

STRUZZI DEL SOLE

SOCIETÀ AGRICOLA a.r.l.

LOCALITÀ BANGIUS sn
CAP 09040 - ORTACESUS (SU)
P.IVA 02329690925
PEC struzzidelsole@pec.it
REA CA-186871

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 51,99 MWp IN ZONA AGRICOLA DEL COMUNE DI SENOBÌ (SU)

R03 RELAZIONE AGRONOMICA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Luca DEMONTIS (coordinatore)
Ing. Sandro CATTÀ

Arch. Valeria MASALA (consulenza ambientale) Dott. Archeol. A. Luisa SANNA (consulenza archeologica)
Arch. Alessandro MURGIA (consulenza urbanistica) Ing. Federico MISCALI (consulenza acustica)
Geol. Andrea SERRELI (consulenza geologica) Ing. Marco MURONI (consulenza ambientale)
Dott. Agr. Andrea SCHIRRU (consulenza agronomica)
Ing. Filippo MOCCI (consulenza elettrica)

NOTE:

INDICE

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
2. INQUADRAMENTO CATASTALE	5
3. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO	9
4. PROGRAMMA DI COLTIVAZIONE POST-INTERVENTO	12
3.1 COLTIVAZIONE DELLO ZENZERO.....	13
3.2 COLTIVAZIONE DEL PRATO POLIFITA PERMANENTE	14
5. SVILUPPO AZIENDALE FUTURO	16
6. CONCLUSIONI	17

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito su cui verrà realizzato l'impianto si trova a Sisini, frazione del Comune di Senorbì (SU). Senorbì è situato a 199 m sul livello del mare, nella regione della Trexenta, e conta circa 4839 abitanti. Il territorio comunale si estende su una superficie di 34,29 km² e confina con i Comuni di Ortacesus, San Basilio, Sant'Andrea Frius, Selegas, Siurgus Donigala, Suelli. Il sito, ubicato in un terreno in zona agricola, occupa una superficie di circa 129 ettari, di cui 73 dedicati all'impianto agrivoltaico. L'area di intervento ubicata nella parte nord-orientale del territorio comunale e ricade nella zona agricola limitrofa al centro urbano di Sisini e al Nuraghe omonimo. I dati per l'individuazione sono i seguenti:

- Latitudine 39°33'48.4"N, Longitudine 9°09'36.2"E.
- Altezza media di 250 m s.l.m.
- Carta d'Italia in scala 1:25.000 edita dall'IGM Foglio 226 - IV - SE .
- Carta Tecnica Regionale della Sardegna in scala 1:10.000 foglio 548 – 020, 548 – 030.
- Carta Geologica d'Italia foglio n° 548 – Senorbì.

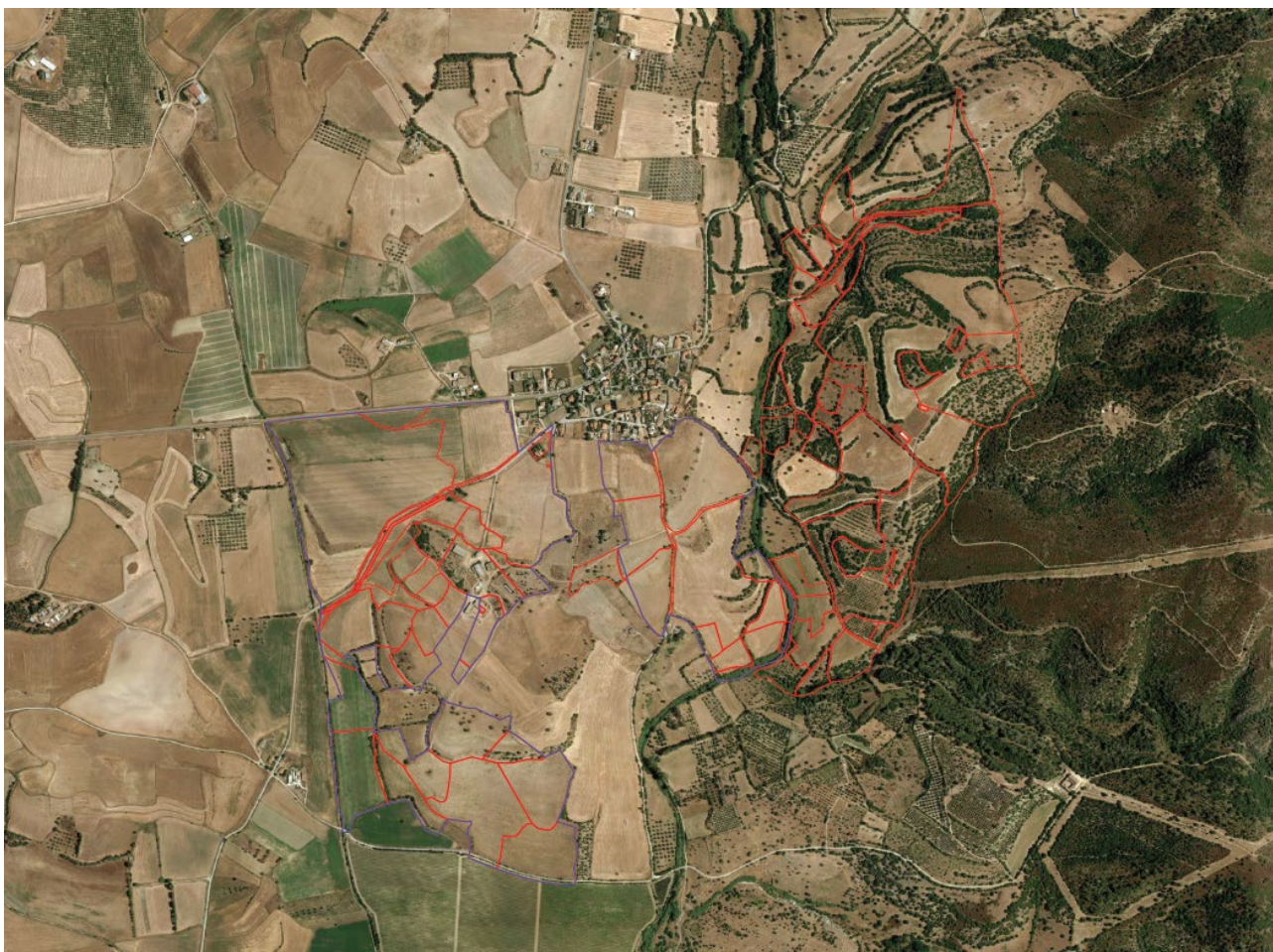


Figura 1 - Inquadramento delle aree di progetto su OFC (Fonte Regione Sardegna).

