservato per le temperature.

Cumulato stagionale	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
Pioggia (mm)	172,4	137,4	38,2	219,5

Le piogge si concentrano nel semestre autunno vernino, raggiungendo il picco di piovosità nei mesi di novembre e dicembre.

I mesi più asciutti sono quelli estivi da giugno ad agosto.

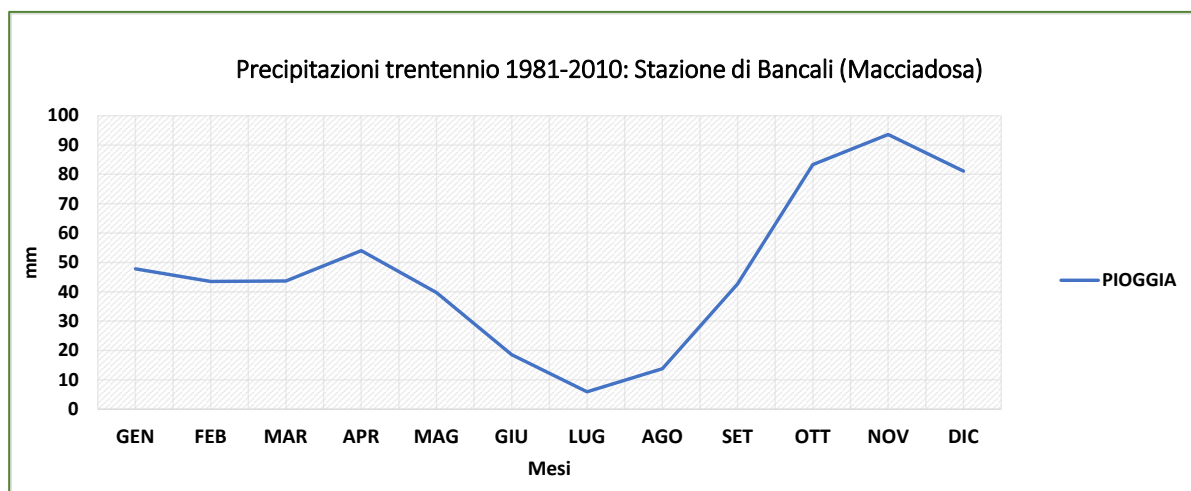


Figura 5-3 – Andamento delle precipitazioni

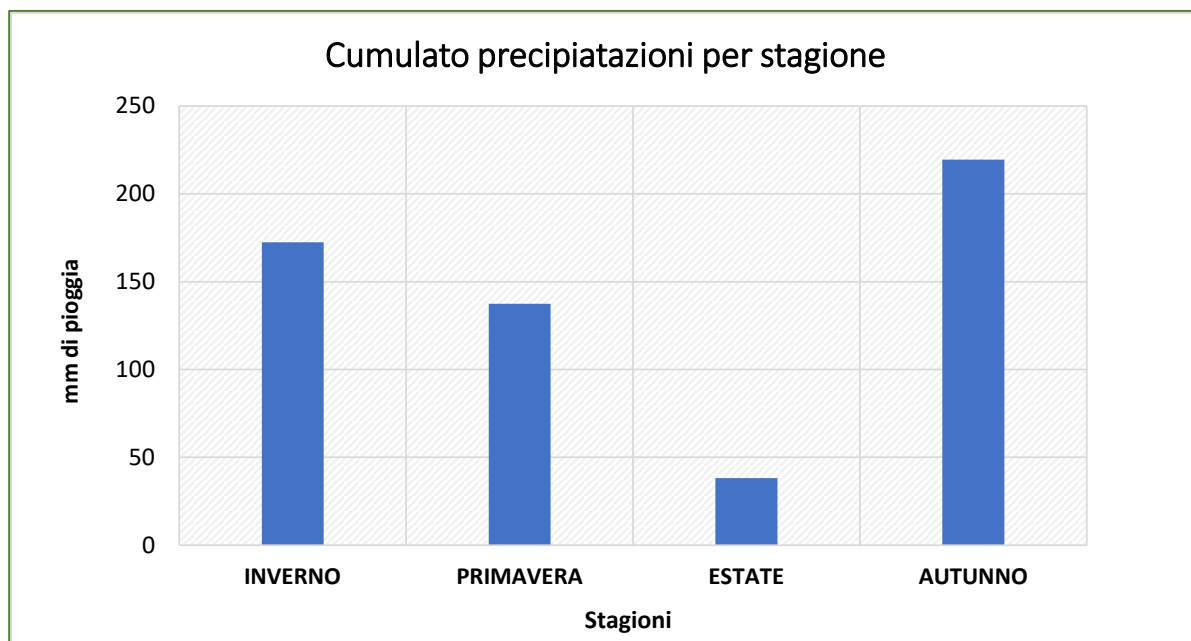


Figura 5-4 – Ripartizione stagionale delle precipitazioni

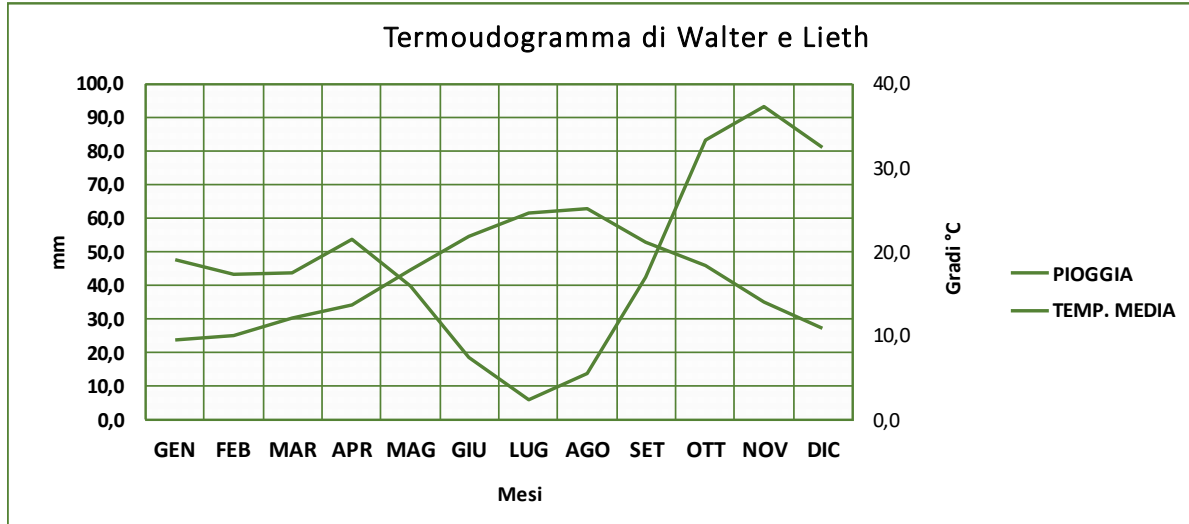


Figura 5-5 – Termoudogramma

5.3 Evapotraspirazione

Ai fini agronomici risulta di fondamentale importanza la conoscenza dell'evapotraspirazione, ovvero di quella quantità d'acqua che viene persa dal sistema suolo-pianta per effetto congiunto della evaporazione di acqua dal suolo e della traspirazione fogliare.

Tale dato, unito a quello delle precipitazioni e, meglio, correlato alle c.d. "piogge utili" fornisce una indicazione sullo stato idrico del suolo e sulla capacità di soddisfare il fabbisogno idrico colturale, nonché sulla definizione dei volumi di adacquamento necessari a sostenere le colture agrarie nel pieno delle loro funzioni vegeto-produttive.

Per quanto attiene l'analisi dell'evapotraspirazione e del bilancio idroclimatico sono stati considerati i dati registrati nella stazione Agrometeorologica di Olmedo per il settennio 1995-2001 in quanto non è stato possibile reperire dati più aggiornati.

Parametri	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE	APR-SET.
Stazione: Olmedo Quota m s.l.m.: 32 Utm EST: 446086 Utm NORD: 4423495														
Et0 (mm)	35,2	41,3	70,1	87,4	125	152,7	173,9	154,1	107,3	69,6	42,4	32	1091	800
P (mm)	47,4	27,9	51,2	42,4	42,5	27,1	7,1	7,6	37,9	54,3	115,4	79,4	540	165
Bilancio idroclimatico	12,2	-13,4	-18,9	-45	-82,5	-125,6	-166,8	-146,5	-69,4	-15,3	73	47,4	-551	-636

Nel sito in esame, come è normale attendersi anche dal termoudogramma sopra riportato, l'evapotraspirazione totale (1091 mm) supera abbondantemente le piogge annuali (540 mm) creando un deficit sulla riserva idrica del suolo complessivamente pari a -551 mm.

Tale dato assume maggior significato nel semestre primaverile-estivo, dove il cumulato evapotraspirativo dei mesi compresi tra aprile e settembre supera gli 800 mm.

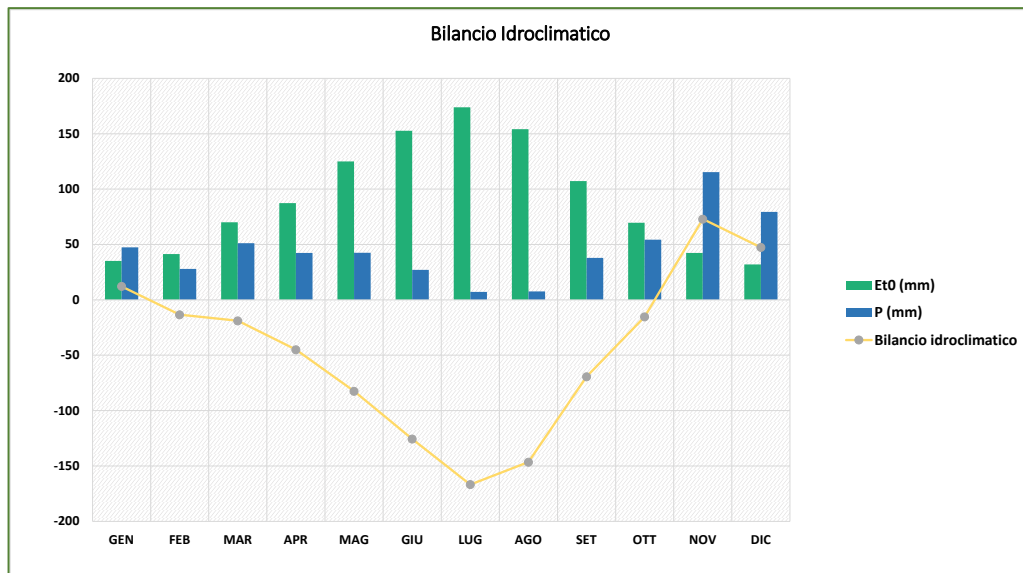


Figura 5-6 – Bilancio evapotraspirativo

6 CARATTERIZZAZIONE PEDOLOGICA DEL SITO

Per lo studio pedologico dell'area in esame si è partiti dalla bibliografica consolidata, ovvero dalla Carta dei suoli della Sardegna in scala 1:250.000; l'analisi eseguita sulla carta ha permesso l'effettuazione di uno studio di dettaglio eseguito mediante l'esecuzione di un sopralluogo finalizzato a verificare lo stato dei luoghi ed alla esecuzione di rilievi speditivi, osservazioni puntuali ed apertura di un profilo pedologico per la descrizione di una osservazione pedologica rappresentativa dei suoli presenti.

Alla data del sopralluogo l'intera superficie appariva incolta, ovvero in attesa di lavorazione per le semine autunno-vernine.



