

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO ECOVOLTAICO

DELLA POTENZA PARI A 144.21 MWp

Comune di Sassari (SS)

Loc. "Giuanne Abbas" e "Elighe longu"

Valutazione di Impatto Ambientale

(D.lgs 152/2006 e s.m.i.)

Oggetto:

**1.21-GEN-Verifica dei requisiti delle
"Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici"**

Proponente:



SIGMA ARIETE S.R.L.
Via mercato n.3, MILANO (MI), 20121
P.I. 11467070964
REA MI - 2604780
PEC sigmaariete@legalmail.it

Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar



<https://regener8power.com/>
The Surrey Technology Centre,
The Surrey Research Park, Guildford, Surrey, England, GU2
7YG

Progettista:



Stantec S.p.A.
Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova
Segrate (Milano)
italia.info@stantec.com
Phone: +39 02 94757240

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	22/03/23	Prima Emissione per richieste MITE	S. De Caro M. Perra F. Sammicheli	A. Napoleoni	A. Satta
Fase progetto: Definitivo				Formato elaborato: A4	

Nome File: **1.21-GEN-Verifica dei requisiti delle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici".docx**

Indice

PREMESSA	7
1 INTRODUZIONE	8
2 LE CARATTERISTICHE E I REQUISITI PER LA DEFINIZIONE DEGLI IMPIANTI AGRIVOLTAICI	10
2.1 Requisito A	10
2.1.1 A.1 – Superficie minima per l'attività agricola	10
2.1.2 Relazione con il progetto	11
2.1.3 A.2 – Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR) 15	
2.1.4 Relazione con il progetto	16
2.2 Requisito B	17
2.2.1 B.1 – Continuità dell'attività agricola	18
2.2.2 Relazione con il progetto	18
2.2.3 B.2 – Producibilità elettrica minima	21
2.2.4 Relazione con il progetto	21
2.3 Requisito C	22
2.3.1 Relazione con il progetto	23
2.4 Requisito D	31
2.4.1 D.1 – Monitoraggio del risparmio idrico	31
2.4.2 Relazione con il progetto	32
2.4.3 D.2 – Monitoraggio della continuità dell'attività agricola	37
2.4.4 Relazione con il progetto	37
2.5 Requisito E	39
2.5.1 E.1 - Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo	39
2.5.2 Relazione con il progetto	39
2.5.3 E.2 – Monitoraggio del microclima	42
2.5.4 Relazione con il progetto	43
2.5.5 E.3 – Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici	60
2.5.6 Relazione con il progetto	60

Indice delle figure

Figura 2-1: Struttura T01 Overhead Dynamics.	24
Figura 2-2: Sezione prevista per la struttura T01. Le quote indicate sono da considerarsi in metri (se non diversamente specificato).	24
Figura 2-3: Sezione pomace con allevamento Guyot.	25
Figura 2-4: Sezione drupacee con allevamento palmetta.	25
Figura 2-5: Allevamento del frutteto misto a vaso: alberi tra i PF o sotto i PF.	26
Figura 2-6: Food forestry negli orti sociali.	26
Figura 2-7: Struttura T02 Fixed.	27
Figura 2-8: Sezione prevista per la struttura T02. Le quote indicate sono da considerarsi in metri (se non diversamente specificato).	27
Figura 2-9: Sezione delle coltivazioni di rosmarino, lavanda e canapa tra i PF fissi e raccogliatrice compatta per piante officinali.	28
Figura 2-10: Struttura T03 Overhead Static.	29
Figura 2-11: Sezione prevista per la struttura T03. Le quote indicate sono da considerarsi in metri (se non diversamente specificato).	29
Figura 2-12: Struttura T04 Tracker.	30
Figura 2-13: Sezione prevista per la struttura T04. Le quote indicate sono da considerarsi in metri (se non diversamente specificato).	30
Figura 2-14: Schema di coltivazione sperimentale del tartufo scorzone con messa a dimora di lecci micorizzati.	31
Figura 2-15: Localizzazione dei siti di monitoraggio della fertilità del suolo (in rosso)	42
Figura 2-16: Esempio di dati per il modulo suolo.	45
Figura 2-17: Esempio di maschera dati per il modulo colturale	46
Figura 2-18: Grafico del fabbisogno idrico della coltura del Grano monococco sardo durante il ciclo colturale	47
Figura 2-19: Grafico del fabbisogno idrico della coltura della Cipolla e orticola quarta gamma durante il ciclo colturale	48
Figura 2-20: Grafico del fabbisogno idrico della coltura della Canapa da fibra durante il ciclo colturale.	49
Figura 2-21: Grafico del fabbisogno idrico della coltura della Lavanda officinale durante il ciclo colturale.	50
Figura 2-22: Grafico del fabbisogno idrico della coltura del Grano monococco sardo durante il ciclo colturale	52

Figura 2-23: Grafico del fabbisogno idrico della coltura dell'Olivo durante il ciclo colturale	53
Figura 2-24: Grafico del fabbisogno idrico della coltura per le Pomacee durante il ciclo colturale.....	55
Figura 2-25: Grafico del fabbisogno idrico della coltura per le Pomacee durante il ciclo colturale.....	57
Figura 2-26: Posizione della stazione meteorologica di Incile (cerchio giallo), utilizzata per le elaborazioni climatiche, rispetto all'area di studio, in rosso	61
Figura 2-27: Grafico del bilancio idrologico secondo i dati della stazione di Bancali, periodo 1981-2010, con indicazione delle precipitazioni (P), Temperatura media (T), Evapotraspirazione potenziale (PE) e reale (AE) oltre ai periodi di deficit (D) e surplus idrico dei suoli (S)	65
Figura 2-28: Distribuzione delle precipitazioni mensili nell'anno 2021 nella zona circostante l'area di studio (cerchio rosso)	66
Figura 2-29: Indice ombrotermico e indice di continentalità della Sardegna	67
Figura 2-30: Estratto della Carta Bioclimatica della Sardegna, il cerchio rosso indica l'ubicazione dell'area di studio.....	67

Indice delle tabelle

Tabella 2-1: Superfici catastali e superfici condotte d'intervento sulla base dei fascicoli aziendali di provenienza.....	12
Tabella 2-2: Superfici e qualità di coltura preesistenti, per particella catastale, estratte dai fascicoli aziendali di provenienza	13
Tabella 2-3: Superfici e qualità di coltura preesistenti raggruppate per tipologie RICA.....	14
Tabella 2-4: Dettaglio delle colture e delle superfici d'intervento per la fase di esercizio dell'impianto agrivoltaico	14
Tabella 2-5: Dettaglio degli interventi colturali in fase di esercizio dell'impianto	15
Tabella 2-6: Distribuzione delle strutture fotovoltaiche per tipologia e per superfici d'ingombro dei pannelli fotovoltaici	17
Tabella 2-7: Produzioni standard relative all'uso colturale e zootecnico preesistente	19
Tabella 2-8: Produzioni standard relative all'uso colturale e zootecnico post operam.....	20
Tabella 2-9: Tabella delle produzioni standard in fase di esercizio dell'impianto riferite ai codici RICA omogenei per anno a quelli delle PS preesistenti.....	20
Tabella 2-10: Produzioni standard post operam	21
Tabella 2-11: Parametri fisici del suolo da utilizzare come indicatori della fertilità del suolo	40
Tabella 2-12: Parametri chimici del suolo da utilizzare come indicatori della fertilità del suolo.....	41
Tabella 2-13: Parametri biologici del suolo da utilizzare come indicatori della fertilità del suolo.....	41
Tabella 2-14: Dati climatici utilizzati nel modulo di CROPWAT	45
Tabella 2-15: Crop water requirements (CWR) totale in mm per le 8 colture considerate.....	46
Tabella 2-16: Ciclo colturale della patata.....	46
Tabella 2-17: Fabbisogno idrico decadale per la coltura della PATATA nell'area di studio.....	47
Tabella 2-18: Ciclo colturale della cipolla e orticole quarta gamma.....	48
Tabella 2-19: Fabbisogno idrico decadale per la coltura della CIPOLLA E COLTURE ORTICOLE DI QUARTA GAMMA nell'area di studio	48
Tabella 2-20: Ciclo colturale della Canapa da fibra	49
Tabella 2-21: Fabbisogno idrico decadale per la coltura della CANAPA DA FIBRA nell'area di studio.....	49

Tabella 2-22: Ciclo colturale della Lavanda officinale	50
Tabella 2-23: Fabbisogno idrico decadale per la coltura della LAVANDA nell'area di studio.....	50
Tabella 2-24: Ciclo colturale del grano sardo.....	51
Tabella 2-25: Fabbisogno idrico decadale per la coltura del GRANO SARDO nell'area di studio.....	51
Tabella 2-26: Ciclo colturale dell'Olivo	52
Tabella 2-27: Fabbisogno idrico decadale per la coltura dell'OLIVO nell'area di studio.....	53
Tabella 2-28: Ciclo colturale delle Pomacee (pero autoctono).....	54
Tabella 2-29: Fabbisogno idrico decadale per la coltura delle POMACEE nell'area di studio.....	54
Tabella 2-30: Ciclo colturale del Prato polifita poliennale	55
Tabella 2-31: Fabbisogno idrico decadale per la coltura del PRATO POLIFITA nell'area di studio.....	56
Tabella 2-32: Valori di temperatura (T), precipitazioni (P), evapotraspirazione potenziale (PE) e reale (AE), deficit idrico (D) e surplus (S), per la stazione meteorologica di Bancali, calcolati secondo il modello proposto da Thornthwaite e Mather, per un contenuto di acqua disponibile nel suolo di 150 mm.....	62
Tabella 2-33: Tipo climatico secondo Thornthwaite con indici di aridità e di umidità riferiti alla Stazione di Bancali.....	63

PREMESSA

Il presente elaborato costituisce parte integrante del documento *“Risposte alla richiesta di integrazione del MASE”*, emesso in data 15/03/2023 e contenente le risposte fornite dal soggetto proponente l’iniziativa, Sigma Ariete S.r.l., alla richiesta di integrazione pervenuta dalla Commissione Tecnica PNRR-PNIEC del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) in data 29 novembre 2022 (m_amte.CTVA.REGISTRO UFFICIALE. U. 0009306. 29-11-2022) e relativa all’istanza di VIA Nazionale avviata in data 19/01/2022 per l’impianto agrifotovoltaico, denominato *“Ecovoltaico Nurra”*, di potenza complessiva pari a 144,21 MW, e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Sassari (SS), località *“Giuane Abbas”* ed *“Elighe longu”*.

In particolare, il presente elaborato ha lo scopo di fornire delucidazioni in merito alla richiesta della suddetta Commissione Tecnica **formulata nel punto 1.3** della richiesta di integrazione, che qui si riporta:

*“Alla luce di quanto richiesto anche nel seguito della presente richiesta, si chiede di prevedere nel SIA un paragrafo nel quale l’impianto agrivoltaico sia identificato come rispondente ai requisiti ed alle caratteristiche richiamati al paragrafo 2.2 delle *“Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici”* del giugno 2022 elaborate dal gruppo di lavoro coordinato dal MITE e 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.). In particolare il suddetto documento pone le condizioni da rispettare affinché un impianto fotovoltaico possa essere qualificato come *“agrivoltaico”* (rispetto delle condizioni A, B e D2), *“impianto agrivoltaico avanzato”* (rispetto delle condizioni A, B, C e D), e le pre-condizioni da rispettare per l’accesso ai contributi del PNRR (rispetto delle condizioni A, B, C, D ed E).”*

Sebbene venga richiesto di integrare la trattazione come paragrafo all’interno dello Studio di Impatto Ambientale, si è optato per svolgere l’argomento in codesto elaborato ad integrazione del documento *“Risposte alla richiesta di integrazione del MASE”*, al fine di facilitarne la lettura, vista la complessità e la specificità del tema trattato.

Lo scopo del presente elaborato è dunque quello di dimostrare la coerenza dell’impianto *“Ecovoltaico Nurra”* con le *“Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici”* di giugno 2022 (*“Linee Guida”*).

1 INTRODUZIONE

Il progetto oggetto di studio, denominato "Ecovoltaico Nurra", rappresenta la scelta progettuale per produrre energia elettrica rinnovabile sfruttando le superfici dei terreni, senza entrare in competizione con la produzione agricola, bensì a suo supporto e vantaggio. Significa quindi produrre energia pulita utilizzando suoli agricoli da difendere dall'uso eccessivo restituendo benefici all'agricoltura.

Il nuovo impianto proposto rappresenta una evoluzione del già moderno agrivoltaico, unendo alla produzione fotovoltaica sia attività agricole che eco-culturali, concorrendo a creare un primo esempio di una infrastruttura intrinsecamente ecologica. Il progetto infatti prevede la realizzazione di:

- un **mercato a km zero**, unitamente ad attività didattiche formative, quali l'apicoltura e il birdwatching. In questa area del parco Ecovoltaico, inoltre, l'idea è quella di utilizzare l'infrastruttura di appoggio per la produzione di ortaggi, a sviluppo verticale, quali pomodorini, zucchine, piselli e passiflora, etc., da vendere alla comunità locale;
- **impianti di lecci micorizzati**, per la rinaturalizzazione del luogo, ma anche la messa in opera di una silvicoltura ad alto reddito, ove i terreni verranno poi utilizzati per la raccolta del tartufo o l'addestramento dei cani e gestiti da una associazione amatoriale, con importanti evidenti benefici in termini ecologici e di produttività e ricaduta in termini economici. Si prevede infatti la convivenza tra produzione di energia rinnovabile e ri-vegetalizzazione a lecceta, di cui 70% a leccio e 30% a sughera, con completamento di olivastri e lentischi (associazione tipica della macchia mediterranea alta);
- **frutteti per la produzione di frutti selvatici**, con anche macchia mediterranea, a fini produttivi per quanto attiene oli essenziali, quali pero selvatico, mirto, lentisco, lavanda, rosmarino, elicriso, camomilla, salvia selvatica, ecc., utili anche per l'estrazione di liquori, confettura e oli medicamentosi;
- **orti sociali e oasi ecologiche**, ove i locali potranno occuparsi di porzioni di orti messi a disposizione per la coltivazione del proprio fabbisogno e vendere l'eccedente, proprio tra i filari di campi fotovoltaici, alternativi a oasi per l'aumento e la massimizzazione della biodiversità, dunque favorendo l'accettazione sociale degli stessi;
- **il Pioppeto a boschetto** e fascia di contenimento intorno alla risorsa idrica esistente a sud-ovest dell'area, nelle immediate vicinanze delle aree dedicate alla produzione di aromatiche, in alternanza e adiacenti a produzioni di canapa e grani antichi, per il consolidamento dei suoli e a giovamento della fertilità dei suoli in termini di produzione agricola;

- **l'area vera e propria di solo restauro valorizzazione paesaggistica** del parco Ecovoltaico dedicata interamente alla manutenzione e valorizzazione dei valori culturali ed ecologici ivi insistenti, per ragioni legate alla presenza allo stato fortemente rudere di una persistenza archeologica (Nuraghe), che ne determina una qualsiasi preclusione ai fini della produzione energetica. Si prevede il contenimento della presenza di ovini e bovini, riducendone notevolmente le quantità ai fini di una gestione ecologica, contemplando anche l'eventuale produzione di latte e formaggio biologico, con una dislocazione dei fabbricati a centro accoglienza per ricercatori e associazioni amatoriali per la salvaguardia di ambiente e fauna, laboratori all'interno del mercato a km zero, grazie ad architetture di supporto inserite all'interno dei luoghi denominati **Corti Sociali**, quali nuovi spazi per la condivisione e accettazione sociale dell'infrastruttura fotovoltaica;
- completare quella serie di **corridoi ecologici** attualmente frammentariamente esistenti, attraverso la messa a dimora lineare di specie arboree autoctone, di quegli habitat indispensabili per la sopravvivenza delle specie faunistiche presenti (oggi), e lo sviluppo e moltiplicazione delle specie (in futuro).

In questa sede si preme precisare che il Progetto di impianto agrifotovoltaico denominato "Ecovoltaico Nurra" ha presentato istanza di Valutazione di Impatto Ambientale in data 19 gennaio 2022, dunque prima dell'approvazione e pubblicazione delle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" avvenuta nel giugno 2022.

Con il presente elaborato si dimostrerà in ogni caso il rispetto, da parte del progetto, dei requisiti indicati dalle Linee Guida per identificare l'impianto come "agrivoltaico avanzato".

2 LE CARATTERISTICHE E I REQUISITI PER LA DEFINIZIONE DEGLI IMPIANTI AGRIVOLTAICI

Le Linee Guida riportano, al punto 2.2, gli aspetti e i requisiti che gli impianti devono avere per poter essere definiti “agrivoltaici”. I requisiti sono elencati dalla lettera A alla lettera E, con i requisiti A, B e D che si dividono a loro volta in due parametri (A.1 e A.2, B.1 e B.2, D.1 e D.2) e il requisito E che si divide in tre parametri (E.1, E.2, E.3).

Secondo le Linee Guida, per poter definire un impianto come “agrivoltaico” è necessario soddisfare i requisiti A (comprensivo sia del parametro A.1 sia del parametro A.2), B (comprensivo sia del parametro B.1 sia del parametro B.2) e il parametro D.2.

Un impianto può essere definito “impianto agrivoltaico avanzato” e può accedere agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche (secondo quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1) se rispetta i requisiti A, B, C e D (e relativi parametri).

Un impianto che rispetta tutti i requisiti (A, B, C, D ed E) e relativi parametri può avere la possibilità di accedere ai contributi del PNRR.

Nei successivi paragrafi si riportano i requisiti individuati dalle Linee Guida (e rispettivi parametri) e la coerenza dell'impianto in oggetto con questi.

2.1 Requisito A

Nelle Linee Guida, il requisito A viene descritto come segue:

“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”.

Lo scopo di questo requisito è quello di creare le condizioni idonee per poter garantire un'efficiente produzione energetica senza compromettere l'attività agricola nell'area interessata dall'intervento.

Un impianto, per poter rispettare il requisito A, e quindi rientrare nella definizione di “agrivoltaico”, deve soddisfare entrambi i parametri A.1 e A.2.

2.1.1 A.1 – Superficie minima per l'attività agricola

Per poter soddisfare tale parametro, è necessario che almeno il 70% della superficie totale del sistema agrivoltaico (S_{tot} , ovvero l'area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o

zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico) sia destinata all'attività agricola (nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole – BPA), secondo questa formula:

$$S_{\text{agricola}} \geq 0,7 \cdot S_{\text{tot}}$$

2.1.2 Relazione con il progetto

Il sistema agrivoltaico è stato progettato, e sarà realizzato, adottando una configurazione spaziale e adeguate scelte tecnologiche tali da consentire l'integrazione fra l'attività agricola-zootecnica e la produzione elettrica valorizzando in modo sinergico il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

2.1.2.1 La superficie agricola utile preesistente e in fase di esercizio

L'area oggetto di intervento sarà adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione.

2.1.2.2 Individuazione delle caratteristiche della superficie agricola preesistente

Per individuare la superficie agricola preesistente si è fatto riferimento alla documentazione ufficiale gestita dall'agenzia regionale ARGEA. Le superfici oggetto d'intervento, ad eccezione di due particelle catastali, provengono da tre distinte aziende agricole e agricolo-zootecniche confinanti come esemplificato nella seguente tabella.

2022						
Comune	sezione	Foglio	Particella	Sup. Totale ha.aa.ca	Sup. Condotta ha.aa.ca	Titolare fascicolo
Sassari	B - Nurra	77	11	11.70.90	11.63.55	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	77	29	3.30.67	3.25.19	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	77	67	2.32.82	2.41.57	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	77	138	10.39.50	10.33.41	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	77	140	5.16.57	5.20.04	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	77	144	0.25.28	0.25.28	-
Sassari	B - Nurra	77	315	12.12.80	11.90.71	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	77	318	33.72.08	32.76.36	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	78	12	6.31.68	6.24.67	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	78	13	17.15.76	17.05.04	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	78	184	43.79.02	42.13.12	COINU MARIA RITA
Sassari	B - Nurra	78	185	17.83.37	18.69.46	COINU MARIA RITA
Sassari	B - Nurra	79	10	15.64.00	15.61.92	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	79	43	7.55.30	7.67.24	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	79	99	16.23.85	15.86.58	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	91	1	4.28.02	3.71.63	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	91	2	21.91.80	21.80.14	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	91	5	16.10.26	16.06.88	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	91	6	20.68.18	20.47.91	COINU DANIELE
Sassari	B - Nurra	91	7	14.45.94	14.21.49	COINU DANIELE
Sassari	B - Nurra	91	29	6.90.00	6.85.99	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	91	62	0.93.60	0.94.55	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	91	64	8.87.20	8.79.34	COINU SALVATORE
Sassari	B - Nurra	91	65	8.95.94	8.98.52	-
Superfici totali				306.64.54	302.90.59	

Tabella 2-1: Superfici catastali e superfici condotte d'intervento sulla base dei fascicoli aziendali di provenienza

2.1.2.3 Analisi dell'uso del suolo nei fascicoli aziendali

Sulla base dei rispettivi fascicoli aziendali validati nel 2022, e allegati al presente elaborato, si sono individuate le colture praticate nelle aziende con le relative superfici, riportate mappale per mappale, nei piani di coltivazione presenti nei rispettivi fascicoli.