I lotti in cui verrà realizzato l'impianto sono individuati dalla Variante al Piano Urbanistico Comunale di Senorbì (adottata con D. C. C. n° 2 del 15/02/2010) come di seguito riportato:

- ✓ **Zona E – Agricola:** Le parti del territorio destinate ad usi agricoli e quelle con edifici, attrezzature ed impianti connessi al settore agro-pastorale, e alla valorizzazione dei loro prodotti.

■ Zona E Agricola

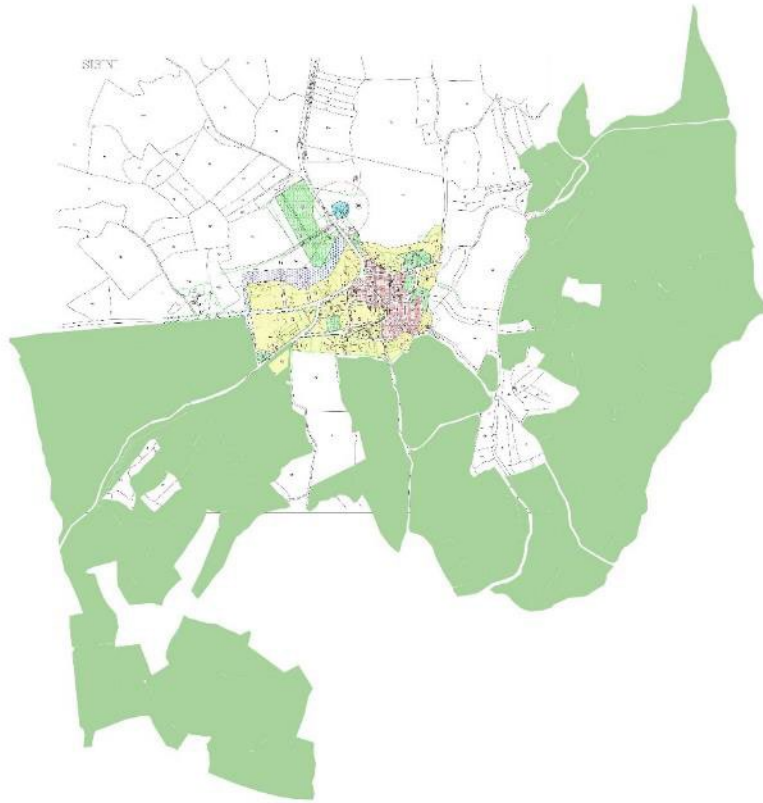


Figura 2 - Individuazione dell'area nello stralcio della zonizzazione del PUC di Senorbì.
(Tavola 8b PLANIMETRIA ZONIZZAZIONE SISINI ARIXI).

2. INQUADRAMENTO CATASTALE

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato nei lotti individuati al Catasto dei Terreni secondo il seguente elenco:

Comune censuario	Foglio	Partt.	Qualità	Classe	Superficie Ha.
Senorbì (sez. Sisini)	3	150	Seminativo	3	0,2285
Senorbì (sez. Sisini)	3	38 AA	Seminativo	4	0,4724
Senorbì (sez. Sisini)	3	38 AB	Pascolo	1	0,0516
Senorbì (sez. Sisini)	3	270 AA	Seminativo	3	1,3274
Senorbì (sez. Sisini)	3	270 AB	Pascolo	1	0,0312
Senorbì (sez. Sisini)	3	271	Seminativo	3	0,1924
Senorbì (sez. Sisini)	3	280 AA	Seminativo	3	12,2842
Senorbì (sez. Sisini)	3	280 AB	Pascolo	1	0,5613
Senorbì (sez. Sisini)	3	281	Seminativo	3	0,0333
Senorbì (sez. Sisini)	3	282	Seminativo	3	0,0579
Senorbì (sez. Sisini)	3	13	Seminativo	3	0,5830
Senorbì (sez. Sisini)	3	122	Seminativo	2	3,4091
Senorbì (sez. Sisini)	3	233 AA	Seminativo	2	0,1562
Senorbì (sez. Sisini)	3	233 AB	Pascolo	1	0,6218
Senorbì (sez. Sisini)	3	235 AA	Seminativo	2	0,4700
Senorbì (sez. Sisini)	3	235 AB	Pascolo	1	0,2860
Senorbì (sez. Sisini)	3	221 AA	Pascolo	1	0,4766
Senorbì (sez. Sisini)	3	221 AB	Seminativo	4	4,6485
Senorbì (sez. Sisini)	3	27	Seminativo	2	0,7045
Senorbì (sez. Sisini)	3	31 AA	Seminativo	3	0,5366
Senorbì (sez. Sisini)	3	31 AB	Pascolo	1	0,0049
Senorbì (sez. Sisini)	3	33	Seminativo	3	0,4005
Senorbì (sez. Sisini)	3	34	Seminativo	3	0,4760
Senorbì (sez. Sisini)	3	358	Ente Urbano		0,0189
Senorbì (sez. Sisini)	3	371	Seminativo	3	0,9041
Senorbì (sez. Sisini)	3	37 AA	Seminativo	4	0,7917
Senorbì (sez. Sisini)	3	37 AB	Pascolo	1	0,1733
Senorbì (sez. Sisini)	3	274 AA	Seminativo	4	0,5471
Senorbì (sez. Sisini)	3	274 AB	Pascolo	1	0,0123
Senorbì (sez. Sisini)	3	275	Seminativo	4	0,0104
Senorbì (sez. Sisini)	3	276	Seminativo	4	0,0082
Senorbì (sez. Sisini)	3	54	Seminativo	2	0,7335
Senorbì (sez. Sisini)	3	57	Seminativo	2	0,1525
Senorbì (sez. Sisini)	3	277	Seminativo	4	2,6831
Senorbì (sez. Sisini)	3	278	Seminativo	4	0,0184
Senorbì (sez. Sisini)	3	279	Seminativo	4	0,0025
Senorbì (sez. Sisini)	3	234	Ente Urbano		1,9480

