



Aprile 2024

Giraffe CE 3 S.r.l.

IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN
IN COMUNE DI *OZIERI*
POTENZA NOMINALE 67,81 MW

Studio agronomico

AA-IT027-08-2022-0021

<p><i>Progettazione</i></p> 	<p><i>Analisi e valutazioni ambientali e paesaggistiche</i></p> 
<p><i>Certificazione del sistema di gestione DNV</i> ISO 9001 e ISO 14001</p>	<p><i>Certificazione del sistema di gestione DNV</i> ISO 9001 e ISO 14001</p>



Committente

Giraffe CE 3 S.r.l.

Viale della Stazione, 7
39100 Bolzano - Italia

Progettazione

Via Angelo Fumagalli, 6
20134 Milano - Italia
+39.0254118173

Analisi e valutazioni ambientali e paesaggistiche

Via Carlo Poerio, 39
20129 Milano - Italia
+39.02277441

Redazione	Dott. Agr. Luciano Grilli
Revisione	Arch. Giulia Peirano
Approvazione	Ing. Corrado Pluchino
Codice di progetto	Codice distinto per AI e per Montana - anticipato del codice del progetto dato dal committente
Documento	Studio agronomico
Codice	AA-IT027-08-2022-0021
Versione	01
Data	19/04/2024

INDICE

1. PREMESSA	4
1.1 FINALITÀ	4
1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI	5
2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DA REALIZZARE.....	6
3. STATO DI FATTO	9
3.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	9
3.2 OROGRAFIA E PAESAGGIO AGRARIO, NATURA DEL TERRENO	10
3.3 CLIMATOLOGIA E AGRICOLTURA.....	11
3.4 REDDITIVITÀ E CICLO ECONOMICO DEL FONDO AGRICOLO - ANTE INVESTIMENTO	14
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRO-ENERGETICO	15
4.1 IL PROGETTO AGRO-ENERGETICO	15
5. TECNICA COLTURALE	18
5.1 TIPOLOGIA DI IMPIANTO.....	18
5.2 UTILIZZO AGRICOLO DELL'AREA DI PROGETTO	18
5.3 GESTIONE IRRIGUA.....	21
5.4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE AL PAESAGGIO AGRARIO	21
5.5 FASCIA ARBUSTIVA ED ARBOREA PERIMETRALE	23
6. MACCHINE ED ATREZZATURE AGRICOLE UTILI PER LE CURE COLTURALI	25
7. SISTEMA DI MONITORAGGIO	29
8. SICUREZZA DEI LAVORATORI AGRICOLI.....	30
9. CONCLUSIONI	31
BIBLIOGRAFIA.....	32

1. PREMESSA

Il progetto in questione prevede la realizzazione, tramite la società di scopo Giraffe CE 3 S.r.l., di un impianto solare fotovoltaico di potenza pari a 67,81 MW in alcuni terreni a Nord-Ovest del territorio comunale di Ozieri (SS); nello specifico, l'area catastale ha un'estensione di circa 161,48 ettari complessivi di cui circa 89,53 ha recintati.

Giraffe CE 3 S.r.l., è una società italiana con sede legale in Italia nella città di Bolzano (BZ) in Viale della Stazione 7. Le attività principali del gruppo sono lo sviluppo, la progettazione e la realizzazione di impianti di medie e grandi dimensioni per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Il progetto in esame è in linea con quanto previsto dal: "Pacchetto per l'energia pulita (Clean Energy Package)" presentato dalla Commissione europea nel novembre 2016 contenente gli obiettivi al 2030 in materia di emissioni di gas serra, fonti rinnovabili ed efficienza energetica e da quanto previsto dal Decreto 10 novembre 2017 di approvazione della Strategia energetica nazionale emanato dal Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

L'opera ha dei contenuti economico-sociali importanti e tutti i potenziali impatti sono stati mitigati. Il progetto sarà eseguito in regime "agrivoltaico" che produce energia elettrica "zero emission" da fonti rinnovabili attraverso un sistema integrato con l'attività agricola, garantendo un modello eco-sostenibile che fornisca energia pulita e prodotti sani da agricoltura biologica.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali che saranno installati su due diverse tipologie di strutture; ovvero, sia strutture mobili (tracker) di tipo monoassiale mediante palo trivellato nel terreno, sia su strutture fisse anch'esse mediante palo trivellato nel terreno.

Le strutture, sia fisse sia mobili, saranno posizionate in maniera da consentire lo sfruttamento agricolo ottimale del terreno; i pali di sostegno delle strutture sono posizionati distanti tra loro di 5 metri per l'intera area di impianto, fatta eccezione per la "Sezione 2" in cui la distanza tra i pali risulta essere pari a 6 metri. Tali distanze sono state applicate per consentire la coltivazione e garantire la giusta illuminazione al terreno, mentre i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l'ombreggiamento. Saranno utilizzate due tipologie di strutture; la prima composta da 14 moduli e la seconda composta da 28 moduli.

Anche i terreni non occupati dalle strutture dell'impianto continueranno ad essere adibiti ad uso agricolo e pastorale.

Il progetto rispetta i requisiti riportati all'interno delle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici", pubblicate nel Giugno del 2022 dal MiTE (oggi MASE-Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) in quanto la superficie minima per l'attività agricola è pari al 70,34% mentre la LAOR (Land Area Occupation Ratio – rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico) è pari al 32,97%.

Infine, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV con un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/220/150 kV della RTN "Codrongianos".

1.1 FINALITÀ

La presente relazione ha come finalità:

- la descrizione dello stato dei luoghi e le attività agricole in esso praticate, in particolar modo sulle aree di particolare pregio agricolo e/o paesaggistico;
- individuazione colture più idonee in funzione della zona e adozione di tutti gli accorgimenti per la coltivazione, considerata la presenza dei moduli dell'impianto fotovoltaico;
- verificare e confrontare le redditività potenziali ante e post trasformazione culturale e destinazione d'uso;

- Verificare i requisiti A, B, C, D, E, previsti dalle Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici pubblicato dal MiTe – Ministero della transizione ecologica (ora MASE Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica).

I sistemi agro-fotovoltaici costituiscono un approccio strategico e innovativo per combinare il solare fotovoltaico (FV) con la produzione agricola al per il recupero delle aree marginali e le aree destinate alla coltivazione estensiva. La sinergia tra modelli di agricoltura 4.0 e l’installazione di pannelli fotovoltaici di ultima generazione potrà garantire una serie di vantaggi a partire dall’ottimizzazione del raccolto e della produzione zootecnica, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, con conseguente aumento della redditività e dell’occupazione. La Missione 2, Componente 2, del PNRR ha come obiettivo principale l’implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia che non compromettano l’utilizzo dei terreni dedicati all’agricoltura, ma contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte.

L’Agro-fotovoltaico (abbreviato AFV) è stato definito dall’articolo 31 del D.L. 77/2021, come convertito con la L. 108/2021, anche definita governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure, ha introdotto, al comma 5, una definizione di impianto agro-fotovoltaico, per le sue caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia green. Precisamente gli AFV sono impianti che “adottino soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l’applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione”.

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, in Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità, si propone all’Art.1 di promuovere un maggiore contributo delle fonti energetiche rinnovabili per la produzione di energia elettrica nel mercato italiano. Inoltre, l’art. 7 stabilisce che per la scelta dell’ubicazione di impianti come quello in oggetto “si dovrà tenere conto delle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale di cui alla legge 5 marzo 2001, n. 57, articoli 7 e 8, e del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 228, articolo 14”. Inoltre, la scelta dell’ubicazione dovrà tenere conto dei Piani paesaggistici e delle prescrizioni di uso ai sensi del D.Lgs. 22/01/2004, n. 42 e s.m.i. recante Codice dei beni culturali e del paesaggio e dell’art. 27 del D.Lgs 152/06 e successive modifiche e integrazioni, e all’art. 27- bis- Provvedimento autorizzativo unico regionale - e nel rispetto dei criteri e delle indicazioni stabili dal Decreto 17 maggio 2006 dell’Assessorato regionale per il territorio e l’ambiente.

Nel Giugno 2022, il Ministero della Transizione Ecologica ha pubblicato le Linee Guida in Materia di Impianti Agrivoltaici con lo scopo di chiarire quali siano le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito tale.

Le suddette Linee Guida sono state prodotte nell’ambito di un gruppo di lavoro coordinato dallo stesso ministero, 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) e RSE (Ricerca sul sistema energetico S.p.A).

2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DA REALIZZARE

Il layout d'impianto è stato sviluppato secondo le seguenti linee guida:

- Analisi vincolistica;
- Scelta della tipologia impiantistica;
- Ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica;
- Disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

L'area dedicata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è suddivisa in 12 sezioni denominate S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11 e S12; i dettagli relativi alla potenza, alla tipologia e al numero di strutture e ai moduli presenti in ciascuna sezione sono riportati nella Tabella 2.1.