Figura 6-1 – Area di intervento: seminativi e fasce alberate

L'inquadramento secondo la carta pedologica, indica che l'area di intervento ricade su **“Paesaggi sulle alluvioni e sulle arenarie eoliche cementate del Pleistocene”** - Unità di paesaggio I1

Si riporta nel seguito la descrizione che dell'unità di paesaggio viene fatta dalla carta consultata: *“L'unità di paesaggio [...] identifica i paesaggi sulle alluvioni e su arenarie eoliche cementate del Pleistocene. La morfologia è data da aree da subpianeggianti a pianeggianti. I suoli presenti sono a profilo A-Bt-C, A-Btg-Cg e subordinatamente A-C, profondi, da FS a FSA in superficie, da FSA ad A in profondità, da permeabili a poco permeabili, da subacidi a acidi, da saturi a desaturati. Sono classificati secondo la Soil Taxonomy come: Typic, Aquic e Ultic Palexeralfs, subordinatamente Xerofluvents e Ochraqualfs. Le classi d'attitudine all'uso sono: III – IV. Sono aree con prevalente utilizzazione agri-cola. Le limitazioni principali sono: a tratti eccesso di scheletro, drenaggio da lento a molto lento. Moderato pericolo di erosione. Sono presenti colture erbacee ed arboree anche irrigue.”*

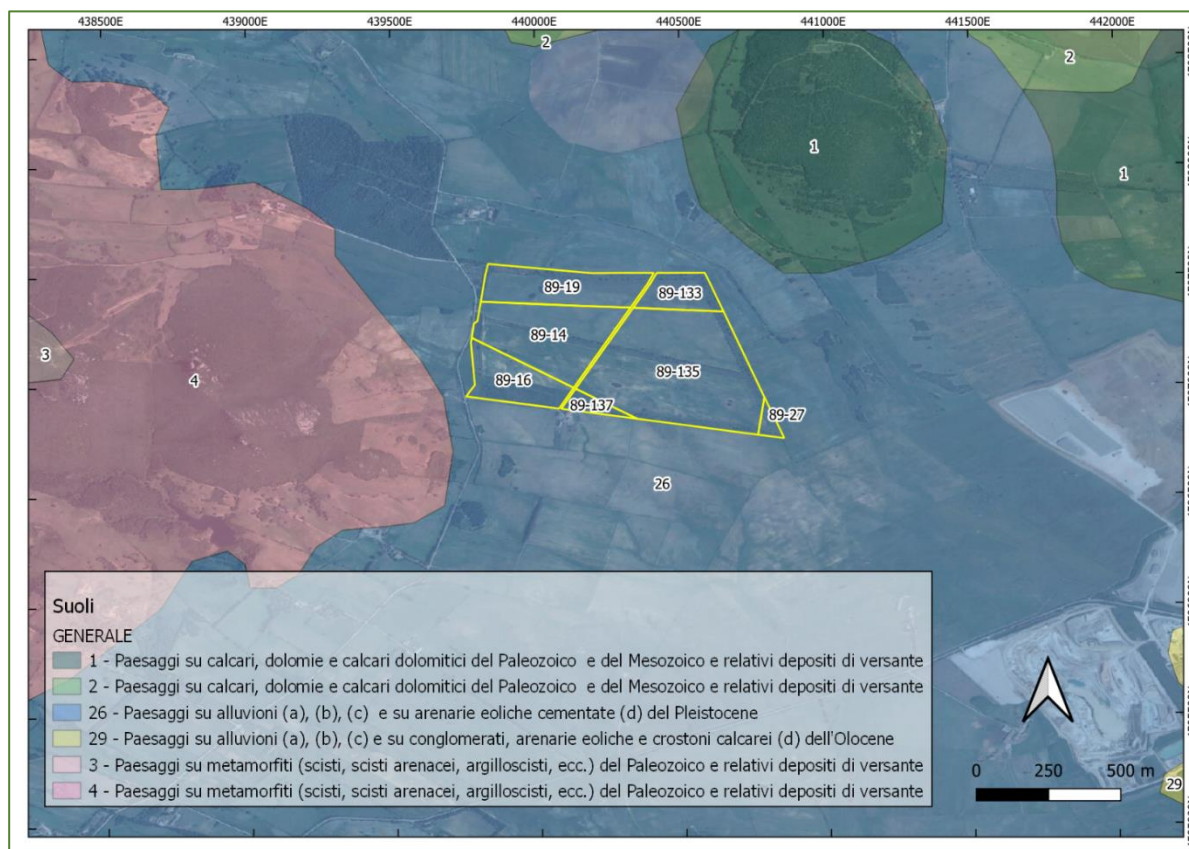


Figura 6-2 – Inquadramento aree su Carta dei Suoli della Sardegna scala 1:250.000

Attraverso l'indagine pedologica compiuta si è appurato quanto riportato in seguito.

6.1 Piano delle osservazioni pedologiche

Lo studio di dettaglio ha previsto un sopralluogo finalizzato a verificare lo stato dei luoghi, accompagnato da sondaggi speditivi per l'individuazione di aree omogenee e dalla descrizione di alcune osservazioni pedologiche rappresentative dei suoli presenti.

Il sopralluogo è stato eseguito su terreni attualmente coltivati ad erbaio, su altre superfici oggetto di pascolamento ovino ed infine su aree incolte. I punti di sondaggio sono stati scelti con la tecnica dell'andamento a "Zig Zag" avendo cura di non campionare nei punti con maggior depressione o in prossimità di elementi antropici in grado di condizionare gli esiti delle analisi.

Nell'area di riferimento sono stati effettuati 12 sondaggi speditivi e, individuata l'area più rappresentativa, effettuata un'unica osservazione pedologica con apertura del profilo eseguita a mano. È stata effettuata una sola osservazione in quanto nell'area dell'impianto è stata riscontrata una sola tipologia di suolo.

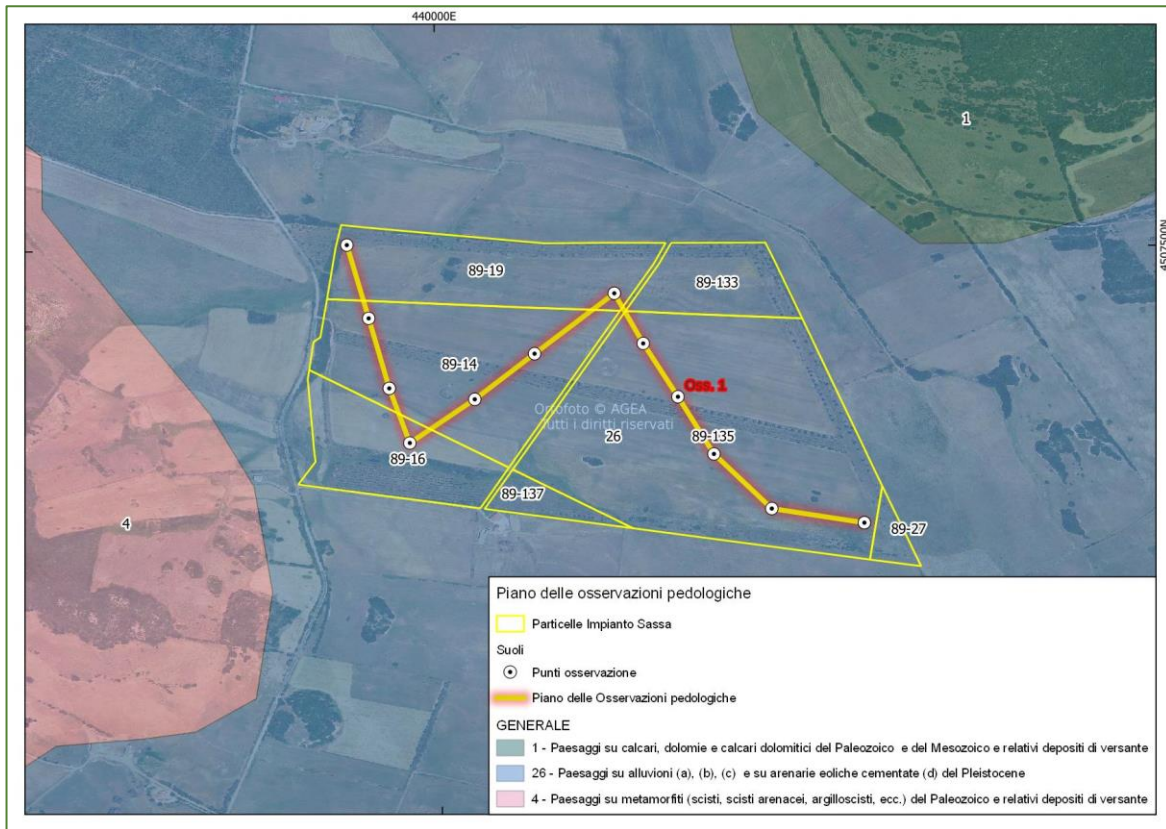


Figura 6-3 – Piano delle osservazioni pedologiche

I suoli osservati ricadono appieno fra quelli tipici dei “paesaggi sulle alluvioni e su arenarie eoliche cementate del Pleistocene”. Data la sola osservazione senza esecuzione di analisi chimiche la classificazione riportata è quella più probabile per le caratteristiche del profilo.

Note sulla stazione: pendenza: 3,2%; quota: 73m s.l.m; pietrosità superficiale maggiore del 15% con pietre grandi 10% e ciottoli grandi 5%; rocciosità affiorante 0%. Erosione in atto: elevato per scorrimento. Incolto al momento del sopralluogo, generalmente seminativi autunno-vernini.

Orizzonti pedologici tipici dell'unità - (classificazione eseguita sulla base dell'osservazione, Aquic Palexeralfs)

Orizzonte	Ap	Cc	
Profondità	0 – 30/35 cm	30/35 50 cm	

Note sulla stazione: pendenza: 3,2%; quota: 73m s.l.m; pietrosità superficiale maggiore del 15% con pietre grandi 10% e ciottoli grandi 5%; rocciosità affiorante 0%. Erosione in atto: elevato per scorrimento. Incolto al momento del sopralluogo, generalmente seminativi autunno-vernini.

Orizzonti pedologici tipici dell'unità - (classificazione eseguita sulla base dell'osservazione, Aquic Palexeralfs)

Limite	chiaro e lineare		
Concrezioni	assenti	assenti	
Screziature	assenti	Presenti patine di Fe/ Mn sugli aggregati e nei pori al 30%	
Accumuli di carbonati o Fe, etc.	assenti	Presenti noduli di Fe/Mn al 10%	
Aggregazione	poliedrica subangolare	poliedrica subangolare	
Dimensioni aggregati	da grossolana a media	da grossolana a media	
Grado dell'aggregazione e consistenza	friabile	friabile	
Colore	5YR 5/8	5YR 6/8	
Pietrosità dell'orizzonte %	1 con dimensioni pietre < 2,5 cm		
Drenaggio	Lento	Lento	
NOTE	Pori e radici abbondanti. Tessitura franco argillosa. Adesivo e plastico. Reazione all'HCl assente	Pori e radici scarsi. Tessitura franca. Non adesivo e non plastico. Reazione all'HCl assente	



Figura 6-4 – Osservazione pedologica e particolare degli accumuli di ferro

7 IL METODO DELLA LAND CAPABILITY CLASSIFICATION

Per la valutazione della attitudine all'uso agricolo dell'area in esame è stato utilizzato lo schema noto come "Agricultural Land Capability Classification" (LCC) proposto da Klingebiel e Montgomery (1961) per l'U.S.D.A.; tale metodologia è la più comune ed utilizzata tra le possibili metodologie di valutazione della capacità d'uso oggi note.

La LCC si riferisce al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura in particolare, e la valutazione non tiene conto 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, ovvero che non possono essere risolte attraverso appropriati interventi di miglioramento (drenaggi, concimazioni, ecc.) e nel termine "difficoltà di gestione" vengono comprese tutte le pratiche conservative e sistematorie necessarie affinché l'uso non determini perdita di fertilità o degradazione del suolo.

Come risultato di tale procedura di valutazione si ottiene una gerarchia di territori dove quello con la valutazione più alta rappresenta il territorio per il quale sono possibili il maggior numero di colture e pratiche agricole. Le limitazioni alle pratiche agricole derivano principalmente dalle qualità intrinseche del suolo ma anche dalle caratteristiche dell'ambiente biotico ed abiotico in cui questo è inserito.

La LCC prevede tre livelli di definizione: classe, sottoclasse ed unità.

	Land Capability Class	Increase in intensity of land use →								
		Wildlife	Forestry	Grazing			Cultivation			
				Limited	Moderate	Intense	Limited	Moderate	Intense	Very intense
↑ Increased limitations and hazards ↓ Decreased adaptability and freedom of choice of uses	I	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	II	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	White
	III	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	White	White
	IV	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	White	White	White
	V	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	White	White	White	White
	VI	Orange	Orange	Orange	Orange	White	White	White	White	White
	VII	Orange	Orange	Orange	White	White	White	White	White	White
	VIII	Orange	White	White	White	White	White	White	White	White

Figura 7-1 – Land Capability e tipi d’uso

“Con il termine di Land Capability si intende il potenziale delle terre alle utilizzazioni agricole, forestali e naturalistiche. Ci si aspetta quindi che le terre con le capacità d’uso più elevate (classi più basse) permettano un uso intensivo per un ragionevole lasso di tempo e di utilizzazioni (uso sostenibile). La tabella seguente è una rappresentazione schematica del rapporto tra classe di capacità d’uso e tipologia di attività effettuabile.”¹

La classificazione prevede tre livelli decrescenti in cui suddividere il territorio: classi, sottoclassi e unità.

Le classi sono 8 e vengono distinte in due gruppi in base al numero e alla severità delle limitazioni: le prime 4 comprendono i suoli idonei alle coltivazioni (**suoli arabili**) mentre le altre 4 raggruppano i suoli non idonei (**suoli non arabili**), tutte caratterizzate da un grado di limitazione crescente. Ciascuna classe può riunire una o più sottoclassi in funzione del tipo di limitazione d’uso presentata (erosione, eccesso idrico, limitazioni climatiche, limitazioni nella zona di radicamento) e, a loro volta, queste possono essere suddivise in unità non prefissate, ma riferite alle particolari condizioni fisiche del suolo o alle caratteristiche del territorio.