Impianto fotovoltaico "SISINI AGRIVOLTAICO" 51,99 MWp
STRUZZI DEL SOLE Società Agricola

Senorbì (sez. Sisini)	5	94 AA	Seminativo	3	0,2327
Senorbì (sez. Sisini)	5	94 AB	Pascolo	1	0,7500
Senorbì (sez. Sisini)	5	95	Seminativo	2	1,9117
Senorbì (sez. Sisini)	5	85	Seminativo	1	1,9479
Senorbì (sez. Sisini)	5	5	Seminativo	3	1,6340
Senorbì (sez. Sisini)	3	170	Seminativo	3	1,5637
Senorbì (sez. Sisini)	3	47	Seminativo	4	1,4845
Senorbì (sez. Sisini)	3	172	Seminativo	3	2,4243
Senorbì (sez. Sisini)	3	63	Seminativo	2	1,4078
Senorbì (sez. Sisini)	5	35	Seminativo	3	2,4570
Senorbì (sez. Sisini)	5	47	Seminativo	3	2,2495
Senorbì (sez. Sisini)	5	49 AA	Seminativo	3	3,7768
Senorbì (sez. Sisini)	5	49 AB	Pascolo	1	0,0352
Senorbì (sez. Sisini)	5	54 AA	Seminativo	4	0,4101
Senorbì (sez. Sisini)	5	54 AB	Pascolo	1	0,2839
Senorbì (sez. Sisini)	5	55	Seminativo	3	2,2015
Senorbì (sez. Sisini)	4	22	Seminativo	4	0,0885
Senorbì (sez. Sisini)	4	23 AA	Seminativo	1	3,8783
Senorbì (sez. Sisini)	4	23 AB	Pascolo	1	0,4242
Senorbì (sez. Sisini)	5	6 AA	Seminativo	3	5,5239
Senorbì (sez. Sisini)	5	6 AB	Pascolo	1	0,1606
Senorbì (sez. Sisini)	5	13 AA	Seminativo	4	0,3810
Senorbì (sez. Sisini)	5	13 AB	Pascolo	1	0,0890
Senorbì (sez. Sisini)	5	14 AA	Seminativo	3	0,5939
Senorbì (sez. Sisini)	5	14 AB	Pascolo	1	0,0571
Senorbì (sez. Sisini)	5	15 AA	Seminativo	3	0,4766
Senorbì (sez. Sisini)	5	15 AB	Pascolo	1	0,0989
Senorbì (sez. Sisini)	5	16 AA	Seminativo	4	0,6117
Senorbì (sez. Sisini)	5	16 AB	Pascolo	1	0,0338
Senorbì (sez. Sisini)	5	25	Seminativo	3	0,4075
Senorbì (sez. Sisini)	5	27 AA	Seminativo	3	0,7537
Senorbì (sez. Sisini)	5	27 AB	Pascolo	1	0,0738
Senorbì (sez. Sisini)	5	28 AA	Seminativo	3	1,0222
Senorbì (sez. Sisini)	5	28 AB	Pascolo	1	0,1413
Senorbì (sez. Sisini)	5	30 AA	Seminativo	1	0,8120
Senorbì (sez. Sisini)	5	30 AB	Pascolo	1	0,2530
Senorbì (sez. Sisini)	5	41	Seminativo	3	0,1960
Senorbì (sez. Sisini)	5	42	Seminativo	3	0,2290
Senorbì (sez. Sisini)	5	44 AA	Seminativo	1	0,6974
Senorbì (sez. Sisini)	5	44 AB	Pascolo	1	0,0376
Senorbì (sez. Sisini)	5	52	Seminativo	3	0,5060
Senorbì (sez. Sisini)	5	29	Seminativo	1	0,4890
Senorbì (sez. Sisini)	5	39 AA	Seminativo	3	0,4177

Impianto fotovoltaico "SISINI AGRIVOLTAICO" 51,99 MWp
STRUZZI DEL SOLE Società Agricola