QUADRO COMPLESSIVO DEI DATI RELATIVI ALL'OCCUPAZIONE DEL SUOLO 2022 DELLE PARTICELLE COSTITUENTI LA SUPERFICIE D'INTERVENTO

TITOLARE DEL FASCICOLO	Comune	Foglio	mappale	qualità	*Superficie occupaz. suolo	Somma Sup.	** Sup. catastale	*** Sup. condotta	Δ Superficie e Sup. condotta		
COINU DANIELE Cod. Fascicolo 20362115634	Sassari Nurra	91	6	erbaio	20.37.95	20.47.90	20.68.18	20.47.91	0.00.01		
				tare	0.09.95						
			7	erbaio	13.61.24	14.21.48	14.45.94	14.21.49	0.00.01		
				pascolo arborato- cespugliato tara 20%	0.57.60						
tare	0.02.64										
COINU M.RITA Cod. Fascicolo 20367807649	Sassari Nurra	78	184	erbaio	41.69.98		43.79.02	42.13.12	0.43.14		
			185	erbaio	18.28.52		17.83.37	18.69.46	0.40.94		
COINU SALVATORE Cod. Fascicolo 20368412589	Sassari Nurra	77	11	erbaio	11.02.49	11.63.54	11.70.90	11.63.55	0.00.01		
				pascolo arborato- cespugliato tara 20%	0.04.56						
				tare	0.56.49						
			29	prato pascolo	2.31.61	3.25.19	3.30.67	3.25.19	0.00.00		
				pascolo arborato- cespugliato tara 20%	0.55.41						
				tare	0.38.17						
			67	prato pascolo	2.21.33	2.41.57	2.32.82	2.41.57	0.00.00		
				tare	0.20.24						
			138	prato pascolo	9.13.34	10.33.39	10.39.50	10.33.41	0.00.02		
				pascolo arborato- cespugliato tara 20%	1.13.66						
				tare	0.06.39						
			140	prato pascolo	4.06.21	5.20.05	5.16.57	5.20.04	-0.00.01		
				pascolo arborato- cespugliato tara 20%	0.56.11						
				tare	0.57.73						
			315	prato pascolo	11.30.61	11.90.71	12.12.80	11.90.71	0.00.00		
	tare	0.60.10									
	318	prato pascolo	28.37.78	32.76.34	33.72.08	32.76.36	0.00.02				
		pascolo arborato- cespugliato tara 20%	3.43.36								
		gruppi di alberi e boschetti	0.11.15								
		siepi e fasce alberate	0.84.05								
	12	prato pascolo	5.43.04	6.24.65	6.31.68	6.24.67	0.00.02				
		pascolo arborato- cespugliato tara 20%	0.01.26								
		tare	0.80.35								
	13	erbaio	16.74.70		17.15.76	17.05.04	0.30.34				
	10	prato pascolo	15.51.84		15.64.00	15.61.92	0.10.08				
	43	prato pascolo	7.67.24		7.55.30	7.67.24	0.00.00				
	99	prato pascolo	15.78.91		16.23.85	15.86.58	0.07.67				
	Sassari Nurra	91	1	erbaio	3.57.77	3.65.04	4.28.02	3.71.63	0.06.59		
				siepi e fasce alberate	0.07.27						
			2	erbaio	19.95.48	21.80.14	21.91.80	21.80.14	0.00.00		
pascolo polifita con roccia affiorante tara 20%				1.84.66							
5			erbaio	16.06.88	6.67.47	6.90.00	6.85.99	0.18.52			
			erbaio	6.43.26							
29			fasce tamponi ripariali	0.07.54	0.94.55	0.93.60	0.94.55	0.00.00			
			tare	0.16.67							
			erbaio	0.56.40							
62			pascolo polifita con roccia affiorante tara 20%	0.28.97	0.94.55	0.93.60	0.94.55	0.00.00			
			siepi e fasce alberate	0.09.18							
64			erbaio	8.79.34		8.87.20	8.79.34	0.00.00			
particelle non presenti nei fascicoli aziendali			Sassari Nurra	77	144	tare	0.25.28		0.25.28	0.00.00	
			Sassari Nurra	91	65	erbaio	8.98.52		8.95.94	8.98.52	0.00.00
TOTALE					301.33.23		306.64.54	302.90.59	1.57.36		

Fonte dati: ARGEA - Fascicolo aziendale

* Piano di coltivazione - particelle catastali

** Riepilogo della composizione del patrimonio aziendale - composizione territoriale (campo sup. catastale)

*** Riepilogo della composizione del patrimonio aziendale - composizione territoriale (campo sup. condotta)

Tabella 2-2: Superfici e qualità di coltura preesistenti, per particella catastale, estratte dai fascicoli aziendali di provenienza

Le differenze di superficie tra la superficie condotta e la superficie di occupazione suolo sono dovute alla presenza di tare costituite da strade, piste ecc, non dettagliate nei fascicoli aziendali.

Pertanto, la superficie dettagliata dell'uso del suolo dell'area d'intervento è inferiore alla superficie catastale (Ha 306.64.54) ed è pari ad ettari 301.33.23.

2.1.2.4 Determinazione delle superfici agricole

Dai suddetti dettagli sulle superfici delle colture preesistenti si devono distinguere le superfici agricole da quelle boschive e dalle tare (superfici non agricole) come esemplificato nella seguente tabella.

tipologia	Uso del suolo 2022	superfici agricole	boschi e tare	
Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)	erbaio	186.12.53		
	prato pascolo	101.81.91		
pascoli magri	pascolo arborato-cespugliato tara 20%	6.31.96		
	pascolo polifita con roccia affiorante tara 20%	2.13.63		
superfici non agricole	fasce tampone ripariali			0.07.54
	siepi e fasce alberate			1.00.50
	gruppi di alberi e boschetti		0.11.15	
	tare		3.74.01	
Totale complessivo		296.40.03	4.93.20	

Tabella 2-3: Superfici e qualità di coltura preesistenti raggruppate per tipologie RICA

2.1.2.5 Caratteristiche della superficie agricola in fase di esercizio dell'impianto agrivoltaico

Nella seguente tabella, che sostituisce la tabella presente alla pagina 73 dell'elaborato "5.01.31-AMB- Relazione Agronomica", relativa agli interventi culturali previsti.

uso in progetto per tutta la durata dell'impianto	Superfici d'intervento (Ha.aa.ca)		
	Superfici agricole, boschi e tare	Rigenerazione suoli (miscugli miglioratori con leguminose)	Nuovi impianti di alberi forestali e arbusti
Seminativi e prati	142.70.88	142.70.88	
Fasce di transizione (seminativi con alberi di nuovo impianto)	69.46.11	69.46.11	69.46.11
Oasi ecologiche	1.26.18	1.26.18	
Frutteti a spalliera (pedestrian orchards): melo, pero, pesco, albicocco, susino, rovo da mora.	8.00.00	8.00.00	
Frutteti tradizionali: mandarino, limone, prugnolo, fico, ciliegio, mandorlo, pero, giuggiolo, Kaki, mora	5.58.75	5.58.75	
Oliveto	5.12.86	5.12.86	
Orti sociali	3.09.57	3.09.57	
Rosmarino	3.00.00	3.00.00	
Altre piante officinali	3.00.00	3.00.00	
Leccete micorizzate (tartufaia)	4.82.19	4.82.19	
Grani tradizionali (in successione con pisello proteico)	3.00.00	3.00.00	
Pisello proteico (in successione con grani tradizionali)	3.00.00	3.00.00	
Canapa	2.00.00	2.00.00	
Corridoi ecologici (macchie, arbusti e alberi esistenti)	11.48.58		
Boschi (esistenti e nuovo impianto)	24.39.08	24.39.08	24.39.08
Tare	11.39.03		
Totale	301.33.23	278.45.62	93.85.19

Tabella 2-4: Dettaglio delle colture e delle superfici d'intervento per la fase di esercizio dell'impianto agrivoltaico

Nella prima colonna sono indicate le categorie produttive per tipologia, nella seconda le relative superfici con totale superfici identico alla somma del dettaglio dell'occupazione del suolo preesistente (sesta colonna in *Tabella 2-2: Superfici e qualità di coltura preesistenti, per particella catastale, estratte dai fascicoli aziendali di provenienza*)

Nella seguente tabella gli interventi colturali previsti sono stati raggruppati per categorie omogenee e si è distinta la superficie agricola dalle superfici non agricole (boschi e tare):

Tipologia	uso	superficie agricola	boschi e tare
seminativi e prati	Seminativi e prati	142.70.88	
	Fasce di transizione (seminativi e prati arborati)	69.46.11	
	Oasi ecologiche (seminativi e prati con piante mellifere)	1.26.18	
frutteti	Frutteti a spalliera (pedestrian orchards): melo, pero, pesco, albicocco, susino, rovo da mora.	8.00.00	
	Frutteti tradizionali: mandarino, limone, prugnolo, fico, ciliegio, mandorlo, pero, giuggiolo, Kaki, mora	5.58.75	
	Oliveto	5.12.86	
orti	Orti sociali	3.09.57	
Piante aromatiche, medicinali e da condimento	Rosmarino	3.00.00	
	Altre piante officinali	3.00.00	
	Leccete micorizzate (tartufaia)	4.82.19	
grani antichi in successione con pisello proteico	Grani tradizionali	3.00.00	
	Pisello proteico	3.00.00	
canapa	canapa	2.00.00	
boschi e macchie	corridoi ecologici (boschetti e macchie esistenti)		11.48.58
	boschi nuovo impianto		24.39.08
tare	tare		11.39.03
Totale		254.06.54	47.26.69

Tabella 2-5: Dettaglio degli interventi colturali in fase di esercizio dell'impianto

Pertanto la superficie agricola ($S_{agricola}$) è pari ad ettari 254.06.54, mentre si assume la superficie catastale pari a ettari 306.64.54 come superficie del sistema agrivoltaico (S_{tot}) si ottiene che la superficie agricola è pari al 82,85% della superficie catastale totale dell'intervento.

descrizioni	Superfici (Ha.aa.ca)
$S_{agricola}$	254.06.54
S_{tot}	306.64.54
$S_{agricola}/S_{tot} \geq 70\%$	82,85%

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

Il concetto di densità, o porosità, è un concetto che riveste una grande importanza per un sistema agrivoltaico. Un impianto agrivoltaico può infatti presentare una maggiore variabilità nella distribuzione in pianta dei moduli, proprio per permettere la prosecuzione dell'attività agricola al di

sotto o a lato dei pannelli, e per non ostacolare la crescita delle piante, rispetto ad un impianto fotovoltaico tradizionale, il quale invece prevede una disposizione dei pannelli volta al massimo rendimento energetico.

Per calcolare la densità di un impianto fotovoltaico, è possibile utilizzare i seguenti due indicatori:

1. La densità di potenza (calcolata in MW/ha);
2. La percentuale complessiva coperta dai moduli (LAOR – “Land Area Occupation Ratio”).

Le Linee Guida optano per il calcolo della percentuale di superficie occupata dai moduli, quindi per il LAOR, piuttosto che per il calcolo della densità di potenza, in quanto una riduzione della densità di potenza potrebbe anche essere ottenuta mediante l'utilizzo di moduli a basso rendimento, e quindi a soluzioni meno innovative rispetto a quelle più efficienti disponibili sul mercato.

Il LAOR è definito come il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}) e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S_{tot}). Questo rapporto è espresso con una percentuale, che non deve essere maggiore del 40%.

$$LAOR \leq 40\%$$

2.1.4 Relazione con il progetto

Il sistema agrivoltaico in progetto è caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola e zootecnica. Per questo motivo l'intervento agrivoltaico prevede l'utilizzo di ben quattro diverse tipologie di strutture agrivoltaiche due fisse e due mobili con tracker. La scelta è stata articolata in modo da adeguare la tipologia di struttura alle diverse esigenze delle colture agricole mantenendo per tutte anche i vantaggi relativi alla produzione foraggera e il pascolamento.

2.1.4.1 Calcolo della superficie totale di ingombro dell'impianto fotovoltaico

La superficie totale di ingombro dell'impianto fotovoltaico (S_{pv}) è stata calcolata mediante la somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice).

Di seguito si riporta il calcolo di dettaglio per zona e per tipologia delle somme delle superfici d'ingombro e il riepilogo per tipologia di struttura portante.

Calcolo del S_{pv}			
Setto re	SOTTOCAMPO	N° PANNELLI	Superficie* [mq]
N1	N1.1	5.580	17.333,444
	N1.2	7.920	24.602,308
N2	N2	5.250	13.677,331
N3	N3	4.800	12.504,989
E1	E1.1	5.820	15.162,299
	E1.2	6.060	15.787,548
	E1.3	8.190	21.336,637
E2	E2.1	15.930	41.500,932
	E2.2	2.910	9.039,484
E3	E3.1	11.730	30.559,066
	E3.2	2.670	8.293,960
E4	E4	2.160	6.709,720
E5	E5.1	2.610	8.107,579
	E5.2.1	4.590	14.258,156
	E5.2.2	7.920	24.602,308
E6	E6	4.500	13.766,218
E7	E7.1	11.160	34.666,888
	E7.2	8.910	27.677,596
	E7.3.1	7.560	23.484,021
E8	E7.3.2	9.180	28.516,311
	E8	3.870	12.021,582
E9	E9.1	3.510	9.144,273
	E9.2	9.660	25.166,290
E10	E10	2.700	8.387,150
S1	S1.1	8.010	20.867,700
	S1.2	7.470	19.460,889
S2	S2.1	9.600	25.009,978
	S2.2	9.420	24.541,040
W1	W1.1	11.220	34.853,269
W2	W1.2	8.790	27.304,834
	W2	4.500	13.978,584
W3	W3.1	4.020	12.487,535
	W3.2	1.950	6.057,386
		220.170	630.867,308

LEGENDA			Superfici (Ha.aa.ca)
Tracker		T04	11.20.15
Ground Mounted (Fissi)		T02	27.47.19
Overhead Dynamic (Tracker a 3)		T01	23.03.67
Overhead Static (Fissi a capanna)		T03	1.37.66
Superficie totale d'ingombro dell'impianto fotovoltaico			63.08.67

LEGENDA			
Tracker			
Ground Mounted (Fissi)			
Overhead Dynamic (Tracker a 3)			
Overhead Static (Fissi a capanna)			

Tabella 2-6: Distribuzione delle strutture fotovoltaiche per tipologia e per superfici d'ingombro dei pannelli fotovoltaici

La superficie totale di ingombro dell'impianto fotovoltaico (S_{pv}) è pari a ettari 63.08.67, e occupa il 20,57% della superficie del sistema agrivoltaico (S_{tot}), pertanto il LAOR risulta essere $\leq 40\%$.

descrizioni	Superfici (Ha.aa.ca)
S_{pv}	63.08.67
S_{tot}	306.64.54

$LAOR = S_{pv}/S_{tot} \leq 40\%$	20,57%
-----------------------------------	---------------

2.2 Requisito B

Nelle Linee Guida, il requisito B viene descritto come segue:

"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".

Lo scopo di questo requisito è quello di favorire sì la compresenza dei due sottosistemi (produzione agricola e produzione elettrica, già garantiti a livello spaziale con il rispetto del requisito A), ma dà maggior rilievo al discorso temporale, alla continuazione cioè delle attività per tutto l'arco di vita tecnica utile dell'impianto, e al quantitativo effettivo della produzione, sia agricola, sia energetica. I Parametri da rispettare sono due: B.1 e B.2.

2.2.1 B.1 – Continuità dell'attività agricola

La continuità dell'attività agricola è definita attraverso:

- a. **L'esistenza e la resa della coltivazione**, ovvero si deve confrontare il valore della produzione agricola prevista negli anni solari successivi all'entrata in esercizio dell'impianto (espressa in €/ha i in €/UBA¹) con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area negli anni solari antecedenti;
- b. **Il mantenimento dell'indirizzo produttivo**, ovvero si dovrebbe rispettare il mantenimento dell'indirizzo produttivo o eventualmente il passaggio ad un indirizzo produttivo di valore economico superiore.

2.2.2 Relazione con il progetto

Il parametro fondamentale per la misurazione della continuità agricola è dato, oltre che dall'effettiva utilizzazione del suolo per attività agricole e zootecniche, anche dalla resa economica per unità di superficie. Solo dettagliando l'aspetto economico reddituale, agricolo e zootecnico, si ha contezza della effettiva continuità produttiva a livello aziendale. Il valore economico dell'indirizzo produttivo deve essere considerato nel complesso della produzione aziendale secondo i valori delle produzioni standard predisposti nell'ambito delle indagini RICA sulle aziende agricole rapportate alle situazioni strutturali e organizzative proprie delle diverse regioni italiane.

Al fine di procedere al calcolo con dati ufficiali si fa riferimento per il valore delle produzioni pregresse ai valori di *produzione standard* (PS), misurati in €/Ha, rilevati nei fascicoli aziendali di provenienza delle particelle catastali in progetto. Questi valori verranno moltiplicati per le superfici rispettive superfici tabellate al fine di ottenere la *produzione standard totale* (PST).

2.2.2.1 Il mantenimento dell'indirizzo produttivo e nuove produzioni

L'indirizzo produttivo non è cambiato ma è stato adeguato alla vision del progetto che prevede una maggiore sostenibilità delle produzioni, con una diminuzione del peso del comparto zootecnico, e una diversificazione con l'inserimento di nuove colture che garantiranno un valore economico più elevato in termini produzione standard totale calcolata a livello complessivo aziendale.

L'intervento prevede quindi un sostanziale mantenimento dell'indirizzo produttivo in quanto si mantiene l'indirizzo aziendale con produzioni agro-zootecniche e solo il 13,5% della superficie

¹ UBA: Unità di Bestiame Adulto.

colturale verrà utilizzato per le nuove produzioni frutticole, officinali, cerealicole e da fibra. Questa superficie potrà ulteriormente aumentare nel medio periodo in relazione alle richieste del mercato.

Il comparto zootecnico verrà ridimensionato e reso più sostenibile in quanto potrà auto approvvigionarsi dalle produzioni foraggere aziendali, consentendo una proficua turnazione del gregge sui seminativi e i pascoli aziendali a vantaggio della biodiversità e del miglioramento dei suoli per la minore pressione pascolativa sul cotico erboso. La drastica diminuzione del costipamento superficiale per il calpestio provocato dalla mandria e dalle greggi sarà uno dei fattori principali della rigenerazione dei suoli aziendali. Il carico zootecnico era, infatti, molto elevato. Dai fascicoli aziendali si legge che il numero medio di capi allevati era pari a 1342 ovini e 135 bovini. La nuova consistenza dell'allevamento sarà di circa 300 capi ovini. Le nuove produzioni come evidenziato di seguito compenseranno agevolmente il minore contributo economico del comparto zootecnico.

2.2.2.2 Calcolo delle produzioni standard antecedenti

Nella seguente tabella sono state assegnate le produzioni standard per tipo di coltura (€/Ha) e per tipologia di bestiame (€/capo). I valori unitari sono stati desunti dalle sezioni OTE (orientamento tecnico economico) dei fascicoli aziendali derivanti dalle elaborazioni dei dati economici RICA per le aziende della Sardegna.

PST coltivazioni ante operam				
coltura	superficie	Codice PS	€/ha	€ tot
Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)	287.94.44	D18A	801,00 €	230.643,46 €
Pascoli magri	8.45.59	F02	284,00 €	2.401,48 €
Superficie non agricola	4.93.20	-	- €	- €
Totale superficie	301.33.23			- €
TOTALE				233.044,94 €

PST bestiame ante operam				
bestiame	n. capi	Codice PS	€/capo	€ tot
Bovini di meno di 1 anno: maschi e femmine	21	-	-	-
Bovini maschi da 1 a meno di 2 anni	14	J04	512,00 €	7.168,00 €
Bovini maschi di 2 anni e più	88	J05	906,00 €	79.728,00 €
Altre vacche (vacche nutrici, vacche da riforma)	12	J08	676,00 €	8.112,00 €
Ovini	1342	J09B	167,00 €	224.114,00 €
TOTALE				319.122,00 €

Tabella 2-7: Produzioni standard relative all'uso colturale e zootecnico preesistente

La produzione standard totale aziendale sarà ottenuta sommando le produzioni standard agricole con quelle zootecniche.

PST TOTALE ante operam	
PST coltivazioni ante operam	233.044,94 €
PST bestiame ante operam	319.122,00 €
TOTALE	552.166,94 €

Tabella 2-8: Produzioni standard relative all'uso colturale e zootecnico post operam

2.2.2.3 Calcolo delle produzioni standard per la durata d'esercizio dell'impianto agrivoltaico

Per le produzioni standard del progetto agrivoltaico sono stati utilizzati i dati identici per le produzioni in continuità per anno e per regione della banca dati RICA utilizzati nei fascicoli aziendali del 2022. In questo modo si può effettuare un confronto omogeneo scevro da rivalutazioni economiche dei dati ad ettaro e a capo.

Per le nuove produzioni si sono utilizzati i valori di PS RICA relativi allo stesso anno di quelli utilizzati nei fascicoli aziendali. Per quanto riguarda la tartufoia su leccete micorrizzate non esiste un valore di produzione standard ad ettaro per la Sardegna e neppure per le altre regioni italiane. Si è utilizzato, per analogia d'utilizzo del prodotto e reddito, il valore RICA per le piante aromatiche, medicinali e condimentarie considerando che l'utilizzazione principale del tartufo è quella condimentaria.

PST coltivazioni post operam				
coltura	superficie	Codice PS	€/ha	€ tot
Canapa	2.00.00	D32	808,00 €	1.616,00 €
Melo*	2.50.00	G01A	5.258,00 €	13.145,00 €
Pero*	0.50.00	G01A	5.258,00 €	2.629,00 €
Pesco*	1.00.00	G01A	5.258,00 €	5.258,00 €
Albicocco*	1.00.00	G01A	5.258,00 €	5.258,00 €
Susino*	2.00.00	G01A	5.258,00 €	10.516,00 €
Rovo da mora*	1.00.00	G01D	10.542,00 €	10.542,00 €
Frutteti tradizionali**	5.58.75	G01A	5.258,00 €	29.379,08 €
leccete micorrizzate	4.82.19	D34	25.000,00 €	120.547,50 €
Grani antichi (in successione con pisello proteico)	3.00.00	D02	849,00 €	2.547,00 €
Pisello proteico (in successione con grani antichi)	3.00.00	D18A	801,00 €	2.403,00 €
orti sociali	3.09.57	D14A	10.554,00 €	32.672,02 €
Piante aromatiche, medicinali e da condimento	6.00.00	D34	25.000,00 €	150.000,00 €
Oliveto	5.12.86	G03B	1.400,00 €	7.180,04 €
Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)	142.70.88	D18A	801,00 €	114.309,75 €
Oasi ecologiche	1.26.18	D18A	801,00 €	1.010,70 €
Zone di transizione (seminativi arborati)	69.46.11	D18A	801,00 €	55.638,34 €
Corridoi ecologici	0.00.00	-	- €	- €
Boschi	0.00.00	-	- €	- €
Tare	0.00.00	-	- €	- €
Totale superficie	254.06.54			
TOTALE				564.651,42 €
*Frutteti a spalliera (pedestrian orchards)				
**Mandarino, limone, prugnolo, fico, ciliegiamandorlo, pero, giuggiolo, kaki, mora				
PST bestiame post operam				
bestiame	n. capi	Codice PS	€/capo	€ tot
Ovini	300	J09B	167,00 €	50.100,00 €
TOTALE				50.100,00 €

Tabella 2-9: Tabella delle produzioni standard in fase di esercizio dell'impianto riferite ai codici RICA omogenei per anno a quelli delle PS preesistenti.