¹ Prof. A. Aru in Relazione di accompagnamento alla cartografia tematica - settore pedologico e agronomico - carta delle unità di paesaggio e della capacità d’uso dei suoli

1. Suoli arabili

- **classe I:** suoli senza o con modestissime limitazioni o pericoli di erosione, molto profondi, quasi sempre livellati, facilmente lavorabili; sono necessarie pratiche per il mantenimento della fertilità e della struttura; possibile un'ampia scelta delle colture;
- **classe II:** suoli con modeste limitazioni e modesti pericoli di erosione, moderatamente profondi, pendenze leggere, occasionale erosione o sedimentazione; facile lavorabilità; possono essere necessarie pratiche speciali per la conservazione del suolo e delle potenzialità; ampia scelta delle colture;
- **classe III:** suoli con severe limitazioni e con rilevanti rischi per l'erosione, pendenze da moderate a forti, profondità modesta, necessarie pratiche speciali per proteggere il suolo dall'erosione; moderata scelta delle colture;
- **classe IV:** suoli con limitazioni molto severe e permanenti, notevoli pericoli di erosione se coltivati per pendenze notevoli anche con suoli profondi, o con pendenze moderate ma con suoli poco profondi; scarsa scelta delle colture, e limitata a quelle idonee alla protezione del suolo;

2. Suoli non arabili

- **classe V:** non coltivabili o per pietrosità e rocciosità o per altre limitazioni; pendenze moderate o assenti, leggero pericolo di erosione, utilizzabili con foresta o con pascolo razionalmente gestito;
- **classe VI:** non idonei alle coltivazioni, moderate limitazioni per il pascolo e la selvicoltura; il pascolo deve essere regolato per non distruggere la copertura vegetale; moderato pericolo di erosione;
- **classe VII:** limitazioni severe e permanenti, forte pericolo di erosione, pendenze elevate, morfologia accidentata, scarsa profondità idromorfia, possibili il bosco od il pascolo da utilizzare con cautela;
- **classe VIII:** limitazioni molto severe per il pascolo ed il bosco a causa della fortissima pendenza, notevolissimo il pericolo di erosione; eccesso di pietrosità o rocciosità, oppure alta salinità, etc.

Le 4 sottoclassi sono identificate da una lettera minuscola che segue il numero romano della classe e sono le seguenti:

- **sottoclasse e (erosione):** suoli nei quali la limitazione o il rischio principale è la suscettività all'erosione. Sono suoli solitamente localizzati in versanti acclivi e scarsamente protetti dal manto vegetale;
- **sottoclasse w (eccesso di acqua):** suoli nei quali la limitazione o il rischio principale è dovuto all'eccesso di acqua. Sono suoli con problemi di drenaggio, eccessivamente

umidi, interessati da falde molto superficiali o da esondazioni;

- **sottoclasse s** (*limitazioni nella zona di radicamento*): include suoli con limitazioni del tipo pietrosità, scarso spessore, bassa capacità di ritenuta idrica, fertilità scarsa e difficile da correggere, salinità e sodicità;
- **sottoclasse c** (*limitazioni climatiche*): individua zone nelle quali il clima è il rischio o la limitazione maggiore. Sono zone soggette a temperature sfavorevoli, grandinate, nebbie persistenti, gelate tardive, etc.;
- **sottoclasse t** (*limitazioni topografiche*): individua zone nelle quali la maggiore limitazione è dovuta al fattore morfologico, come per esempio l'eccessiva pendenza, l'asperità delle forme, etc.;

7.1.1 Classificazione secondo la Land Capability Classification

Per giungere alla classificazione secondo la LCC si è utilizzata la tabella con le caratteristiche tipiche di ogni classe utilizzata dall'Università degli studi di Sassari e dall'Agenzia Laore per la realizzazione dello schema regionale della capacità d'uso dei suoli della Sardegna in ambito costiero². A seguito delle osservazioni si è poi attribuito il valore "1" ogni volta che il terreno studiato aveva caratteristiche uguali o simili a quelle di riferimento ed il valore "0" in caso contrario. Attraverso questo sistema è possibile classificare il suolo in base alla maggior frequenza di caratteristiche comuni con la classe di riferimento.

Caratteristiche	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Scheletro %	assente	da scarso a comune	da comune ad elevato	elevato	elevato	elevato	elevato	elevato
Osservazione 1 (I1)	0	0	1	1	1	1	1	1
Tessitura	Tutte, eccetto sabbiosi, sabbioso-franchi grossolani ed argilloso molto fine	Tutte, eccetto sabbiosi, sabbioso-franchi grossolani ed argilloso molto fine	Tutte, eccetto sabbiosi grossolani	Sabbiosi grossolani argillosi molto fini	Sabbiosi grossolani argillosi molto fini	Sabbiosi grossolani argillosi molto fini	Sabbiosi grossolani argillosi molto fini	Sabbiosi grossolani argillosi molto fini
Osservazione 1 (I1)	1	1	1	0	0	0	0	0
Drenaggio	Normale	Normale	Lento	molto lento o rapido	normale	lento	molto lento o rapido	molto lento
Osservazione 1 (I1)	0	0	1	0	0	1	0	0
Profondità del suolo (cm)	>80	80-60	60-40	<40	20-100	20-60	10-40	<10
Osservazione 1 (I1)	0	0	1	0	1	1	0	0
Profondità della roccia madre								
a) rocce tenere	>80	80-50	50-30	<30	<20	<20	<20	<10
Osservazione 1 (I1)	0	1	0	0	0	0	0	0
b) rocce dure	>100	100-60	60-30	<30	<20	<20	<20	<10
Osservazione 1 (I1)	0	0	1	0	0	0	0	0
Pietrosità	assente	comune	comune	elevata	elevata	elevata	elevata	elevata
Osservazione 1 (I1)	0	0	0	1	1	1	1	1
Roccosità	assente	assente	assente	comune	elevata	elevata	elevata	elevata
Osservazione 1 (I1)	1	1	1	0	0	0	0	0
Pericolo di erosione	assente	moderato	da moderato a elevato	elevato	assente	da moderato a elevato	elevato	elevato
Osservazione 1 (I1)	0	0	1	1	0	1	1	1
Pendenze	0-5	5-15	5-15	15-30	30-40	30-40	40-60	>60
Osservazione 1 (I1)	1	0	0	0	0	0	0	0
Classe OSS. 1	3	3	7	3	3	5	3	3

² I parametri sono stati adattati al contesto di studio.

Alla luce dei rilievi effettuati e delle considerazioni esposte, il pregio agronomico complessivo dell'area di intervento è medio-buono e le classi d'uso sono le seguenti:

- Suolo 1 (I1): **III** e subordinatamente VI, specialmente in corrispondenza delle depressioni del terreno, ove si formano sacche asfittiche per drenaggio molto lento e per la presenza di argille bentonitiche in banchi compatti.

8 ASSETTO AGRICOLO ATTUALE E PIANIFICAZIONE DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO

8.1 *Uso attuale del suolo e contesto agrario*

La Superficie complessiva risulta essere pari a 60,9070 ettari, mentre la SAU (superficie agricola utilizzabile) ammonta a **60,2158 ettari**.

L'intera superficie è oggi gestita dalla società agricola con CUA: 01203880958, che coltiva in regime di agricoltura biologica, con certificazione rilasciata dall'Organismo di Controllo "Suolo e Salute" con codice IT-BIO-004.380-0049957.2023.001 del 18/10/2023 (scad. 11/05/2026).

Raggruppando per coltura, l'ordinamento colturale *ex-ante* è pertanto di seguito riportato:

Coltura	Superficie m ²	Superficie ha
pascolo polifita (tipo alpeggi) senza tare	8.066,40	0,8066
coltivazioni arboree specializz. non specificate	126.657,65	12,6658
pascolo arborato (bosco ceduo) tara 50%	3.021,70	0,3022
pascolo cespugliato (tara 20%)	12.377,07	1,2377
seminativo da fotointerpretazione	450.938,37	45,0938
SAU	601.061,19	60,1061
fabbricato generico - strada	454,82	0,0455
maceri, stagni e laghetti	641,74	0,0642
Altre Tare	6.912,25	0,6912
SAT	609.070,00	60,9070

8.2 *Analisi storica dell'uso del suolo*

La prima analisi dello studio dell'uso attuale del suolo (quella che nella pianificazione viene chiamata "riordino delle conoscenze") effettuata mediante la Carta dell'Uso del Suolo edita dalla RAS nel 2003 ed aggiornata nel 2008, offre una lettura abbastanza puntuale ed ancora attuale sugli usi dei suoli in esame. Infatti, per le aree di studio sono presenti i seguenti codici:

- **2121: Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo.** Trattasi di seminativi irrigui
- **222: Frutteti e frutti minori**
- **31121 - Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste**

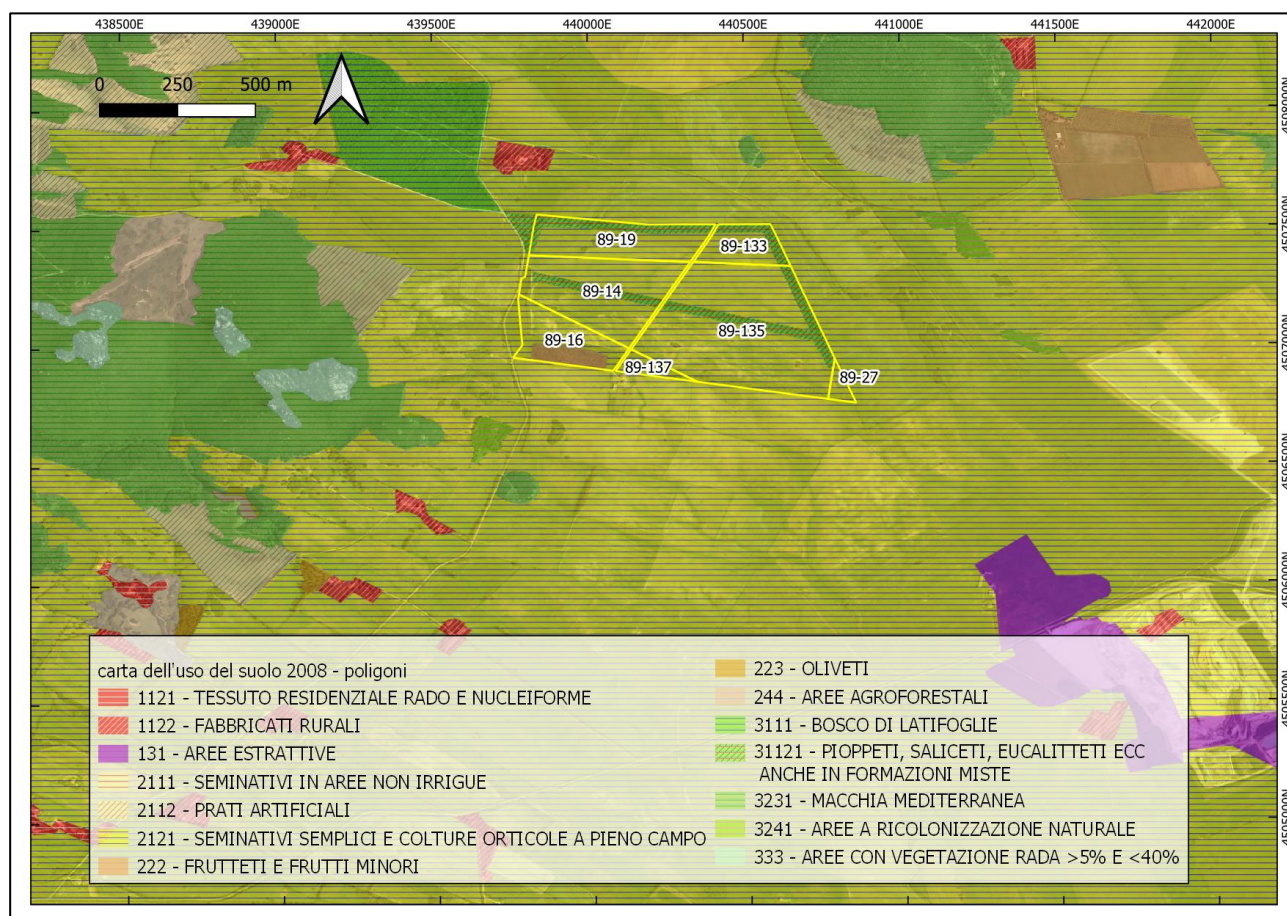


Figura 8-1 –Inquadramento su Carta dell'uso del suolo

L'analisi fotointerpretativa degli ultimi vent'anni, eseguita sulle ortofoto RAS a partire dal 2003, dimostra che gli usi attuali corrispondono a quelli praticati nel periodo di analisi considerato: seminativi autunno-vernini.

Si allegano nel seguito le foto degli anni 2003, 2006, 2010, 2013, 2016 e 2019.