Senorbì (sez. Sisini)	5	39 AB	Pascolo	1	0,0238
Senorbì (sez. Sisini)	5	40 AA	Pascolo	1	0,0605
Senorbì (sez. Sisini)	5	40 AB	Seminativo	3	0,0400
Senorbì (sez. Sisini)	5	43	Seminativo	3	0,1225
Senorbì (sez. Sisini)	4	19	Seminativo	3	0,3715
Senorbì (sez. Sisini)	4	20	Seminativo	4	0,6115
Senorbì (sez. Sisini)	4	21	Seminativo	4	0,6020
Senorbì (sez. Sisini)	4	24	Seminativo	4	0,1755
Senorbì (sez. Sisini)	4	25	Pascolo	1	0,4375
Senorbì (sez. Sisini)	4	26	Seminativo	2	0,2695
Senorbì (sez. Sisini)	4	27	Seminativo	2	0,7905
Senorbì (sez. Sisini)	4	29	Seminativo	3	0,7350
Senorbì (sez. Sisini)	4	30	Seminativo	1	2,2090
Senorbì (sez. Sisini)	4	255	Seminativo	2	22,7903
Senorbì (sez. Sisini)	4	256	Ente Urbano		0,0627
Senorbì (sez. Sisini)	4	257	Ente Urbano		0,0220
Senorbì (sez. Sisini)	4	33	Pascolo	2	0,1620
Senorbì (sez. Sisini)	4	34	Pascolo	2	0,5580
Senorbì (sez. Sisini)	4	35	Pascolo	2	0,2250
Senorbì (sez. Sisini)	4	40	Pascolo	1	0,3635
Senorbì (sez. Sisini)	4	41	Seminativo	1	0,5635
Senorbì (sez. Sisini)	4	43	Seminativo	2	0,6230
Senorbì (sez. Sisini)	4	49	Seminativo	2	0,7305
Senorbì (sez. Sisini)	4	50	Seminativo	2	0,7660
Senorbì (sez. Sisini)	4	51	Seminativo	1	0,3875
Senorbì (sez. Sisini)	4	52	Seminativo	4	4,1000
Senorbì (sez. Sisini)	4	53	Seminativo	4	3,8030
Senorbì (sez. Sisini)	4	54 AA	Seminativo	4	2,6787
Senorbì (sez. Sisini)	4	54 AB	Pascolo	1	1,5643
Senorbì (sez. Sisini)	4	55 AA	Seminativo	2	0,3300
Senorbì (sez. Sisini)	4	55 AB	Pascolo	2	0,0390
Senorbì (sez. Sisini)	4	120	Seminativo	2	0,2190
Senorbì (sez. Sisini)	4	121 AA	Seminativo	4	0,1155
Senorbì (sez. Sisini)	4	121 AB	Uliveto		0,1100
Senorbì (sez. Sisini)	4	152 AA	Seminativo	2	1,6000
Senorbì (sez. Sisini)	4	152 AB	Pascolo	1	2,1433
TOTALE					129,6478

Tabella 1 - Individuazione delle particelle catastali.

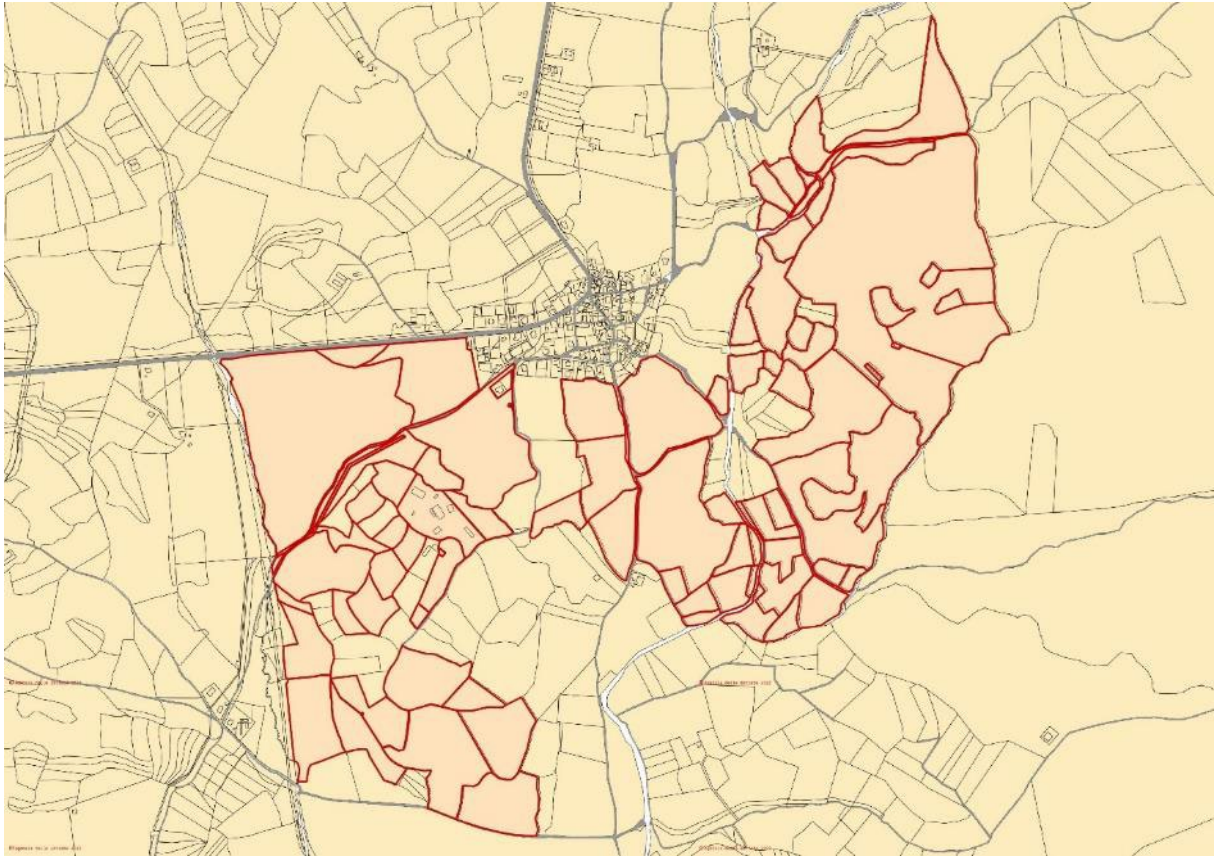


Figura 3 - Inquadramento catastale Comune di Senorbì sez. Sisini.

3. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

La superficie interessata dal progetto agri-voltaico è un terreno agricolo situato nel Comune di Senorbi nei pressi della frazione di Sisini, che si estenderà su una superficie di circa 129 ettari attualmente coltivata con colture estensive cerealicole e foraggere (frumento, foraggio). Il progetto prevede la realizzazione di 2.634 strutture coperte e basculanti (trackers monoassiali) di superficie pari a circa 100 mq cadauna, la superficie totale sarà pertanto pari a circa 24,75 ettari. Le strutture saranno alte circa 3 metri e avranno la doppia attività di fungere da riparo per le coltivazioni sottostanti e da supporto per la posa di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 51,99 MWp e potenza di immissione in rete di 50 MW.

Il progetto di riqualificazione aziendale riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra a inseguimento solare. L'impianto fotovoltaico sarà costituito da 88.128 moduli da 590 Wp in silicio monocristallino con tecnologia half-cell. I trackers monoassiali saranno orientati lungo l'asse principale nord-sud e rotazione massima variabile tra -55° (est) e +55° (ovest), per una superficie captante di 24,70 ha. Si tratta di un impianto fotovoltaico di ultima generazione che, per le sue caratteristiche costruttive, ha un impatto limitato sul suolo agricolo, consentendo il contemporaneo esercizio conveniente dell'agricoltura e la produzione di energia elettrica rinnovabile. Tale caratteristica permette di classificare l'impianto come agri-voltaico.

Considerati i dati progettuali, la copertura fotovoltaica lascia tra i filari una zona priva di ingombro (in proiezione verticale) di larghezza variabile in funzione dell'orario del giorno, da un minimo di 2,44 m (mezzogiorno, ora solare) and un massimo di 3,63 m (alba e tramonto), ovvero variabile dal 50% al 75% (Fig. 4).

La fascia libera tra le file consente quindi la necessaria movimentazione dei mezzi meccanici per la gestione delle ordinarie attività di coltivazione del terreno.

È possibile, tuttavia, la coltivazione dell'intera superficie e la valorizzazione dell'agroecosistema attraverso una opportuna scelta delle colture; il progetto infatti prevede di coltivare tutto il terreno sotto i pannelli fotovoltaici attraverso la realizzazione di un prato polifita permanente, di durata illimitata, che risulterebbe ben adatto alle condizioni microclimatiche che si vengono a realizzare all'interno dell'impianto. Tale scelta, ha indubbi vantaggi in termini di conservazione della qualità del suolo (accumulo di sostanza organica), incremento della biodiversità, favorendo lo sviluppo di organismi terricoli, la diffusione e la protezione delle api selvatiche, il popolamento di predatori e antagonisti delle più comuni malattie fungine e parassitarie delle piante coltivate, e della fauna selvatica. La redditività del prato polifita non risulterebbe alterata dalla presenza del fotovoltaico, al contrario si intravede la possibilità di aumentare la marginalità rispetto alle condizioni di pieno sole, e sarebbe possibile la conversione al metodo di coltivazione biologico per il ridotto apporto di input colturali richiesti dal prato.

In ottica di ulteriore sviluppo futuro, la produzione di zenzero e curcuma dall'impianto agri-voltaico e di cereali nella parte rimanente dell'azienda consentirebbe di recuperare e riqualificare tutte le strutture già esistenti in azienda per l'allevamento di ovini.

La presenza dei pannelli fotovoltaici determina alcune modificazioni microclimatiche riferibili alla disponibilità di radiazione, alla temperatura e all'umidità del suolo, che possono avere effetti positivi, nulli o negativi, in funzione delle specifiche esigenze della specie coltivata.

La radiazione solare è un fattore essenziale per le piante, garantendo lo svolgimento della fotosintesi clorofilliana, l'accrescimento e la produzione dei prodotti agricoli. Le piante, tuttavia, utilizzano solo una minima parte della radiazione solare, dal 2 al 5%, ed in particolare possono impiegare per la fotosintesi solo la frazione visibile, definita PAR (radiazione fotosinteticamente attiva), compresa tra 400 e 700 nm di lunghezza d'onda, che è pari a circa il 40% della radiazione globale. Le piante peraltro riflettono alla superficie delle foglie il 25% della radiazione globale, pari al 10% della radiazione visibile PAR. Va sottolineato che, in condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale che raggiunge la superficie del terreno si compone per metà di radiazione diretta, e per metà di radiazione diffusa priva di direzione prevalente.

La presenza del pannello fotovoltaico riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno, mentre si prevede un aumento della quantità di radiazione diffusa.

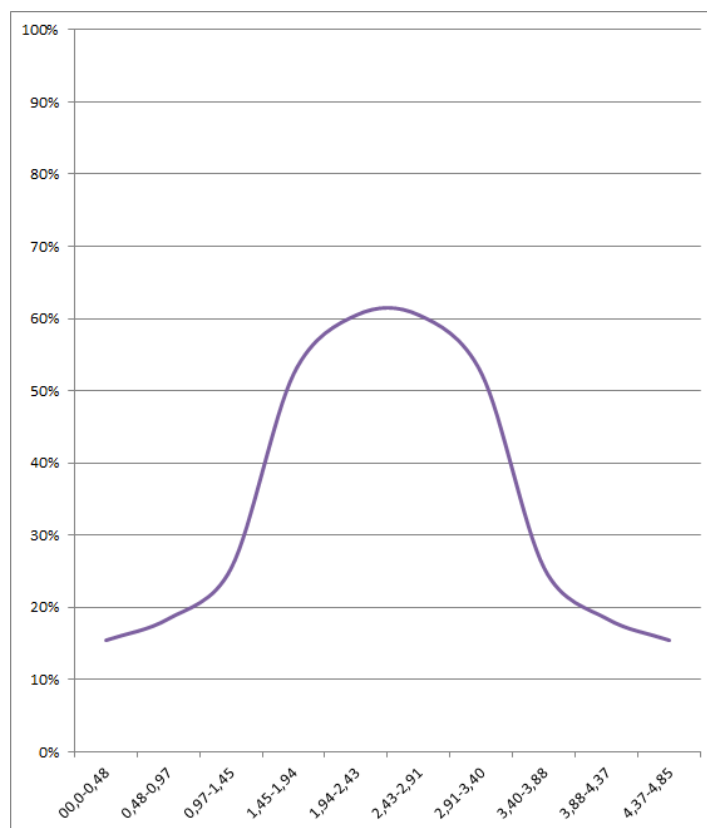


Figura 4. Disponibilità di radiazione solare diretta in funzione della distanza dal filare (valori medi annui) espressa come percentuale rispetto al pieno sole.