Sommando le produzioni standard dei due comparti produttivi si ottiene la PST aziendale.

PST TOTALE post operam	
PST coltivazioni post operam	564.651,42 €
PST bestiame post operam	50.100,00 €
TOTALE	614.751,42 €

Tabella 2-10: Produzioni standard post operam

Il requisito è quindi verificato sia in termini di continuità che in termini di valore della produzione standard totale aziendale.

PST aziendale nell'esercizio del sist. agrivoltaico **€ 614.751,42** > PST ante operam **€ 552.166,54**.

2.2.3 B.2 – Producibilità elettrica minima

Con il parametro B.2 si intende garantire che la producibilità elettrica (calcolata in GWh/ha/anno) dell'impianto agrivoltaico (FV_{agri}) sia almeno pari al 60% della producibilità elettrica di un impianto fotovoltaico standard ($FV_{standard}$):

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

2.2.4 Relazione con il progetto

Il valore di producibilità specifica dell'impianto agrivoltaico in progetto è pari a 1,20 GWh/ha/anno.

Per ottenere il valore di $FV_{standard}$, si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida ed in particolare:

“Il pattern tridimensionale (distribuzione spaziale, densità dei moduli in pianta e altezza minima da terra) di un impianto fotovoltaico a terra corrisponde, in generale, a una progettazione in cui le file dei moduli sono orientate secondo la direzione est-ovest (angolo di azimuth pari a 0°) ed i moduli guardano il sud (nell'emisfero nord), con un angolo di inclinazione al suolo (tilt) pari alla latitudine meno una decina di gradi; le file di moduli sono distanziate in modo da non generare ombreggiamento reciproco se non in un numero limitato di ore e l'altezza minima dei moduli da terra è tale che questi non siano frequentemente ombreggiati da piante che crescono spontaneamente attorno a loro.”

Pertanto, come impianto fotovoltaico standard è stato considerato un impianto fotovoltaico realizzato con le strutture fisse di tipologia T02 (Ground mounted), le stesse utilizzate in una parte dell'impianto agrivoltaico in progetto, installate sulla stessa area occupata dall'impianto agrivoltaico in progetto.

La producibilità elettrica specifica di un impianto così progettato (FV_{standard}) è pari a 1,55 GWh/ha/anno. Ne segue che:

$$FV_{\text{standard}} = 0,6 \cdot 1,55 = 0,93$$

Per cui:

$$FV_{\text{agri}} \geq 0,6 \cdot FV_{\text{standard}} \quad \Leftrightarrow \quad 1,20 \geq 0,93$$

Da tale calcolo si evince che il progetto "Ecovoltaico Nurra" rispetta il requisito B.2.

2.3 Requisito C

Il requisito C recita:

"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".

Le Linee Guida pongono particolare attenzione all'aspetto e all'altezza dei moduli, in quanto tali caratteristiche influenzano in modo consistente l'attività agricola.

Le caratteristiche spaziali dei moduli e la loro altezza da terra possono permettere e addirittura favorire certe essenze colturali nella loro crescita (specie che si sviluppano in altezza non sarebbero compatibili con moduli con un'elevazione da terra ridotta), e inoltre gran parte del suolo al di sotto dei pannelli può essere lavorato con le comuni macchine agricole, se si garantiscono certe altezze dei pannelli stessi. Allo stesso modo, anche le attività zootecniche possono essere consentite al di sotto dei pannelli.

Le Linee Guida lasciano la possibilità di scegliere tra varie possibili configurazioni spaziali, proprio per via delle numerose variabili e dei risultati che si vogliono ottenere. Nelle Linee Guida stesse, ad esempio, si legge che *"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"*.

Le Linee Guida, inoltre, descrivono diverse configurazioni spaziali ("tipi"), che si riportano nel seguito.

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

Questa configurazione, con le coltivazioni poste anche al di sotto dei pannelli, permette la massima sinergia tra componente fotovoltaica e componente agricola. In questo caso infatti tutta la superficie viene utilizzata contemporaneamente dai due sottoinsiemi. I pannelli in questo caso svolgono un ruolo attivo nella conduzione agricola, in quanto influenzano le colture (per questioni

di ombreggiamento, di riparo da eventi atmosferici dannosi, di temperatura e di umidità dell'aria, ecc.).

TIPO 2: “L'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici”.

Questa configurazione, che prevede che al di sotto dei pannelli non si coltivi (le attività agricole sono previste infatti solo tra le file dei moduli fotovoltaici), rappresenta una tipologia spaziale nella quale il grado di integrazione tra componente fotovoltaica e componente agricola è più basso rispetto al precedente.

Per questo motivo, le Linee Guida indicano che gli impianti agrivoltaici che utilizzano questa configurazione non possono essere definiti “impianti agrivoltaici avanzati” (e quindi rispondenti al requisito C).

TIPO 3: “I moduli fotovoltaici sono disposti in posizione verticale”.

In questo caso la configurazione spaziale potrebbe non essere ottimale per le attività zootecniche, in quanto i moduli così disposti potrebbero costituire una barriera per il libero spostamento degli animali all'interno dell'area, ma non creano limitazioni per la conduzione agricola (al di là del possibile effetto ombreggiamento).

Secondo le Linee Guida quindi, solo gli impianti agrivoltaici progettati con configurazione di tipo 1 e di tipo 3 (con coltivazione anche al di sotto dei pannelli, o con moduli disposti in posizione verticale) sono rispondenti al requisito C e si possono pertanto definire “avanzati” (e avere così l'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche).

Per questi due tipi di configurazione, le Linee Guida indicano le seguenti altezze minime che i moduli devono avere:

- “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)”.

2.3.1 Relazione con il progetto

I moduli del progetto denominato “Ecovoltaico Nurra” saranno installati su strutture di sostegno tali da lavorare in simbiosi e sinergia con le attività agricole ed eco-culturali previste al di sotto.

Al fine di conseguire un graduale miglioramento della qualità dei suoli si provvederà su tutta la superficie aziendale ad effettuare delle semine con miscugli di graminacee e leguminose miglioratrici per favorire la formazione di sostanza organica e arricchire in modo naturale il suolo di

azoto. Verranno effettuate lavorazioni minime del terreno in modo da favorire lo sviluppo della microfauna e delle componenti microbiologiche degli orizzonti più superficiali del suolo. Tutta questa superficie sarà resa disponibile al pascolo di circa 300 ovini, permettendo dunque lo sfruttamento per fini zootecnici delle superfici non direttamente interessate dalle altre colture previste. Le semine con miscugli di graminacee e leguminose permetteranno un miglioramento dei prati esistenti alternando in modo equilibrato pascolamento, produzione di fieno, produzione di fiorume per inverdimenti e riposo con allettamento meccanico (sovescio senza interrimento).

Per questo motivo, e per mantenere intatta la dotazione di suolo disponibile per prati e coltivazioni, tutti i plinti di fondazione saranno affondati nel terreno in modo da lasciare un franco di cm 10 per la crescita del prato.

In particolare, sono previsti quattro diversi tipologici di strutture, come descritti in seguito.

T01 Overhead Dynamic (Tipo MC4): Si tratta di una struttura ad inseguimento solare. Il modulo è costituito da tre file di pannelli connesse da tre travi a ponte. I pannelli sono orientati lungo la direzione Nord Sud. La distanza tra le file è di 6 metri, l'altezza del mozzo è di 4,805 m e l'altezza libera al netto dell'escursione dei pannelli è di circa 3,55 metri.



Figura 2-1: Struttura T01 Overhead Dynamics.

STRUTTURA T01
Overhead Dynamics
AREE: E1, E4, E5, E7, E8, E10

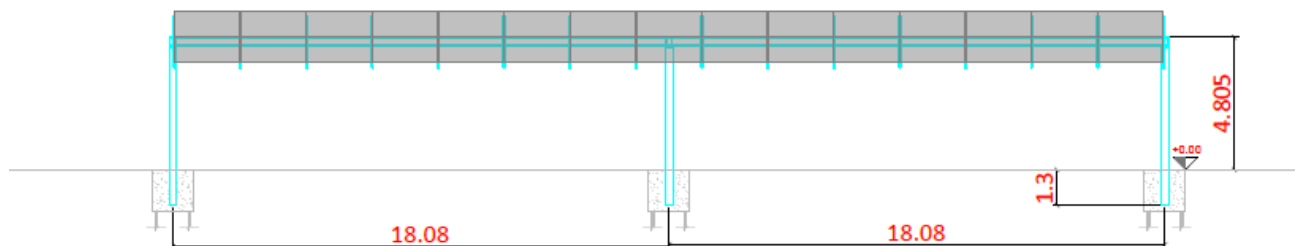


Figura 2-2: Sezione prevista per la struttura T01. Le quote indicate sono da considerarsi in metri (se non diversamente specificato).

La distanza di sei metri tra le file e l'altezza da terra di circa 4 metri consente un'illuminazione più che sufficiente per le esigenze delle piante da frutto che, inoltre, si potranno giovare di un buon ombreggiamento nelle ore pomeridiane diminuendo stress termici e l'evapotraspirazione. Questa tipologia si presta sia alla coltivazione di impianti intensivi che di impianti con sesti tradizionali. L'altezza delle piante dovrà essere inferiore a m 2,50 per consentirne la localizzazione al di sotto dei pannelli.

Scendendo nel dettaglio, questa tipologia di struttura verrà utilizzata per diverse aree dell'impianto ecovoltaico, nelle quali si metteranno a dimora:

- Frutteti intensivi con tipologia di allevamento a parete. Si tratta dei cosiddetti "pedestrian orchards" in ragione della possibilità di effettuare raccolta manuale totalmente da terra (coltivazione prevista all'interno delle aree N1, E8 ed E10). Si prevede la messa a dimora di pomacee (melo e pero) con allevamento a Guyot, drupacee (pesco, susino, albicocco) con allevamento a palmetta, rovo da mora.

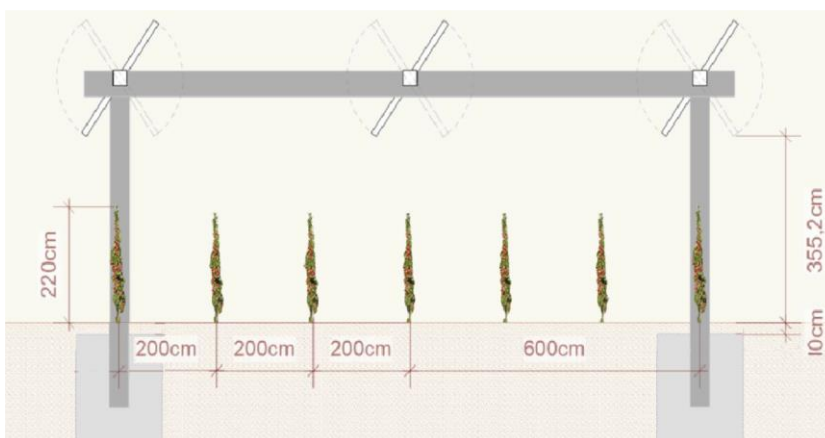


Figura 2-3: Sezione pomacee con allevamento Guyot.

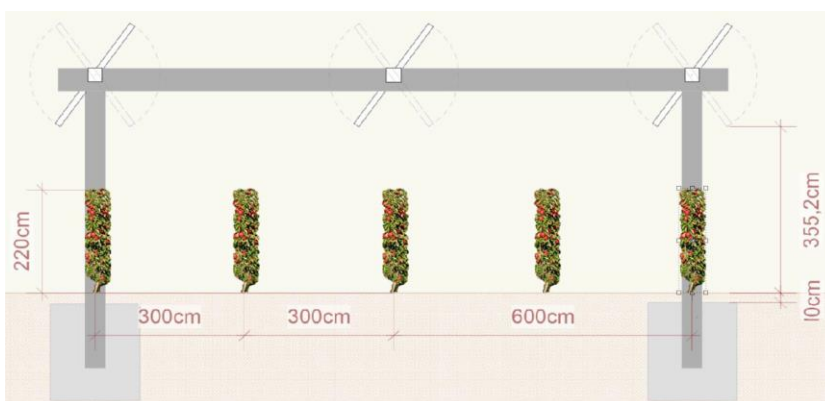


Figura 2-4: Sezione drupacee con allevamento palmetta.

- Frutteti tradizionali con modalità di allevamento a vaso o palmetta, con coltivazioni delle cultivar minori locali della Sardegna per le quali non sono possibili intensificazioni (aree E4 ed E5).

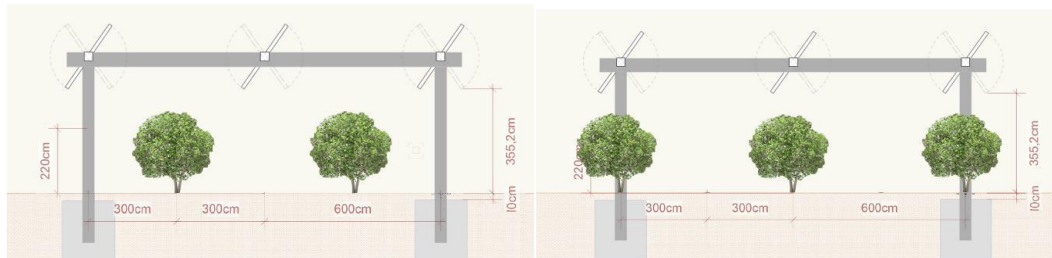


Figura 2-5: Allevamento del frutteto misto a vaso: alberi tra i PF o sotto i PF.

- Coltivazioni in collaborazione con comunità di recupero, associazioni e cooperative sociali con modalità di coltivazione simili a quelle delle aree già descritte. Una parte sarà, invece, messa a disposizione per piccoli orti sociali per associazioni culturali, gruppi di cittadini e famiglie. Le coltivazioni in entrambi i casi dovranno essere obbligatoriamente assoggettate alle norme della coltivazione biologica (area E7).

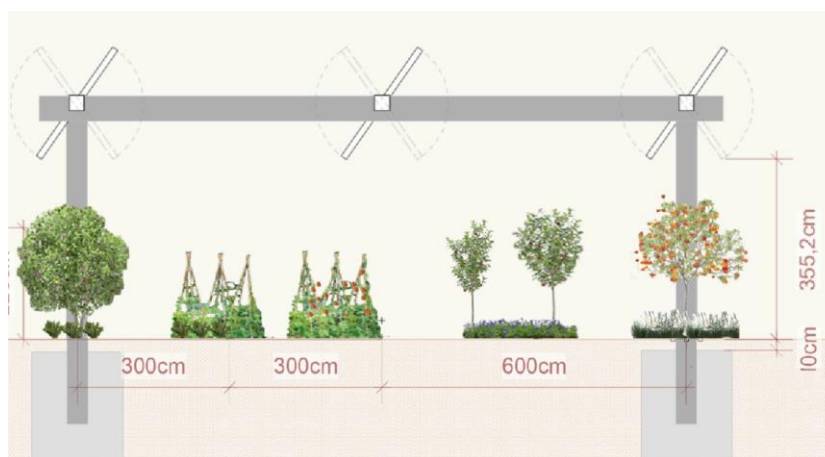


Figura 2-6: Food forestry negli orti sociali.

Nel caso di utilizzo di struttura T01 Overhead Dynamic (tipo MC4), trattandosi di strutture mobili, le Linee Guida indicano che come valore di riferimento si deve considerare l'altezza media (quindi l'altezza al mozzo), per cui tale struttura, avendo un'altezza al mozzo superiore a 2,1 m come indicato dalle Linee Guida, risponde al requisito C per attività colturale.

T02 Fixed (Tipo MC1): Questa tipologia di struttura presenta pannelli fotovoltaici fissi. Le strutture saranno poste in opera su file parallele distanti fra loro m. 8,00 e saranno orientate a Sud. Si tratta di strutture inclinate dotate di sei pilastri fondati a coppie su tre plinti. I plinti sono affondati per cm 10 sotto il livello del terreno e quindi tutto il terreno è a disposizione del cotico erboso. Nelle zone sotto i pannelli il prato si avvantaggerà dell'ombreggiamento incrementando i valori nutritivi. In ragione della minore evapotraspirazione si avrà, inoltre, un essiccamento naturale del prato ombreggiato ritardato di qualche settimana.

L'altezza minima è di 1,5 m per permettere agli ovini di passare in sicurezza sotto i moduli; la sommità posteriore del pannello è a m 4,10; lo spazio netto a disposizione per il passaggio delle macchine agricole tra le file è di circa m. 4,85 e pertanto è possibile utilizzare questo spazio per effettuare coltivazioni meccanizzabili a strisce della larghezza di circa m 3,50.



Figura 2-7: Struttura T02 Fixed.

STRUTTURA T02
Fixed
AREE: N2, N3, E1, E2.1, E3.1, E9, S1, S2

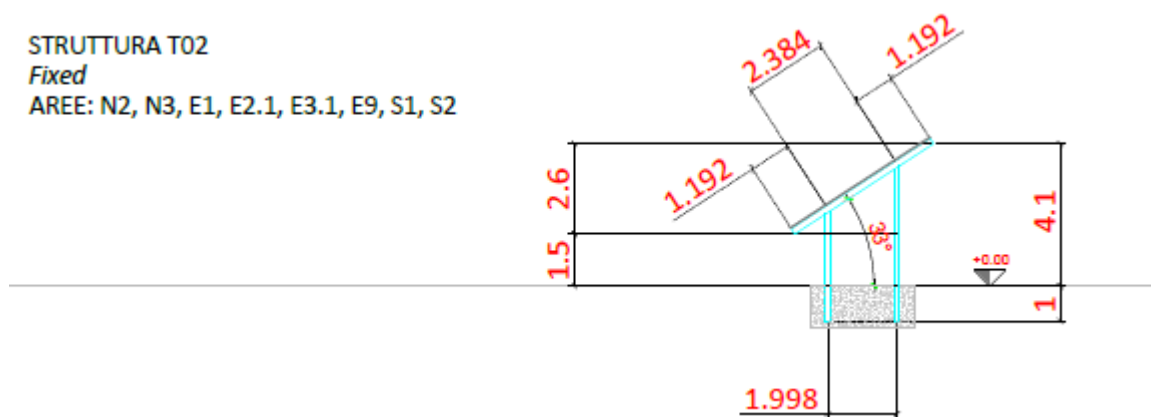


Figura 2-8: Sezione prevista per la struttura T02. Le quote indicate sono da considerarsi in metri (se non diversamente specificato).

Questo tipo di strutture sarà installato in diverse aree, dove saranno previsti:

- La cura dei prati misti per il miglioramento delle caratteristiche dei suoli attraverso gli sfalci stagionali da lasciare al suolo oltre ai vantaggi lungo fasce perimetrali per protezione dagli incendi (nelle aree N2, N3, E1 ed E9);

- Piccoli orti sociali con riserva di uno spazio di m. 180 per consentire la movimentazione dei mezzi agricoli per le attività di sfalcio/trinciatura dei prati per rigenerazione dei suoli con il sovescio (nelle aree E2_1 ed E3_1);
- coltivazioni interfilari di piante aromatiche e officinali, principalmente rosmarino, lavanda e in minor misura di mirto e altre aromatiche miste (nelle aree S1 e S2).



Figura 2-9: Sezione delle coltivazioni di rosmarino, lavanda e canapa tra i PF fissi e raccogliatrice compatta per piante officinali.

Come riportato in precedenza, al di sotto dei pannelli e sulle superfici aziendali non direttamente interessate dalle altre colture previste, saranno effettuate delle semine con miscugli di graminacee e leguminose che permetteranno un miglioramento dei prati esistenti alternando in modo equilibrato pascolamento, produzione di fieno, produzione di fiorume per inverdimenti e riposo con allettamento meccanico (sovescio senza interrimento).

Tale struttura, quindi, avendo un'altezza superiore a 1,3 m come indicato dalle Linee Guida, risponde al requisito C in caso di attività zootecnica.

T03 Overhead Static (Tipo HC3): Si tratta di una una struttura alta con tre file di pannelli fissi disposti a doppia falda e collegati tra loro da tre travi. I pannelli hanno orientazione est ovest e inclinazione pari a 10°. L'altezza utile sottostante i pannelli è di 4,62 m di altezza e i colmi delle falde distano tra loro 11,90 metri.

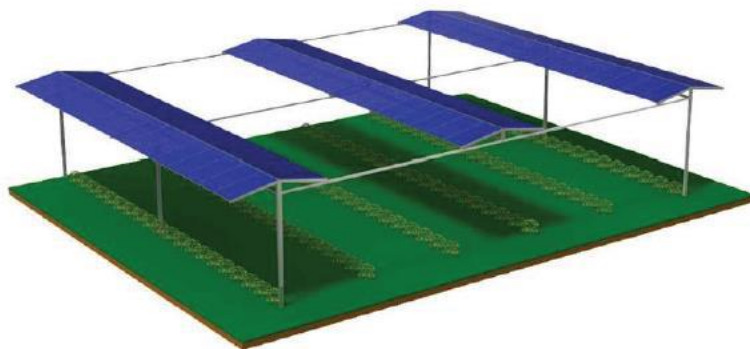


Figura 2-10: Struttura T03 Overhead Static.