Figura 8-2 – Ortofoto 2003

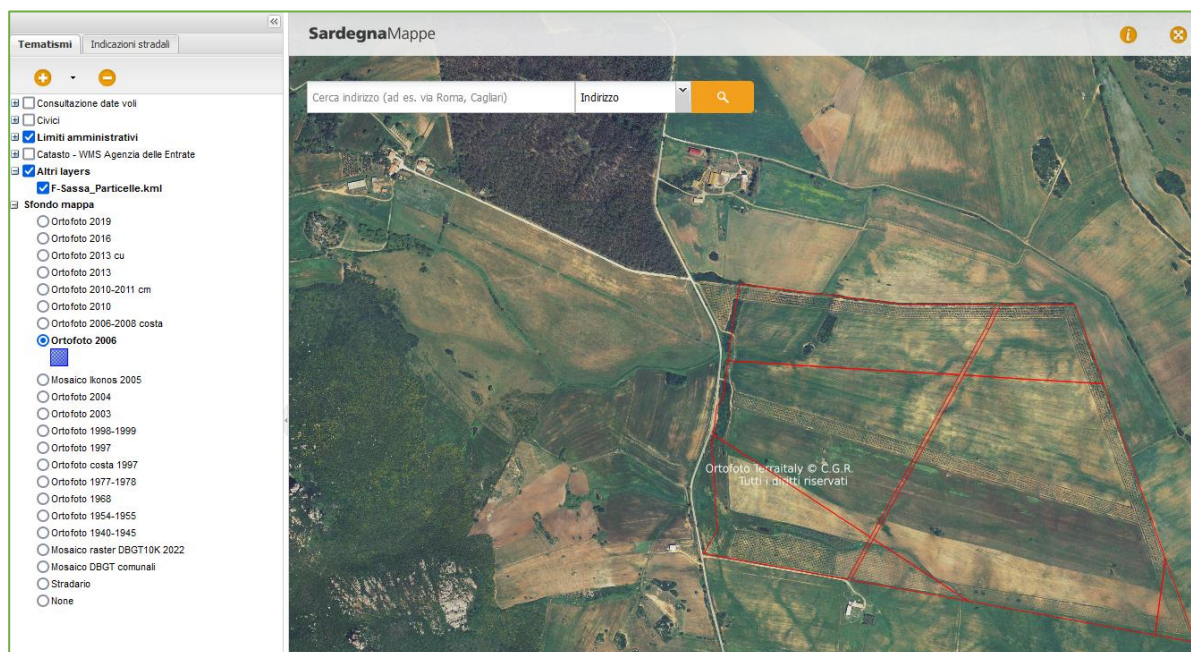


Figura 8-3 – Ortofoto 2006

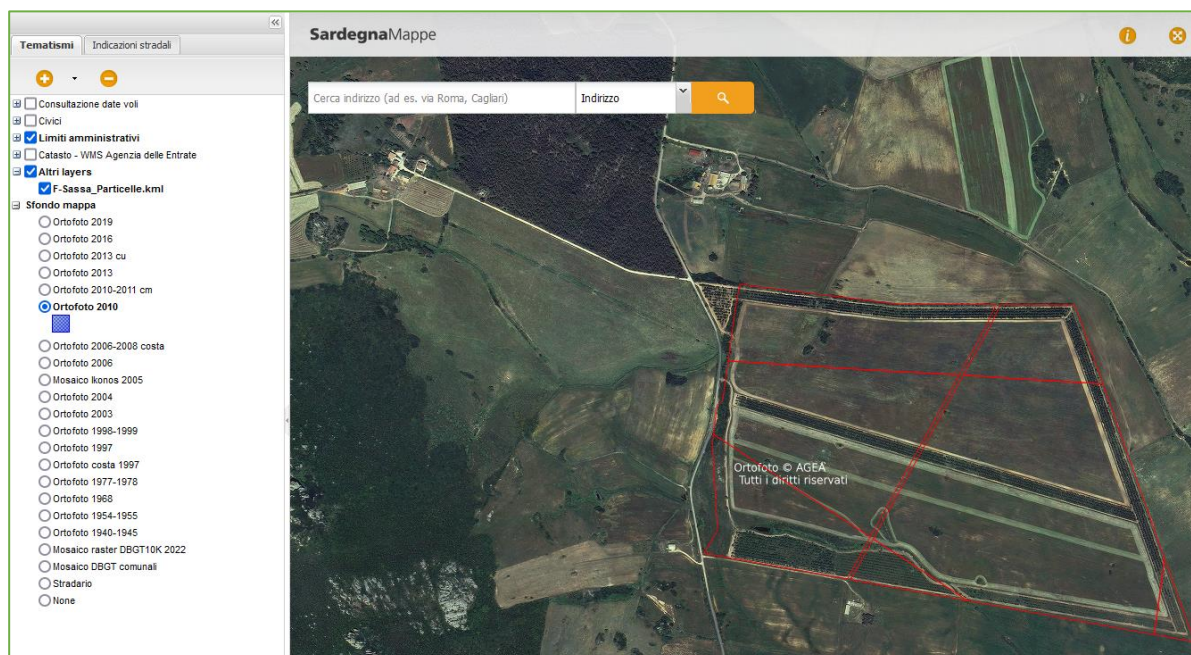


Figura 8-4 – Ortofoto 2010

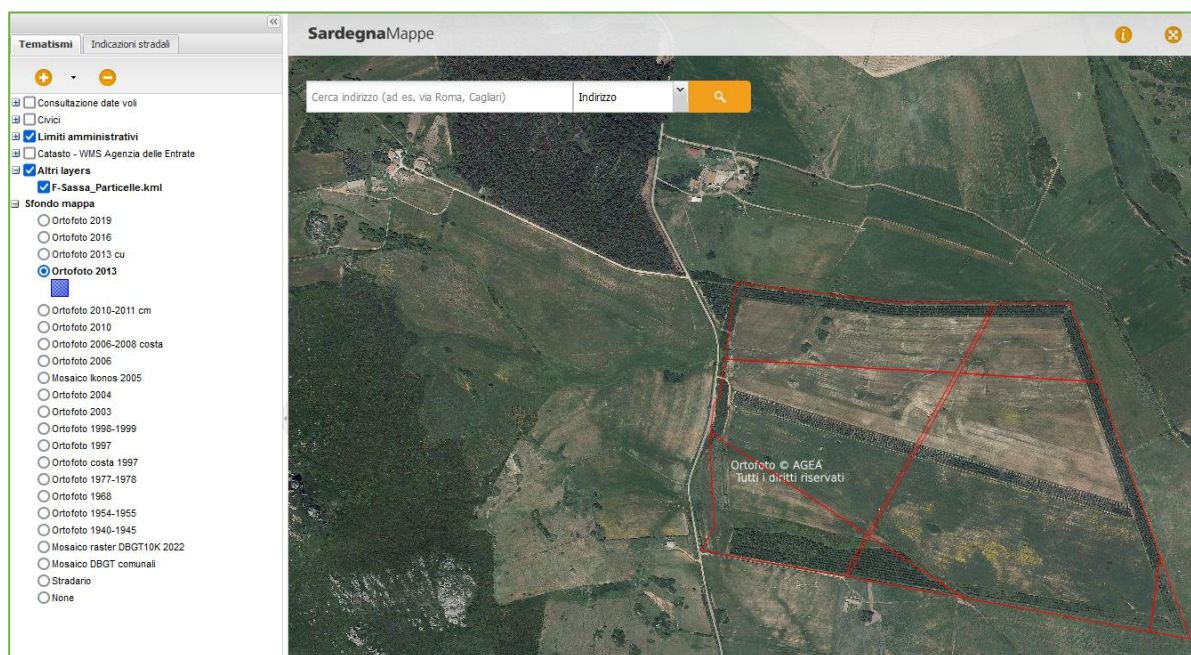


Figura 8-5 – Ortofoto 2013

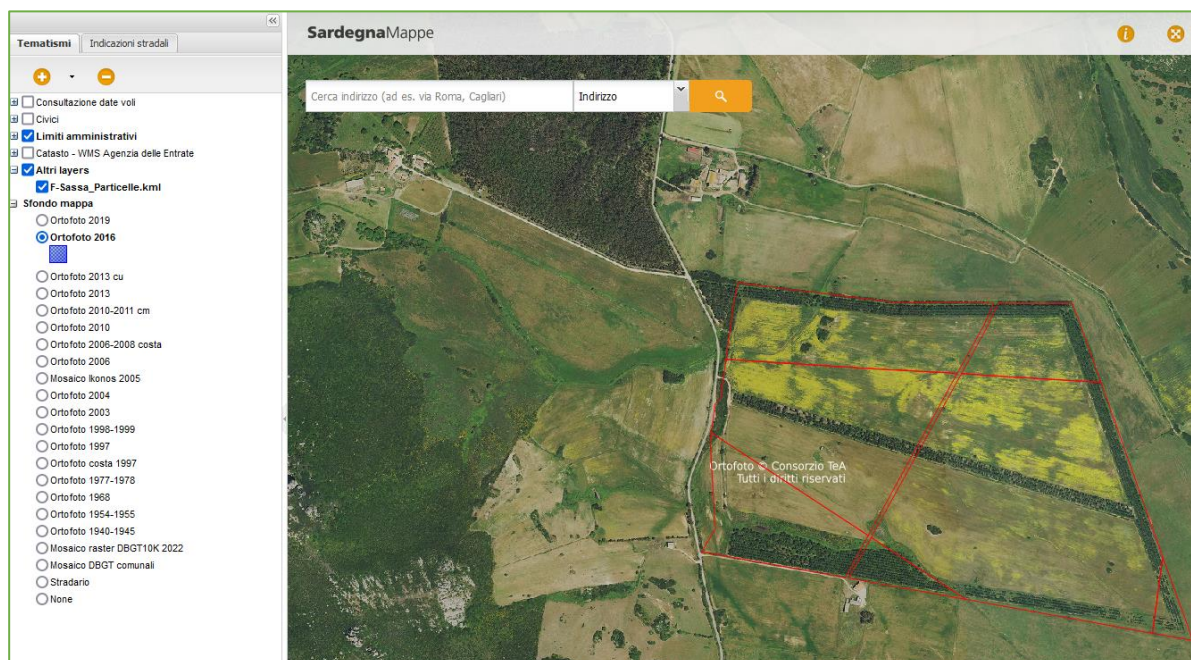


Figura 8-6 – Ortofoto 2016

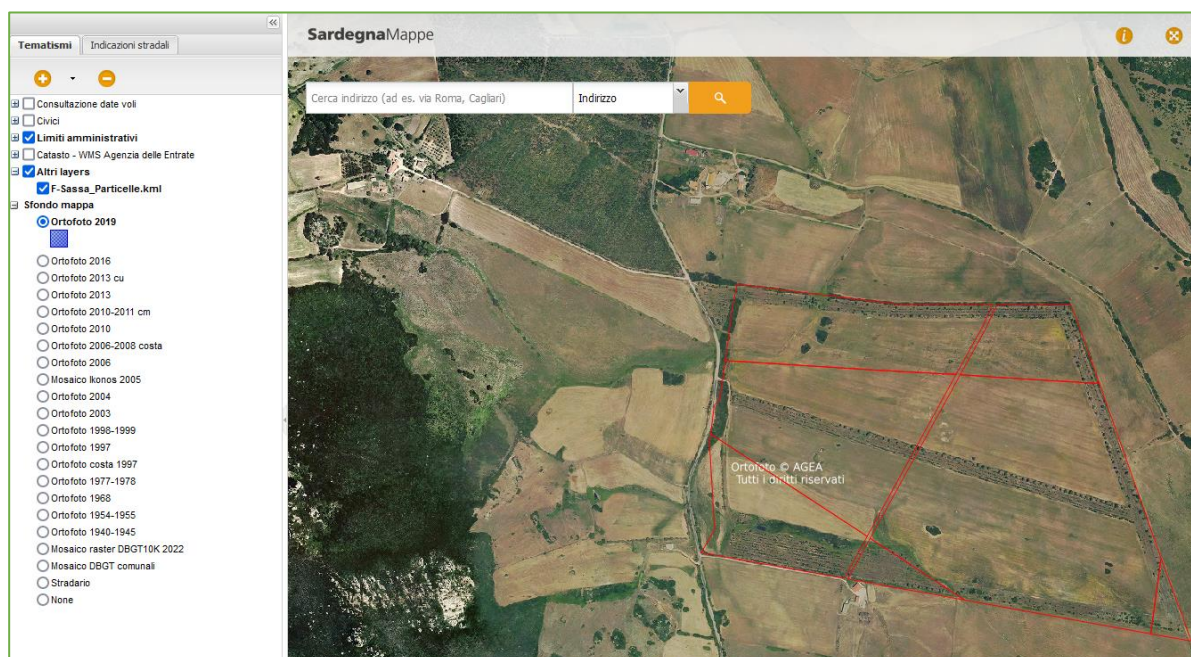


Figura 8-7 – Ortofoto 2019

8.3 Uso futuro del suolo e suo inserimento nel contesto agrario

8.3.1 Premessa metodologica

Il sistema agrivoltaico in progetto si propone, coerentemente con le linee guida MITE-Dipartimento per l'Energia, il proseguimento delle attività di coltivazione dei fondi nell'ottica della continuità con gli usi attuali del suolo ed in funzione dell'attività imprenditoriale agricola attualmente svolta.

L'impresa agricola che attualmente opera sui terreni in progetto ha intrapreso la strada della coltivazione biologica incrementando il valore intrinseco che hanno le produzioni agricole certificate secondo tale regolamento: maggiore appeal commerciale, possibilità di aderire ai contratti di filiera, coltivazione secondo tecniche a minor impatto ambientale, adesione alle misure premianti del PSR con incremento della sostenibilità globale aziendale.