Nel presente impianto si stima che la riduzione media annua della radiazione diretta sia dell'80% nelle zone immediatamente adiacenti al filare (fino a circa 1 m di distanza), mentre nella zona centrale sia solamente del 35-40%. In realtà, queste riduzioni devono considerarsi meno marcate nel periodo primaverile- estivo durante il quale si realizza lo sviluppo delle maggior parte delle piante coltivate essendone soddisfatte le esigenze termiche, per effetto del maggior angolo di elevazione solare. Inoltre, la tipologia mobile del pannello fotovoltaico adottata in progetto, per effetto di riflessione consente alle piante coltivate di sfruttare la radiazione sia riflessa che diffusa dai pannelli stessi.

Per quanto riguarda il livello di saturazione per l'intensità luminosa, le piante vengono classificate in eliofile e sciafile. Le prime richiedono una elevata quantità di radiazione, mentre le sciafile soffrono per un eccesso di illuminazione, anche se la maggior parte delle piante coltivate devono essere considerate sciafile facoltative in quanto nelle normali condizioni di coltivazione l'elevata fittezza di semina comporta sempre l'instaurarsi di un ambiente sub-ottimale per l'illuminazione. In generale, si considerano piante con elevate esigenze di intensità di radiazione i cereali, le piante da zucchero, le specie oleaginose, da fiore e da frutto. Sono invece considerate sciafile, con basse esigenze luminose, le specie da fibra, le piante foraggere e alcune piante orticole, nelle quali l'elevata fittezza di semina e l'ombreggiamento sono realizzati agronomicamente per accentuare l'allungamento dei fusti e quindi la produzione di fibra, foraggio e foglie, per effetto della maggiore presenza dell'ormone della crescita (auxina) che è foto-labile. Nell'insalata, ad esempio, un leggero ombreggiamento aumenta lo sviluppo fogliare e riduce lo spessore delle foglie, rendendo il prodotto anche di migliore qualità commerciale.

In riferimento alla temperatura dell'aria, questa rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare. Sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei valori termici dell'atmosfera in zone ombreggiate rispetto alle zone in pieno sole, anche di 3-4 °C, l'ombreggiamento determina generalmente uno sfasamento termico, con un ritardo termico al mattino in fase di riscaldamento dell'atmosfera, e un rallentamento del raffreddamento pomeridiano-serale (Panozzo et al., 2019). Al di sotto dell'impianto fotovoltaico, inoltre, è lecito attendersi

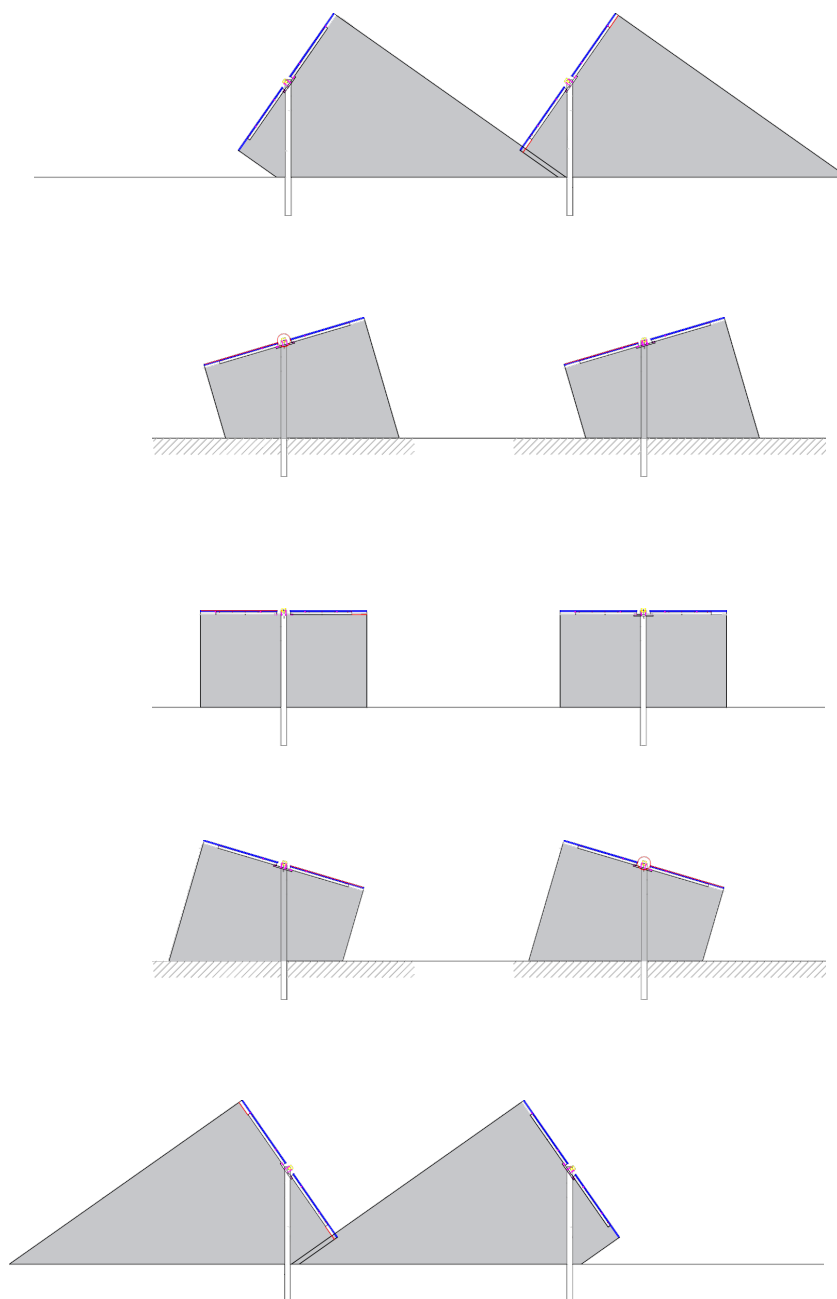
una maggiore umidità relativa dell'aria al mattino, e minore nel tardo pomeriggio-sera rispetto a zone in pieno sole.