STRUTTURA T03
Overhead Static
AREA: E6

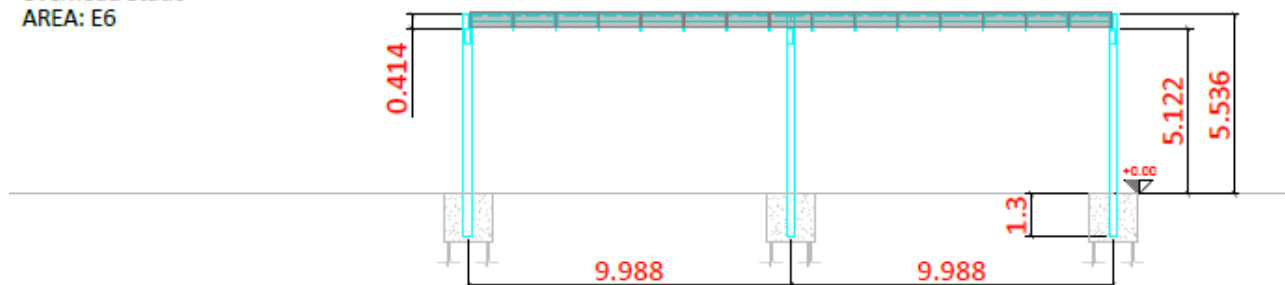


Figura 2-11: Sezione prevista per la struttura T03. Le quote indicate sono da considerarsi in metri (se non diversamente specificato).

Al di sotto di questa struttura si trova un'area priva di ostacoli larga m 23,80 che consente una grande flessibilità d'uso per le coltivazioni e per le funzioni accessorie, connesse e complementari; verranno perciò qui riportate tutte le tipologie di coltivazione e allevamento messe in atto nell'intervento di miglioramento fondiario con filari di "pedestrian orchard" di pomacee (meli e peri) allevate a Guyot, le pareti a palmetta delle drupacee (pesco, susino e albicocco), le pareti di rovo da mora, i frutteti tradizionali con gli alberi allevati a vaso di pomacee e drupacee, i fichi e i cachi con particolare rilievo alle varietà locali. Ci sarà inoltre lo spazio per le aromatiche, le officinali e per le ortive degli orti frutteti sociali (area E6).

Tale tipologia di struttura, avendo un'altezza superiore a 2,1 m come indicato dalle Linee Guida, risponde al requisito C per le attività colturali.

T04 Tracker (Tipo MC5): Si tratta di una struttura ad inseguimento solare. I pannelli sono orientati lungo la direzione Nord Sud e in grado di ruotare attorno a quest'asse. La distanza tra le file è pari a 7,5 metri. In confronto ai precedenti sistemi ad alta elevazione, questo ha un'altezza libera inferiore. sistemi con un'altezza libera inferiore sono chiamati "interspazio fotovoltaico", e possono essere statici o dinamici. Nel nostro caso, è stato scelto un sistema dinamico. Il sistema

d'inseguimento segue il sole in direzione E-W, permettendo di massimizzare la resa elettrica e il reddito. L'altezza del mozzo è pari a 2,305 m.



Figura 2-12: Struttura T04 Tracker.

STRUTTURA T04
Tracker
AREE: E2.2, E3.2, W1, W2, W3

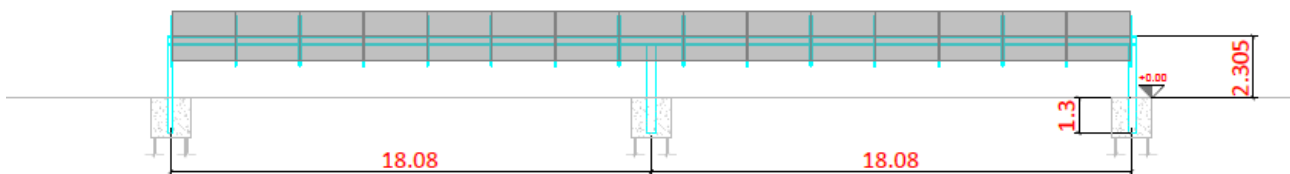


Figura 2-13: Sezione prevista per la struttura T04. Le quote indicate sono da considerarsi in metri (se non diversamente specificato).

Quando i macchinari agricoli sono necessari per il ripristino del suolo e la coltivazione, i moduli possono essere inclinati verticalmente, consentendo uno spazio idoneo per il loro passaggio.

Nelle aree dove è prevista l'installazione di questa tipologia di strutture (aree W1, W2, W3, E2_2 ed E3_2), si effettuerà la coltivazione sperimentale del tartufo scorzone mettendo a dimora lecci micorizzati.

Il posizionamento delle piante sarà effettuato in filari tra le file di pannelli. In questa modalità le piante non hanno nessun tipo di ombreggiamento. Lungo la fila potranno crescere arbusti spontanei che saranno governati in modo da arricchire la biodiversità, in particolar modo se si tratta di "piante comari" che facilitano l'evoluzione della componente microbiologica e delle microfauna del suolo verso un ambiente più favorevole al tartufo. Come già detto in precedenza, al di sotto dei pannelli si provvederà ad effettuare la semina con miscugli di graminacee e leguminose, per l'alternanza di pascolamento, produzione di fieno, produzione di fiorume per inverdimenti e riposo con allettamento meccanico (sovescio senza interrimento).

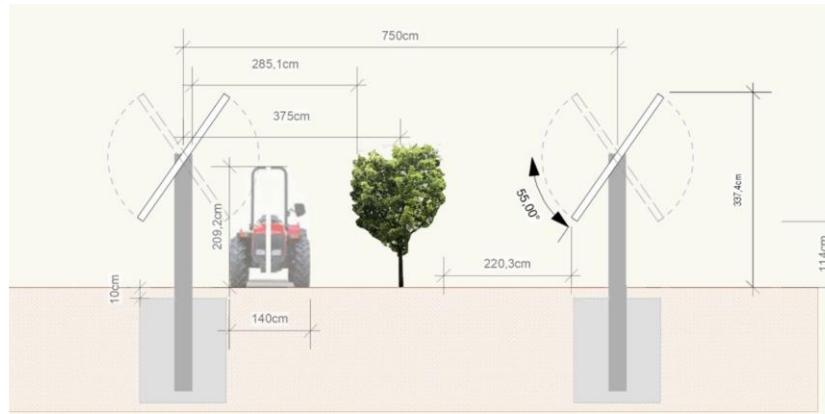


Figura 2-14: Schema di coltivazione sperimentale del tartufo scorzone con messa a dimora di lecci micorizzati.

Anche in questo caso, come per la struttura T01, trattandosi di strutture mobili, le Linee Guida indicano che come valore di riferimento si deve considerare l'altezza media (quindi l'altezza del mozzo), per cui tale struttura, avendo un'altezza del mozzo superiore a 2,1 m (e in ogni caso superiore a 1,3 m per le attività zootecniche) come indicato dalle Linee Guida, risponde al requisito C per le attività zootecniche.

2.4 Requisito D

Nelle Linee Guida, sia il requisito D sia il requisito E fanno riferimento ai sistemi di monitoraggio.

Il monitoraggio è previsto per osservare e controllare che i parametri tipici del sistema agrivoltaico vengano rispettati durante tutta la vita tecnica dell'impianto.

Per quanto riguarda il requisito D, le Linee Guida recitano:

"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".

In particolare, come accennato in precedenza, il requisito D prevede due parametri, come descritti nel seguito.

2.4.1 D.1 – Monitoraggio del risparmio idrico

Il parziale ombreggiamento dovuto alla presenza dei pannelli fotovoltaici può attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature sulle colture, mitigando le temperature estreme dell'aria e del suolo. Questo si traduce in un minor fabbisogno idrico delle colture stesse, in quanto si riduce l'evapotraspirazione e la carenza idrica estiva. I sistemi fotovoltaici quindi possono rappresentare, come riportano anche le Linee Guida, importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica. La presenza dell'impianto fotovoltaico può inoltre rappresentare, congiuntamente ad un sistema di raccolta, un'infrastruttura per il recupero delle acque meteoriche a scopo irriguo.

Le Linee Guida indicano che l'utilizzo di acqua può essere misurato:

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

2.4.2 Relazione con il progetto

Di seguito si descrivono le procedure previste per la gestione ottimale della risorsa idrica partendo dalla elaborazione climatica e definendo le modalità di gestione e controllo per l'uso irriguo.

Analisi ed elaborazione agro-climatica

È importante caratterizzare gli scenari nei quali la coltura si dovrà sviluppare, allo scopo di prevedere i fabbisogni irrigui e poi procedere al dimensionamento corretto degli impianti, tenendo conto, se possibile, di eventuali criticità nella disponibilità idrica per scopo irriguo, ovvero la portata di derivazione sostenibile dal corpo idrico superficiale o profondo.

A seguito dello studio agro-pedo-climatico (suolo, temperature, precipitazioni, radiazioni, ecc.) effettuato sull'area di intervento sono state realizzate mappe di caratterizzazione pedoclimatica in modo da comprendere l'evoluzione a breve e medio termine delle condizioni ambientali dell'area, in particolare precipitazioni ed evapotraspirazione, in base ai cambiamenti climatici previsti. Queste informazioni possono essere utilizzate, per calcolare le rese e i fabbisogni idrici e irrigui della coltura.

Occorre sottolineare che agli attuali cambiamenti climatici sono associati eventi piovosi estremi, per cui in fase di progettazione è molto importante scegliere in maniera cautelativa il livello di probabilità di non superamento di una certa altezza di pioggia.

Se ad esempio si sceglie di fare il calcolo per il dimensionamento dell'impianto sul mese di punta (maggior fabbisogno irriguo), occorre impostare per quel mese un bilancio idrico che tenga conto della domanda colturale (ETc), della dotazione idrica sostenibile e della pioggia utile, calcolata a partire dalla pioggia totale probabile tramite procedure standardizzate (es. USDA) o semplificate (es. Irrigation Association).

Per la valutazione degli **indici climatici** dell'area si è fatto riferimento, alla stazione meteorologica di Bancali, posizionata nel punto di coordinate UTM32T WGS84 454414E 4509814N a circa 9 Km in direzione est rispetto all'area di studio e ad una quota di 74 m slm.

In particolare sono stati raccolti ed elaborati dati relativi alle seguenti voci:

- Precipitazioni
- Temperature
- Vento
- Insolazione
- Ore di freddo gelate tardive

Con i dati a disposizione e applicando un sistema di classificazione climatica (C. W. Thornthwaite, 1957) già ampiamente sperimentato è stato possibile stabilire e calcolare i diversi parametri climatici e definire il **bilancio idrico dei suoli**, con riferimento sia alla loro sezione di controllo, che al tipo climatico della zona.

Sulla base dei dati di precipitazione P e di temperatura T utilizzando il modello proposto di Thornthwaite, è stato effettuato il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale PE e reale AE.

L'evaporazione, che è la causa determinante dell'aridità di un clima, rappresenta l'acqua che viene ceduta all'atmosfera dalla superficie del suolo e dagli specchi d'acqua, oltre che attraverso l'attività metabolica delle piante (traspirazione). L'insieme di questi due processi viene definito evapotraspirazione, che rappresenta quindi la quantità di acqua totale che viene restituita all'atmosfera.

L'evapotraspirazione reale (AE) rappresenta la quantità di acqua che effettivamente evapora dal suolo e che traspira dalle piante, mentre l'evapotraspirazione potenziale (PE) è invece la quantità di acqua che evaporerebbe se le riserve idriche del suolo fossero costantemente rinnovate. L'evapotraspirazione reale è quindi sempre inferiore a quella potenziale quando le piante non hanno a disposizione tutta l'acqua che sarebbero in grado di traspirare. Il valore di PE è quindi un indice rappresentativo del fabbisogno idrico della vegetazione.

Applicando il modello messo a punto da Thornthwaite e Mather è stato possibile calcolare l'evapotraspirazione potenziale e il bilancio idrico dalla raccolta dei valori medi di temperatura, della piovosità e del valore dell'acqua disponibile del suolo (AWC).

L'**AWC (Available Water Capacity)** rappresenta la quantità di acqua, in mm, che il suolo è in grado di trattenere e che è utilizzabile dalle piante. È un valore che è funzione di alcuni parametri del suolo quali la tessitura ed il tenore di sostanza organica.

Deficit Idrico (D) e del Surplus Idrico (S): il valore del deficit (D) è dato dalla differenza tra PE ed AE e fornisce un valore utile a stimare la quantità di acqua necessaria a bilanciare le perdite dovute alla evapotraspirazione potenziale ed è una misura dell'intensità e della durata dell'aridità. Il valore del Surplus (S), tiene conto invece dell'eccesso di precipitazioni rispetto alla evapotraspirazione potenziale, ed indica la quantità di acqua che, una volta saturata la riserva idrica del suolo, va ad alimentare le falde freatiche ed il deflusso superficiale.

L'analisi dei dati sopra riportati ha consentito, inoltre, la definizione del regime di umidità dei suoli, essenziale ai fini della determinazione della quantità di acqua disponibile all'interno della sua sezione di controllo, in quanto pone in rilievo i periodi di secco e di umido che si verificano all'interno del suolo.

Tale determinazione è particolarmente importante ai fini della stima dei fabbisogni irrigui delle colture.

Monitoraggio della risorsa idrica

La gestione efficiente dell'acqua di irrigazione può diventare fondamentale per salvare le coltivazioni e garantire la sostenibilità economica delle aziende, specialmente in un contesto climatico di caldo torrido e siccità come quello dell'estati 2021-22 che ha provocato perdite di prodotto sino al 50%.

La gestione dell'acqua in agricoltura è un tema di grande rilevanza, infatti attraverso l'irrigazione si impiega oltre il 60% delle acque dolci disponibili e in previsione di una contrazione della disponibilità è necessario ottimizzarne l'uso impiegandola in modo efficiente sul territorio. Un'informazione utile per ottimizzare l'impiego irriguo dell'acqua è la conoscenza del fabbisogno idrico effettivo delle colture così come elaborato nello studio agro-pedo-climatico dell'area in esame.

La progettazione comprenderà la definizione di una **piattaforma integrata di monitoraggio, telecomando e telecontrollo**. In particolare, saranno individuate le specifiche tecniche degli apparati di monitoraggio e controllo presenti nell'area di intervento e, inoltre, verranno definite le caratteristiche dell'infrastruttura informatica in grado di presentare in modo efficace le informazioni ed i dati, controllare da remoto gli impianti e gli azionamenti, ed integrare tutti i servizi correlati all'intervento.

Le finalità di tale piattaforma saranno:

- fornire agli operatori una visione di insieme dei sistemi di telecomando e controllo e consentirne l'azionamento e la diagnostica di funzionamento, introducendo inoltre elementi di manutenzione predittiva e preventiva;

- integrare tali funzioni con letture provenienti da **sensori (meteo-climatici, contatori, sensori di livello)** per consentire di condizionare le operazioni di telecontrollo sulla base di tali dati in modo semplice e flessibile;
- elaborare le informazioni ricevute per ottenere informazioni aggregate, quali, ad esempio, i consumi idrici attesi, ed elaborare pertanto una adeguata pianificazione della distribuzione idrica;
- integrare i dati ricavati con ulteriori servizi di modellistica agronomica e previsione, al fine di ottenere una stima predittiva dei consumi, e fornire inoltre in modo automatizzato utili informazioni e consigli agli utenti della rete irrigua, anche mediante apposite APP di facile impiego.

Più nel dettaglio saranno disposte sul territorio delle **centraline meteo, alimentate mediante pannelli solari**, in modo tale da stimare in tempo reale i dati di evapotraspirazione (ETP) relativi alle colture e ottenere quindi il fabbisogno idrico **effettivamente necessario**. Saranno inoltre predisposte delle **sonde di umidità del suolo**, che forniranno una misura immediata sul contenuto di acqua a livello dell'apparato radicale. Infine, lungo i punti principali della rete idrica in pressione saranno installati dei misuratori di portata, per un'informazione puntuale circa le quantità d'acqua transitanti nei vari rami della rete.



Stazione meteo per la rilevazione meteorologica e climatica e per tutte le applicazioni in **agricoltura di precisione**. I dati sono inviati automaticamente al **portale cloud Live Data**, accessibile da smartphone e desktop, che presenta le informazioni in modo chiaro e comprensibile, gestisce i principali modelli agronomici e mantiene tutto lo storico delle rilevazioni in campo. Rappresenta la scelta ideale per le principali applicazioni per l'agricoltura di precisione: **difesa sostenibile** e lotta ai patogeni, **risparmio idrico** e misura dell'umidità del suolo.

La piattaforma proposta consentirà pertanto l'acquisizione dei dati **agro-meteorologici giornalieri** e invierà quotidianamente ai gestori dell'azienda un aggiornamento continuo tramite messaggistica, email o applicazione dedicata.

Il gestore invece potrà avere un quadro **in tempo reale dei fabbisogni di ogni appezzamento** messo a coltura, e quindi del fabbisogno totale, e potrà pertanto avviare i provvedimenti per limitare l'uso della risorsa idrica.

Per questi ultimi, in fase di progettazione si valuteranno diverse soluzioni alternative, basate comunque sul **monitoraggio dei consumi** di ogni coltura e sul confronto con quanto consigliato.

	<p>Sistema completo di monitoraggio ed automazione dei settori irrigui adatto a tutte le principali coltivazioni (pieno campo, arboree, serre, ecc.) e compatibile con tutti i principali tipi di impianto di irrigazione.</p> <p>Il sistema consente una significativa riduzione dei volumi irrigui e una maggiore qualità del prodotto.</p> <p>Questo è possibile grazie ai sensori, che vi permetteranno di mantenere un livello ottimale di umidità del terreno, e gestire i tempi di irrigazione con una resa uniforme, riducendo i costi vivi come acqua, gasolio e usura degli impianti.</p> <p>I turni irrigui possono essere programmati via web, dal portale e possono essere collegati al livello dei sensori suolo (anche wireless), alla pioggia o all'evapotraspirazione, in modo da adattarsi automaticamente alle condizioni di campo.</p>
--	---

L'intervento meno invasivo potrà consistere nell'invio di un avviso in merito al **consumo eccessivo** rispetto a quanto consigliato; mentre, almeno per gli appezzamenti più grandi, si potrà intervenire in maniera più invasiva interrompendo l'alimentazione al raggiungimento del valore consigliato mediante elettrovalvole remotizzate.

L'implementazione di un sistema come sopra, sulla base di esperienze similari, può determinare un **risparmio delle risorse idriche compreso tra il 15 % e il 20%**.

Si precisa inoltre che il sistema proposto potrà essere implementato introducendo progressivamente metodi efficaci per la **manutenzione predittiva e preventiva**, con la conseguente ottimizzazione degli interventi tecnici e i relativi inconvenienti per l'utenza.

Per quanto riguarda le tecnologie di trasmissione dati si prenderà in esame l'implementazione di modalità ridondanti basate sia su reti pubbliche (a.e. cellulare, con modalità multi-operatore) che private (es. reti LPWAN a copertura dell'intero areale oggetti di intervento, sistemi radio, etc.), in particolare per i sottosistemi di comando e controllo.

A corredo dell'impianto di telegestione e telecontrollo saranno previsti **sistemi di telelettura sui punti di approvvigionamento**, costituiti da **idrometro e contatore**, entrambi con trasmettitore. I dati rilevati di consumo e funzionamento saranno inviati automaticamente a dei concentratori, anche del tipo radio, installati sul territorio (raggio d'azione circa 10 km) e quindi al sistema di telegestione per l'acquisizione e l'analisi.

La tecnologia proposta fornirà pertanto al gestore tutte le informazioni relative al consumo dell'utente e permetterà un'interazione diretta con l'idrante nel normale funzionamento, ma anche in caso di guasto o di emergenza.

Si rimanda alla fase di progettazione definitiva la scelta delle tipologie dei sensori agro-pedo-climatici, e delle strumentazioni sulla base delle colture previste e delle superfici interessate.

2.4.3 D.2 – Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Secondo quanto definito dalle Linee Guida, gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

1. *“L'esistenza e la resa della coltivazione”*;
2. *“Il mantenimento dell'indirizzo produttivo”*.

Questi obiettivi sono monitorabili attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita, e con l'ausilio delle informazioni contenute nel “fascicolo aziendale”. Inoltre, l'azienda agricola interessata dall'impianto agrivoltaico dovrebbe aderire alla rilevazione con metodologia RICA (“Rete di Informazione Contabile Agricola”).

2.4.4 Relazione con il progetto

Nel corso della vita dell'impianto avranno basilare importanza le attività di monitoraggio da un punto di vista dell'esistenza e della resa delle attività agricole e zootecniche e per quanto riguarda il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Tale attività sarà svolta come precisato nelle *“Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici”* da un professionista dottore agronomo avente caratteristiche di terzietà rispetto al titolare del progetto agrivoltaico.

Il professionista dottore agronomo incaricato dovrà redigere una relazione tecnica asseverata con cadenza annuale.

Si propone il seguente disciplinare con l'elenco puntuale delle informazioni da asseverare al fine di verificare la continuità dell'attività agricola e zootecnica, l'esistenza e resa delle coltivazioni e dell'allevamento e il mantenimento dell'esercizio produttivo.

Il professionista nella sua relazione dovrà asseverare le seguenti informazioni:

- L'esistenza delle coltivazioni presenti nel fascicolo aziendale validato per l'annata agraria in corso.
- L'entità delle superfici riportate, per specie e varietà, nel fascicolo aziendale validato per l'annata agraria in corso e la verifica della coerenza con le superfici indicate nella tabella 5 dell'elaborato 5.01.31.01-AMB-Addendum alla Relazione Agronomica.
- Le condizioni di crescita\sviluppo e le condizioni fitosanitarie delle piante per specie e varietà.
- Le tecniche di coltivazione (sesto d'impianto, tipologia d'allevamento, densità di semina, presenza e tipologia dell'impianto d'irrigazione).

- La stima delle rese produttive per coltura a ettaro, e verifica delle fatture di vendita, stima delle rese per capo in produzione, e verifica dei quantitativi di latte conferiti al caseificio sulla base fatture di vendita.
- L'esistenza dei registri compilati, e aggiornati, su modulistica approvata dall'Assessorato dell'Agricoltura e Riforma Agro Pastorale per i disciplinari di produzione integrata della Regione Sardegna per ogni coltura praticata di cui esista il disciplinare.
- L'esistenza dell'allevamento ovino e la verifica quantitativa sulla base del numero di capi medio riportato nel fascicolo aziendale validato per l'annata agraria in corso e la coerenza sostanziale con il dato di progetto pari a 300 capi ovini medi.
- La verifica del mantenimento dell'indirizzo produttivo e, in caso di variazione, la verifica che la Produzione Standard Totale aziendale non sia inferiore a quella di progetto.
- L'esistenza, lo stato di attività, la tipologia/modello e la localizzazione su carta topografica digitale (file shp) dei sistemi di monitoraggio del risparmio idrico e la presenza della relazione triennale sui dati di monitoraggio redatta da parte del proponente (requisito D1).
- L'esistenza di superfici, non coltivate da 5 anni, restituite all'attività agricola grazie all'incrementata redditività garantita dai sistemi agrivoltaici (requisito E1) o la presenza di superfici ad utilizzo estensivo riconvertite in colture intensive o di pregio grazie all'incrementata redditività garantita dai sistemi agrivoltaici.
- L'esistenza, lo stato di attività, la tipologia/modello e la localizzazione su carta topografica digitale (file shp) dei sistemi di monitoraggio del microclima e presenza della relazione triennale sui dati di monitoraggio redatta da parte del proponente (requisito E2).