In definitiva, il progetto persegue l'obiettivo di abbinare la produzione agricola con i vantaggi derivanti dalla produzione FER: diversificazione del reddito, parziale protezione delle colture con mitigazione degli effetti climatici dannosi (ombreggiamento, riduzione dell'effetto calore, riduzione dell'evapotraspirazione, migliore sfruttamento della risorsa idrica), miglioramento della sostenibilità globale aziendale. Sulla base di tale impostazione progettuale è stato definito il programma funzionale del sistema agrivoltaico contestualizzato sul "substrato aziendale" precedentemente descritto.

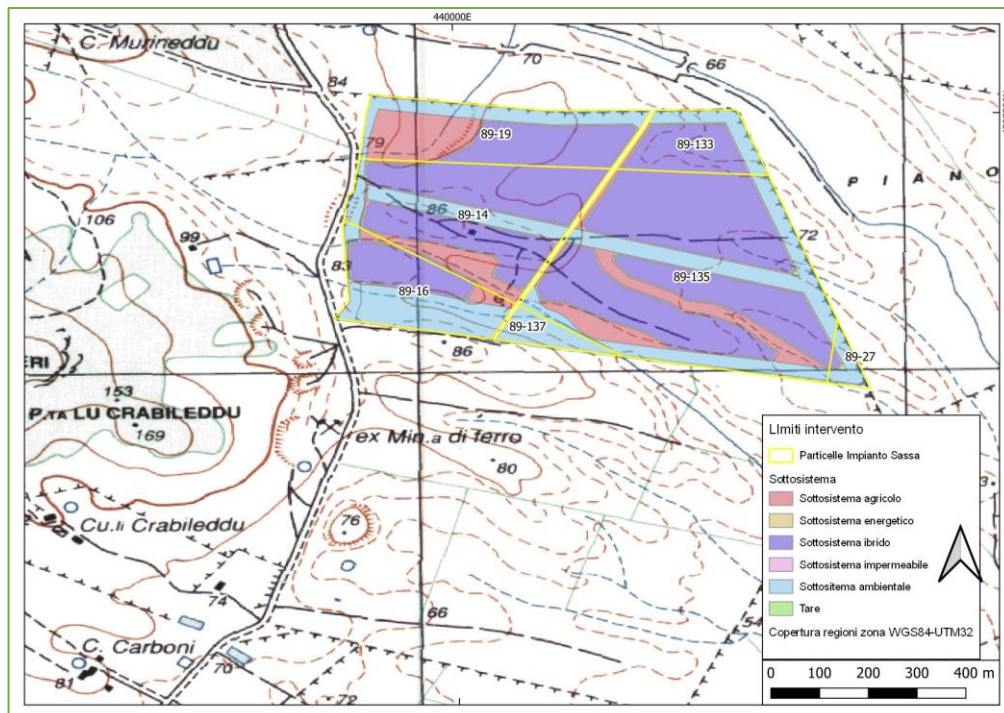


Figura 8-8 – Definizione dei sottosistemi nell'ambito del progetto funzionale

La base territoriale che costituisce il sistema agrivoltaico è quella individuata catastalmente, sulla quale è stato ipotizzato il piano di sviluppo proposto.

Gli obiettivi precedentemente indicati saranno perseguiti apportando poche ma significative migliorie nel sistema di coltivazione agendo esclusivamente sulle condizioni di permeabilità dei suoli, oltre che incrementando la componente ambientale di mitigazione, laddove le fasce già presenti risultano essere interrotte o diradate.

Pertanto, a dimostrazione della continuità di coltivazione e di gestione secondo Reg. UE 848/2018, si riportano nel seguito le configurazioni del programma agricolo funzionale nella situazione *ante-operam* e nella situazione *post-operam*.

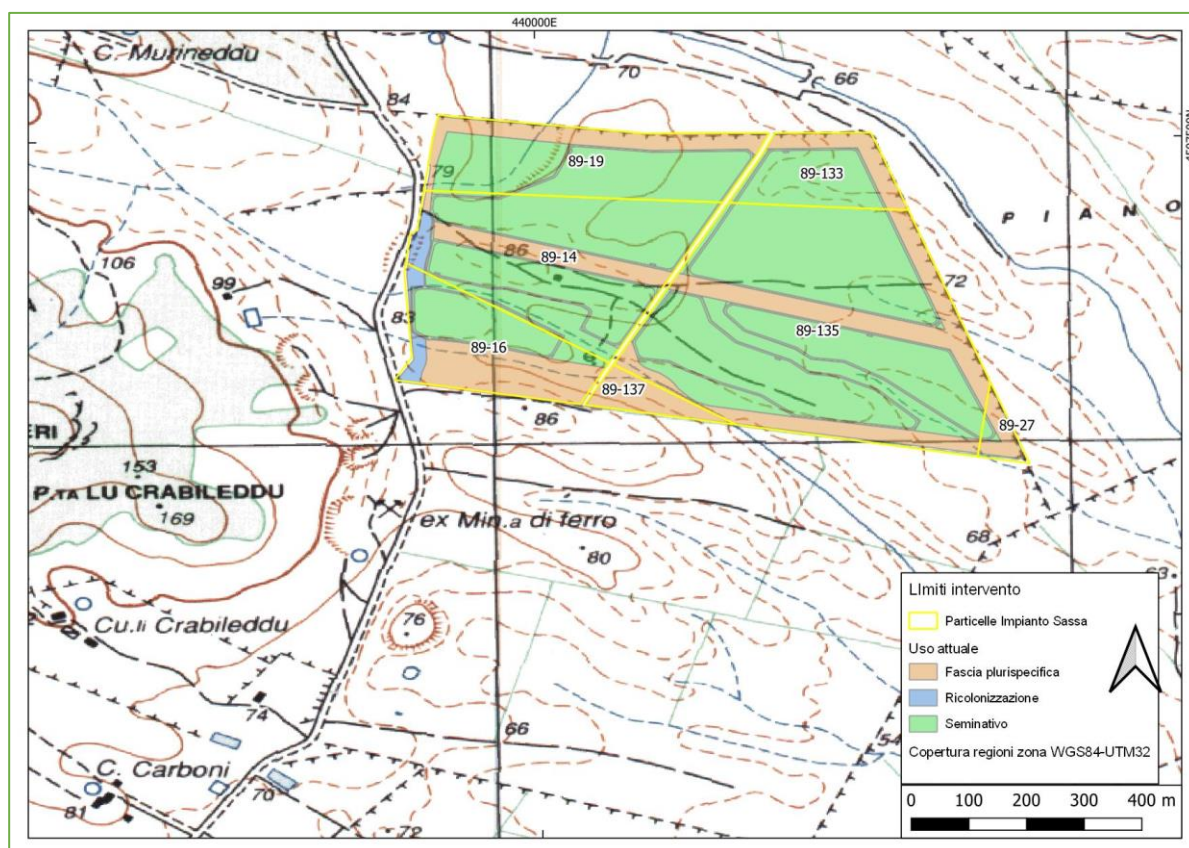


Figura 8-9 – Uso agricolo ante operam, nell'ambito del progetto funzionale

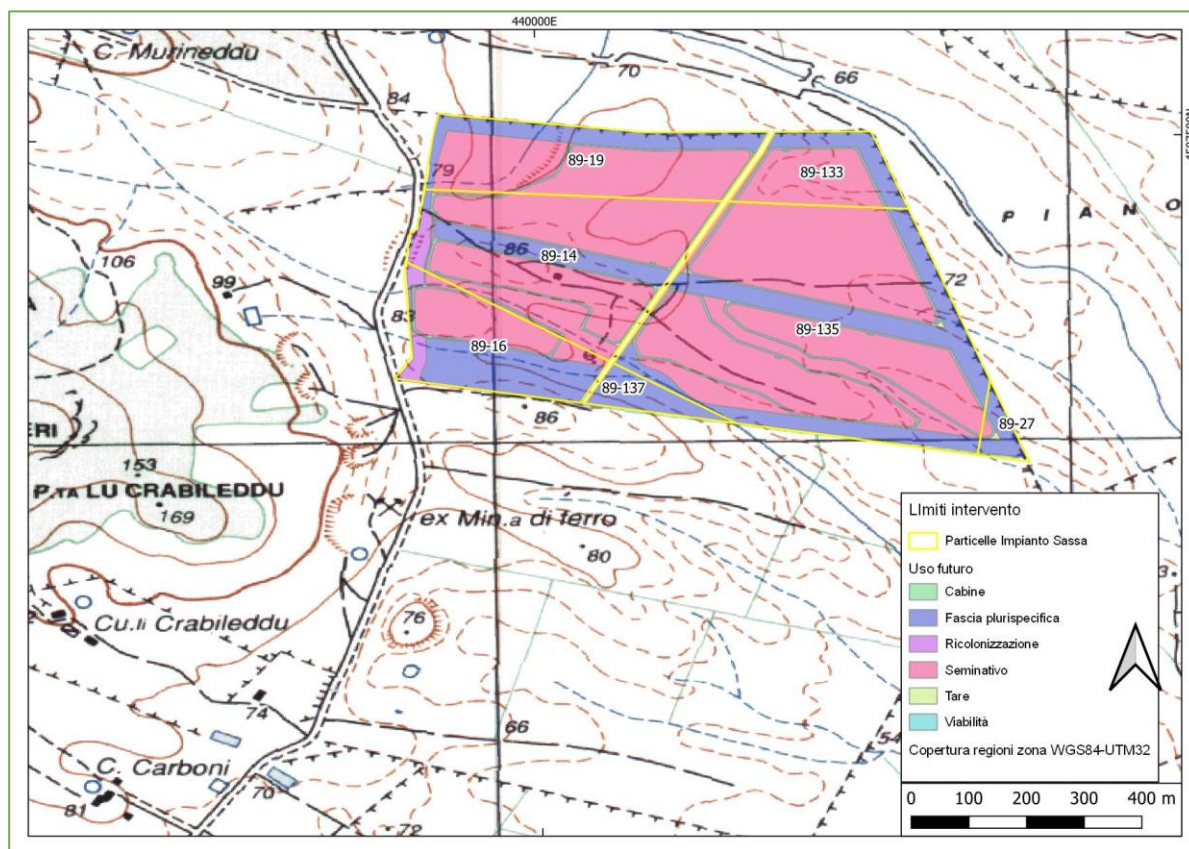


Figura 8-10 – Uso agricolo post operam, nell'ambito del progetto funzionale

La ripartizione della superficie effettuata identifica 6 classi di destinazione, definiti nell'immagine come:

- *Cabine*, proprie del sottosistema energetico;
- *Fascia plurispecifica*, che rappresenta le aree nelle quali sono presenti impianti arborei in grado di mitigare gli effetti del vento oltre che gli impatti visivi; sono inoltre presenti i nuovi inserimenti di vegetazione previsti con funzione mitigativa;
- *Ricolonizzazione*, aree lasciate incolte come nucleo di formazione della biodiversità locale, con funzione ambientale, anche a valenza entomologica;
- *Seminativo*, che rappresenta quelle aree migliorate nelle quali sono possibili coltivazioni agrarie, anche in irriguo;
- *Tare*, rappresentate da aree non coltivabili e non pascolabili, come margini dei campi soggetti a rinaturalizzazione spontanea, margini dei campi, fossati, canali, manufatti in genere non inseriti in altri sottosistemi del progetto funzionale;

- *Viabilità*, rappresenta le aree impermeabilizzate per consentire la posa dei sottoservizi e della viabilità in progetto. Ai margini delle sedi carrabili sono previste le recinzioni con gli accessi ai terreni.

Sull'intero sistema agrivoltaico in progetto, si hanno i seguenti dati:

Situazione ante operam				
descrizione	superficie [ha]	potenz. per usi agricoli	SAU [ha]	rapporto di superficie
superfici contrattualizzate	47,4403	completamente utilizzabile	47,4403	77,89%
	0,8009	tare non utilizzabili	0	1,31%
	12,6658	fasce arboree	0	20,80%
Totale	60,9070		47,4403	100,00%

Tale assetto produce oggi una PS annuale calcolata come in tabella:

Media pluriennale ante-operam					
Macrouso	Dettaglio colturale	SAU ha	Produzione standard €/ha	PS Totale €	PS/ha del sistema
ERBAIO	Avena/Orzo (media)	47,4403	406,00 €	19.260,76 €	
Totale		47,4403		19.260,76 €	406,00 €

Nella situazione *post operam*, si prospettano i seguenti calcoli:

Situazione post operam							
descrizione	classi	superficie [ha]	potenz. per usi agricoli	SAU ante operam [ha]	SAU post operam [ha]	rapporto di superficie	
superfici contrattualizzate [ha]	Sottosistema energetico	Campo solare	14,0180	parzialmente utilizzabile	14,0180	9,8126	70%
		Aree tra le file di trackers	18,6840	completamente utilizzabile	18,6840	18,6840	100%
		Fasce di mitigazione interna	0	non utilizzabile	0	0	0%
		Viabilità e altre aree impermeabilizzate	2,7854	non utilizzabile	2,7854	0	0%
		Tare	0,3435	non utilizzabile	0,3435	0	0%
		Sub totale	35,8309	Subtotale	35,8309	28,4966	47%
		Sottosistema ambientale	Già presente	12,6658	non utilizzabile	0	0,0000
Fasce di mitigazione	3,5827		non utilizzabile	3,5827	0,0000	0%	
60,907	Sottosistema agricolo	Coltivazioni	7,3436	completamente utilizzabile	8,0267	7,3436	100%
		Superfici non coltivate	1,4840	non utilizzabile	0,0000	0	100%
Totale	Totale	60,9070	Totale	47,4403	35,8402	75,5%	

Sulla base dei dati riportati sopra emergono i seguenti dati:

- una superficie pari a 16,25 ettari circa è destinata alle aree con funzione agro-ecologica, e risulta costituita dalle fasce frangivento plurispecifiche già presenti (12,66 ettari) incrementate dalle fasce di mitigazione in progetto e dalle aree per la ricolonizzazione naturale da parte delle specie erbacee spontanee, con funzione di serbatoio per la biodiversità vegetale e dell'entomofauna;
- il consumo di suolo vero e proprio coincide con l'area impermeabilizzata, pari a 2,7854 ettari, con una incidenza pari al 4,57% delle superfici contrattualizzate;
- nel complesso la riduzione di SAU equivale a 11,70 ettari, con una riduzione pari al 24,45%;
- la SAU *post operam* corrisponde all'75,5% della SAU *ante operam*.