Tabella 2.1 - Descrizione Layout suddiviso per sezioni di impianto

SEZIONE	FISSO 1X14	FISSO 1X28	TRACKER 1X14	TRACKER 1X28	NUMERO MODULI	POTENZA [KWP]	TRAFO [KVA]	NUMERO CABINE
S1	-	-	54	298	9100	6279	3200	2
S2	-	-	92	887	26124	18025,56	3200	4
S3	-	-	12	38	1232	850,08	3200	1
S4	44	569	-	-	16548	11418,12	3200	3
S5	-	-	30	224	6692	4617,48	4480	1
S6	-	-	76	417	12740	8790,6	3200/4480	1/1
S7	28	253	-	-	7476	5158,44	4480	1
S8	-	-	44	307	9212	6356,28	3200	2
S9	-	-	24	12	672	463,68	3200	
S10	-	-	28	29	1204	830,76	3200	
S11	38	196	-	-	6020	4153,80	4480	1
S12	8	41	-	-	1260	869,4	4480	
TOTALE	118	1059	360	2212	98280	67813,2	-	17

Inoltre il layout dell'impianto è stato progettato considerando le seguenti specifiche, per strutture fisse:

- Larghezza massima struttura in pianta: 2,019 m;
- Altezza massima palo struttura: 1,823 m;
- Altezza massima struttura: 2,628 m;
- Altezza minima struttura: 1,3 m (rispetto al piano di campagna);
- Pitch (distanza palo-palo) tra le strutture: 5,00 m;
- Larghezza viabilità del sito: 4,00 m;
- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila (1p).

Inoltre il layout dell'impianto è stato progettato considerando le seguenti specifiche, per strutture mobili (tracker):

- Larghezza massima struttura in pianta: 2,384 m;
- Altezza massima palo struttura: 2,380 m;
- Altezza massima struttura: 3,385 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza minima struttura: 1,3 m (rispetto al piano di campagna);
- Pitch (distanza palo-palo) tra le strutture: 5,00 m ÷ 6,00m (solo nella sezione S2);
- Larghezza viabilità del sito: 4,00 m;
- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila (1p);



Figura 2.1: Layout di impianto

3. STATO DI FATTO

3.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di Ozieri, in Provincia di Sassari. L'area di progetto è divisa in 12 sezioni denominate S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11 e S12, situate a circa 13,8 km a nord ovest del centro abitato di Ozieri (SS).

Le dodici sezioni sono vicine tra loro e risultano separate da diversi elementi, quali: muretti a secco, strade rurali, linee aeree BT (bassa tensione), linee aeree MT (media tensione) e alvei di diverse dimensioni.

L'area di progetto è collocata a circa 13,8 km a Nord-Ovest dal centro abitato di Ozieri, ad est della Strada Provinciale 67, a Nord della Strada Statale 729 e a Sud della Strada Statale 132.

L'area di progetto presenta un'estensione complessiva catastale di circa 161,48 ettari complessivi di cui circa 89,53 ha recintati.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato di minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di mutuo ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

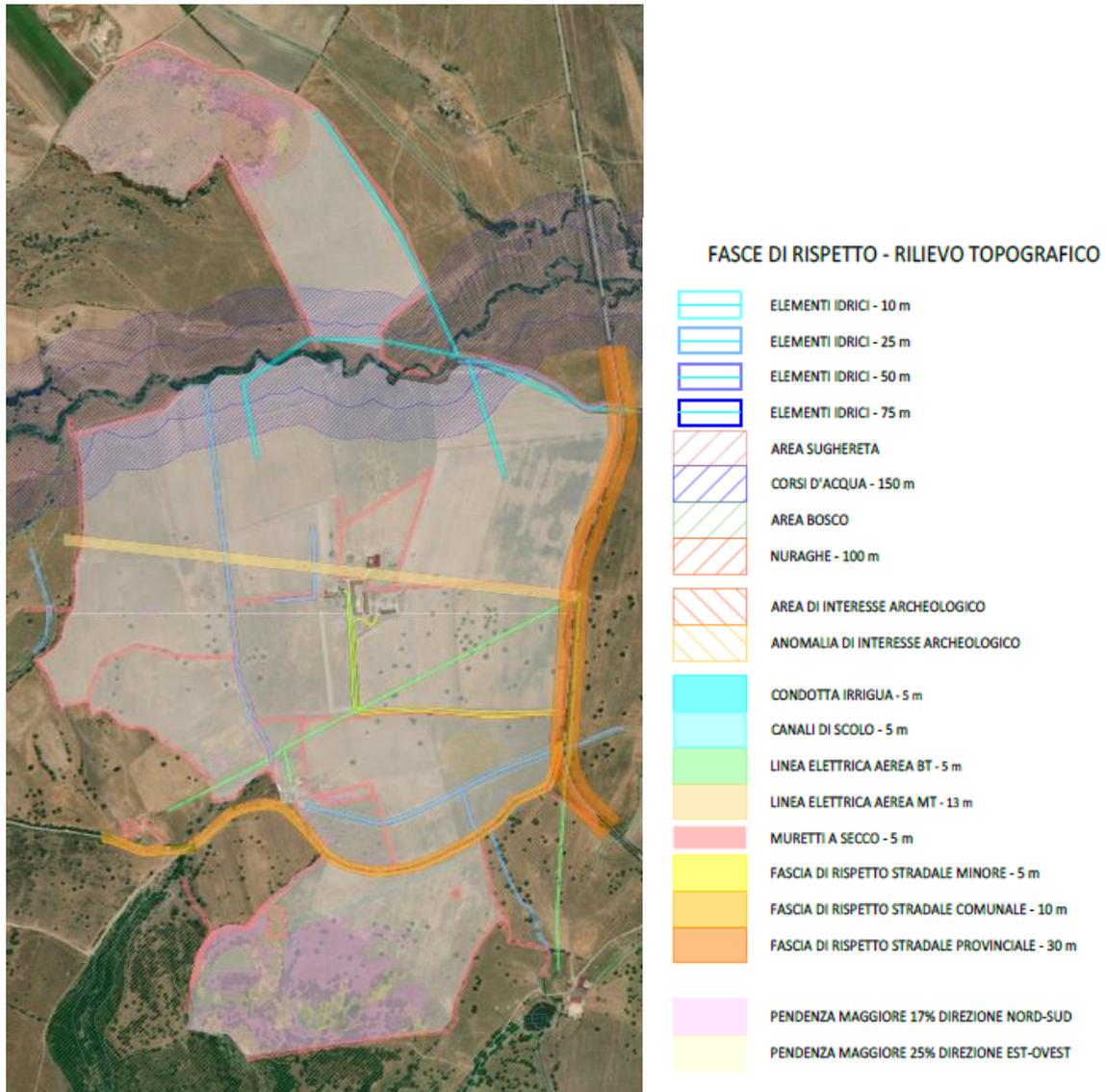


Figura 3.1: Stato di fatto dell'area di progetto

3.2 OROGRAFIA E PAESAGGIO AGRARIO, NATURA DEL TERRENO

L'area è localizzata su un terreno prevalentemente pianeggiante adiacente alla piana di Chilivani. Vi sono comunque aree collinari, seppure a pendenza limitata. Nello specifico, l'ambiente è caratterizzato da appezzamenti piuttosto estesi con la presenza, soprattutto nelle parti declivi, di piante sparse di sughere (*Quercus suber*) ed anche di qualche olivastro (*Olea europea*). Bisogna comunque notare che anche nell'area interessata dall'impianto sono presenti numerosi esemplari di *Quercus suber* sviluppate. Ovviamente tali piante non verranno abbattute, ma trapiantate e utilizzate nelle opere di mitigazione dell'impianto medesimo (v. relazione allegata). Gli appezzamenti sono delimitati dai classici muretti a secco che costeggiano anche le strade secondarie e i vecchi percorsi interpoderali. Tali manufatti si presentano, per una certa parte, in non buone condizioni di conservazione con alcune zone dove la loro continuità è interrotta da fenomeni franosi. Dal sopralluogo effettuato nella primavera del 2023 è stato rilevato come la natura dei terreni sia di medio impasto tendente all'argilloso e con apparente buona dotazione di sostanza organica (colore scuro del terreno), ma con presenza di scheletro. La sassosità non è particolarmente elevata, nella gran parte delle zone il franco di coltivazione è buono e consente la crescita normale delle piante, sia erbacce che arbustive e arboree. La giacitura degli appezzamenti in questione è sostanzialmente pianeggiante o leggermente inclinata (3/5%), si tratta infatti di lotti di

terreno che procedono dalla parte terminale delle colline e declinano verso una pianura di tipo alluvionale. Solo gli appezzamenti situati a nord e a sud dell'area presentano una certa pendenza e anche il terreno denuncia una maggiore presenza di scheletro (sassi), quindi una fertilità inferiore rispetto alle altre aree.



Figura 3.2: Foto dello stato di fatto, esempio sistemazioni agrarie

3.3 CLIMATOLOGIA E AGRICOLTURA

Il clima è quello tipico della Gallura interna e cioè: una stagione calda che va dal 15 giugno al 15 settembre, con luglio mese più caldo con temperatura media massima di 30 °C. Il mese più freddo è gennaio, con temperature medie fra 2 e 11 °C, raramente la temperatura minima scende sotto gli 0 °C. Le piogge, praticamente assenti nel periodo più caldo, si accentrano prevalentemente in autunno-inverno e, in misura minore, in primavera.