Il professionista dovrà allegare alla relazione asseverata la seguente documentazione:

- Il fascicolo aziendale;
- La planimetria topografica aziendale con localizzazione dei sistemi di monitoraggio e delle coltivazioni in atto;
- La copia dei registri obbligatori di produzione integrata;
- La relazione triennale sui dati di monitoraggio del risparmio idrico redatta da parte del proponente;
- La relazione triennale sui dati di monitoraggio del microclima redatta da parte del proponente.

2.5 Requisito E

Per quanto riguarda il requisito E, le Linee Guida riportano:

“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”.

2.5.1 E.1 - Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo

Le Linee Guida pongono particolare attenzione all'aspetto del recupero dei terreni non coltivati, in particolare di quelli che non sono stati utilizzati negli ultimi 5 anni (nelle Linee Guida stesse si fa riferimento al “pascolo permanente” così come indicato all'art. 2 (2) (c) del reg. 1120/2009). In questi casi è previsto di monitorare tale aspetto nell'ambito della relazione già individuata e descritta per il requisito D.2 oppure, in alternativa, tramite una dichiarazione del soggetto Proponente.

2.5.2 Relazione con il progetto

La valutazione della fertilità del suolo e della direzione del suo cambiamento nel tempo costituisce l'indicatore primario della gestione sostenibile del territorio (Karlen et al., 1997).

Sulla base di questo concetto generale, risulta evidente come la valutazione ed il monitoraggio della fertilità del suolo assuma un ruolo fondamentale nella progettazione nella gestione di ogni progetto che vada ad impattare sul suolo.

La valutazione della fertilità del suolo viene normalmente effettuata mediante l'impiego integrato di **indicatori agroambientali**, correntemente individuati tra le variabili fisiche, chimiche e biologiche del suolo, opportunamente selezionate in relazione alle specifiche problematiche agro ecosistemiche di un territorio.

Le normative di riferimento riguardanti la fertilità del suolo sono i seguenti, raccolti a cura dell'Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo Agricolo e Forestale del MIPAAF in collaborazione con la Società Italiana della Scienza del Suolo.

1. *Metodi di analisi fisica del suolo*. 1997 (coord. M. Pagliai), Franco Angeli ed.
2. *Metodi di analisi chimica del suolo*. 2000 (coord. P. Violante), Franco Angeli ed.
3. *Metodi di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico*. 2001 (coord. G. Mecella), Franco Angeli ed.
4. *Metodi di analisi microbiologica del suolo*. 2002 (coord. G. Picci e P. Nannipieri), Franco Angeli ed.

5. *Metodi di analisi biochimica del suolo*. 2004 (coord. A. Benedetti e L. Gianfreda), Franco Angeli ed.
6. *Metodi di analisi mineralogica del suolo*. 2005 (coord. P. Adamo), Franco Angeli ed.
7. *Metodi di analisi molecolare per lo studio dei microrganismi del suolo*. 2010 (coord. S. Mocali), Ed. Cantagalli.
8. *Metodi di analisi per i fertilizzanti*. 2006. (coord. A. Trincherà, L. Leita, P. Sequi), CRA-MIPAAF, Roma
9. *Metodi di analisi chimica del suolo*. 2015, 3^a versione, (C. Colombo, T. Miano a cura di), SISS-SILP

In sintesi i parametri della FERTILITÀ FISICA DEL SUOLO da considerare nelle attività di monitoraggio che verranno intraprese sono riportati nella seguente tabella:

Indicatori della fertilità fisica del suolo	
Parametro	Informazione
Tessitura	Ritenzione e movimento dell'aria e dell'acqua, dei nutrienti, degli inquinanti; lavorabilità, erodibilità
Stabilità della struttura	Coesività degli aggregati, resistenza all'erosione, suscettibilità al compattamento ed al ristagno idrico, lavorabilità, capacità idrica
Densità apparente e porosità	Grado di compattazione, lavorabilità, erodibilità, abitabilità fisica (capacità di ospitare aria, acqua, apparati radicali ed attività biologica)
Infiltrazione	Movimento dell'acqua in eccesso, permeabilità, erodibilità, tendenza al ristagno
Drenaggio del suolo	Controllo dei flussi idrologici, attitudine a ricevere lo spandimento di fanghi, reflui e compost, trasporto di soluti, vulnerabilità delle risorse idriche
Profondità utile del suolo	Volume di espansione radicale, disponibilità di acqua e di elementi nutritivi, potenziale di erosione, coltivabilità, destinazione d'uso del suolo

Tabella 2-11: Parametri fisici del suolo da utilizzare come indicatori della fertilità del suolo

Riguardo agli indicatori della FERTILITÀ CHIMICA DEL SUOLO, questi possono essere sinteticamente riassunti nella seguente tabella:

Indicatori della fertilità chimica del suolo	
C totale (e sostanza organica)	Riserva di nutrienti e delle risorse biologiche, stabilità della struttura, ritenzione di pesticidi e di acqua
Forme dell'azoto (N totale, N organico, N-H ₄ ⁺ e N-NO ₃)	Riserva di nutrienti e qualità della sostanza organica, tasso di immobilizzazione e di mineralizzazione, potenziale di lisciviazione del nitrato e di inquinamento delle falde
P assimilabile e K scambiabile	Disponibilità per la nutrizione minerale della pianta
pH	Disponibilità dei nutrienti, assorbimento e mobilità degli inquinanti, sviluppo ed attività microbica
Capacità di scambio cationico	Potere tampone del suolo, capacità di ritenzione e di rilascio dei nutrienti

Grado di saturazione in basi	Potere tampone del suolo
Conducibilità elettrica	Disponibilità dei nutrienti per le piante, salinità
Calcare totale e attivo	pH, disponibilità dei nutrienti per le piante, struttura
Micronutrienti, metalli pesanti (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)	Livelli di contaminazione locale e diffusa; attitudine a ricevere lo spandimento di fanghi, reflui e compost; vulnerabilità del suolo e delle risorse idriche; forma d'uso del suolo

Tabella 2-12: Parametri chimici del suolo da utilizzare come indicatori della fertilità del suolo

Oltre agli indicatori chimici e fisici, occorre considerare anche gli INDICATORI DELLA FERTILITA' BIOLOGICA DEL SUOLO, sinteticamente riportati nella seguente tabella:

Indicatori della fertilità biologica del suolo	
Parametro	Informazione
Biomassa microbica	Dinamica degli elementi nutritivi, impatto di composti inquinanti e delle pratiche colturali
Respirazione basale	Ossidabilità della sostanza organica, impatto di fattori ambientali e/o antropici sullo stato fisiologico delle comunità microbiche
Azoto potenzialmente mineralizzabile	Stima della potenzialità del suolo a rifornire le piante di azoto, potenzialità di lisciviazione del nitrato
Attività enzimatiche	Dinamica degli elementi nutritivi, impatto degli inquinanti e delle pratiche colturali
Carica microbica	Dimensione della comunità microbica, impatto di sostanze inquinanti e delle pratiche colturali
Struttura delle comunità microbiche	Presenza di gruppi eco-fisiologici all'interno delle comunità microbiche, capacità di risposta e di adattamento delle comunità microbiche ai fattori di pressione ambientale e/o antropica
Microfauna (protozoi e nematodi)	Disponibilità degli elementi nutritivi, impatto di composti inquinanti e delle pratiche colturali
Mesofauna (collemboli ed acari)	Presenza di inquinanti
Macrofauna (lombrichi)	Impatto degli inquinanti e delle pratiche colturali
Piante bioindicatrici	Proprietà chimiche e fisiche del suolo, monitoraggio di inquinanti inorganici
Indicatori di diversità (S, H', E)	Stima della diversità tassonomica e/o metabolica delle comunità biotiche, capacità di risposta e di adattamento a fattori di pressione ambientale e/o antropica

Tabella 2-13: Parametri biologici del suolo da utilizzare come indicatori della fertilità del suolo

2.5.2.1 Monitoraggio della fertilità del suolo nella situazione attuale

Il monitoraggio della fertilità del suolo verrà eseguito in fase di pre-realizzazione al fine di verificare lo stato di fertilità esistente ed eseguito negli stessi siti dei 12 profili eseguiti, utilizzando i parametri fisico-chimici già ottenuti durante la fase di rilevamento secondo gli schemi riportati nel paragrafo precedente.

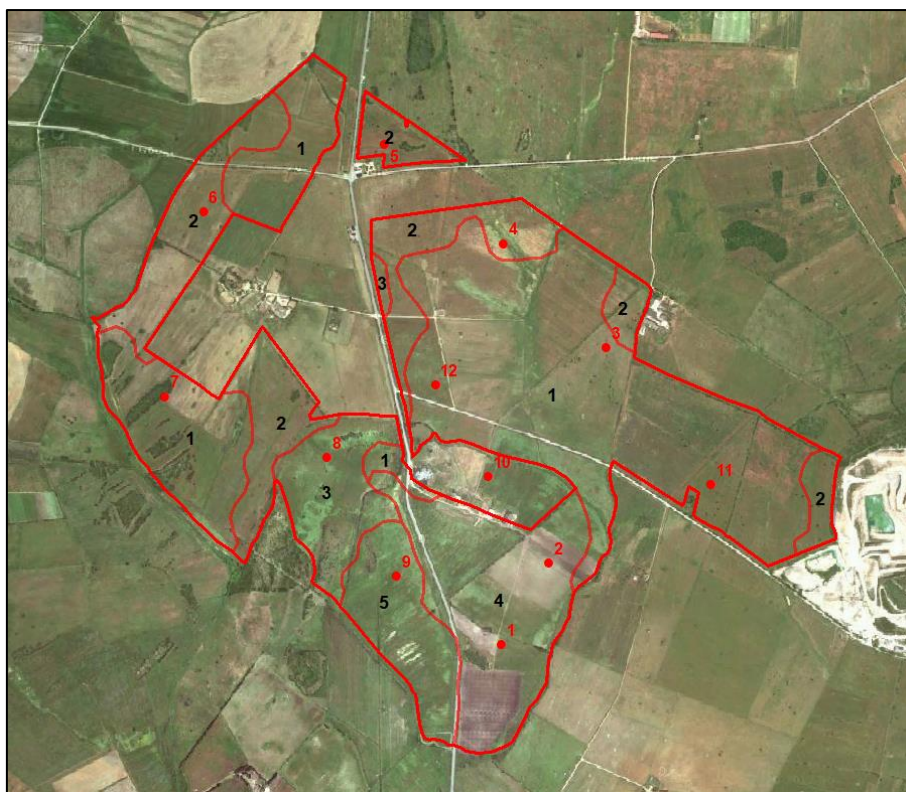


Figura 2-15: Localizzazione dei siti di monitoraggio della fertilità del suolo (in rosso)

2.5.2.2 - Monitoraggio della fertilità del suolo in fase di post realizzazione

Il monitoraggio della fertilità, una volta completata la realizzazione delle opere di progetto, verrà eseguito, per tutti e 3 gli indicatori del suolo considerati (fisici, chimici e biologici), negli stessi 12 siti in cui è stato eseguito il monitoraggio pre realizzazione, a tale proposito si confronti la Figura 2-15 sopra riportata.

2.5.3 E.2 – Monitoraggio del microclima

La presenza dell'impianto fotovoltaico può causare una modifica del microclima al di sotto dei pannelli, con conseguenze sullo sviluppo delle coltivazioni poste al di sotto. Per questo motivo, può essere utile monitorare temperatura, umidità relativa, velocità dell'aria e radiazione solare, con sensori posti al di sotto dei moduli fotovoltaici e nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto (in modo tale da avere i dati di controllo). Le Linee Guida individuano i seguenti dati che potrebbero essere monitorati:

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;

- *l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente sterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);*
- *la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.*

Le Linee Guida riportano che tali dati potrebbero ad esempio essere riportati in una relazione triennale redatta dal proponente.

2.5.4 Relazione con il progetto

Di seguito sono descritti i fabbisogni irrigui ottimali per le principali colture di progetto e le modalità di controllo e gestione della risorsa acqua attraverso l'acquisizione dei dati climatici in tempo reale.

Il fabbisogno idrico delle principali colture

“Per fabbisogno irriguo si intende l'apporto idrico artificiale che è teoricamente necessario fornire alla coltura per mantenere l'evapotraspirazione al regime potenziale. L'evapotraspirazione si riferisce a due processi fisici distinti, l'evaporazione dal suolo e la traspirazione dell'apparato fogliare delle piante, e la metodologia di base per la sua stima è stata codificata dalla F.A.O. (Food and Agricultural Organization) nel Quaderno “Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - Irrigation and drainage Paper 56”. A partire dall'evapotraspirazione, e una volta opportunamente conteggiati gli apporti idrici naturali, è possibile calcolare il fabbisogno irriguo di una coltura, tenendo conto eventualmente delle efficienze di adduzione e distribuzione delle portate derivate e di applicazione degli apporti su campo.

Quando i dati disponibili lo consentono, è possibile stimare i fabbisogni irrigui attraverso il calcolo del bilancio idrologico del sistema suolo-coltura; in tal caso è richiesta la conoscenza dettagliata delle caratteristiche idrauliche dei suoli, e delle possibili interazioni con la falda ipodermica, oltre ad informazioni sullo sviluppo degli apparati radicali.” (articolo 3 del D.M. MIPAAF 31 luglio 2015).

Per la stima del fabbisogno irriguo è stato utilizzato il software FAO CROPWAT che, sulla base dei dati climatici, dei caratteri dei suoli dell'area considerata, oltre al calendario colturale delle colture considerate, stima i fabbisogni irrigui.

Le colture considerate sono le stesse già valutate per le potenzialità d'uso: Colture orticole (patata, cipolla e orticola quarta gamma), Canapa da fibra, grano monococco sardo, lavanda, prato polifita, olivo da olio, pomacee (pero o pesco).

Concetti generali

Ogni coltura ha determinati bisogni, giornalieri, mensili o totali, d'acqua corrispondenti al suo consumo evapotraspirativo.

I bisogni massimi si hanno, logicamente, nei momenti in cui il clima è più caldo e secco e in cui lo sviluppo fogliare è massimo: sono questi valori massimi che presentano il maggior interesse per stabilire la quantità d'acqua massima di cui bisogna disporre per la coltura in atto (periodo di punta). Per stabilire ciò, bisogna prendere in considerazione diversi parametri:

a. Fabbisogno idrico colturale

Il punto di partenza per il calcolo degli elementi tecnici dell'irrigazione di una coltura è il **fabbisogno idrico colturale** (crop water requirement), cioè tutta l'acqua effettivamente necessaria alla coltura, calcolato in base a ET₀ e ai coefficienti colturali (mm di acqua al giorno, a decade, al mese).

b. Fabbisogno irriguo netto

Se nell'area da irrigare si può contare su apporti idrici naturali (piogge, apporti di falda, riserve idriche immagazzinate nel terreno in seguito a piogge cadute in precedenza) bisogna defalcarle dal fabbisogno idrico colturale per ottenere il **fabbisogno irriguo netto**.

Utilizzando CROPWAT FAO sono stati utilizzati i seguenti moduli:

- Clima e ET₀ (calcolata con la formula di Penman)
- Precipitazione
- Suolo
- Coltura

I **dati per il modulo clima e precipitazioni** utilizzati sono relativi ai seguenti parametri relativi alla stazione termopluviometrica di bancali per gli anni 1981-2010:

- Precipitazioni (mm)
- Temperatura massima °C
- Temperatura minima °C
- Evapotraspirazione Potenziale mm/giorno – Calcolato - Formula Penman-Montheit
- Umidità relativa % - Dato interpolato (FAOCLIM2)
- Velocità del vento Km/day – Dato interpolato (FAOCLIM2)
- Insolazione (ore) – Dato interpolato (FAOCLIM2)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Tmean °C	9.6	10.0	12.1	13.7	17.9	21.9	24.6	25.3	21.2	18.4	14.0	10.9	16.6
Tmin °C	5.1	5.4	7.0	8.4	11.8	15.1	17.4	18.2	15.4	13.1	9.4	6.8	11.1
Tmax °C	14.0	14.5	17.2	19.0	24.0	28.7	31.8	32.3	27.0	23.7	18.5	14.9	22.1
P mm	47.8	43.5	43.7	54.0	39.7	18.5	5.9	13.8	42.6	83.3	93.6	81.2	567.6
PE mm	22.9	26.6	43.2	58.9	94.6	128.3	150.3	134.1	80.1	53.9	30.8	23.0	1351.3
AE mm	22.9	26.6	43.2	58.8	90.9	79.0	21.9	13.1	40.5	53.9	30.8	23.0	504.6
WVP(hPa)	9.0	8.9	9.7	11.4	13.6	16.5	19.1	19.5	17.9	14.9	11.5	9.7	13.5
Wind Km/h	10.44	12.60	10.44	10.44	9.00	9.00	9.00	7.92	7.92	7.92	9.00	10.44	9.5
Sun freq. %	41.00	44.00	55.00	62.00	68.00	77.00	86.00	81.00	74.00	61.00	43.00	37.00	60.8
Daylength hours	9:33	10:33	11:53	13:14	14:23	14:58	14:41	13:42	12:25	11:04	9:52	9:14	12:08
Sun hours	3:55	4:39	6:32	8:12	9:55	11:31	12:38	11:06	9:11	6:45	4:14	3:25	7:40

Tabella 2-14: Dati climatici utilizzati nel modulo di CROPWAT

I dati per il modulo **suolo** sono stati calcolati per ogni unità cartografica e comprendono i seguenti parametri:

- Acqua totale disponibile (Capacità di campo-Punto di appassimento) mm/metro
- Velocità massima di infiltrazione mm/giorno
- Profondità utile alle radici
- Riduzione % dell'umidità iniziale
- Umidità % del suolo iniziale

Soil - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\UC1.SOI

Soil name UC1

General soil data

Total available soil moisture (FC - WP) 123.0 mm/meter

Maximum rain infiltration rate 40 mm/day

Maximum rooting depth 115 centimeters

Initial soil moisture depletion (as % TAM) 25 %

Initial available soil moisture 92.3 mm/meter

Figura 2-16: Esempio di dati per il modulo suolo

I dati per il **modulo colturale** relativi alle colture oggetto di valutazione sono stati i seguenti:

- Data di semina o piantagione
- Data di raccolta
- Valore del coefficiente Kc (da letteratura)
- Durata in giorni delle 5 fasi vegetazionali previste (iniziale, sviluppo, mezza stagione, fase tardiva, raccolta)
- Profondità delle radici nelle 5 fasi
- Coefficiente di criticità

- Risposta produttiva

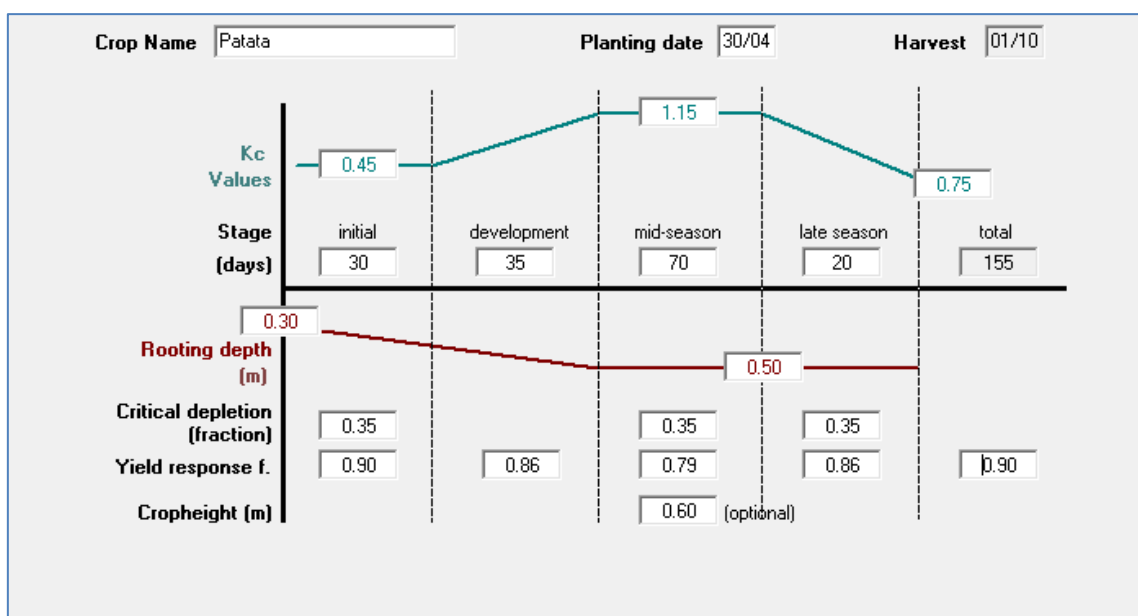


Figura 2-17: Esempio di maschera dati per il modulo colturale

I fabbisogni idrici delle colture di progetto

I fabbisogni irrigui sono stati calcolati per ogni coltura considerando suoli e dati climatici. I risultati evidenziano come il comportamento nei confronti dei fabbisogni idrici sia simile per tutti i 5 suoli considerati. Di seguito sono riportati i relativi risultati.

	Patata	Cipolla e/o orticole	Canapa	Lavanda	Grano sardo	Prato	Olivo	Pomacee
CWR (mm)	429.3	367.7	187.6	311.3	260.3	357.2	269.3	187.8

Tabella 2-15: Crop water requirements (CWR) totale in mm per le 8 colture considerate

Patata

Ciclo colturale 155 giorni: dal 1° Maggio al 2 ottobre	
Fasi vegetative	Giorni
Periodo iniziale	30
Sviluppo	35
Fase intermedia	60
Fase finale	20
Totale	155

Tabella 2-16: Ciclo colturale della patata

Fabbisogni idrici calcolati per decadi per la coltura della patata, valori medi per le 5 tipologie di suolo considerate.