Stabilita quindi la superficie effettivamente coltivabile, tenuto conto dell'adesione al regime di coltivazione biologica secondo Reg. UE 848/2018 e quindi fermo il principio della rotazione, l'ordinamento colturale, analizzato in un arco temporale triennale è riportato nelle tabelle seguenti.

Anno 1							
Macrouso	Dettaglio colturale	SAT ha	SAU %	SAU ha	Produzione standard €/ha	PS Totale €	PS/ha del sistema
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA AGRICOLO	Avena	7,3436	100%	7,3436	406,00 €	2.981,50 €	
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA IBRIDO	Trifoglio	32,702	87,14%	28,4966	857,00 €	28.025,61 €	
Totale complessivo		40,0456		35,8402		31.007,12 €	774,30 €

Anno 2							
Macrouso	Dettaglio colturale	SAT ha	SAU %	SAU ha	Produzione standard €/ha	PS Totale €	PS/ha del sistema
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA AGRICOLO	Trifoglio	7,3436	100%	7,3436	857,00 €	6.293,47 €	
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA IBRIDO	Orzo	32,702	87,14%	28,4966	514,00 €	16.808,83 €	
Totale		40,0456		35,8402		23.102,29 €	576,90 €

Anno 3							
Macrouso	Dettaglio colturale	SAT ha	SAU %	SAU ha	Produzione standard €/ha	PS Totale €	PS/ha del sistema
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA AGRICOLO	Orzo	7,3436	100%	7,3436	514,00 €	3.774,61 €	
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA IBRIDO	Avena	32,702	87,14%	28,4966	406,00 €	13.277,01 €	
Totale		40,0456		35,8402		17.051,62 €	425,81 €

Anno 4							
Macrouso	Dettaglio colturale	SAT ha	SAU %	SAU ha	Produzione standard €/ha	PS Totale €	PS/ha del sistema
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA AGRICOLO	Avena	7,3436	100%	7,3436	406,00 €	2.981,50 €	
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA IBRIDO	Trifoglio	32,702	87,14%	28,4966	857,00 €	28.025,61 €	
Totale		40,0456		35,8402		31.007,12 €	774,30 €

Anno 5							
Macrouso	Dettaglio colturale	SAT ha	SAU %	SAU ha	Produzione standard €/ha	PS Totale €	PS/ha del sistema
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA AGRICOLO	Trifoglio	7,3436	100%	7,3436	857,00 €	6.293,47 €	
ERBAIO DEL SOTTOSISTEMA IBRIDO	Orzo	32,702	87,14%	28,4966	406,00 €	13.277,01 €	
Totale		40,0456		35,8402		19.570,48 €	488,70 €

Ovviamente l'ordinamento colturale è del tutto previsionale, suscettibile di modifiche in relazione alla disponibilità delle sementi ed alle necessità aziendali di avere, ad esempio, erbai misti di leguminose-graminacee o granelle ad uso alimentare (frumento duro o altri legumi).

8.3.2 Principali operazioni colturali

Con l'ordinamento colturale previsto, si intende migliorare in maniera permanente le condizioni di coltivazione dei suoli; tale risultato deriva dall'azione combinata di operazioni colturali straordinarie e ordinarie.

Le prime, **lavorazioni straordinarie**, rivestono una importanza fondamentale, specialmente a seguito delle operazioni di cantiere, e riguardano tutti gli aspetti legati alla formazione e miglioramento dei sistemi pascolativi, degli erbai e dei prati. Trattasi di operazioni agrarie consistenti nelle operazioni di spietramento, scarificazione, lavori preparatori del letto di semina, semina di miscugli di specie prative in grado di aumentare la biodiversità e le specie pabulari.

La periodicità delle lavorazioni straordinarie può essere definita *una tantum* anche se potrebbe essere necessario ripeterle (in tutto o in parte) con una periodicità decennale, e comunque in funzione delle condizioni agrometeorologiche.

Le seconde, **lavorazioni ordinarie**, sono di grande importanza per l'ottenimento delle produzioni annuali e consistono nelle ordinarie operazioni di coltivazione; la periodicità sarà annuale o biennale.

Le lavorazioni agronomiche previste in progetto, oltre che favorire l'insediamento e lo sviluppo delle colture agrarie, producono quale effetto parallelo quello del miglioramento delle condizioni di stabilità strutturale del terreno mediante le seguenti azioni:

- riequilibrio della porosità (rapporto fra macro e micro-pori);
- miglioramento della struttura (attraverso l'integrazione di sostanza organica);
- riduzione dei fenomeni erosivi (mediante la creazione di un cotico erboso pascolivo da un lato e di erbai a carattere annuale con permanenza autunno-verina dall'altra);
- miglioramento della permeabilità (ad esempio utilizzando miscugli erbacei composti da specie con radici a diversa profondità di esplorazione, sia riducendo le lavorazioni meccaniche che vanno eseguite in ottimali condizioni di tempera del terreno).

In relazione all'ordinamento colturale ipotizzato, si possono elencare nel seguito le principali lavorazioni colturali necessarie all'ottenimento di produzioni quali-quantitativamente ordinarie.

Tabella 8.1 - Cereali autunno-vernini

Coltura	Lavorazioni	Anno ...
Cereali autunno vernini	Concimazione pre aratura	ott-nov
	Aratura – Fresatura	nov-dic
	Concimazione pre semina	dic
	Erpicatura	dic
	Semina	dic
	Rullatura	dic
	Diserbo invernale	feb-mar
	Concimazione primaverile	mar
	Trebbiatura	giu
	Rivoltamento paglia, ranghinatura	giu
	Imballatura, carico e trasporto	giu

Tabella 8.2 - Erbai di leguminose e prati polifita

Coltura	Lavorazioni	Anno ...
Erbai di leguminose e prati polifita	Concimazione pre aratura	ott-nov
	Aratura – Fresatura	nov-dic
	Concimazione pre semina	dic
	Erpicatura	dic
	Semina	dic-gen
	Rullatura	dic-gen
	Diserbo invernale	feb-mar
	Concimazione primaverile	mar
	Sfalcio, rivoltamento, ranghinatura	apr-mag
	Imballatura, carico e trasporto	apr-mag

I fondi oggetto di intervento saranno gestiti, come detto, a seminativi annuali per la produzione di cereali, erbai e a pascoli permanenti migliorati; pertanto, il sistema agrivoltaico proposto intende coniugare la produzione energetica con quella foraggera e cerealicola.

Il layout impiantistico proposto risulta compatibile con la meccanizzazione delle operazioni colturali, dalla preparazione del terreno alla raccolta delle produzioni.

SEZIONI TIPO - Scala 1:50

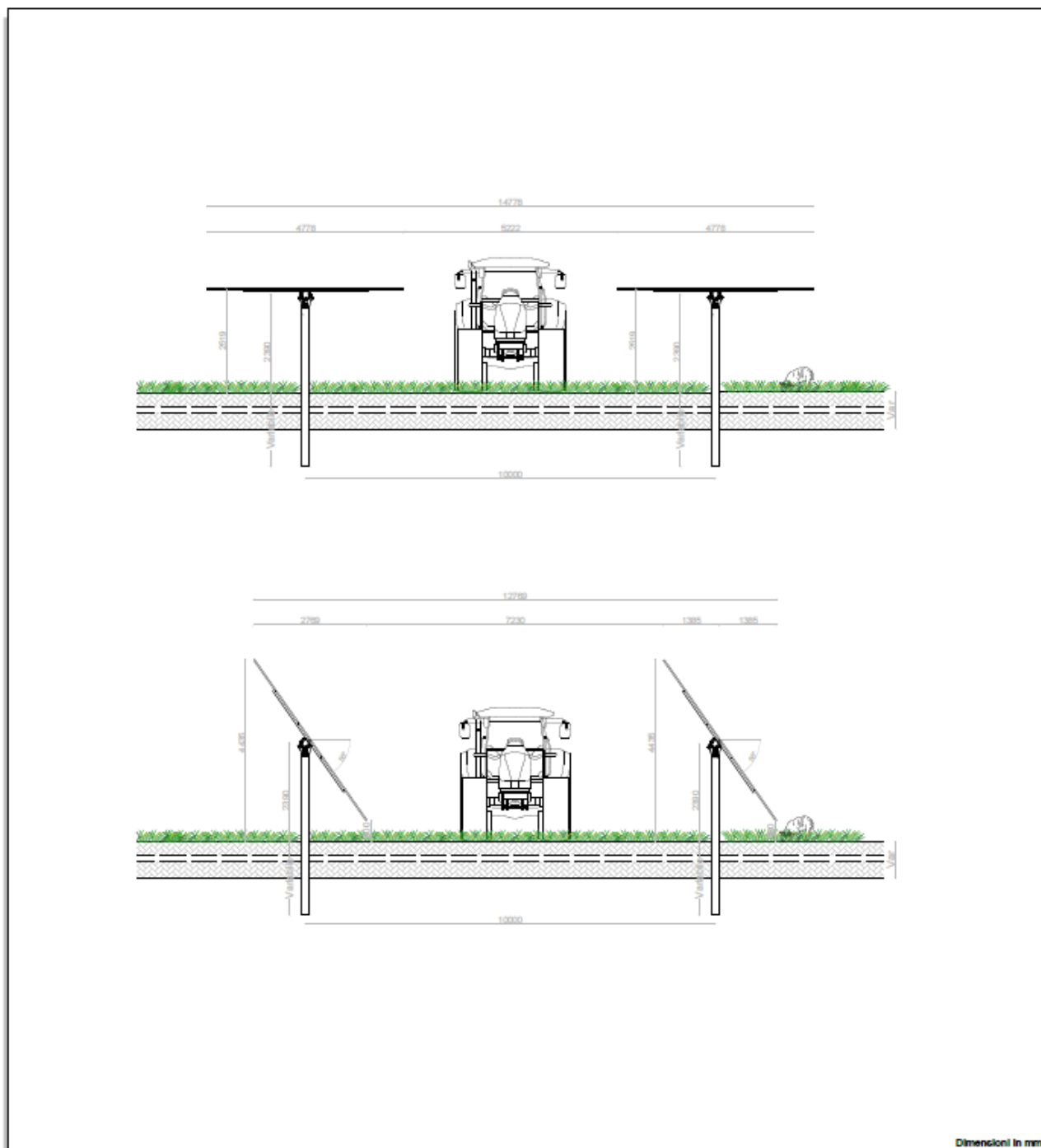


Figura 8-11 – Sezioni tipo: meccanizzazione consentita.

8.3.3 Azioni di miglioramento del contesto agricolo-ambientale

Con le analisi compiute nei paragrafi precedenti si è giunti alla conclusione che il progetto in argomento, in virtù delle caratteristiche di realizzazione e della particolare ubicazione non produce significative interferenze con l'attuale attività agricola praticata (cerealcoltura e foraggicoltura biologica) ma è in grado di incidere sulla permeabilità del sito (già scarsa per le naturali caratteristiche pedologiche) per la presenza di aree impermeabilizzate in misura superiore al 4,5%, ma soprattutto determina una contrazione della superficie coltivata pari al 24,45% circa, compensata solo in parte dalla destinazione di nuove aree a fasce vegetali di mitigazione degli impatti visivi e ad aree di rinaturalizzazione spontanea.

Pertanto, si ritiene necessario introdurre nel sistema tutti quegli elementi migliorativi in grado di compensare da un lato la riduzione della superficie coltivabile, migliorando le condizioni di coltivazione e quindi accrescere la resa unitaria delle produzioni, dall'altro compensare la perdita di permeabilità in un'area che manifesta un drenaggio lento per sua natura geo-pedologica.

Tali obiettivi possono essere ragionevolmente raggiunti agendo sul sistema di drenaggio del terreno che per sua natura e conformazione si presta bene alla realizzazione di drenaggi sotto superficiali.

Con l'intervento proposto si ha l'opportunità di migliorare le condizioni di coltivazione, agendo sulle componenti che attualmente risultano essere maggiormente limitanti:

- Drenaggio lento con tendenza al ristagno;
- Elevata pietrosità superficiale.