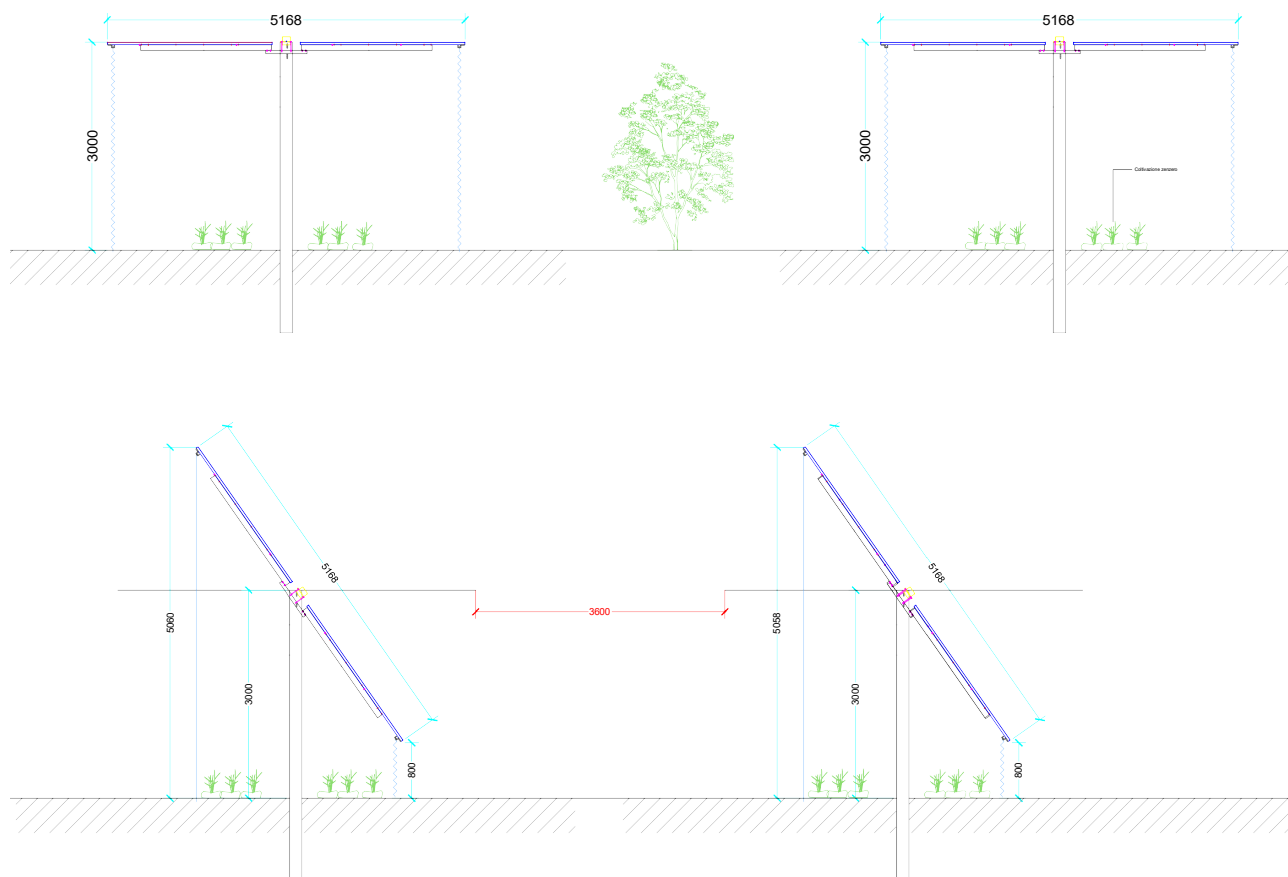
L'ombreggiamento delle colture è una pratica agricola molto utilizzata, ad esempio nelle serre per ridurre le temperature nel periodo estivo tramite reti ombreggianti (dal 30 al 50% di ombreggiamento) o pannelli fotovoltaici; l'ombreggiamento riduce la percentuale di nicotina nel tabacco e, nelle serre serve per favorire la colorazione rossa del pomodoro che sarebbe ostacolata da temperature troppo elevate.

Ogni specie vegetale necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto zero di vegetazione. Oltre questa base termica, l'accrescimento accelera all'aumentare della temperatura fino ad una temperatura ottimale, specifica per ciascun stadio di sviluppo, oltre la quale l'accrescimento rallenta fino ad arrestarsi (temperatura massima). Le elevate temperature estive, oltre la temperatura massima, possono quindi danneggiare l'accrescimento delle piante, condizione che si sta progressivamente accentuando in pieno sole a causa del cambiamento climatico. Per mitigare questi effetti, numerosi studi scientifici oggi sono concordi nel suggerire l'introduzione nei sistemi agricoli di filari alberati e siepi a distanza regolare, proprio per attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive. Un servizio analogo potrebbe essere offerto dall'impianto agri-voltaico.