ETo station		BANCALI		Crop		Potato	
Rain station		Bancali		Planting date		01/05	
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
May	1	Init	0.50	1.63	16.3	13.9	2.4
May	2	Init	0.50	1.81	18.1	12.7	5.4
May	3	Deve	0.50	1.95	21.5	10.5	11.0
Jun	1	Deve	0.61	2.55	25.5	7.9	17.6
Jun	2	Deve	0.79	3.50	35.0	5.7	29.3
Jun	3	Deve	0.96	4.35	43.5	4.4	39.1
Jul	1	Mid	1.10	5.14	51.4	2.7	48.7
Jul	2	Mid	1.11	5.33	53.3	1.0	52.2
Jul	3	Mid	1.11	5.03	55.3	2.2	53.1
Aug	1	Mid	1.11	4.70	47.0	3.1	43.9
Aug	2	Mid	1.11	4.44	44.4	3.6	40.8
Aug	3	Mid	1.11	4.02	44.2	6.8	37.4
Sep	1	Late	1.03	3.36	33.6	10.2	23.4
Sep	2	Late	0.83	2.37	23.7	13.0	10.8
Sep	3	Late	0.70	1.75	3.5	3.3	3.5
					516.3	101.1	418.5

Tabella 2-17: Fabbisogno idrico decadale per la coltura della PATATA nell'area di studio

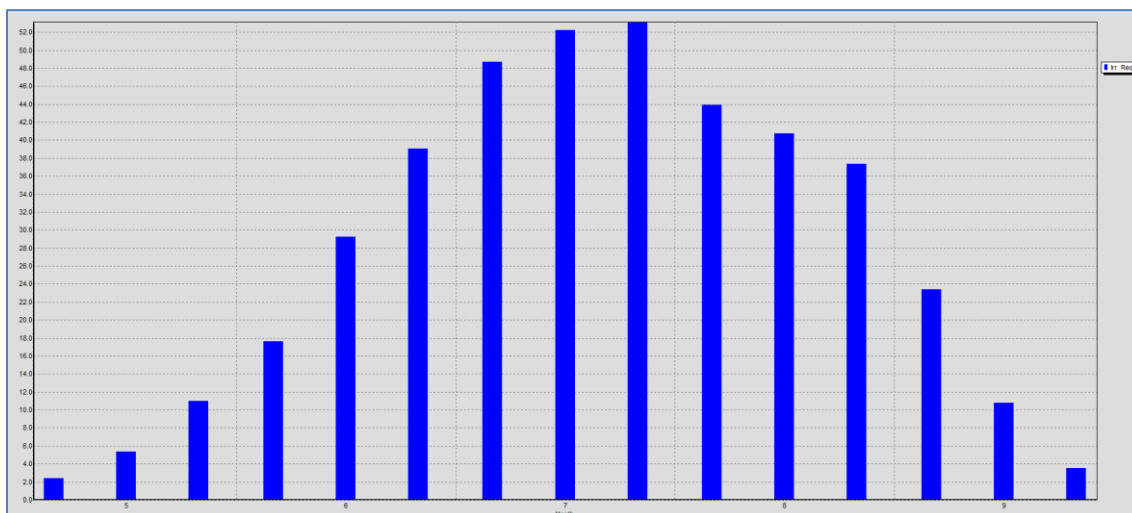


Figura 2-18: Grafico del fabbisogno idrico della coltura del Grano monosectato sardo durante il ciclo colturale

Dalla tabella soprastante appare evidente che la Patata ha un fabbisogno idrico quattro volte superiore alle precipitazioni (118 mm), con richieste idriche elevate praticamente durante tutto il ciclo colturale e con picco di oltre 50 mm per decade nel mese di Luglio e con un totale di oltre 400 mm durante tutto il ciclo colturale.

Cipolla e orticole quarta gamma

Ciclo colturale 150 giorni: dal 15 Maggio al 16 ottobre	
Fasi vegetative	Giorni
Periodo iniziale	15
Sviluppo	25
Fase intermedia	70
Fase finale	40
Totale	150

Tabella 2-18: Ciclo colturale della cipolla e orticole quarta gamma

ETo station		BANCALI	Crop		Cipolla_NURRA		
Rain station		Bancali	Planting date		20/05		
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
May	2	Init	0.50	1.81	1.8	1.3	1.8
May	3	Init	0.50	1.94	21.4	10.5	10.9
Jun	1	Deve	0.55	2.30	23.0	7.9	15.0
Jun	2	Deve	0.73	3.23	32.3	5.7	26.6
Jun	3	Mid	0.90	4.10	41.0	4.4	36.5
Jul	1	Mid	0.96	4.48	44.8	2.7	42.1
Jul	2	Mid	0.96	4.59	45.9	1.0	44.9
Jul	3	Mid	0.96	4.34	47.7	2.2	45.5
Aug	1	Mid	0.96	4.05	40.5	3.1	37.4
Aug	2	Mid	0.96	3.83	38.3	3.6	34.6
Aug	3	Mid	0.96	3.47	38.1	6.8	31.3
Sep	1	Late	0.95	3.10	31.0	10.2	20.8
Sep	2	Late	0.94	2.69	26.9	13.0	13.9
Sep	3	Late	0.92	2.29	22.9	16.7	6.2
Oct	1	Late	0.91	1.90	19.0	21.2	0.0
Oct	2	Late	0.89	1.53	9.2	15.1	0.0
					483.7	125.4	367.7

Tabella 2-19: Fabbisogno idrico decadale per la coltura della CIPOLLA E COLTURE ORTICOLE DI QUARTA GAMMA nell'area di studio

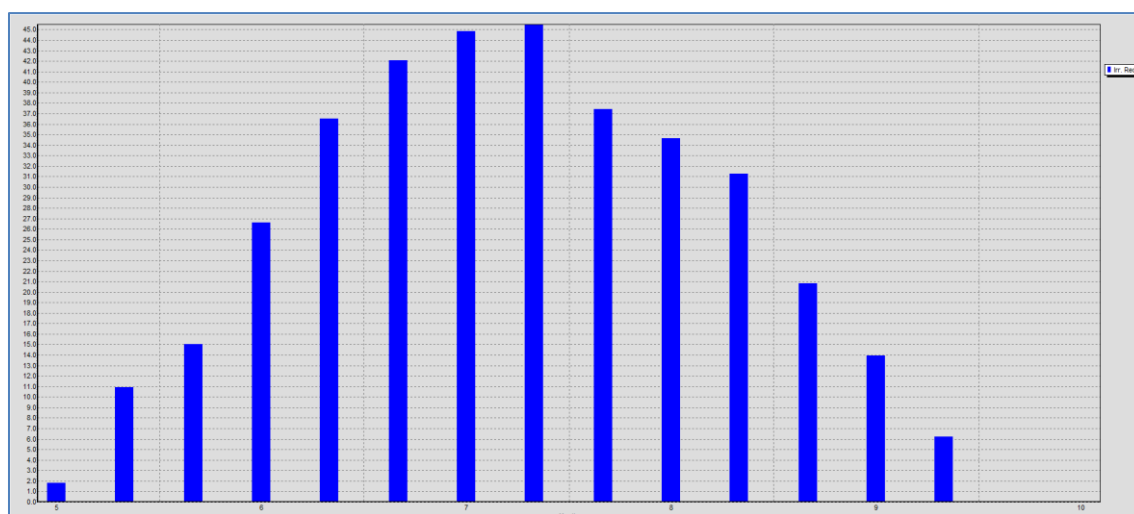


Figura 2-19: Grafico del fabbisogno idrico della coltura della Cipolla e orticola quarta gamma durante il ciclo colturale

I fabbisogni idrici per la cipolla e le orticole risultano leggermente inferiori a quelli della patata, ma ugualmente molto elevati, superiori ai 350 mm totali durante il ciclo colturale e con un elevato picco nei mesi di Luglio e Agosto con fabbisogni decadali superiori ai 40 mm.

Canapa da fibra

Ciclo colturale 155 giorni: dal 1° Maggio al 2 ottobre	
Fasi vegetative	Giorni
Periodo iniziale	30
Sviluppo	35
Fase intermedia	60
Fase finale	20
Totale	155

Tabella 2-20: Ciclo colturale della Canapa da fibra

ETo station		Crop					
BANCALI		Henf_Nurra					
Rain station		Planting date					
Bancali		01/03					
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0.35	0.49	4.9	13.3	0.0
Mar	2	Deve	0.37	0.61	6.1	13.2	0.0
Mar	3	Deve	0.52	1.02	11.2	14.3	0.0
Apr	1	Deve	0.69	1.55	15.5	16.1	0.0
Apr	2	Deve	0.85	2.17	21.7	17.4	4.3
Apr	3	Deve	1.00	2.92	29.2	15.7	13.5
May	1	Mid	1.13	3.68	36.8	13.9	22.9
May	2	Mid	1.14	4.11	41.1	12.7	28.4
May	3	Late	1.13	4.40	48.4	10.5	37.9
Jun	1	Late	0.99	4.12	41.2	7.9	33.3
Jun	2	Late	0.79	3.52	35.2	5.7	29.5
Jun	3	Late	0.61	2.78	22.3	3.6	17.8
					313.6	144.3	187.6

Tabella 2-21: Fabbisogno idrico decadale per la coltura della CANAPA DA FIBRA nell'area di studio

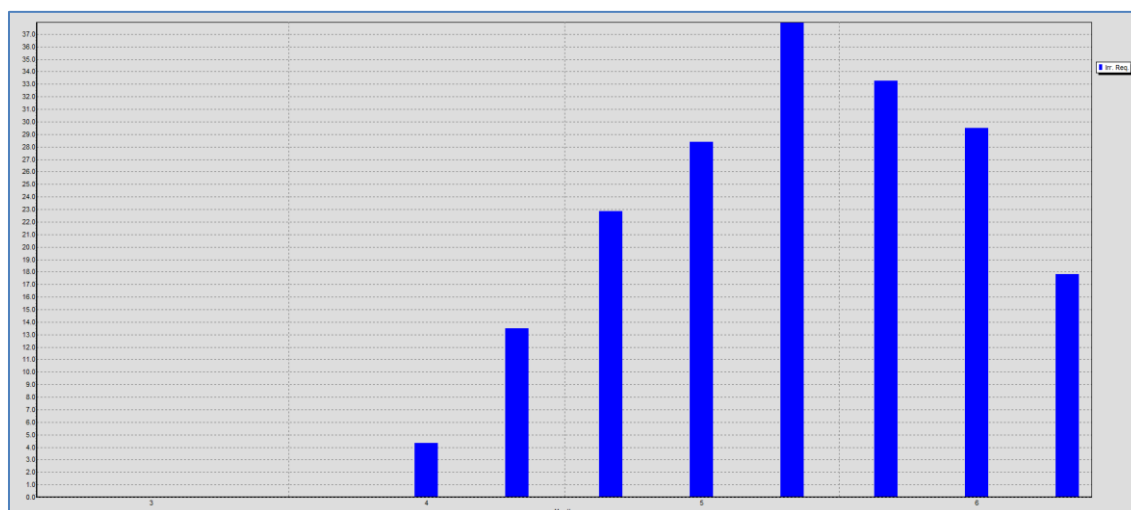


Figura 2-20: Grafico del fabbisogno idrico della coltura della Canapa da fibra durante il ciclo colturale

Per la canapa da fibra i fabbisogni idrici risultano molto ridotti rispetto alle precedenti colture della patata e della cipolla, con esigenze che iniziano nella fase di sviluppo fino alla maturazione e volumi totali inferiori ai 200 mm.

Lavanda officinale

Per la lavanda, anche se è una coltura perenne, si considerano le esigenze solo nel periodo vegetativo, compreso tra marzo e luglio.

Ciclo colturale 145 giorni: dal 15 marzo al 6 agosto	
Fasi vegetative	Giorni
Periodo iniziale	20
Sviluppo	70
Fase intermedia	30
Fase finale	20
Totale	145

Tabella 2-22: Ciclo colturale della Lavanda officinale

ETo station		Rain station		Crop		Planting date	
BANCALI		Bancali		Lavanda_Nurra		15/03	
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	2	Init	0.60	0.98	5.9	7.9	0.0
Mar	3	Init	0.60	1.17	12.9	14.3	0.0
Apr	1	Deve	0.63	1.43	14.3	16.1	0.0
Apr	2	Deve	0.75	1.93	19.3	17.4	1.9
Apr	3	Mid	0.87	2.53	25.3	15.7	9.6
May	1	Mid	0.90	2.94	29.4	13.9	15.5
May	2	Mid	0.90	3.26	32.6	12.7	19.9
May	3	Mid	0.90	3.51	38.6	10.5	28.1
Jun	1	Mid	0.90	3.76	37.6	7.9	29.6
Jun	2	Mid	0.90	4.01	40.1	5.7	34.4
Jun	3	Mid	0.90	4.08	40.8	4.4	36.4
Jul	1	Late	0.90	4.21	42.1	2.7	39.4
Jul	2	Late	0.86	4.14	41.4	1.0	40.3
Jul	3	Late	0.81	3.68	40.5	2.2	38.3
Aug	1	Late	0.77	3.26	19.6	1.8	18.0
					440.1	134.4	311.3

Tabella 2-23: Fabbisogno idrico decadale per la coltura della LAVANDA nell'area di studio

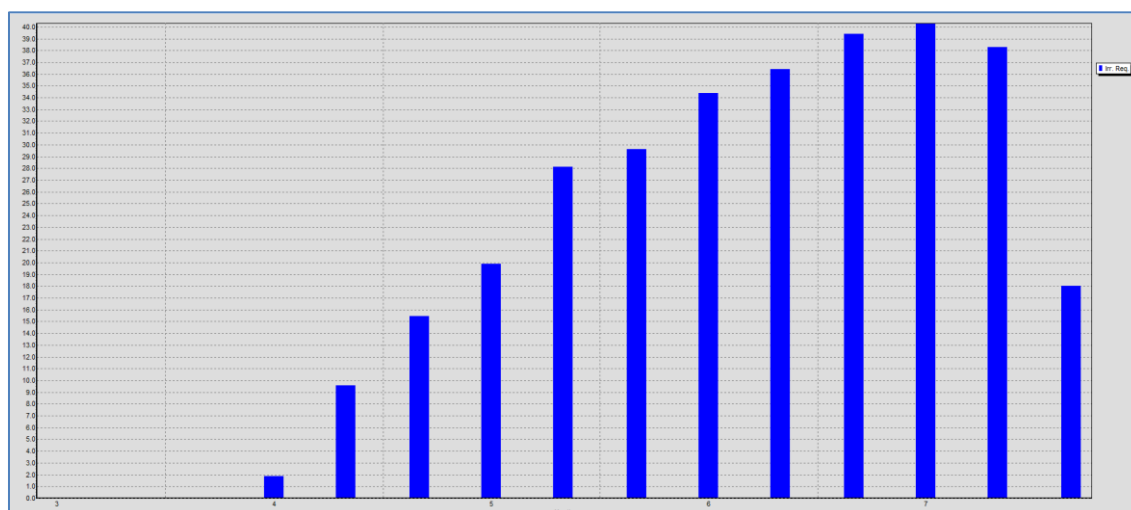


Figura 2-21: Grafico del fabbisogno idrico della coltura della Lavanda officinale durante il ciclo colturale

I fabbisogni idrici per la coltivazione della Lavanda sono abbastanza elevati, superiori ai 300 mm durante il periodo vegetativo, necessari per ottenere un buon livello produttivo,. I fabbisogni appaiono crescenti a partire da aprile fino alla raccolta (Agosto), ma con volumi non elevatissimi pari a circa 30 mm di picco nei mesi più asciutti.

Grano monococco sardo

Ciclo colturale 210 giorni: dal 15 dicembre al 12 Luglio	
Fasi vegetative	Giorni
Periodo iniziale	30
Sviluppo	130
Fase intermedia	30
Fase finale	20
Totale	210

Tabella 2-24: Ciclo colturale del grano sardo

ETo station BANCALI		Crop Winter/Wheat f.f					
Rain station Bancali		Planting date 15/12					
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	2	Init	0.70	0.37	2.2	14.6	0.0
Dec	3	Init	0.70	0.39	4.3	21.1	0.0
Jan	1	Init	0.70	0.40	4.0	17.0	0.0
Jan	2	Deve	0.71	0.43	4.3	13.7	0.0
Jan	3	Deve	0.74	0.51	5.7	13.6	0.0
Feb	1	Deve	0.77	0.61	6.1	13.8	0.0
Feb	2	Deve	0.80	0.71	7.1	13.3	0.0
Feb	3	Deve	0.83	0.94	7.5	13.4	0.0
Mar	1	Deve	0.86	1.19	11.9	13.3	0.0
Mar	2	Deve	0.89	1.46	14.6	13.2	1.4
Mar	3	Deve	0.92	1.79	19.7	14.3	5.4
Apr	1	Deve	0.95	2.15	21.5	16.1	5.4
Apr	2	Deve	0.98	2.52	25.2	17.4	7.8
Apr	3	Deve	1.01	2.95	29.5	15.7	13.8
May	1	Deve	1.04	3.41	34.1	13.9	20.1
May	2	Deve	1.07	3.88	38.8	12.7	26.1
May	3	Mid	1.10	4.27	46.9	10.5	36.5
Jun	1	Mid	1.10	4.57	45.7	7.9	37.8
Jun	2	Mid	1.10	4.88	48.8	5.7	43.1
Jun	3	Late	0.94	4.28	42.8	4.4	38.4
Jul	1	Late	0.53	2.46	24.6	2.7	21.9
Jul	2	Late	0.27	1.30	2.6	0.2	2.6
					447.9	268.6	260.3

Tabella 2-25: Fabbisogno idrico decadale per la coltura del GRANO SARDO nell'area di studio

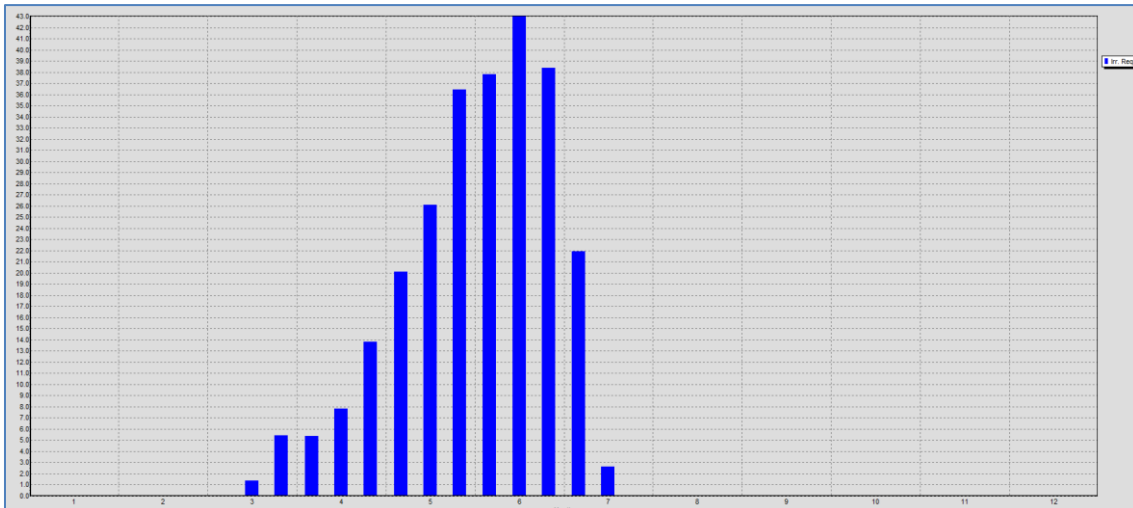


Figura 2-22: Grafico del fabbisogno idrico della coltura del Grano monococco sardo durante il ciclo colturale

Il grano sardo può essere coltivato in regime non irriguo ma, per ottenere una produzione significativa, apporti irrigui limitati, di poco superiori ai 250 mm, appaiono necessari soprattutto nel periodo dello sviluppo della pianta.

Olivo

Anche in questo caso, pur trattandosi di una pianta sempreverde permanente, si considera il solo ciclo vegetativo produttivo. Il calcolo dei fabbisogni idrici è stato effettuato per l'olivo da olio o da mensa.