La scelta tecnica migliore per rapporto costi/benefici risulta essere quella della realizzazione di idonee sistemazioni idraulico agrarie, necessarie a favorire lo sgrondo delle acque superficiali nei periodi autunno-vernini, favorendo il deflusso delle acque e migliorando la permeabilità all'aria. Trattasi dei cosiddetti "drenaggi sottosuperficiali" mediante la creazione di condotti emungenti sotterranei realizzati con l'impiego dell'aratro talpa: un organo discissore penetra nel terreno alla profondità di 70-80 cm e porta fissata alla sua estremità inferiore un obice (ϕ 7-8 cm) al quale è collegato un lisciatoio (ϕ 10-12 cm).

Dovranno essere compiuti dei tagli verticali ogni 5 metri per creare dei tagli verticali che facilitano la penetrazione dell'acqua la quale potrà poi scorrere nei condotti creati dall'obice e consolidati dal lisciatoio. Tali "gallerie" dovranno avere una lunghezza massima di 100 metri ed una pendenza dello 0,5% circa.

Il momento ottimale per eseguire il drenaggio sottosuperficiale corrisponde a quello nel quale la superficie del terreno si presenta asciutta ed in profondità è presente il giusto grado di

umidità e plasticità necessarie per consentire la formazione delle gallerie.

Date le caratteristiche di plasticità e adesività del terreno, si ritiene che la ripetizione di questi interventi, che solitamente ha cadenza triennale, possa estendersi ad oltre un lustro, rendendolo economicamente più conveniente di un drenaggio tubolare.



Figura 8-12 – Drenaggio eseguito con “aratro talpa”.

8.3.4 Indicazione dei costi delle opere di miglioramento fondiario necessarie

Tutte le azioni di miglioramento proposte nei precedenti paragrafi possono essere realizzate nell'ambito di un più generale progetto di miglioramento fondiario che prevede la conversione dei pascoli cespugliati in pirati stabili migliorati.

Senza voler entrare nei dettagli di un Piano di Miglioramento Fondiario, si rimanda all'allegato A) per la definizione preliminare degli interventi prevedibili con voci di costo e prezzi unitari desunti dal Prezzario Regionale dell'agricoltura della Regione Sardegna vigente al momento (approvato con Determinazioni del Direttore Generale dell'Assessorato dell'Agricoltura e Riforma Agro-Pastorale n. 10543/368 del 14.7.2016 e n. 1505/13 del 20.01.2017).

8.3.5 Comparazione con la situazione ex ante

Si ritiene utile proporre una comparazione, sebbene in maniera sintetica, della produttività *ex post* con quella *ex ante*, effettuata anche solo prendendo in considerazione la potenzialità produttiva in termini di Produzione Standard secondo le tabelle pubblicate dall'INEA-RICA nel 2022 per la regione Sardegna, con riferimento all'anno 2017.

- Situazione *ex ante*

Media pluriennale ante-operam					
Macrouso	Dettaglio colturale	SAU ha	Produzione standard €/ha	PS Totale €	PS/ha del sistema
ERBAIO	Avena/Orzo (media)	47,4403	406,00 €	19.260,76 €	
Totale		47,4403		19.260,76 €	406,00 €

- Situazione *ex post*

Media quinquennale post-operam					
Macrouso	Dettaglio colturale	SAU ha	Produzione standard €/ha	PS Totale €	PS/ha del sistema
ERBAIO	Trifoglio	14,33608	857,00 €	12.286,02 €	
ERBAIO	Orzo	12,86736	514,00 €	6.613,82 €	
ERBAIO	Avena	8,63676	406,00 €	3.506,52 €	
Totale		35,8402		22.406,37 €	625,17 €

Il confronto mostra che nonostante la superficie coltivata si riduca del notevolmente per fare spazio al sottosistema energetico ed alle importanti fasce di mitigazione, il sistema di rotazione colturale introdotto, accompagnato dai benefici effetti delle lavorazioni agronomiche, conducono in breve ad un incremento della PS.

Tale incremento è al netto dei benefici derivanti dall'adesione alle misure agroambientali del PSR-CSR, che andrebbero ad incrementare ulteriormente i margini di redditività agricola.

8.3.6 Analisi costi-benefici relativa alle coltivazioni

Per effettuare una analisi costi-benefici relativi all'attività agricola in senso stretto, è stato redatto un bilancio colturale partendo dalle analisi condotte dall'Agenzia Regionale LAORE relativamente ai conti economici delle principali colture in asciutto pubblicate nel luglio 2008 ed aggiornate secondo prezzi attuali derivanti da ricerca di mercato compiuta *in loco*.

Per la determinazione della PLV è stata presa in considerazione la potenzialità produttiva attuale desunta da intervista con i produttori agricoli che operano in tale area con riferimento a prezzi correnti di mercato.

Si riportano nel seguito gli esiti di tali elaborazioni.

DETERMINAZIONE DEL COSTO DI PRODUZIONE DI RIFERITO A 1 ha DI ORZO e di AVENA				
voce di costo	U.M.	quantità	Valore unit. €	Costo della produzione (€)
CONCIMI	q.li	0	- €	- €
SEMENTI	q.li	1,8	60,00 €	108,00 €
DISERBANTI	l	0	- €	- €
PREPARAZIONE TERRENO	DEL ha	1	250,00 €	250,00 €
SEMINA	ha	1	100,00 €	100,00 €
CONCIMAZIONE	ha	0	80,00 €	- €
DISERBO	ha	0	- €	- €
RACCOLTA	ha	1	110,00 €	110,00 €
Totale				568,00 €

DETERMINAZIONE DEL COSTO DI PRODUZIONE DI RIFERITO A 1 ha DI TRIFOGLIO				
voce di costo	U.M.	quantità	Valore unit. €	Costo della produzione (€)
CONCIMI	q.li	0,35	150,00 €	52,50 €
SEMENTI	q.li	0,25	280,00 €	70,00 €
DISERBANTI	E P. l	0	30,00 €	-€
FITOSANITARI				
PREPARAZIONE TERRENO	DEL ha	1	250,00 €	250,00 €
SEMINA	ha	1	100,00 €	100,00 €
CONCIMAZIONE	ha	1	80,00 €	80,00 €
DISERBO	ha	0	80,00 €	- €
IRRIGAZIONE	ha	0	350,00 €	- €
RACCOLTA	ha	1	110,00 €	110,00 €
Totale				662,50 €

Nella tabella sottostante si riporta la determinazione della PLV (prezzi unitari di mercato) ed i relativi costi di produzione. Nell'ultima colonna, si riporta il bilancio.

Situazione Ex-post - Media quinquennale									
Coltura	Superficie ha	Produzione unitaria t/ha	Produzione totale t	Prezzo Unitario	PLV	Costo della produzione (€/ha)	Costo della produzione (€)	Incidenza (%) costo/plv	Bilancio (€)
Trifoglio (fieno)	14,33608	5	71,68	170,00 €	12.185,67 €	662,50 €	9.497,65 €	78%	2.688,02 €
Orzo (granella + paglia)	12,86736	5,5	70,77	250,00 €	17.692,62 €	568,00 €	7.308,66 €	41%	10.383,96 €
Avena (fieno)	8,63676	4	34,55	150,00 €	5.182,06 €	568,00 €	4.905,68 €	95%	276,38 €
					35.060,34 €				13.348,35 €

9 RISPONDEZZA DEL SISTEMA AI REQUISITI DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO

Con il presente paragrafo si intende riportare in maniera schematica e di facile lettura i parametri utilizzati per il rispetto dei requisiti previsti per i sistemi agrivoltaici dalle linee guida ministeriali.

Si tiene a precisare che le Linee guida pubblicate dal MiTE hanno lo scopo precipuo di chiarire quali sono le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto agrivoltaico dovrebbe possedere per essere definito tale, sia per ciò che riguarda gli impianti più avanzati ai quali possono essere destinati gli incentivi del PNRR, sia per ciò che concerne le altre tipologie di impianti agrivoltaici. Secondo le LLGG:

- per **Impianto agrivoltaico** (o agrovoltaico, o agro-fotovoltaico), si intende un impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione;
- per **Impianto agrivoltaico avanzato** si intende un impianto agrivoltaico che, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm. (D.L. 77/2021, come convertito con la L. 108/2021):
 - adotta soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione;
 - prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Il caso di specie ricade nella definizione di agrivoltaico avanzato, per cui nel prosieguo della trattazione si farà riferimento a quanto normato, per così dire, dalle Linee guida in tal senso.

REQUISITI
<p>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;</p>
<p>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;</p>
<p>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;</p>
<p>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;</p>
<p>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.</p>

Si evidenzia che i requisiti di cui al punto E) e D) delle LLGG non sono richiesti per l'impianto in oggetto, non essendo prevista alcuna richiesta di accesso a contributi a valere sul PNRR e non essendo, quello in progetto un agrivoltaico avanzato.

REQUISITO A.1 - Superficie minima per l'attività agricola			
S_{tot}	Area agricola totale di progetto nella disponibilità della proponente: comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico ed esclude le superfici boscate non coltivabili. Quindi sono incluse anche tutte le aree agricole già coltivate che non ricadono all'interno della recinzione.	47,44	ha
S_{pv}	Somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice)	13,68	ha
S_{agricola}	Superficie minima coltivata: comprende l'area destinata a coltivazione tra e sotto le file dei pannelli e la mitigazione perimetrale. L'ipotesi è quella di coltivare una superficie minima pari al 35% dell'area al di sotto dei pannelli	35,84	ha
S_{agricola} =	0,755480	Stot	Sagricola ≥ 0,7 · S tot
VERIFICATO			

REQUISITO A.2 - Percentuale di superficie complessiva coperta da moduli (LAOR)		
S_{pv}	Superficie complessiva coperta dai moduli	13,68
LAOR (Land Area Occupation Ratio) = S _{pv} /S _{tot}	Il LAOR (Land Area Occupation Ratio) rappresenta la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli e ha un limite massimo pari al 40% della superficie totale di	28,83%
LAOR ≤ 40%		
VERIFICATO		

REQUISITO B.1 - Continuità dell'attività agricola		
	Ante operam	Post operam
Tipo di coltivazione/i	Sistema cerealicolo-foraggero	Sistema cerealicolo-foraggero
Indirizzo produttivo	Cerealicolo - foraggero	Cerealicolo - foraggero
a) coincidenza di indirizzo produttivo: valore medio della produzione agricola registrata sull'area (€/ha) (valori produzione standard 2017 Sardegna, fonte RICA)	406,00 €	625,17 €
PS - Produzione Standard (valori da tabelle RICA)	19.260,76 €	22.406,37 €
VERIFICATO		

REQUISITO B.2 - Verifica della producibilità elettrica minima			
Modulo	Modulo FV in silicio monocristallino del tipo bifacciale Vertex TSM-NEG21C.20 da 700 Wp della Trina Solar	Potenza nominale [Wp]	
		Dimensioni	L [mm] =
		P [mm] =	2384
	Sup. energetica	S _{energetica} [ha] =	1303
			36,04
Impianto agrivoltaico Potenza = 30,157 MWp	Producibilità elettrica annua dell'impianto agrivoltaico [GWh/anno] =		65,30
	FV _{agri} = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto agrivoltaico [GWh/ha/anno] =		1,81
Impianto fotovoltaico standard* Potenza = 33,179 MWp	Producibilità elettrica annua dell'impianto standard [GWh/anno] =		70,24
	FV _{standard} = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto standard [GWh/ha/anno] =		1,95
*strutture fisse con interdistanze ridotte a valori standard			
FV_{agricola}	=	92,97%	FV_{standard}
FV_{agricola} ≥ 0,6 FV_{standard}			
VERIFICATO			

REQUISITO D.2 - Monitoraggio della continuità dell'attività agricola	
Esistenza e resa della coltivazione	<p><i>Redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza biennale. 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).</i></p>
Mantenimento dell'indirizzo produttivo	
Redazione Relazione Tecnica Asseverata di un Agronomo	
VERIFICATO	

10 ANALISI DEGLI IMPATTI POTENZIALI DEL PROGETTO SUL SISTEMA AGRICOLO

10.1 Suolo

La costruzione dell'impianto fotovoltaico non presuppone l'esecuzione di scavi per la regolarizzazione del terreno, se non in corrispondenza di situazioni localizzate riferibili alle cabine elettriche di impianto o, eventualmente, alla creazione della viabilità di servizio. Durante le fasi di cantiere, pertanto, non originano significative attività di movimentazione del terreno che possano determinare l'alterazione delle proprietà fisico-chimiche del suolo per effetto della variazione stratigrafica dovuta alla manomissione degli orizzonti pedologici. Nel caso in esame, pertanto, la realizzazione dell'impianto fotovoltaico non prefigura condizioni di degrado del sito e non altera in modo apprezzabile le attuali condizioni di permeabilità del substrato.

Le attività di posizionamento delle strutture di sostegno dei pannelli dovranno essere eseguite con cura e con il terreno in condizioni idriche e di portanza tali da non comportare il suo compattamento nelle aree interessate del passaggio dei mezzi di lavoro. In particolare, dovrà evitarsi di incidere negativamente sulla possibilità di utilizzo agricolo dei terreni a lavori ultimati.