Sugli appezzamenti, presenti in progetto, insistono 2 aziende agricole e sono gestite da imprenditori agricoli. Infatti, le aziende Pericu e Doneddu hanno le caratteristiche specifiche di aziende dirette coltivatrici e possono garantire una gestione agricola duratura nel tempo ed una conduzione economica dei loro allevamenti. Le due aziende hanno un centro aziendale, recinti e ricoveri coperti per gli animali

allevati, nonché un impianto per la mungitura degli ovini. Entrambe possiedono anche vari attrezzi agricoli e un trattore.

Gli appezzamenti in questione presentano sistemazioni agronomiche per la regimazione delle acque meteoriche, soprattutto nelle aree più pianeggianti, quelle centrali, ma non sono in buona efficienza e si notano quindi anche ristagni di umidità in varie parti. Tale carenza di sgrondo delle acque meteoriche, se non eliminata, può ridurre in modo considerevole la produttività agricola. Questa situazione si nota maggiormente nella proprietà Pericu, quasi completamente pianeggiante, mentre è meno evidente negli appezzamenti dell'azienda Doneddu, che presentano una certa declività.



Figura 3.3: Stato dell'arte dell'area in esame

Come si rileva dai fascicoli aziendali, entrambe le aziende sono aziende agro-pastorali. Infatti, alternano cereali autunno-vernini (grano, orzo e avena) agli erbai di trifoglio e misti, come anche ad una leguminosa da foraggio (favino). Tutte queste colture, a parte il frumento, sono finalizzate all'allevamento di circa 300 ovini e 45 bovini (allevati in altra azienda), nell'azienda Pericu e 337 pecore, 44 capre e 9 suini nell'azienda Doneddu. Nelle aree collinari, domina il solo prato-pascolo, talora con

presenza di esemplari di quercia da sughero. Le aree più pianeggianti presentano una maggiore intensità di coltivazione anche in relazione alla migliore fertilità del terreno e alla presenza di acqua di irrigazione, proveniente dalle canalizzazioni del consorzio di bonifica del Coghinas, però allo stato attuale non utilizzata.

Gli erbai, e spesso anche l'avena, producono fieno con il primo taglio e successivamente i ricacci vengono utilizzati per il pascolamento del bestiame (ovini). Quindi le colture si alternano annualmente sugli appezzamenti e la coltivazione è di tipo tradizionale; infatti, ogni anno il terreno viene lavorato attraverso vari passaggi di macchine agricole. Tale modalità di conduzione dei terreni si rifà a schemi tradizionali, consolidati nel tempo, dall'epoca in cui la pastorizia ha cessato di essere transumante ed è divenuta stanziale, supportata da un'agricoltura dedicata alla produzione di nutrimento per il bestiame. La produttività attuale di tale agricoltura è decisamente bassa e quindi anche il carico di capi che può sostenere è altrettanto ridotto, salvo forti integrazioni alimentari supportate da acquisti extraziendali di alimenti zootecnici. Inoltre, il ribaltamento degli strati di terreno, operato con le arature soprattutto nelle aree pianeggianti, e la conseguente loro ossigenazione, provoca la mineralizzazione della sostanza organica, soprattutto in condizioni di elevata temperatura e umidità, processo questo che libera carbonio gassoso nell'atmosfera, elemento questo che contribuisce all'alterazione del clima. Inoltre, bisogna tenere presente che la sostanza organica nel suolo è la più importante riserva terrestre di carbonio e il processo di mineralizzazione ne riduce la presenza nel terreno. Proteggere la sostanza organica è inoltre di fondamentale importanza per il miglioramento della struttura del terreno, contrastando quindi il compattamento, inoltre questa tende a migliorare la biodiversità e a influire positivamente sulla capacità di ritenzione idrica e sulla capacità di scambio cationico (CSC) del terreno. Tutto ciò determina la fertilità di un terreno e quindi anche la sua capacità produttiva. Quindi è importante proteggere il contenuto di sostanza organica nel terreno; aumentando il carbonio organico si incrementa anche la biomassa microbica nel terreno, indispensabile per una buona fertilità del terreno stesso.

La situazione attuale dei terreni in questione è distinguibile in due aree: quella di pianura si presenta più fertile a differenza di quella situata nella parte collinare dove è stata più marcata l'erosione superficiale che ha asportato, nel tempo, lo strato superficiale del terreno. Del resto quella praticata nell'area rappresenta un'agricoltura che, per quanto riguarda le lavorazioni meccaniche sul terreno, non risponde a moderni criteri di sostenibilità.

Nelle aree di progetto non vi sono colture legnose, ad eccezione della quercia da sughero, né coltivazioni di particolare pregio.



Figura 3.4: Agrozootecnica

3.4 REDDITIVITÀ E CICLO ECONOMICO DEL FONDO AGRICOLO - ANTE INVESTIMENTO

Attualmente non è semplice stimare il reddito di aziende che non tengono regolarmente una contabilità e quindi dobbiamo attenerci ai dati desumibili dai fascicoli aziendali. Da questi si può comprendere come il reddito agricolo di queste due aziende (Pericu e Doneddu), interessate dall'impianto Agrovoltaiico, è legato prevalentemente all'allevamento, dato che i terreni vengono coltivati soprattutto con la finalità di procurare nutrimento per gli animali. Attualmente la situazione reddituale delle due aziende agricole è piuttosto ridotta, nonostante il prezzo del latte sia mediamente al di sopra di 1 €/l, proprio a causa del forte aumento di prezzo che hanno subito i cereali per l'alimentazione zootecnica. Tutto ciò genera una redditività molto altalenante che in certi momenti, come in quello attuale, può portare anche a produrre in perdita. Dai dati presenti nel fascicolo dell'azienda Doneddu si rileva come nello scorso anno questa abbia totalizzato un fatturato lordo di circa 98.000 €, mentre per l'azienda Pericu il dato sia stato di circa 175.000 €.

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRO-ENERGETICO INTEGRATO

4.1 IL PROGETTO AGRO-ENERGETICO

In considerazione delle attività agricole che si andranno a realizzare il pitch dei pannelli (v. specifiche tecnico-progettuali) sarà di dimensioni tali da consentire, in particolare nelle aree pianeggianti, di praticare una tipologia di agricoltura più intensiva, che prevede coltivazione di cereali e leguminose da granella alternate al pascolo per gli ovini (Area S2). Nelle restanti aree, più collinari e meno fertili, si prevedono stringhe di tracker più ravvicinate dal momento che l'utilizzo prevalente sarà quello prevalente del pascolamento degli ovini. Per il solo rinnovo dei pascoli non si prevede infatti il frequente passaggio di mezzi agricoli, tanto meno di grandi dimensioni, come sono invece le macchine da raccolta dei cereali (mietitrebbie).

Si ritiene che l'ottimale valorizzazione dei terreni agricoli in questione sia quella dell'allevamento ovino, già ben sviluppato nell'area e gestito dalle aziende agricole presenti. In abbinamento può essere sviluppata la coltivazione di cereali e leguminose, sia a supporto dell'allevamento che per il mercato. Si ipotizza che la redditività delle aziende possa aumentare, soprattutto in virtù delle migliori agronomiche che il progetto agrovoltico prevede di apportare.

Una delle migliori fondiarie che il piano in questione prevede consiste in una sostanziale modifica nella sistemazione idraulica degli appezzamenti (area S2) che, come già accennato, presentano una scarsa capacità di emungimento delle acque meteoriche con conseguente riduzione della capacità produttiva dei terreni. Si tratta della realizzazione di una sistemazione con drenaggio tubolare sui terreni più pianeggianti. Riteniamo che questa scelta tecnica sia particolarmente consigliabile, anche perché i cambiamenti climatici hanno alterato potentemente le precipitazioni piovose. Come evidenziano le serie storiche climatiche (v. sopra in tabella), nel passato in questo areale cadevano ogni anno circa 500/600 mm di pioggia, distribuiti soprattutto in autunno e inverno, meno in primavera: normalmente in passato le piogge erano contenute e diluite nel tempo, il terreno assorbiva l'acqua e la sgrondava nei corsi d'acqua e in falda abbastanza facilmente. Poi, più recentemente a causa del riscaldamento globale, hanno cominciato a verificarsi con maggiore frequenza eventi eccezionali, e quindi sono divenuti la norma l'alternanza di lunghi periodi di siccità con altri di piogge concentrate in poco tempo, si sono verificati con sempre maggiore frequenza acquazzoni più o meno brevi e violenti capaci di scaricare 70-80 mm di acqua nel giro di poche ore. Tutto ciò ha portato a problemi di sgrondo delle acque meteoriche in eccesso soprattutto nei terreni di pianura che in questi casi si presentano saturi di acqua con gravi danni alle coltivazioni presenti. Lo scopo del drenaggio sotterraneo è quello di convogliare l'eccesso di acqua, dovuto alle precipitazioni atmosferiche, fuori dal terreno per migliorarne il suo utilizzo. I danni prodotti dall'eccesso di acqua sono sostanzialmente: il rallentamento o l'impedimento della crescita delle colture e quindi una riduzione della produttività, la complicazione delle operazioni agricole e, in generale, di tutte le attività connesse alla coltivazione e all'allevamento (pascolamento). La tecnica del drenaggio agricolo tubolare micro-fessurato si articola in 3 fasi:

Rilievi plano-altimetrici: valutazione della profondità di posa e della pendenza, stabilite dal progetto, tramite tecnologie laser.