Ciclo colturale 240 giorni: dal 15 marzo al 9 novembre	
Fasi vegetative	Giorni
Periodo iniziale	20
Sviluppo	80
Fase intermedia	50
Fase finale	90
Totale	240

Tabella 2-26: Ciclo colturale dell'Olivo

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	2	Init	0.66	1.08	6.5	7.9	0.0
Mar	3	Init	0.66	1.29	14.1	14.3	0.0
Apr	1	Deve	0.66	1.49	14.9	16.1	0.0
Apr	2	Deve	0.66	1.68	16.8	17.4	0.0
Apr	3	Deve	0.65	1.91	19.1	15.7	3.3
May	1	Deve	0.65	2.12	21.2	13.9	7.3
May	2	Deve	0.65	2.34	23.4	12.7	10.7
May	3	Deve	0.65	2.51	27.6	10.5	17.2
Jun	1	Deve	0.64	2.68	26.8	7.9	18.8
Jun	2	Deve	0.64	2.84	28.4	5.7	22.7
Jun	3	Mid	0.64	2.89	28.9	4.4	24.5
Jul	1	Mid	0.64	2.99	29.9	2.7	27.2
Jul	2	Mid	0.64	3.07	30.7	1.0	29.6
Jul	3	Mid	0.64	2.90	31.9	2.2	29.7
Aug	1	Mid	0.64	2.71	27.1	3.1	24.0
Aug	2	Late	0.63	2.54	25.4	3.6	21.8
Aug	3	Late	0.63	2.27	25.0	6.8	18.1
Sep	1	Late	0.62	2.00	20.0	10.2	9.9
Sep	2	Late	0.61	1.75	17.5	13.0	4.5
Sep	3	Late	0.60	1.49	14.9	16.7	0.0
Oct	1	Late	0.59	1.24	12.4	21.2	0.0
Oct	2	Late	0.59	1.00	10.0	25.2	0.0
Oct	3	Late	0.58	0.82	9.1	25.7	0.0
Nov	1	Late	0.57	0.65	5.9	23.6	0.0
					487.5	281.6	269.3

Tabella 2-27: Fabbisogno idrico decadale per la coltura dell'OLIVO nell'area di studio

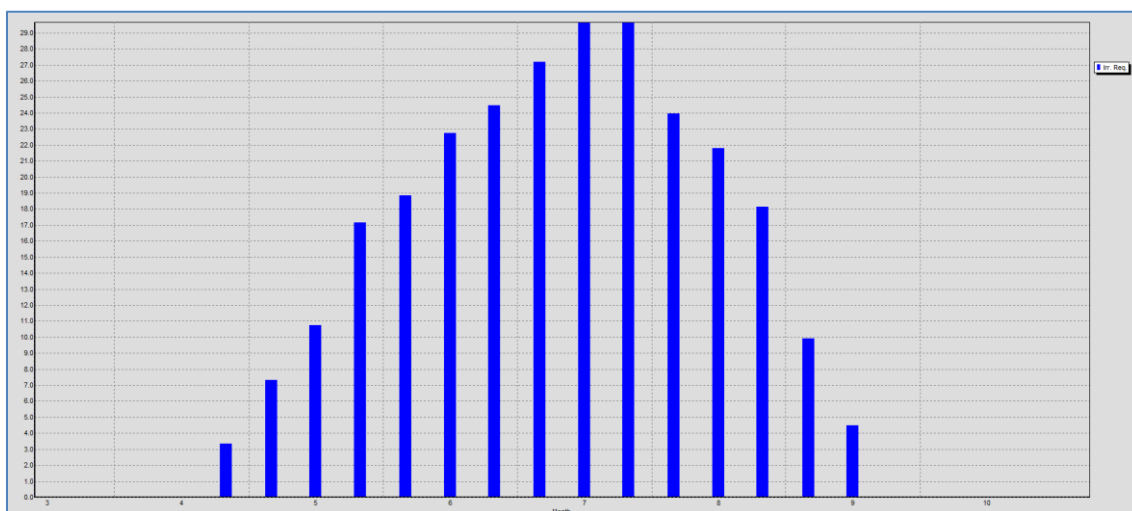


Figura 2-23: Grafico del fabbisogno idrico della coltura dell'Olio durante il ciclo colturale

Trattandosi di una tecnica di coltivazione superintensiva, le necessità irrigue per la pianta sono imprescindibili. I fabbisogni sono concentrati nei mesi compresi tra aprile ed i primi di settembre, con un totale non elevato, pari a circa 300mm e con picchi estivi (luglio e agosto) non elevati, non superiori ai 30 mm.

Pomacee autoctone

Anche in questo caso, trattandosi di una pianta arborea, è stato considerato il solo ciclo vegetativo nel periodo dalla primavera all'autunno.

Ciclo colturale 214 giorni: dal 5 marzo al 4 ottobre	
Fasi vegetative	Giorni
Periodo iniziale	15
Sviluppo	49
Fase intermedia	120
Fase finale	25
Totale	214

Tabella 2-28: Ciclo colturale delle Pomacee (pero autoctono)

ETo station		BANCALI	Crop		Pear_Nurra		
Rain station		Bancali	Planting date		05/03		
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0.45	0.62	3.7	8.0	0.0
Mar	2	Deve	0.45	0.74	7.4	13.2	0.0
Mar	3	Deve	0.46	0.89	9.8	14.3	0.0
Apr	1	Deve	0.46	1.05	10.5	16.1	0.0
Apr	2	Deve	0.47	1.21	12.1	17.4	0.0
Apr	3	Deve	0.48	1.40	14.0	15.7	0.0
May	1	Deve	0.49	1.59	15.9	13.9	2.0
May	2	Mid	0.50	1.79	17.9	12.7	5.2
May	3	Mid	0.50	1.94	21.3	10.5	10.8
Jun	1	Mid	0.50	2.07	20.7	7.9	12.8
Jun	2	Mid	0.50	2.21	22.1	5.7	16.4
Jun	3	Mid	0.50	2.26	22.6	4.4	18.1
Jul	1	Mid	0.50	2.33	23.3	2.7	20.6
Jul	2	Mid	0.50	2.39	23.9	1.0	22.9
Jul	3	Mid	0.50	2.26	24.9	2.2	22.7
Aug	1	Mid	0.50	2.11	21.1	3.1	18.0
Aug	2	Mid	0.50	2.00	20.0	3.6	16.3
Aug	3	Mid	0.50	1.81	19.9	6.8	13.0
Sep	1	Mid	0.50	1.62	16.2	10.2	6.0
Sep	2	Late	0.55	1.57	15.7	13.0	2.7
Sep	3	Late	0.58	1.44	14.4	16.7	0.0
Oct	1	Late	0.58	1.22	11.0	19.1	0.0
					368.4	218.3	187.8

Tabella 2-29: Fabbisogno idrico decadale per la coltura delle POMACEE nell'area di studio

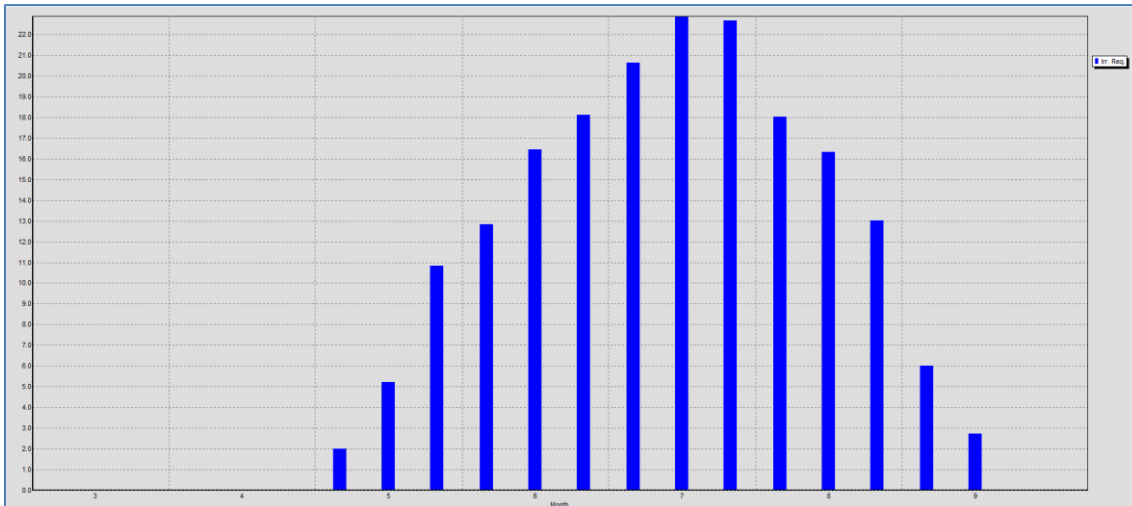


Figura 2-24: Grafico del fabbisogno idrico della coltura per le Pomacee durante il ciclo colturale

I fabbisogni irrigui per le pomacee sono concentrati nel periodo estivo, con volumi totali non elevati da maggio a settembre, con un totale di circa 190 mm e picco il luglio, con fabbisogni di oltre 20 mm per decade.

Prato polifita poliennale

Dal punto di vista tecnico la fisiologia ed il ciclo stagionale dei seminativi foraggeri e dei prati pascoli in ambiente mediterraneo condotti in asciutto consente di coprire la gran parte dei fabbisogni alimentari degli ovini nella stagione di lattazione e di produzione di carne.

Nella stagione estiva, che corrisponde al periodo di asciutta degli ovini, il pascolamento può continuare sulle stoppie con integrazioni di fieno, già raccolto secondo il ciclo di rotazioni tra fienagione, sovescio per allettamento meccanico e riposo.

Pertanto avendo a disposizione poco meno di 280 ettari di superfici a prati, erbai e prati pascolo per soli 300 capi ovini non c'è necessità di forzare la produzione foraggera con interventi irrigui estivi questo vale ancora di più per quei prati che sono presenti in tutte le aree a frutteto con microirrigazione in cui non si deve avere competizione per l'acqua con la coltivazione arborea da frutto.

Ciclo colturale 155 giorni: dal 1 Maggio al 2 ottobre	
Fasi vegetative	Giorni
Periodo iniziale	30
Sviluppo	35
Fase intermedia	60
Fase finale	20
Totale	155

Tabella 2-30: Ciclo colturale del Prato polifita poliennale

ETo station		BANCALI		Crop		Pascolo_nurra	
Rain station		Bancali		Planting date		15/03	
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	2	Init	0.82	1.35	8.1	7.9	0.0
Mar	3	Init	0.75	1.46	16.1	14.3	1.8
Apr	1	Init	0.75	1.69	16.9	16.1	0.8
Apr	2	Init	0.75	1.92	19.2	17.4	1.9
Apr	3	Init	0.75	2.19	21.9	15.7	6.1
May	1	Init	0.75	2.45	24.5	13.9	10.5
May	2	Init	0.75	2.71	27.1	12.7	14.4
May	3	Init	0.75	2.92	32.1	10.5	21.6
Jun	1	Init	0.75	3.13	31.3	7.9	23.3
Jun	2	Init	0.75	3.33	33.3	5.7	27.6
Jun	3	Init	0.75	3.40	34.0	4.4	29.5
Jul	1	Init	0.75	3.51	35.1	2.7	32.4
Jul	2	Init	0.75	3.60	36.0	1.0	35.0
Jul	3	Init	0.75	3.41	37.5	2.2	35.3
Aug	1	Deve	0.76	3.23	32.3	3.1	29.2
Aug	2	Deve	0.79	3.15	31.5	3.6	27.9
Aug	3	Deve	0.81	2.95	32.4	6.8	25.6
Sep	1	Deve	0.84	2.72	27.2	10.2	17.1
Sep	2	Deve	0.86	2.47	24.7	13.0	11.8
Sep	3	Deve	0.89	2.20	22.0	16.7	5.3
Oct	1	Mid	0.90	1.88	18.8	21.2	0.0
Oct	2	Mid	0.90	1.54	15.4	25.2	0.0
Oct	3	Mid	0.90	1.28	14.1	25.7	0.0
Nov	1	Mid	0.90	1.03	10.3	26.2	0.0
Nov	2	Mid	0.90	0.78	7.8	27.3	0.0
Nov	3	Mid	0.90	0.68	6.8	26.0	0.0
Dec	1	Mid	0.90	0.58	5.8	25.1	0.0
Dec	2	Mid	0.90	0.47	4.7	24.4	0.0
Dec	3	Mid	0.90	0.50	5.5	21.1	0.0
Jan	1	Mid	0.90	0.52	5.2	17.0	0.0
Jan	2	Mid	0.90	0.54	5.4	13.7	0.0
Jan	3	Late	0.90	0.62	6.9	13.6	0.0
Feb	1	Late	0.88	0.70	7.0	13.8	0.0
Feb	2	Late	0.87	0.76	7.6	13.3	0.0
Feb	3	Late	0.85	0.96	7.7	13.4	0.0
Mar	1	Late	0.83	1.16	11.6	13.3	0.0
Mar	2	Late	0.82	1.35	5.4	5.3	0.0
					689.2	511.4	357.2

Tabella 2-31: Fabbisogno idrico decadale per la coltura del PRATO POLIFITA nell'area di studio

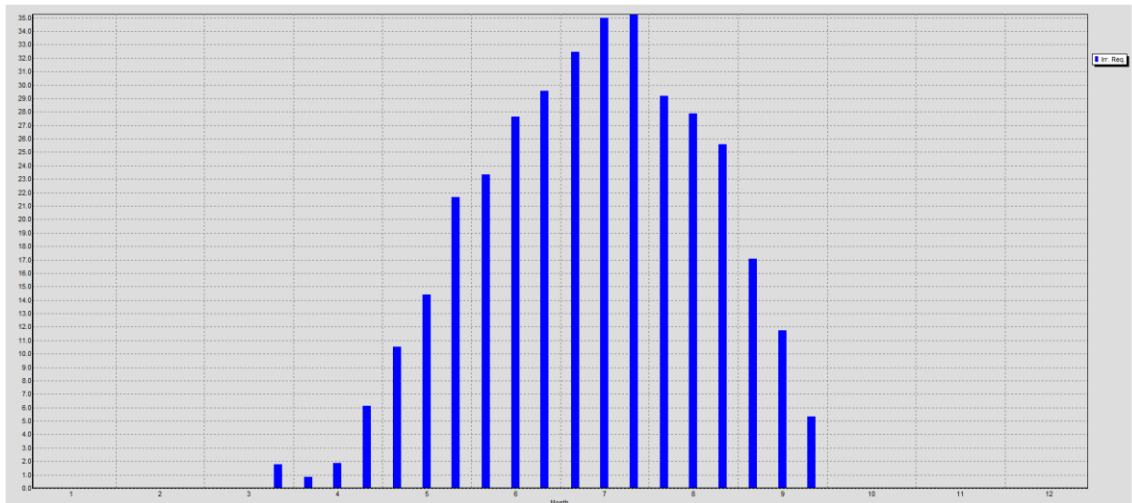


Figura 2-25: Grafico del fabbisogno idrico della coltura per le Pomacee durante il ciclo colturale

Per il prato polifita, a carattere poliennale, i fabbisogni irrigui sono concentrati nei mesi estivi, con modalità essenzialmente di soccorso, ma con volumi non indifferenti, superiori ai 250 mm.

Monitoraggio della risorsa idrica

La gestione efficiente dell'acqua di irrigazione può diventare fondamentale per salvare le coltivazioni e garantire la sostenibilità economica delle aziende, specialmente in un contesto climatico di caldo torrido e siccità come quello dell'estati 2021-22 che ha provocato perdite di prodotto sino al 50%.

La gestione dell'acqua in agricoltura è un tema di grande rilevanza, infatti attraverso l'irrigazione si impiega oltre il 60% delle acque dolci disponibili e in previsione di una contrazione della disponibilità è necessario ottimizzarne l'uso impiegandola in modo efficiente sul territorio. Un'informazione utile per ottimizzare l'impiego irriguo dell'acqua è la conoscenza del fabbisogno idrico effettivo delle colture così come elaborato nello studio agro-pedo-climatico dell'area in esame.

La progettazione comprenderà la definizione di una **piattaforma integrata di monitoraggio, telecomando e telecontrollo**. In particolare, saranno individuate le specifiche tecniche degli apparati di monitoraggio e controllo presenti nell'area di intervento e, inoltre, verranno definite le caratteristiche dell'infrastruttura informatica in grado di presentare in modo efficace le informazioni ed i dati, controllare da remoto gli impianti e gli azionamenti, ed integrare tutti i servizi correlati all'intervento.

Le finalità di tale piattaforma saranno:

- fornire agli operatori una visione di insieme dei sistemi di telecomando e controllo e consentirne l'azionamento e la diagnostica di funzionamento, introducendo inoltre elementi di manutenzione predittiva e preventiva;

- integrare tali funzioni con letture provenienti da **sensori (meteo-climatici, contatori, sensori di livello)** per consentire di condizionare le operazioni di telecontrollo sulla base di tali dati in modo semplice e flessibile;
- elaborare le informazioni ricevute per ottenere informazioni aggregate, quali, ad esempio, i consumi idrici attesi, ed elaborare pertanto una adeguata pianificazione della distribuzione idrica;
- integrare i dati ricavati con ulteriori servizi di modellistica agronomica e previsione, al fine di ottenere una stima predittiva dei consumi, e fornire inoltre in modo automatizzato utili informazioni e consigli agli utenti della rete irrigua, anche mediante apposite APP di facile impiego.

Più nel dettaglio saranno disposte sul territorio delle **centraline meteo, alimentate mediante pannelli solari**, in modo tale da stimare in tempo reale i dati di evapotraspirazione (ETP) relativi alle colture e ottenere quindi il fabbisogno idrico **effettivamente necessario**. Saranno inoltre predisposte delle **sonde di umidità del suolo**, che forniranno una misura immediata sul contenuto di acqua a livello dell'apparato radicale. Infine, lungo i punti principali della rete idrica in pressione saranno installati dei misuratori di portata, per un'informazione puntuale circa le quantità d'acqua transitanti nei vari rami della rete.



Stazione meteo per la rilevazione meteorologica e climatica e per tutte le applicazioni in **agricoltura di precisione**. I dati sono inviati automaticamente al **portale cloud Live Data**, accessibile da smartphone e desktop, che presenta le informazioni in modo chiaro e comprensibile, gestisce i principali modelli agronomici e mantiene tutto lo storico delle rilevazioni in campo. Rappresenta la scelta ideale per le principali applicazioni per l'agricoltura di precisione: **difesa sostenibile** e lotta ai patogeni, **risparmio idrico** e misura dell'umidità del suolo.

La piattaforma proposta consentirà pertanto l'acquisizione dei dati **agro-meteorologici giornalieri** e invierà quotidianamente ai gestori dell'azienda un aggiornamento continuo tramite messaggistica, email o applicazione dedicata.

Il gestore invece potrà avere un quadro **in tempo reale dei fabbisogni di ogni appezzamento** messo a coltura, e quindi del fabbisogno totale, e potrà pertanto avviare i provvedimenti per limitare l'uso della risorsa idrica.

Per questi ultimi, in fase di progettazione si valuteranno diverse soluzioni alternative, basate comunque sul **monitoraggio dei consumi** di ogni coltura e sul confronto con quanto consigliato.

	<p>Sistema completo di monitoraggio ed automazione dei settori irrigui adatto a tutte le principali coltivazioni (pieno campo, arboree, serre, ecc.) e compatibile con tutti i principali tipi di impianto di irrigazione.</p> <p>Il sistema consente una significativa riduzione dei volumi irrigui e una maggiore qualità del prodotto.</p> <p>Questo è possibile grazie ai sensori, che vi permetteranno di mantenere un livello ottimale di umidità del terreno, e gestire i tempi di irrigazione con una resa uniforme, riducendo i costi vivi come acqua, gasolio e usura degli impianti.</p> <p>I turni irrigui possono essere programmati via web, dal portale e possono essere collegati al livello dei sensori suolo (anche wireless), alla pioggia o all'evapotraspirazione, in modo da adattarsi automaticamente alle condizioni di campo.</p>
--	---

L'intervento meno invasivo potrà consistere nell'invio di un avviso in merito al **consumo eccessivo** rispetto a quanto consigliato; mentre, almeno per gli appezzamenti più grandi, si potrà intervenire in maniera più invasiva interrompendo l'alimentazione al raggiungimento del valore consigliato mediante elettrovalvole remotizzate.

L'implementazione di un sistema come sopra, sulla base di esperienze similari, può determinare un **risparmio delle risorse idriche compreso tra il 15 % e il 20%**.

Si precisa inoltre che il sistema proposto potrà essere implementato introducendo progressivamente metodi efficaci per la **manutenzione predittiva e preventiva**, con la conseguente ottimizzazione degli interventi tecnici e i relativi inconvenienti per l'utenza.

Per quanto riguarda le tecnologie di trasmissione dati si prenderà in esame l'implementazione di modalità ridondanti basate sia su reti pubbliche (a.e. cellulare, con modalità multi-operatore) che private (es. reti LPWAN a copertura dell'intero areale oggetti di intervento, sistemi radio, etc.), in particolare per i sottosistemi di comando e controllo.

A corredo dell'impianto di telegestione e telecontrollo saranno previsti **sistemi di telelettura sui punti di approvvigionamento**, costituiti da **idrometro e contatore**, entrambi con trasmettitore. I dati rilevati di consumo e funzionamento saranno inviati automaticamente a dei concentratori, anche del tipo radio, installati sul territorio (raggio d'azione circa 10 km) e quindi al sistema di telegestione per l'acquisizione e l'analisi.

La tecnologia proposta fornirà pertanto al gestore tutte le informazioni relative al consumo dell'utente e permetterà un'interazione diretta con l'idrante nel normale funzionamento, ma anche in caso di guasto o di emergenza.

Si rimanda alla fase di progettazione definitiva la scelta delle tipologie dei sensori agro-pedo-climatici, e delle strumentazioni sulla base delle colture previste e delle superfici interessate.

2.5.5 E.3 – Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici

Il requisito E.3 riguarda la valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione ad alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. Al fine di individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea. Coerentemente con quanto stabilito nella Circolare del 30 dicembre 2021, n. 32 recante “Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all’ambiente (DNSH)”, le Linee Guida riportano che:

- *in fase di progettazione: il progettista dovrebbe 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 documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale).*

2.5.6 Relazione con il progetto

Di seguito è descritta la caratterizzazione attuale e l'evoluzione climatica dell'area di progetto elaborando i dati di circa 30 anni e l'evoluzione climatica

Le condizioni climatiche e le risorse idriche di un'area sono due fattori strettamente legati tra loro da relazioni misurabili e stimabili sulla base di dati termo pluviometrici disponibili.

Infatti utilizzando semplici parametri climatici come le precipitazioni, la temperatura e l'evapotraspirazione si possono determinare sia le quantità di afflussi che entrano nel sistema sia la quantità di acqua che viene perduta dal sistema stesso sotto forma di percolazione ed evapotraspirazione.

Se poi prendiamo in considerazione anche la capacità di immagazzinamento dell'acqua nel suolo, diviene possibile calcolare il regime idrico di un'area.

Per quanto riguarda l'area di studio, oggetto della presente relazione, con i dati a disposizione e applicando un sistema di classificazione climatica (C. W. Thornthwaite, 1957) già ampiamente sperimentato è stato possibile stabilire e calcolare i diversi parametri climatici e definire sia il regime idrico dei suoli rilevati, con riferimento sia alla loro sezione di controllo, che al tipo climatico della zona.

Per l'elaborazione delle principali caratteristiche climatiche dell'area di studio, sono stati utilizzati i dati di precipitazione e di temperatura della stazione meteorologica di Bancali, posizionata nel

punto di coordinate UTM32T WGS84 454414E 4509814N a circa 9 Km in direzione est rispetto all'area di studio e ad una quota di 74 m slm.