Tutte le operazioni agronomiche previste per migliorare l'efficienza delle coltivazioni e quindi incrementare le produzioni unitarie vanno nella direzione di migliorare le condizioni di coltivazione, agendo in primis sulla componente idrica del suolo, equilibrando le condizioni di permeabilità e favorendo un rapido allontanamento delle acque superficiali per percolazione, evitando per quanto possibile i fenomeni di scorrimento superficiale e preservando il suolo dal rischio di erosione.

10.2 Agricoltura

La razionalizzazione del piano di coltivazione proposto non prevede stravolgimenti degli attuali equilibri agricolo-vegetazionali-colturali sia perché si ritiene che le colture praticate ed il loro posto nell'avvicendamento colturale siano adeguati al contesto agrario di riferimento, sia perché nel garantire la continuità delle attività agricole è opportuno permettere agli agricoltori coinvolti nel progetto la prosecuzione delle loro attività con il know-how acquisito in tanti anni con lo sfruttamento delle dotazioni aziendali già presenti.

In tale ottica, gli impatti delle coltivazioni che derivano dall'esecuzione del progetto possono essere ascritti alla variazione degli input data sia dalla riduzione della superficie complessivamente coltivata, sia dalla razionalizzazione delle operazioni colturali.

Si riporta nel seguito una descrizione semplificata delle operazioni agronomiche necessarie per le coltivazioni ipotizzate con l'impiego di mezzi tecnici riferiti ad un ettaro di coltivazione. I dati riportati derivano oltre che dalla consolidata esperienza degli agricoltori in loco, anche da medie bibliografiche e da informazioni desunte dalle pubblicazioni ARPAS relativamente ai fabbisogni idrici.

Coltura	Irrigazione (si/no)	Lavorazioni	Anno ...	Mezzi Tecnici			
				Descrizione	U.M.	Quantità in Convenzionale	Quantità in Biologico
Orzo e Avena	no	Concimazione pre aratura	sett-ott	Letame	t/ha	300	400
		Aratura - Fresatura	nov-dic				
		Concimazione pre semina	dic	N	kg/ha	30	0
				P	kg/ha	60	60
				K	kg/ha	70	70
		Erpicatura	dic				
		Diserbo pre semina	dic	Glifosate	l/ha	3	0
		Semina	dic	Seme	kg/ha	200	220
		Rullatura	dic				
		Emergenza	dic				
		Diserbo post emergenza	feb-mar	Bensulfuron - Mesosulfuron-metile	kg/ha	0,09	0
		Concimazione primaverile	mar	N	kg/ha	30	0
		Trebbiatura	giu				
Rivoltamento paglia, ranghinatura	giu						
Imballatura, carico e trasporto	giu						

Coltura	Irrigazione (si/no)	Lavorazioni	Anno ...	Mezzi Tecnici			
				Descrizione	U.M.	Quantità in Convenzionale	Quantità in Biologico
Trifoglio	no	Concimazione pre aratura	sett-ott	Letame	t/ha	100	100
		Aratura - Fresatura	nov-dic				
		Concimazione pre semina	dic	N	kg/ha	0	0
				P	kg/ha	60	60
				K	kg/ha	70	70
		Erpicatura	dic				
		Diserbo pre semina	dic	Glifosate	l/ha	3	0
		Semina	dic	Seme	kg/ha	7	7
		Rullatura	dic				
		Emergenza	dic				
		Diserbo post emergenza	feb-mar	Fluazifop-P-Butile	kg/ha	2	0
		Concimazione primaverile	mar	N	kg/ha	0	0
		Trebbiatura	giu				
Rivoltamento paglia, ranghinatura	giu						
Imballatura, carico e trasporto	giu						

Per la valutazione degli impatti derivanti si propone il seguente schema semplificato da cui è

possibile dedurre il seguente bilancio di sistema:

Coltura	Mezzo tecnico	U.M.	Ante Operam		Post Operam		Bilancio
			Superficie	Quantità	Superficie	Quantità	
Avena + Orzo	Letame	t	47,4403	14.232,09	21,50412	8.601,65	- 5.630,44
	N	kg		1.423,21		-	- 1.423,21
	P	kg		2.846,42		645,12	- 2.201,29
	K	kg		3.320,82		1.505,29	- 1.815,53
	Diserbo	kg		-		-	-
	Seme	kg		9.488,06		4.730,91	- 4.757,15

Coltura	Mezzo tecnico	U.M.	Ante Operam		Post Operam		Bilancio
			Superficie	Quantità	Superficie	Quantità	
Trifoglio	Letame	t	0	-	14,33608	1.433,61	1.433,61
	N	kg		-		-	-
	P	kg		-		860,16	860,16
	K	kg		-		1.003,53	1.003,53
	Diserbo	kg		-		-	-
	Seme	kg		-		100,35	100,35

Mezzo tecnico	U.M.	Ante Operam	Post Operam	Bilancio
Letame	t	14.232,09	10.035,26	- 4.196,83
N	kg	1.423,21	-	- 1.423,21
P	kg	2.846,42	1.505,29	- 1.341,13
K	kg	3.320,82	2.508,81	- 812,01
Diserbo	kg	-	-	-
Seme	kg	9.488,06	4.831,26	- 4.656,80

Gli impatti agricoli derivanti dall'esecuzione del progetto generano complessivamente una riduzione di tutti gli input che incidono negativamente sui fattori ambientali: la riduzione degli interventi di fertilizzazione si traduce in una minore immissione nel sistema di sostanze

chimiche di sintesi, potenzialmente dannose.

11 BIBLIOGRAFIA

MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA - DIPARTIMENTO PER L'ENERGIA, Gruppo di lavoro composto da: CREA - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria; GSE - Gestore dei servizi energetici S.p.A.; ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile; RSE - Ricerca sul sistema energetico S.p.A., Giugno 2022: Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici;

Andrea Colantoni, Massimo Cecchini, Danilo Monarca, Roberto Ruggeri, Francesco Rossini, Umberto Bernabucci, Raffaele Cortignani, Riccardo Primi, Valerio Di Stefano, Leonardo Bianchini, Riccardo Alemanno, Stefano Speranza, Pier Paolo Danieli, Enrico M. Mosconi, Antonio Parenti, Ettore Guerriero, Marco Berardo Di Stefano, Roberta Papili, Donato Rotundo, Miriam Di Blasi, Lanfranco Di Campello, Pierpaolo Ventura, Andrea Riberti, Francesco Gallucci, Maurizio Manenti, Michela Demofonti, Laura Onnis, Mariangela Lancellotta, Gianluca Egidi, Mauro Uniformi, Corrado Falcetta, 2021. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELL'AGRO-FOTOVOLTAICO IN ITALIA - ISBN 978-88-903361-4-0 <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne>

Atzori A.S., Furesi R., Madau F.A., Pulina P., Rassu S.P.G., 2015. Sustainability of dairy sheep production in pasture lands: a case study approach to integrate economic and environmental perspectives. *Reviews of Studies on Sustainability*. 1:117-134

Di Lucia, L., Peterson, S., Sevigné-Itoiz, E., Atzori, A., Usai, D., Slade, R., Bauen, A. Using participatory system dynamics modelling to quantify indirect land use changes of biofuel projects. *Journal of Land Use Science*, 16 (1), pp. 111-128. IF 2.21 Q2

Arca P., Vagnoni E., Lunesu M.F., Serra M.G., Contini S., Decandia M., Molle G., Franca A., Atzori A.S., Duce P. 2019 SheepToShip LIFE: Looking for an eco-sustainable sheep supply chain. Preliminary results on GHG emission of dairy sheep farms. Proceedings of the FAO CHieam Network on Sheep and Goats mediterranean Pastures. Meknes il 23-25 Ottobre, Marocco.

Graham, M., Ates, S., Melathopoulos, A. P., Moldenke, A. R., DeBano, S. J., Best, L. R., & Higgins, C. W. (2021). Partial shading by solar panels delays bloom, increases floral abundance during the late-season for pollinators in a dryland, agrivoltaic ecosystem. *Scientific Reports*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86756-4>

Adeh, E. H., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>

Randle-Boggis, R. J., White, P. C. L., Cruz, J., Parker, G., Montag, H., Scurlock, J. M. O., &

Armstrong, A. (2020). Realising co-benefits for natural capital and ecosystem services from solar parks: A co-developed, evidence-based approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 125(May 2019), 109775. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109775>

Andrew, A. C., Higgins, C. W., Smallman, M. A., Graham, M., & Ates, S. (2021). Herbage Yield, Lamb Growth and Foraging Behavior in Agrivoltaic Production System. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(April), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.659175>

Lytle, W., Meyer, T. K., Tanikella, N. G., Burnham, L., Engel, J., Schelly, C., & Pearce, J. M. (2021). Conceptual Design and Rationale for a New Agrivoltaics Concept: Pasture-Raised Rabbits and Solar Farming. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124476. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124476>

Sacchelli, S., Garegnani, G., Geri, F., Grilli, G., Paletto, A., Zambelli, P., Ciolli, M., & Vettorato, D. (2016). Trade-off between photovoltaic systems installation and agricultural practices on arable lands: An environmental and socio-economic impact analysis for Italy. *Land Use Policy*, 56, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.024>

Maia, A. S. C., Culhari, E. de A., Fonsêca, V. de F. C., Milan, H. F. M., & Gebremedhin, K. G. (2020). Photovoltaic panels as shading resources for livestock. *Journal of Cleaner Production*, 258.

Giardini L., Baldoni R., Coltivazioni erbacee. *Foraggiere e tappeti erbosi; Cereali e proteaginose; Piante oleifere da zucchero, da fibra, orticole e aromatiche*. Pàtron Editore Bologna 2020

New Holland Serie T4S, immagini dalla Brochure scaricabile dal sito: <https://assets.cnhindustrial.com/nhag/eu/it-it/assets/pdf/agricultural-tractors/t4s-stage-v-brochure-italy-it.pdf>

12 ALLEGATO A) – COMPUTO METRICO

Num. ORD TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI €	
		par. ug.	lung.	larg.	H/peso		Prezzo	Totale
1 G.004 (C)	Ripperatura in croce da eseguirsi con ripper di q.li 10 distanza fra i denti non superiore a cm 50, per terreni pietrosi...ni pietrosi o con strati di inibenza fisica sottosuperficiale (es. alcuni tipi di gregori), ad una profondita' di cm 50.	35,000				35,00		
	Sommano Ha					35,00	834,10	29.193,50
2 ZF.A.012.001 (C)	Frangizollatura meccanica del terreno lavorato a scasso andante.a) in terreni poco cespugliati e minima pendenza...Frangizollatura meccanica del terreno lavorato a scasso andante.a) in terreni poco cespugliati e minima pendenza	35,000				35,00		
	Sommano Ha					35,00	202,40	7.084,00
3 G.012 (C)	Sistemazione superficiale in campi regolari delimitati da scoline della sezione non inferiore a mq 0,35 ivi compresi gli...er modesti movimenti di terra con impiego anche di escavatore (terna), escluso i capofossi (sviluppo scoline ml 400/Ha).	35,000				35,00		
	Sommano Ha					35,00	1.215,50	42.542,50
4 G.008 (C)	Aratura, alla profondita' di 30-40 cm, per amminutamento del terreno e per l'interramento dei fertilizzanti utilizzati n...per l'interramento dei fertilizzanti utilizzati nella concimazione di fondo prima dell'impianto di fruttiferi in genere. Formazione di drenaggio con aratro talpa	35,000				35,00		
	Sommano Ha					35,00	279,40	9.779,00
5 U.009.001 (C)	Semina e concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza e seminatrice o spandiconcime: a - per trasporto, misce...seguita con trattrice di adeguata potenza e seminatrice o spandiconcime: a - per trasporto, miscelazione e distribuzione	35,000				35,00		
	Sommano Ha					35,00	137,90	4.826,50
6 U.009.002 (C)	Semina e concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza e seminatrice o spandiconcime: b - per acquisto di seme...verso specie e/o cultivar di origine locale o, quanto meno, di ambienti simili sotto l'aspetto pedologico e climatico)	35,000				35,00		
	Sommano Ha					35,00	461,20	16.142,00
7 U.008.001 (C)	Concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza dotata di spandiconcime. a - per trasporto e distribuzione conci...ncimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza dotata di spandiconcime. a - per trasporto e distribuzione concime	35,000				35,00		
	A RIPORTARE							109.567,50

Num. ORD TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI €	
		par. ug.	lung.	larg.	H/peso		Prezzo	Totale
	RIPORTO							109.567,50
	Sommano Ha					35,00	85,50	2.992,50
8 U.008.002 (C)	Concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza dotata di spandiconcime. b - per acquisto concime...Concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza dotata di spandiconcime. b - per acquisto concime	35,000				35,00		
	Sommano Ha					35,00	259,60	9.086,00
9 U.008.003 (C)	Concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza dotata di spandiconcime. c - esecuzione di Analisi chimico-fisic...a dotata di spandiconcime. c - esecuzione di Analisi chimico-fisica del terreno, compreso prelevamento campione in campo	35,000				35,00		
	Sommano Ha					35,00	201,90	7.066,50
	Totale -							128.712,50
	TOTALE							128.712,50
	Data 14/02/2024							
	Il Tecnico _____							