Definizione delle caratteristiche dei tubi di drenaggio: calcolo dell'interasse fra i dreni; scelta del diametro e necessità o meno di rivestire i tubi con materiali filtranti (es. fibra di cocco), in funzione della tessitura del terreno.

Posa: prima della posa delle tubazioni è necessario eliminare affossature del terreno o baulature ed eseguire operazioni di livellamento superficiale per regolarizzare il livello di pendenza. Questa operazione è molto importante in quanto serve ad evitare possibili ristagni superficiali in aree non ben livellate. Successivamente le tubazioni, in PVC corrugato e forato, vengono posate dalle macchine posadreni (talpe), ad una profondità di circa 80-100cm, in base: al livello di pendenza, ai parametri di variabilità dell'interasse, alla natura del terreno e alla quantità di acqua da smaltire. I rilievi, la spianatura

e la posa vengono effettuati con l'ausilio di sistemi di controllo di tipo GPS che ne permettono una precisione molto elevata.

I vantaggi riscontrati dall'applicazione della tecnica del drenaggio tubolare sono molteplici:

- Il recupero di superficie coltivabile improduttiva quali scoline fossi etc.;
- Ottima praticabilità e grande facilità di lavorazione del terreno;
- Migliore crescita delle piante;
- Riduzione dei tempi di lavorazione e risparmio di carburante, grazie a terreni che non sono mai compattati né saturi di acqua;
- Semina in epoca ideale, data dallo sgrondo ottimale delle acque, con il conseguente miglioramento della resa delle colture;
- Mantenimento dell'equilibrio idrogeologico del terreno e maggiore efficacia dei fertilizzanti, riduzione degli effetti inquinanti legati alla distribuzione di concimi e antiparassitari;
- Eliminazione delle malerbe provenienti dalle scoline e dai fossi con la conseguente riduzione dell'uso di diserbanti;
- Eliminazione delle opere, e quindi dei costi, di manutenzione delle scoline volte al loro risezionamento.

In merito all'operatività, l'impianto di drenaggio sotterraneo va realizzato in estate, poiché i terreni devono essere ben asciutti, facilmente praticabili anche per lo scavo del fosso collettore che ospiterà lo sbocco della rete dei dreni tubolari.

Date le condizioni climatiche della zona, si ritiene opportuno prevedere anche la messa in opera di un moderno impianto di irrigazione sull'intera superficie, stante la buona disponibilità di acqua. Questo bene primario, essenziale per la vita dell'uomo e dell'ambiente, ha un ruolo centrale anche in agricoltura, in particolare nella zona in questione che subisce lunghi periodi dell'anno di carenza idrica a causa di una distribuzione delle piogge concentrata quasi esclusivamente nei periodi autunno-invernali. Dall'irrigazione, infatti, dipende la buona salute del terreno e la produttività delle colture. Un'irrigazione adeguata genera un doppio vantaggio competitivo per l'azienda agricola: migliora la qualità delle colture e la produttività dei terreni, permettendo di ottimizzare i costi, valorizzando così al meglio le capacità produttive delle sementi e dei fertilizzanti necessari per lo sviluppo delle colture stesse. Il sistema di Irrigazione di precisione da noi ipotizzato può rientrare nell'Agricoltura 4.0 e può supportare la gestione, il controllo e il monitoraggio degli impianti di irrigazione, migliorando l'efficienza e la precisione degli interventi. Oggi grazie all'irrigazione automatica e ai sensori si può gestire con la massima precisione il fabbisogno idrico e nutritivo delle colture, anche da remoto. Grazie alle informazioni rilevate dai sensori, e gestite dalle centraline, è possibile prendere decisioni più consapevoli e più accurate. Così la gestione automatizzata dell'irrigazione diventa uno strumento per incrementare la qualità e la resa delle coltivazioni. Infatti, grazie ai sistemi di automazione oggi è possibile:

- programmare turni irrigui controllando valvole e pompe, con la possibilità di gestire anche la fertirrigazione (distribuzione controllata dei fertilizzanti insieme all'acqua di irrigazione);
- rilevare i dati di campo con sensori e stazioni meteo.

Quindi ogni attività è gestibile da remoto con app e/o PC.

Per quanto attiene alla modalità di bagnatura, si è pensato ad un innovativo sistema di irrigazione: il Floppy Sprinkler. Tale metodo soddisfa i tre macro-driver della moderna agricoltura: risparmio idrico, risparmio energetico e sostenibilità ambientale. In definitiva si tratta dell'estensione dei vantaggi dell'irrigazione a goccia ad un sistema di irrigazione per micro-aspersione, particolarmente adatta alle coltivazioni erbacee di pieno campo, come nel nostro caso. Inoltre, si può utilizzare la palificazione

dell'impianto agrovoltaiico per supportare le ali gocciolanti dei floppy sprinkler, con una buona efficienza e una notevole riduzione di costo per la messa in opera.

Questo tipo di investimento può inoltre rientrare nell' Agricoltura 4.0 che, non solo migliora la gestione irrigua, ma genera anche importanti benefici fiscali per l'azienda agricola. Infatti, grazie al credito d'imposta è possibile acquistare sistemi per l'irrigazione di precisione con un vantaggio fiscale calcolato sulla totalità dell'impianto.

Infine, è da prevedere anche un'attività volta alla riduzione della pietrosità, attraverso il dissodamento del terreno e una successiva raccolta dei sassi affioranti in superficie. Ciò al fine di accrescere il franco di coltivazione attuale e diminuire le difficoltà di transito e la lavorabilità dei terreni stessi. Tali attività: drenaggio, impianto di irrigazione e spietramento, saranno realizzati razionalmente al termine delle attività di cantiere, al fine di ripristinare al meglio i terreni su cui si svolgerà la futura attività agricola.

5. TECNICA COLTURALE

5.1 TIPOLOGIA DI IMPIANTO

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico. In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole possono risultare in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa. La categoria degli impianti agro-fotovoltaici ha trovato una definizione normativa in una fonte di livello primario che ne riconosce la diversità e le peculiarità rispetto ad altre tipologie di impianti. Infatti, l'articolo 31 del D.L. 77/2021, come convertito con la legge 108/2021, anche definita governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure, ha introdotto, al comma 5, una definizione di impianto agrivoltaico, per le sue caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia green. Nel dettaglio, gli impianti agrivoltaici sono impianti che “adottino soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione”.

Tale definizione, imprime al settore un preciso indirizzo programmatico e favorisce la diffusione del modello agrivoltaico. Per ribadire quanto fin qui affermato in merito alla convivenza fra agricoltura e fotovoltaico, riportiamo anche la definizione data dalle Linee Guida (pubblicato dal Mite, oggi MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, nel Giugno 2022) in materia di impianti agrivoltaici: “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, zootecnica e produzione elettrica in modo da valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi”.

Ciò significa che una soluzione che privilegi solo una delle due componenti (fotovoltaico o agricoltura) è passibile di presentare effetti negativi sull'altra.

È stato dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione agronomica sia quella energetica, e questo è ciò che è stato fatto dal progetto in questione.

5.2 UTILIZZO AGRICOLO DELL'AREA DI PROGETTO

Alla base delle scelte proposte ovviamente si è tenuto conto della situazione ex ante, con particolare riferimento all'osservazione degli attuali indirizzi produttivi agricoli e zootecnici dell'area de quo. Di non minore importanza è stata la valutazione delle principali caratteristiche tecniche dei pannelli monocristallini e segnatamente della loro altezza dal suolo in posizione di orizzontalità.

Poiché, sia le colture aromatiche/officinali che quelle cerealicole e foraggere, per evidenti indefettibili esigenze economiche, necessitano di una spinta meccanizzazione e del pressoché azzeramento del lavoro manuale, sono state operate le scelte che di seguito si espongono:

- Si è ipotizzata una semina su sodo con piante foraggere (graminacee e leguminose e/o altre specie d'altra famiglia botanica) per la costituzione di prati-pascoli polifiti da utilizzare per la fienagione e il pascolo;
- Si è ipotizzata la posizione dei tracker a 2,5 m dal suolo al fine di permettere l'agevole passaggio di macchine ed attrezzature agricole da utilizzare per le attività colturali. Si evidenzia che questo indirizzo agronomico, tra l'altro, non contrasta, anzi si armonizza con l'attuale legislazione comunitaria in materia di P.A.C. (Politica Agricola Comunitaria).

Il presente progetto propone:

- A. migliorare le superficie destinate ad erbaio annuale avvicendato con le tecniche di agricoltura conservativa;
- B. il mantenimento ed il miglioramento delle superfici a pascolo permanente.

Migliorare le superficie destinate ad erbaio annuale avvicendato (A) con le tecniche di agricoltura conservativa garantirà:

- il ripristino della fertilità naturale del suolo dopo anni di coltivazione di specie depauperanti;
- il miglioramento della micro/macro porosità, della capacità di ritenzione idrica e del microbiota naturale del suolo;
- la riduzione della compattazione degli strati più superficiali del terreno causata dal ricorrente passaggio dei mezzi impiegati nelle lavorazioni dei terreni.