Figura 2-26: Posizione della stazione meteorologica di Incile (cerchio giallo), utilizzata per le elaborazioni climatiche, rispetto all'area di studio, in rosso

I dati utilizzati, si riferiscono alla media dei valori misurati nel periodo 1981-2010 dal Dipartimento Meteorologico ARPAS. Tali dati forniscono un andamento storico abbastanza rappresentativo del clima attuale dell'area, soprattutto in relazione ai recenti cambiamenti climatici, in modo che tali informazioni possano servire per mettere in atto le azioni necessarie a ottimizzare la produzione sulla base del clima dell'area.

Si è fatto ricorso inoltre ai dati elaborati dallo stesso servizio ARPAS e riportati nella carta Bioclimatica della Sardegna, che forniscono alcuni indici utili a valutare sia i cambiamenti climatici in atto che i caratteri del bioclima.

Sulla base dei dati di precipitazione P e di temperatura T, riportati in Tabella 2-32, utilizzando il modello proposto da Thornthwaite, è stato effettuato il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale PE e reale AE.

L'evaporazione, che è la causa determinante dell'aridità di un clima, rappresenta l'acqua che viene ceduta all'atmosfera dalla superficie del suolo e dagli specchi d'acqua, oltre che attraverso l'attività metabolica delle piante (traspirazione). L'insieme di questi due processi viene definito evapotraspirazione, che rappresenta quindi la quantità di acqua totale che viene restituita all'atmosfera.

L'evapotraspirazione reale (AE) rappresenta la quantità di acqua che effettivamente evapora dal suolo e che traspira dalle piante, mentre l'evapotraspirazione potenziale (PE) è invece la quantità di acqua che evaporerrebbe se le riserve idriche del suolo fossero costantemente rinnovate.

L'evapotraspirazione reale è quindi sempre inferiore a quella potenziale quando le piante non hanno a disposizione tutta l'acqua che sarebbero in grado di traspirare. Il valore di PE è quindi un indice rappresentativo del fabbisogno idrico della vegetazione.

Applicando il modello messo a punto da Thornthwaite e Mather è possibile calcolare L'evapotraspirazione potenziale e il bilancio idrico di qualsiasi località della quale si conoscano i valori medi di temperatura, della piovosità e del valore dell'acqua disponibile del suolo (AWC).

L'AWC (Available Water Capacity) rappresenta la quantità di acqua, in mm, che il suolo è in grado di trattenere e che è utilizzabile dalle piante. E' un valore che è funzione di alcuni parametri del suolo quali la tessitura ed il tenore di sostanza organica. Per l'area oggetto dell'indagine è stato adottato un valore medio teorico di 150 mm in considerazione dei valori tessiturali dei suoli prevalenti nella zona e del loro contenuto medio in sostanza organica.

Nella Tabella 2-32, oltre ai valori di temperatura (T), di precipitazione (P), di evapotraspirazione reale (AE) e potenziale (PE), sono stati riportati anche i valori del Deficit Idrico (D) e del Surplus Idrico (S). Il valore del deficit (D) è dato dalla differenza tra PE ed AE e fornisce un valore utile a stimare la quantità di acqua necessaria a bilanciare le perdite dovute alla evapotraspirazione potenziale ed è una misura dell'intensità e della durata dell'aridità. Il valore del Surplus (S), tiene conto invece dell'eccesso di precipitazioni rispetto alla evapotraspirazione potenziale, ed indica la quantità di acqua che, una volta saturata la riserva idrica del suolo, va ad alimentare le falde freatiche ed il deflusso superficiale.

Alcune semplici relazioni permettono inoltre di ottenere l'indice di aridità e l'indice di umidità dell'area.

Stazione: BANCALI Coordinate UTM32: 454414 E e 4509814 N - Altitudine: 74 m slm

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Tmean °C	9.6	10.0	12.1	13.7	17.9	21.9	24.6	25.3	21.2	18.4	14.0	10.9	16.6
Tmin °C	5.1	5.4	7.0	8.4	11.8	15.1	17.4	18.2	15.4	13.1	9.4	6.8	11.1
Tmax °C	14.0	14.5	17.2	19.0	24.0	28.7	31.8	32.3	27.0	23.7	18.5	14.9	22.1
P mm	47.8	43.5	43.7	54.0	39.7	18.5	5.9	13.8	42.6	83.3	93.6	81.2	567.6
PE mm	22.9	26.6	43.2	58.9	94.6	128.3	150.3	134.1	80.1	53.9	30.8	23.0	1351.3
AE mm	22.9	26.6	43.2	58.8	90.9	79.0	21.9	13.1	40.5	53.9	30.8	23.0	504.6
WVP (hPa)	9.0	8.9	9.7	11.4	13.6	16.5	19.1	19.5	17.9	14.9	11.5	9.7	13.5
Wind Km/h	10.44	12.60	10.44	10.44	9.00	9.00	9.00	7.92	7.92	7.92	9.00	10.44	9.5
Sun freq. %	41.00	44.00	55.00	62.00	68.00	77.00	86.00	81.00	74.00	61.00	43.00	37.00	60.8
Daylength hours	9:33	10:33	11:53	13:14	14:23	14:58	14:41	13:42	12:25	11:04	9:52	9:14	12:08
Sun hours	3:55	4:39	6:32	8:12	9:55	11:31	12:38	11:06	9:11	6:45	4:14	3:25	7:40
S	24.9	16.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.4	62.8	58.2	192.7
D	0.0	0.0	0.0	0.1	3.7	49.3	128.4	121.0	39.6	0.0	0.0	0.0	342.1
Gound frost freq. %	6.0	6.0	4.0	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	14.0

Tabella 2-32: Valori di temperatura (T), precipitazioni (P), evapotraspirazione potenziale (PE) e reale (AE), deficit idrico (D) e surplus (S), per la stazione meteorologica di Bancali, calcolati secondo il modello proposto da Thornthwaite e Mather, per un contenuto di acqua disponibile nel suolo di 150 mm.

Nella tabella sono stati inoltre riportati dati importanti, utilizzati ai fini della valutazione attitudinale alle singole colture, quali la velocità del vento, le ore di insolazione, la lunghezza delle ore di luce e il rischio di gelate (Ground Frost frequency).

Nel complesso, dai dati sopra riportati si osserva che le precipitazioni hanno un totale annuale abbastanza tipico per l'area insulare della Sardegna, con un valore medio annuale di 567.6 mm e massimi di piovosità autunnali e, meno marcati, primaverili.

Il periodo più piovoso risulta essere generalmente concentrato nei mesi autunnali con 258.1 mm totali, pari al 45.5 % delle precipitazioni totali annuali. Il mese più piovoso risulta essere novembre con 93.6 mm medi totali.

La stagione meno piovosa è invece sicuramente quella estiva, che, pur mostrando una certa distribuzione di precipitazioni, risulta avere soltanto il 11 % delle precipitazioni medie totali, dove fra l'altro si rileva il mese più secco dell'anno che risulta essere sempre luglio con 5.9 mm medi mensili.

Anche i dati di temperatura, nella loro distribuzione media mensile mostrano una certa tipicità delle aree insulari sarde, con i mesi di luglio e agosto che risultano essere sempre quelli con temperature medie mensili più alte, rispettivamente con 24.6 e 25.3 °C medi mensili.

I valori di temperatura più bassi si rilevano invece nel mese di gennaio, con valori medi comunque abbastanza elevati (9.6 °C), sempre riferendosi al periodo 1981-2010.

Il tipo di clima, secondo la classificazione di Koeppen, è del tipo Csa, cioè climi temperati con estate secca (Sommer trocken temperierte Klimate) o clima etesio; almeno un mese invernale ha come minimo il triplo delle precipitazioni del mese estivo più secco, che devono essere inferiori a 30 mm.

Inoltre, come riportato in Tabella 2-33, è stata calcolata la formula climatica utile alla determinazione del tipo climatico secondo Thornthwaite, oltre ai valori degli indici di umidità (Ih), di aridità (Ia) e l'indice di umidità globale (Im).

Formula climatica Stazione termopluviometrica di Bancali C1 B'4 r b'4		
Indice di aridità 23.52	Indice di umidità 14.26	Indice di umidità globale -11.1

Tabella 2-33: Tipo climatico secondo Thornthwaite con indici di aridità e di umidità riferiti alla Stazione di Bancali.

Con riferimento alla formula climatica riportata in Tabella 2-33, il tipo climatico dell'area di studio, è quindi definito come segue:

- Tipo di clima da Subumido a subarido (**C1**), con valore dell'indice di umidità globale (Im) compreso tra 0 e -33.3.

- Varietà del clima Quarto mesotermico (**B'4**) con **PE** (evapotraspirazione potenziale) compresa tra 997 e 1440 mm annui
- Variazioni stagionali dell'umidità con (r) con moderata eccedenza idrica in inverno avendo l'indice di umidità **la** compreso tra 10 e 20
- Valore della **concentrazione estiva dell'efficienza termica (a')** inferiore al 48 %

Come si può osservare dalla tabella sopra riportata, i caratteri del clima di una certa località sono riassunti da una formula climatica, costituita da una successione di 4 lettere che indicano: il valore di Im (tipo di clima), quello dell'efficienza termica annua, il tipo di variazione stagionale dell'umidità ed il valore della concentrazione estiva dell'efficienza termica.

L'analisi delle formule climatiche permette di osservare che secondo la classificazione di Thornthwaite il tipo di clima viene definito, cioè con valori di la (indice di aridità) inferiori di lh (indice di umidità) e con piovosità media totale intorno ai 900 mm annui.

La varietà del clima, indicata dalla seconda lettera, corrisponde al Quarto mesotermico (B'1), significando una oscillazione della Evapotraspirazione potenziale totale compresa tra i 997 e 1440 mm. Tale valore, come quello della concentrazione estiva dell'efficienza termica, serve per poter collegare il clima alla vegetazione, ed esprime l'esigenza delle piante in termini di acqua necessaria per la loro crescita.

Inoltre la variazione stagionale dell'umidità, indicata dalla terza lettera, indica una moderata eccedenza idrica in inverno. Questo significa che le piante possono essere soggette a stress durante il periodo estivo, infatti nella tabella 1 si osserva infatti che **il surplus idrico** è inizia solo ad ottobre e si protrae fino a metà marzo. Il **deficit idrico** inizia invece già a metà aprile e ha una lunga durata che arriva a comprendere i primi giorni di ottobre, con un valore totale piuttosto elevato, pari a 342.1 mm ed un picco di 128.4 mm a luglio. In ottobre, con l'inizio delle piogge autunnali, si arriva a ricostituire le riserve idriche fino ad un surplus massimo poco elevato, pari a 62.8 mm nel mese di novembre.

Questi dati sono importanti in quanto permettono di ottimizzare i volumi irrigui in relazione alla distribuzione delle precipitazioni e dalle riserve idriche del suolo durante il periodo colturale.

Il valore della concentrazione estiva dell'efficienza termica, che esprime in percentuale il valore della evapotraspirazione potenziale in mm dei tre mesi estivi ed è indicato dalla quarta lettera della formula climatica, è piuttosto basso, inferiore al 48%.

Di seguito, Figura 2-27, si riporta il grafico del bilancio idrologico, con l'andamento delle precipitazioni, delle temperature e della evapotraspirazione potenziale medie mensili, del Deficit e del Surplus idrico del suolo.

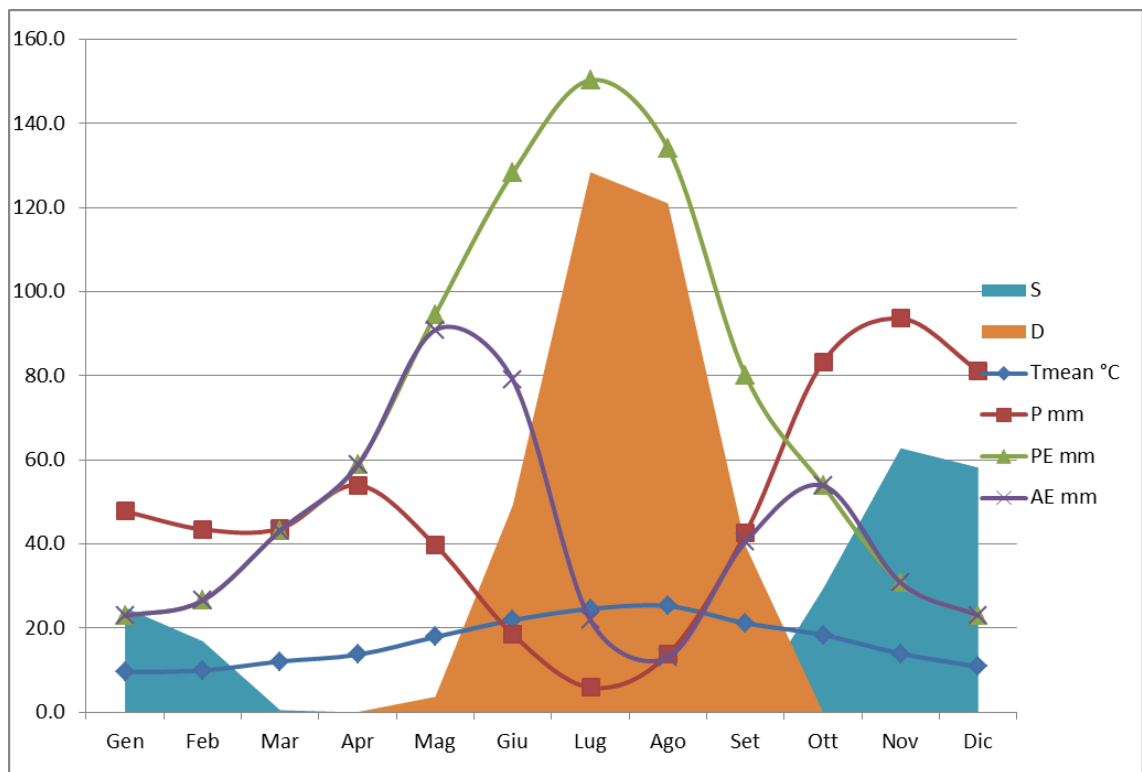


Figura 2-27: Grafico del bilancio idrologico secondo i dati della stazione di Bancali, periodo 1981-2010, con indicazione delle precipitazioni (P), Temperatura media (T), Evapotraspirazione potenziale (PE) e reale (AE) oltre ai periodi di deficit (D) e surplus idrico dei suoli (S)

A corredo delle elaborazioni relative al tipo climatico ed al bilancio idrologico teorico, si riporta la distribuzione spaziale delle precipitazioni mensili per l'anno 2021 nella zona dell'area di studio ed alcune elaborazioni di indici climatici derivati dalla carta Bioclimatica della Sardegna.

Osservando la distribuzione spaziale delle precipitazioni per l'anno 2021, si può osservare come la distribuzione delle piogge non è sostanzialmente diversa rispetto al trentennio considerato nelle elaborazioni, con valori che sono in genere nelle media ma con contributo non uniforme e forti scostamenti in positivo e negativo tra un anno e l'altro (periodo 2019-2021).

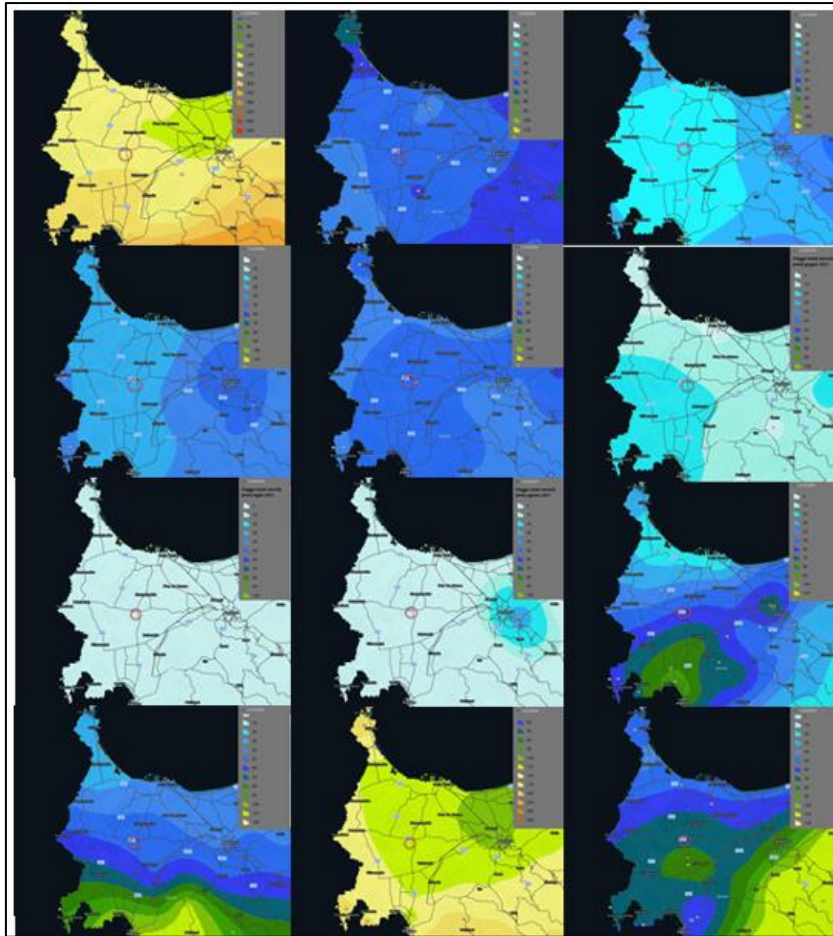


Figura 2-28: Distribuzione delle precipitazioni mensili nell'anno 2021 nella zona circostante l'area di studio (cerchio rosso)

Riguardo alla analisi bioclimatica eseguita da ARPAS, questa è stata effettuata seguendo il modello bioclimatico denominato "Worldwide Bioclimatic Classification System" (WBCS) proposto da Rivas-Martinez, (Rivas-Martinez, 2011). Si tratta di una classificazione numerica che mette in relazione le grandezze numeriche dei fattori climatici (temperatura e precipitazione) con gli areali di distribuzione delle piante e delle comunità vegetali, allo scopo di comprendere le influenze del clima sulla distribuzione delle popolazioni e delle biocenosi. E' impostata su un sistema gerarchico che comprende 5 macrocategorie climatiche definite Macrobioclimi: Tropicale, Mediterraneo, Temperato, Boreale e Polare; ciascun Macrobioclima si divide, a sua volta, in unità tassonomiche di rango inferiore, definite Bioclimi, per un totale di 27 unità. I Bioclimi, a loro volta, sono ulteriormente suddivisi sulla base delle variazioni nei ritmi stagionali della temperatura e delle precipitazioni attraverso l'utilizzo di indici termotipici, ombrotipici e di continentalità. Le unità gerarchicamente inferiori sono quindi rappresentate dal Termotipo (esprime la componente termica del clima) e dall'Ombrotipo (esprime la componente di umidità del clima) e dalla Continentalità (esprime il grado di escursione termica annua).

Riguardo all'area di studio, assume una certa importanza la mappa dell'**indice ombrotermico**, che fornisce un'informazione riguardante lo stato della disponibilità idrica del territorio delle diverse aree della Sardegna e l'**indice di continentalità**, che esprime l'ampiezza con cui variano le

temperature nell'arco dell'anno, dunque il grado di continentalità, ed è quindi una misura dell'escursione termica annua. I risultati relativi all'Indice di Continentalità.

L'indice ombro termico nell'area di studio è stato classificato come Secco superiore, mentre l'indice di continentalità indica l'appartenenza all'euoceanico debole.

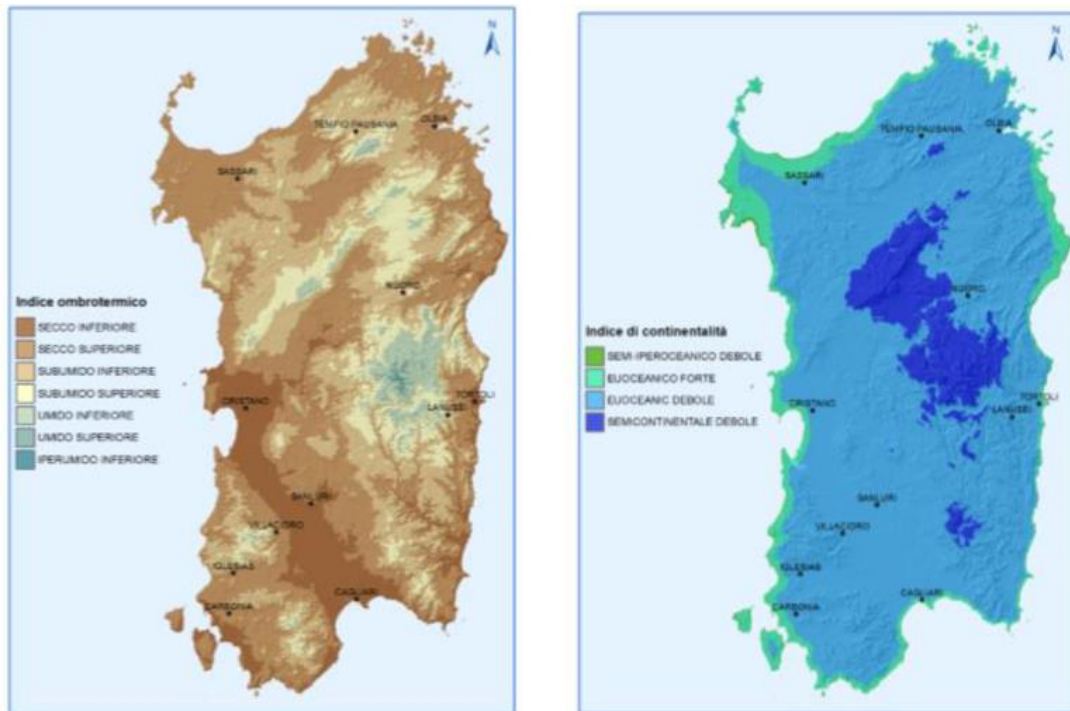


Figura 2-29: Indice ombrotermico e indice di continentalità della Sardegna

Le elaborazioni degli indici ombrotermico e di continentalità assieme agli indici dei macrobioclimi e dei piani fitoclimatici, permette di ottenere la distribuzione dei bioclimi della Sardegna.

In particolare l'area di studio è inclusa nel **Bioclima 17 – Mesomediterraneo inferiore, secco superiore, euoceanico attenuato.**



Figura 2-30: Estratto della Carta Bioclimatica della Sardegna, il cerchio rosso indica l'ubicazione dell'area di studio