Il miglioramento ed il mantenimento delle superfici già investite a pascolo permanente (B) garantirà:

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

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

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

- Trifoglio brachicalicino (*Trifolium brachycalycinum* Katzn e Morley) cv. Antas (semi-tardiva) - 20%;
- Trifoglio ianninico (*Trifolium yannanicum* Katzn e Morley) cv. Trikkala (semi-precoce) - 20%;
- Trifoglio squarroso (*Trifolium squarrosum* Savi) - 5%;
- Erba medica polimorfa (*Medicago polymorpha* L.) cv. Anglona (medio-tardiva) - 10%;
- Meliloto d'India (*Melilotus indicus* L.) - 5%;
- Erba mazzolina (*Dactylis glomerata* L.) cv. Hispanica (di origine mediterranea) - 20%;
- Loglio rigido (*Lolium rigidum* Gaudin) cv. Nurra (selezionata in Sardegna) - 10%;
- Orzo distico (*Hordeum distichum* L.) - 10%.

Per le leguminose sono state selezionate specie appartenenti ai pascoli mediterranei, con varietà selezionate localmente, appartenenti prevalentemente ai trifogli sotterranei (*Trifolium subterraneum* L., il quale presenta diversità di forme biologiche tali da poterlo classificare sistematicamente in tre diverse specie: *T. subterraneum* L. - *T. brachycalycinum* Katzn e Morley - *T. yannanicum* Katzn e Morley), così chiamati per il loro geocarpismo e all'erba medica polimorfa (molto diffusa e apprezzata nei pascoli sardi). Tutte le specie identificate fan parte del gruppo delle leguminose annuali autoriseminanti le quali, grazie al loro ciclo congeniale ai climi mediterranei, alla loro persistenza in coltura (dovuta al fenomeno dell'autorisemina), all'adattabilità a suoli poveri (che arricchiscono grazie alla loro capacità di azotofissazione) e a pascolamenti continui e severi, sono chiamate a svolgere un ruolo importante in molte regioni Sud-europee, non solo come risorsa fondamentale dei sistemi prato-pascolivi, ma anche in utilizzazioni non convenzionali (ad esempio in sistemi multiuso: agrivoltaico, aree viticole, aree forestali).

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

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

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

Per quanto concerne le graminacee, sono state selezionate tre specie di caratteristiche sinergiche tra di loro e in consociazione con le leguminose. Nello specifico, il miscuglio ha previsto una piccola percentuale di orzo distico a ciclo annuale autunno-vernino, caratterizzato da germinazione precoce e crescita rapida (funzionale a instaurare una subitanea copertura al suolo con funzione anti-erosiva e coadiuvante all'insediamento del prato perennante ma privo di persistenza negli anni successivi a quello di semina), unitamente a erba mazzolina e loglio rigido. L'erba mazzolina, in particolare (con specifico riferimento alla varietà mediterranea designata, presenta insediamento lento, producendo cotici inizialmente non serrati, ma caratterizzata da pronto ricaccio, grande adattamento, lunga persistenza ed elevata produttività. Il loglio rigido, invece, è una graminacea annuale a ciclo autunno-primaverile dotata di buona persistenza, autoriseminante di grande capacità, con elevate produzioni foraggere.

Il cotico erboso derivante dal mix ipotizzato sarà caratterizzato da:

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

Il pascolamento, al contempo, favorirà l'incremento della produzione e l'emissione di nuovi steli (riducendo la taglia), contenendo di fatto i fenomeni di allettamento, senescenza e marcescenza del cotico erboso, oltre a sopperire alle esigenze nutritive del prato grazie alle deiezioni dei capi, che saranno periodicamente sparse (in quanto la presenza di deiezioni concentrate in certi punti del campo è un ostacolo ad un corretto ributto del cotico stesso).

L'installazione fotovoltaica si integrerà quindi in modo sinergico al contesto rurale sopra descritto, consentendo la continuazione dell'utilizzo agro-zootecnico dell'intera area sottesa ai pannelli, garantendo riparo ai capi (dalle alte temperature estive e dalle più basse della stagione invernale) che pascoleranno l'area e migliorando la qualità e la quantità del foraggio fresco nella disponibilità degli stessi.

L'intera superficie catastale verrà gestita escludendo il ricorso a prodotti chimici di sintesi – fertilizzanti e prodotti fitosanitari - garantendo il mantenimento del regime biologico ed offrendo ai capi che pascoleranno le superfici un ambiente quanto più naturale possibile.

Infine, la gestione del prato permanente destinato al pascolo potrà anche svolgere anche la funzione di fascia tagliafuoco, al fine di prevenire l'insorgenza e la diffusione di incendi accidentali dovuti alle elevate temperature estive. In linea con quanto disposto dalla Regione Autonoma della Sardegna - con opportuna delibera della Giunta Regionale n° 15/7 del 23 aprile

Cronoprogramma delle pratiche agricole ordinarie

Il cronoprogramma per le pratiche agricole ordinarie prevede la coltivazione della superficie agricola utilizzabile dell'area d'impianto con prato stabile migliorato di leguminose e graminacee. Le operazioni colturali propedeutiche per ottenere una efficiente ed efficace coltivazione fanno riferimento a:

- Preparazione del terreno – attività di agricoltura conservativa o passaggio di decespugliatore a catena (se necessario) operazione propedeutica per la semina dell'erbaio annuale avvicendato;
- Semina su sodo;
- Gestione delle infestanti – non necessaria;
- Gestione fitosanitaria - non necessaria;
- Raccolta - dopo la sfalcatura ed eventuale ranghinatura, si procede con la raccolta in balle a forma parallelepipedo del peso medio di 25 Kg, con dimensioni di cm 150x 45x45 e con la successiva semina con piante foraggere (graminacee e leguminose e/o altre specie d'altra famiglia botanica) per la costituzione di prati polifiti permanenti.

5.3 GESTIONE IRRIGUA

Sui terreni in questione, come sopra riportato, verrà ripristinata la tecnica dell'irrigazione, al momento pressoché abbandonata nell'area in esame. La tecnica innovativa scelta (floppy sprinkler) funziona con gli stessi principi dell'irrigazione a goccia, ma consente di irrigare anche le colture erbacee con una modalità che imita la pioggia naturale, con indubbi vantaggi, sia agronomici che ambientali. Tale tecnica è caratterizzata anche da una buona convenienza economica per la sua messa in opera dal momento che può avvenire in abbinamento con l'impianto Agrovoltaiico. Il tasso di precipitazione del sistema irriguo è di 5 mm l'ora, si tratta quindi di una pioggia molto lenta che è ideale anche per colture molto delicate e soprattutto per i terreni argillosi dato che è quasi nulla l'azione battente dell'acqua evitando così la costipazione del terreno e la formazione di crosta superficiale, particolarmente dannosa per tutte le piante coltivate. Il sistema di irrigazione Floppy Sprinkler è in grado di fornire con precisione l'esatta quantità di acqua necessaria al giorno, con un'efficienza di applicazione del 90%. La bassa pressione di esercizio dell'acqua (2 bar) necessaria per far funzionare il sistema di irrigazione Floppy Sprinkler lo rende ideale per funzionare con l'energia solare come fonte principale di energia. Inoltre, il sistema di irrigazione Floppy Sprinkler è adatto agli agricoltori grazie alla sua semplicità. Il sistema non richiede competenze specialistiche o una formazione intensiva per essere utilizzato con successo.

5.4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE AL PAESAGGIO AGRARIO

La mitigazione ambientale deve presentare vari interventi nell'ambito dell'area di progetto e provvedere ad una riduzione adeguata dei vari aspetti impattanti, con particolare riguardo alle componenti ambientali, collegate più direttamente alla realizzazione dell'impianto Agrovoltaiico, che sono: il paesaggio e la biodiversità. Per quanto riguarda il paesaggio, particolare attenzione verrà dedicata agli esemplari di sughere presenti, circa 106, per la gran parte delle quali (circa 80) è possibile, e quindi previsto, il trapianto e la loro ricollocazione nelle fasce arborate progettate per le opere di mitigazione dell'impianto stesso, secondo un piano progettuale ben strutturato e riportato in allegato alla presente relazione.

Sempre per il paesaggio, particolare attenzione verrà dedicata alla conservazione e al ripristino dei muretti a secco, il mantenimento di tali manufatti, compreso anche il programma di restauro delle parti parzialmente rovinate, è evidenziato nella documentazione di progetto a testimonianza che il nuovo impianto si inserisce nel paesaggio agrario senza provocare sostanziali stravolgimenti. Vi sarà comunque la necessità di attuare le schermature arboree e arbustive da realizzare con ecotipi locali, definiti nel regolamento regionale, evitando di generare un effetto barriera e contribuendo a creare elementi di transizione estesi e irregolari. Gli arbusti dovranno essere prevalentemente sempreverdi, per garantire

un'adeguata copertura visiva dall'esterno, alternati a quelli a foglia caduca, in maniera sempre più rada, ottenendo la creazione di un effetto naturale. L'inserimento di siepi autoctone perimetrali potrà essere strutturato in diversi moduli combinati tra loro per la realizzazione di siepi bi-filari e tri-filari il cui fine è quello di ridurre l'impatto visivo e acustico dell'impianto Agrovoltaico e creare così anche un ambiente favorevole all'incremento della biodiversità. Le specie da impiegare sono quelle autoctone indicate dalla Regione Sardegna. La mitigazione data dallo schermo vegetazionale è da prevedersi particolarmente nelle zone più aperte alla vista dall'esterno.



Figura 5.1: Muretti a secco

Per le schermature di mitigazione si prevede una fascia di terreno di circa 5m compresa fra il muretto a secco e la recinzione, tale area è idonea allo sviluppo della vegetazione e alle attività di manutenzione della stessa. Vista la natura del terreno, per la messa in opera della vegetazione non sarà necessario produrre una trincea di grandi dimensioni né apportare terra di coltivo e per quanto riguarda la bagnatura delle piante messe a dimora, bagnatura necessaria soprattutto nei primi anni visto l'andamento climatico dell'area in questione, verrà utilizzato un impianto irriguo analogo a quello previsto per la parte agricola. Lo schema ideale della fascia di mitigazione, dall'esterno verso l'interno degli appezzamenti, prevede la successione di: muretto a secco, fascia a verde, recinzione. Un'attenzione particolare verrà data anche alla recinzione perimetrale al fine di evitare un impatto visivo negativo. Inoltre, dal punto di vista strutturale, nella parte a terra dovrà consentire il passaggio dei piccoli selvatici in modo da non creare una barriera biologica invalicabile che ostacoli la biodiversità. Biodiversità che certamente subirà un miglioramento in virtù delle migliorie apportate al terreno e alle cure previste per l'ambiente circostante.

5.5 FASCIA ARBUSTIVA ED ARBOREA PERIMETRALE

Piantumazione – lungo il confine della particella 105 lato ovest e nord ovest - di fasce vegetate a portamento arboreo e arbustivo, che contribuiranno a ridurre l'effetto percettivo, ad aumentare la biodiversità e a potenziare la rete ecologica locale. Al fine di una ottimale valorizzazione ambientale della fascia sono state selezionate specie tipiche del corredo floristico dell'area in esame (compatibili con le esigenze di non ombreggiamento dei moduli fotovoltaici e tali da non richiedere frequenti interventi di potatura), scelte in funzione delle caratteristiche edafiche e stagionali locali e dell'appetibilità faunistica. In particolare, saranno adottate specie a fioritura appariscente (e.g. *Pyrus spinosa*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus* etc.), in modo da favorire la presenza di insetti bottinatori, importante fonte di cibo per i pulli, delle specie di uccelli potenzialmente nidificanti nei medesimi ambienti ri-naturalizzati con, oltretutto, interessanti ricadute in termini di servizi ecosistemici. Il mix si integrerà di specie a fruttificazioni distribuite nell'arco annuale, incluse quelle persistenti anche nei periodi tardo autunnali e invernali, come fonte di cibo per l'avifauna svernante nella zona (e.g. *Phyllirea latifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Myrtus communis*, *Olea europea*). Inoltre, l'impiego di piante ad alto fusto (e.g. *Quercus ilex*, *Quercus suber*), in grado di raggiungere altezze più elevate, consociate a specie arbustive di bassa/media taglia, contribuirà alla creazione di una struttura densa e pluristratificata, finalizzata a un incremento delle zone rifugio e a una maggiore diversificazione ecologica.

Nello specifico sarà prevista la messa a dimora di:

- n. 1 fila vegetata arbustiva posta ad 1,0 m dalla recinzione composto da specie arboree con interasse 2,0 m;
- n. 1 fila vegetata arborea posta ad 1,0 m dal filare di specie arboree composto da specie arbustive con interasse 1,0 m.

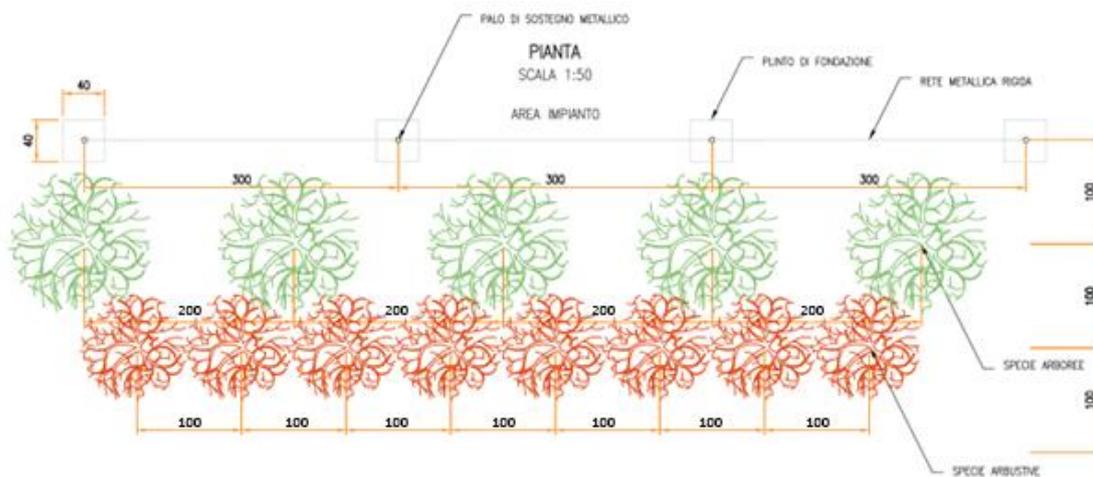


Figura 5.2: Tipologico del filare di mitigazione.

Realizzazione – nelle zone perimetrali tra le diverse tessere - di aree boscate, in aderenza (e continuità) alla vegetazione spontanea esistente, che contribuiranno a ridurre l'effetto percettivo e a potenziare la rete ecologica locale. A tal proposito, sono state selezionate specie tipiche delle formazioni arboree locali (e.g. *Quercus ilex*, *Quercus suber*).

Costituzione, nelle zone libere all'interno dell'area di impianto, di aree rifugio (e.g. cumuli di pietre, cumuli di piante morte) con lo scopo di favorire lo sviluppo della biodiversità locale, in particolare dell'entomofauna e dell'erpetofauna.

Si prevede in particolare la realizzazione di:

- n° 3 cumuli di pietre (di circa 4 m3/cad e costituiti da pietre di varie pezzature, da ubicarsi in zone con prolungato soleggiamento e protette dal vento) di provenienza locale. I cumuli consentiranno di offrire a quasi tutte le specie di rettili e ad altri piccoli animali numerosi nascondigli, postazioni soleggiate, siti per la deposizione delle uova e quartieri invernali.
- n° 3 cumuli di piante morte (di circa 4 m3/cad meglio se di specie autoctone differenti, da ubicarsi in alternativa anche vicino alle pietre di cui sopra). Il legno morto rappresenta una importante e insostituibile fonte di biodiversità che contribuisce ad aumentare la complessità, e con essa la stabilità, degli ecosistemi. La “necromassa” garantisce la presenza di numerosissimi microhabitat necessari a molte specie animali e vegetali che qui possono trovare un substrato idoneo, rifugio, nutrimento: basti pensare ai numerosi organismi saproxilici (che dipendono dal legno morto in qualche fase del loro ciclo vitale) tra cui gli invertebrati che si nutrono di legno (xilofagi) o che nel legno vivono (xilobi), i funghi (in particolare basidiomiceti), i licheni o le epatiche ma anche roditori, anfibi e rettili che vi trovano rifugio. Il suo ruolo è importante anche per la riproduzione di molti organismi (in particolare invertebrati) che sono alla base della catena trofica per molte specie avifaunistiche e mammiferi.



Figura 5.3: Specie per filare di mitigazione.

6. MACCHINE ED ATTREZZATURE AGRICOLE UTILI PER LE CURE COLTURALI

Le macchine e le attrezzature da utilizzare, per conto terzi o di proprietà, sono condizionate fortemente dall'ampiezza dei corridoi di terreno tra le strutture e la loro altezza da terra.

A titolo esemplificativo e non esaustivo, si ritengono necessarie le seguenti macchine ed attrezzature:

- Trattrice di media potenza (100-130 hp), per le lavorazioni preimpianto ed impianto (trinciatura e semina su sodo);
- Trincia a catene (larghezza massima 2,40 metri);
- Seminatrice su sodo (larghezza massima 3 metri);
- Falciatrice con barra falciante di larghezza utile compresa max 2,50 m (opzionale – solo in caso di sfalcio prati).

Landini REX 4 è una macchina trattrice di tipo specializzato, adoperata tra le colture con spazi ristretti (es. vigneti), con file di larghezza tra i 200 cm e 270 cm. Le dimensioni rispetto alla soluzione 1 sono inferiori sia in termini di larghezza (min. 1330mm max 1945mm) che in termini di altezza (inferiore ai 3000 mm), sufficienti per transitare tra le file di tracker sia quando sono in posizione di esercizio che durante il posizionamento di manutenzione.



	REX 4-080 F-GE-GB-GT	REX 4-090 F-GE-GB-GT	REX 4-100 F-GE-GB-GT	REX 4-110 F-GE-GB-GT	REX 4-120 F-GE-GB-GT
MOTORE					
Costruttore	Deutz AG				
Modello	TCD 2,9 L4 HT		TCD 2,9 L4 HP		
Potenza nominale (ISO)	CV/kW 75 / 55	79 / 58	86 / 63	95 / 70	105 / 77
Potenza massima (ISO)	CV/kW 75 / 55	90 / 66	95 / 70	102 / 75	112 / 82
Regime nominale	giri/min 2200				
Regime di potenza massima	giri/min 1500 1700 1700 1800 2000				
Coppia massima	Nm 375 378 400 410 420				
Regime di coppia massima	giri/min 1600				
Riserva di coppia	% 56,0 50,0 46,3 34,9 25,7				
Cilindrata	cm ³ 2900				
Cilindri / Valvole	4 TA / 8				
Classe di emissioni	Stage V / Tier IV				
Sistema di post-trattamento	EGR + DOC + DPF		EGR + DOC + DPF + SCR		
Sistema di filtrazione aria	Power Core				
DIMENSIONI E PESI					
Passo	mm 2140				
Altezza dal centro assale posteriore al telaio di sicurezza	mm 1710				
Altezza dal centro assale posteriore al tetto della cabina	mm 1500				
Altezza dal centro dell'assale posteriore al cofano	mm 825 (885 alla sommità del cofano)				
Larghezza totale min - max	mm 1340-1690 (F) / 1415-1530 (GE) / 1400-1510 (GB) / 1510-2100 (GT)				
Dimensione minima pneumatici posteriori - Raggio Indice (RI)	mm 380/70R24 - 575 (F) / 360/70R24 - 525 (GE) / 360/70R20 - 500 (GB) / 420/70R24 - 600 (GT)				
Dimensione massima pneumatici posteriori - Raggio Indice (RI)	mm 420/70R28 - 650 (F) / 360/70R24 - 550 (GE) / 360/70R20 - 500 (GB) / 420/70R30-480/70R28 - 675 (GT)				
Peso alla spedizione	kg 2800				
Peso massimo ammissibile	kg 5250				
Predisposizione per attrezzi anteriori e ventrali	● telaio con predisposizione attrezzature ventrali e frontali integrata ○ supporti attrezzature ventrali				
Supporto zavorre anteriori	strutturale				
Zavorre anteriori	kg ○ 6x28 / 8x28 / 4x42 / 8x42 (F-GE-GB) - ○ 6x36 / 8x36 (GT)				
Zavorre posteriori	kg ○ 2x45 (1 x ruota) / 4x45 (2 x ruota)				
Legenda: ● standard ○ option - non disponibile					

Figura 6.1: Specifiche tecniche trattrice Landini REX 4

Nell’ambito degli attrezzi agricoli si riportano a seguire alcune soluzioni: trincia a catena, seminatrici su sodo, barra falciatrice e Rotoimballatrice che potrebbero trovare applicazione sui terreni oggetto di studio.

Trincia a Catene modello ALG Viene prodotto nelle due larghezze cm.240 e cm. 200. Come tutti i nostri trincia a catene possono lavorare in condizioni estreme di pietra e scoglio fisso. Il regime di giri motore del trattore a 1300-1400 giri al minuto primo è più che sufficiente al trincia. Ciò permette di un assorbimento di potenza al 50% rispetto a tutti gli altri tipi di trinciatrici ed anche un consumo di oltre il 50% in meno rispetto ai medesimi. Così le emissioni di CO2 (anidride carbonica) ed in conseguenza i consumi di carburante sono ridotti moltissimo rispetto agli altri sistemi di trinciatura, conseguenza del sommarsi di minore potenza assorbita e minore regime d’uso dei nostri trincia a catene. La larghezza di lavoro quasi pari all’ingombro avendo la trasmissione a centro macchina e non lateralmente permette di avvicinarsi moltissimo agli ostacoli ed anche di non ricevere alcun danno da involontari urti laterali dell’attrezzo con pietre o altro. Altra caratteristica molto importante ed apprezzata è la possibilità di poter lavorare sia in marcia avanti che in retromarcia senza alcun problema.



Modello	Larghezza lavoro	Peso	Trattori compatibili
ALG200	200 cm	550 Kg	da 60 a 130 Hp
ALG240	240 cm	610 Kg	da 70 a 130 Hp

Figura 6.2: Specifiche tecniche Trincia a Catene modello ALG

La seminatrice portata 3P1006NT da 3m è stata concepita per lavorazioni su terreno sodo, per semine di qualsiasi seme minuto anche in presenza di molti residui colturali. Le caratteristiche principali sono: le ruote posteriori che permettono l’utilizzo di trattori di bassa potenza e i particolari dischi Great Plains “06 Series Openers” che permettono una deposizione del seme perfetta. I dischi precaricati a 204kg assicurano un’ottima penetrazione su terreni tenaci. La macchina può essere allestita con 3 differenti tramogge per 3 differenti tipi di seme, che lavorano con 3 ratei differenti e profondità differenziate. La tramoggia principale è posizionata nella parte anteriore della macchina, mentre quelle optional nella parte posteriore. La seconda tramoggia può essere utilizzata anche per concimi o per semi tipo le cover crops.



- Semina su sodo
- Semina su cover crop
- Semina in presenza di tanti residui

Modello	3,05m portata
Utilizzo	Su Sodo
Spaziatura tra le file	19 cm
Larghezza di lavoro	2,86 m
Larghezza di trasporto	3 m
Altezza di trasporto	Varia dal tipo di trattore
H.P Richiesti	100+
Peso *	2186 kg
Tramoggia principale	705 L
Tramoggia seme piccola	85 L
Cover	352 L
Fertilizzante	261 L
Seconda tramoggia principale	352 L

Figura 6.3: Specifiche tecniche Seminatrice su sodo 3P1006NT Great Plains

Falcia condizionatrice frontale

Dalle schede tecniche reperite si evince la possibilità di utilizzo di diversi modelli di falcia condizionatrice frontale aventi larghezza di lavoro compresa tra 2,4 e 3 m.



FALCIATRICI FRONTALI IDRAULICHE HYDRAULIC FRONT MOWERS

Dati tecnici/Technical specifications		DFH6000 DFH6003 DFH6000GM DFH6003GM	DFH7000 DFH700GM	FFH240 FFH240GM	FFH280 FFH280GM	FFH300 FFH300GM
Larghezza taglio/Cutting width	m.	2,40	2,80	2,40	2,70	3,00
Dischi - Tamburi/Discs - Drums	n.	6	7	4	4	4
Coltelli/Blades (oval discs)	n.	12	14	16	16	16
Coltelli/Blades (triang. discs)	n.	18				
Cardano/Cardan shaft	n.	1	1	1	1	1
Potenza assorbita/Power absorbed	HP	70	80	80	90	90
Peso falciatrice/Mower's weight	Kg	520	745	750	800	820
Peso condiz. a rulli/Roller conditioner's weight	Kg	130	140	130	140	150

Figura 6.4: Specifiche tecniche Falcia condizionatrice frontale DFH (diversi modelli)

Rotoimballatrice (rotopressa)

Le rotoimballatrici più comuni presentano una larghezza di lavoro inferiore a 2,5 m.



MODELLO	SP 1200	SP 1500
DIMENSIONI		
Lunghezza (cm)	360	380
Larghezza (cm)	225	225
Altezza (cm)	200	220
DIMENSIONI BALLE		
Diametro (cm)	120	150
Larghezza (cm)	120	120

Figura 6.5: Specifiche tecniche Rotopressa SUPERTINO (diversi modelli)

7. SISTEMA DI MONITORAGGIO

Verrà installato un sistema integrato che permetta di raccogliere i dati sulla coltura e sulle condizioni ambientali che influiscono sulla sua resa.

Questo sistema di monitoraggio servirà sia per operazioni automatiche (es. azionare l'impianto di microirrigazione nel periodo di maggiore siccità) sia per fornire dati sulla base dei quali decidere eventuali azioni sulla coltura quali, ad esempio, un intervento di fertilizzazione.

Il sistema di sensoristica verrà installato in campo aperto e la trasmissione dei dati verrà garantita 24h su 24. Il sistema di monitoraggio sarà composto dai seguenti elementi.

Innanzitutto, ci saranno sensori che misureranno fattori ambientali, quali umidità/temperatura del terreno. Questi sensori saranno integrati all'interno di colonnine meteo (stazioni meteo) che verranno disposte in più punti dell'area agricola destinata ad accogliere l'impianto agrovoltico.

In particolare, le stazioni meteo che si prevede di impiegare saranno dotate di anemometro, pluviometro (in grado di misurare pioggia cumulata e intensità di precipitazione), la radiazione solare (globale, UV, PAR), l'umidità, la temperatura del terreno e la pressione atmosferica. Queste stazioni meteo saranno alimentate con pannelli solari.

I dati provenienti dai sensori verranno poi trasmessi a un sistema di raccolta dati. Trattandosi di un corpo fondiario occupato dall'impianto agrovoltico di notevoli dimensioni con una estensione di circa 90 ettari, la comunicazione avverrà tramite sistema wifi in collegamento con la stazione principale.

I dati inviati verranno poi raccolti su server dedicato o su piattaforma cloud. La visualizzazione dei dati avverrà tramite browser con l'utente finale che accede via web alla propria area riservata e visualizza i dati provenienti dai sensori installati negli appezzamenti occupati dalla coltura; agli stessi dati si può accedere poi tramite app installata su smartphone sviluppata dall'azienda che fornirà il sistema di monitoraggio.

Una volta raccolti i dati forniti dai vari sensori installati, questi verranno scaricati su PC al fine di essere elaborati e analizzati. Il sistema di monitoraggio in progetto prevederà inoltre l'attivazione di alert via mail o notifiche tramite app se i valori misurati supereranno soglie predefinite. In alcuni casi al superamento delle soglie sarà possibile poi far partire delle operazioni automatiche.

8. SICUREZZA DEI LAVORATORI AGRICOLI

L'approccio della società alla sicurezza è sistematico e prevede la valutazione del rischio, l'analisi delle minacce, vulnerabilità e conseguenze e la preparazione di una strategia per eliminare, laddove possibile, o ridurre i rischi potenzialmente legati allo svolgimento di ogni attività. È per questo che la tutela di tutti i lavoratori, inclusi quelli agricoli che opereranno all'interno degli impianti agrivoltaici, è accuratamente considerata e ogni rischio potenziale valutato ed opportunamente evitato o mitigato.

Un fallimento nella gestione della sicurezza potrebbe portare a infortuni, perdite di vite umane, danni alle strutture, danni finanziari, etc; pertanto, la capacità di salvaguardare tutto il personale, i beni e le operazioni dalle minacce è fondamentale.

L'approccio prevederà un'attenta valutazione caso per caso delle varie attività agricole e pastorizie che verranno condotte all'interno degli impianti e una conseguente analisi dei rischi e formulazione di un piano di azione che preveda le relative misure di prevenzione e protezione.

Tali misure si articoleranno su diversi fronti:

- Attività di valutazione preliminare dei rischi interferenziali tra presenza dell'impianto e lavorazioni agricole presenti, e successivo processo dinamico di valutazione in caso di modifiche e di gestione delle emergenze.
- Attività di somministrazione di corsi di formazione per il personale agricolo; tale attività di formazione verterà sullo svolgimento delle lavorazioni agricole in sicurezza in combinazione con la presenza dell'impianto fotovoltaico, quindi per esempio come svolgere le lavorazioni in condizioni di sicurezza, in quali momenti poterle svolgere, l'utilizzo corretto di dotazioni e attrezzature in questo particolare caso e la viabilità / presenza di passaggi nell'area in questione.
- Messa a punto di un sistema di gestione e verifica degli ingressi al sito, al fine di assicurare che tutte le persone/lavoratori che accedono siano autorizzati all'ingresso e opportunamente formati per le attività da svolgere.
- Collaborazioni e sinergie con associazioni di categoria, per garantire un costante dialogo sui temi della sicurezza su lavoro in questo particolare ambito.
- Misure di protezione pratiche, atte a garantire lo svolgimento delle lavorazioni agricole in sicurezza ed evitare il possibile contatto con le strutture dell'impianto, quali ad esempio l'installazione di una recinzione perimetrale in legno intorno all'inverter, una struttura di cemento di dimensioni ridotte a terra per evitare l'eventuale contatto con i cavi in ingresso, e l'inserimento dei cavi all'interno dell'asse di rotazione dell'impianto. Si sottolinea inoltre che, come ulteriore misura di protezione, è presente anche la possibilità di posizionare i trackers in posizione di sicurezza (stow position) per un breve periodo, in caso di necessità o di attività agricole particolarmente sensibili o rischiose, al fine di garantire la maggior sicurezza possibile ai lavoratori ed ai mezzi agricoli.

Ovviamente le aree dell'impianto saranno correttamente segnalate e identificate e dotate di sistemi di illuminazione se necessario. Inoltre, si sottolinea l'impianto verrà adattato in base alle esigenze dell'agricoltore, in equilibrio con la componente paesaggistica e di sostegno alla biodiversità e non compromettendo la continuità delle attività di coltivazione agricola.

9. CONCLUSIONI

L'impianto in questione può ampiamente rispettare i requisiti degli impianti Agrovoltaici, definiti dalle linee guida. Infatti:

- il sistema Agrovoltaico è progettato (altezza e spaziatura dei tracker) e gestito (agricoltura conservativa) in modo da non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, sono anzi evidenziate sinergie importanti (es. monitoraggi) fra agricoltura e parco fotovoltaico;
- l'impianto adotta soluzioni con moduli elevati da terra e distanziati sufficientemente da ottimizzare le prestazioni del sistema Agrovoltaico, sia in termini energetici che agricoli, inoltre il pascolamento non è minimamente ostacolato, anzi può essere favorito, nei periodi più caldi, dalla presenza di un'ombra mitigatrice della temperatura fornita dai pannelli fotovoltaici;
- è rispettato il limite massimo del 40% di LAOR (% di superficie complessiva occupata dall'impianto fotovoltaico);
- consente un'ottima integrazione fra attività agro-zootecnica e produzione elettrica, valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;
- la gestione dei terreni, attuata con l'agricoltura conservativa, il drenaggio delle aree pianeggianti e una tipologia di irrigazione a pioggia lenta, consentirà anche un miglioramento della fertilità dei terreni grazie ad un aumento negli anni della dotazione di sostanza organica.

Nel caso degli impianti agrovoltaici, come quello in questione, invece di avere una competizione tra la produzione energetica e agricola, si ha una virtuosa sinergia da cui entrambi i sistemi traggono beneficio.

Vari studi internazionali (es. Marrou et al., 2013) indicano che la sinergia tra fotovoltaico e agricoltura crea un microclima (temperatura e umidità) favorevole che può migliorare la crescita delle piante e quindi le prestazioni produttive di alcune colture, in particolare ciò si evidenzia maggiormente sulle colture a sviluppo primaverile-estivo e in ambiente con temperature estive elevate come quello in progetto.

In definitiva la combinazione di agricoltura e pannelli fotovoltaici ha degli effetti sinergici che supportano la produzione agricola, in funzione della regolazione del clima locale, della conservazione dell'acqua e della produzione di energia rinnovabile.

Sulla base di quanto su esposto si può concludere che l'investimento proposto non prevede interventi che possano compromettere in alcun modo il suolo agrario e in ragione delle operazioni di miglioramento sopra descritte ci potranno essere ricadute positive per il territorio in termini di miglioramento agronomico ed ambientale. Tale progettazione, realmente agrovoltaica, riteniamo possa fornire la garanzia di una produttività agricola superiore alla produttività media della zona, sia in merito alla produzione dei cereali e delle leguminose che per capo di bestiame allevato, come richiesto dalle linee guida, e ciò in virtù delle varie considerazioni tecniche fin qui argomentate.

BIBLIOGRAFIA

1. Agostini, A., Colauzzi, M., & Amaducci, S. (2021). Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. *Applied Energy*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116102>
2. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. Stefano Amaducci, Xinyou Yin, Michele Colauzzi. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
3. Allison T.D., Root T.L., Frumhoff P.C., 2014. Thinking globally and siting locally – renewable energy and biodiversity in a rapidly warming world. *Clim. Change* 126, 1–6.
4. Aroca-Delgado, R., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., & Velázquez-Martí, B. (2018). Compatibility between crops and solar panels: An overview from shading systems. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su10030743>
5. Cristiani, E. (2018). Modelli di agricoltura “sostenibile” con particolare attenzione al settore vitivinicolo. <https://www.iris.sssup.it/handle/11382/526595#YLnnzYzZhE>
6. Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 54, pp. 299–308). Elsevier Ltd <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>
7. DIRECTIVES DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance). (n.d.).
8. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
9. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
10. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., and Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, vol. 36, pages 2725–2732.
11. Fritz, Benjamin, Gábor Horváth, Ruben Hünig, Ádám Pereszlényi, Ádám Egri, Markus Guttman, Marc Schneider, Uli Lemmer, György Kriska, and Guillaume Gomard. 2020. “Bioreplicated Coatings for Photovoltaic Solar Panels Nearly Eliminate Light Pollution That http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne 46 ISBN 978-88-903361-4-0 http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne Harms Polarotactic Insects.” *PLoS ONE* 15(12 December):1–22. doi: 10.1371/journal.pone.0243296.
12. Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6), 1644–1653. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518>.
13. Horváth, Gábor, György Kriska, Péter Malik, and Bruce Robertson. 2009. “Polarized Light Pollution: A New Kind of Ecological Photopollution.” *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(6):317–25. doi: 10.1890/080129.
14. Horváth, Gábor, Miklós Blahó, Ádám Egri, György Kriska, István Seres, and Bruce Robertson. 2010. “Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects.” *Conservation Biology* 24(6):1644–53. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x.
15. https://ec.europa.eu/energy/topics/energystrategy/clean-energy-all-europeans_en
16. INTEGRATED NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN. (2019).
17. Jacob, J., and R. Davis. 2019. “Flowering Solar Farms.” *American Bee Journal* (April): 451–56.
18. Khanal, U., Stott, K. J., Armstrong, R., Nuttall, J. G., Henry, F., Christy, B. P., Mitchell, M., Riffkin, P. A., Wallace, A. J., McCaskill, M., Thayalakumaran, T., & O’Leary, G. J. (2021). Intercropping—Evaluating the Advantages to Broadacre Systems. *Agriculture*, 11(5), 453. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050453>
19. Kobayashi, Norihiro, Ryuichi Okada, and Midori Sakura. 2020. “Orientation to Polarized Light in Tethered Flying Honeybees.” *The Journal of Experimental Biology* 223. doi: 10.1242/jeb.228254.

20. Lovich J.E., Ennen J.R., 2013. Wildlife conservation and solar energy development in the desert Southwest, United States *BioScience*, 61 (12), pp. 982-992.
21. Marrou, H., Guilioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., and Wery, J. (2013a). Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 177, pages 117–132.
22. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>
23. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., and Dupraz, C. (2013b). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne> 4