4. PROGRAMMA DI COLTIVAZIONE POST-INTERVENTO

Il sistema agri-voltaico proposto rappresenta un piano di miglioramento e modernizzazione aziendale. Il progetto prevede l'installazione di inseguitori solari mono-assiali nei quali, contrariamente a quanto avviene con il fotovoltaico tradizionale (pannelli fissi rivolti verso sud) che presenta una zona d'ombra concentrata in corrispondenza dell'area coperta dai pannelli stessi, vi è una fascia d'ombra che si sposta con gradualità durante il giorno da ovest a est sull'intera superficie del terreno. Come conseguenza non si vengono a creare zone costantemente ombreggiate o costantemente soleggiate. La coltivazione di zenzero e curcuma nella parte sottostante i pannelli e prato polifita negli spazi tra i pannelli consentirà di ottimizzare al massimo l'utilizzo del suolo.





Date le premesse su esposte in merito alla risposta delle piante all'ombreggiamento, nell'impianto agri-voltaico in oggetto si prevede di coltivare un **prato polifita permanente destinato alla produzione di foraggio e un impianto di zenzero e curcuma nella parte sottostante i pannelli**. Tale scelta, incontra un elevato livello di naturalità e di rispetto ambientale per effetto del limitatissimo impiego di input colturali, consente di attirare e dare protezione alla fauna e all'entomofauna selvatica, in particolare le api, e rappresenta la migliore soluzione per coltivare l'intera superficie di terreno e ottenere produzioni analoghe a quelle che si raggiungerebbero in pieno sole. Va evidenziato, infatti, che negli impianti agri-voltaici ad inseguimento solare esistenti viene coltivato solamente la fascia centrale, corrispondente al 70% della superficie, mentre vengono mantenute inerbite le fasce di rispetto immediatamente adiacenti al filare.

3.1 COLTIVAZIONE DELLO ZENZERO

Lo zenzero (*Zingiber officinale*) si coltiva in zone tropicali e subtropicali (Perù, Brasile, India, Indonesia e Cina). Ha un ciclo produttivo di 220 giorni circa (simile a quello delle patate). Necessita di molta acqua ma soffre i ristagni, gli eccessi di calore e un'esposizione giornaliera prolungata alla luce; quindi, va coltivato in strutture simili a serre, all'ombra o in penombra. In Sardegna si può fare un ciclo estivo da marzo a novembre «Grazie all'attività di ricerca e adattamento varietale avviate in Sardegna grazie al Consorzio Italiano Zenzero sono stati selezionati dei cloni che si adattano benissimo alla coltivazione sotto serra fotovoltaica. «Per la corretta formazione del rizoma bisogna coltivare la pianta seguendo precise tecniche la forma della radice deve essere simile a quella di una mano». La coltivazione avverrà con il sistema fuori suolo, verranno utilizzati dei contenitori (vasi o sacchi di plastica per alimenti) che verranno riempiti con terriccio nella giusta composizione dove verranno impiantati i rizomi .

Parametri produzione			
Superficie totale	100000,00	100000,00	100000,00
Larghezza impianto (mt)	40,00	40,00	40,00
Lunghezza impianto (mt)	75,00	75,00	75,00
Numero fitocelle	700.000,00	700.000,00	700.000,00
Numero piantine	700.000,00	700.000,00	700.000,00
Produzione (KG)	560.000,00	560.000,00	560.000,00
Biomassa Ricavata foglie e fusto (kg)	1.400.000,00	1.400.000,00	1.400.000,00
Costi			
Piantine	€ 490.000,00	€ 490.000,00	€ 490.000,00
Fitocelle	€ 385.000,00	€ 38.500,00	€ 38.500,00
Substrato primo allestimento	€ 140.000,00		€ 0,00
Substrato integrazione		€ 28.000,00	€ 28.000,00
Impianto Fertirrigazione	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.000,00
Bioestimolanti Vegetali/fertilizzanti bio	€ 40.000,00	€ 40.000,00	€ 40.000,00
Costi di manodopera	€ 12.500,00	€ 12.500,00	€ 12.500,00
Costo totale	€ 1.069.500,00	€ 611.000,00	€ 611.000,00
Costo cumulativo	€ 1.069.500,00	€ 1.680.500,00	€ 2.291.500,00
Ricavi			
Vendita prodotto	€ 1.680.000,00	€ 1.680.000,00	€ 1.680.000,00
Cumulativo vendita	€ 1.680.000,00	€ 3.360.000,00	€ 5.040.000,00
Margine			
Margine lordo	€ 610.500,00	€ 1.069.000,00	€ 1.069.000,00
Cumulativo margine lordo	€ 610.500,00	€ 1.679.500,00	€ 2.748.500,00

3.2 COLTIVAZIONE DEL PRATO POLIFITA PERMANENTE

La coltivazione scelta è quella della **produzione di foraggio con prato permanente**. Il prato polifita permanente, ritenuto la miglior scelta per l'impianto agri-voltaico, si caratterizza per la presenza sinergica di molte specie foraggere, generalmente appartenenti alle due famiglie botaniche più importanti, graminacee e leguminose, permettendo così la massima espressione di biodiversità vegetale. Molte leguminose foraggere, come il trifoglio pratense, il trifoglio bianco ed il trifoglio incarnato, ed il ginestrino, sono anche piante mellifere, potendo fornire un ambiente di protezione idoneo alle api selvatiche e all'ape domestica. In merito al potere mellifero, il trifoglio pratense è classificato come specie di classe III, mentre il ginestrino di classe II, potendo fornire rispettivamente da 51 a 100 kg miele e da 25 a 50 kg di miele per ettaro.

Il prato polifita permanente non necessita di alcuna rotazione e quindi non deve essere annualmente lavorato come avviene negli altri seminativi, condizione che favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, e allo stesso tempo la produzione e la raccolta del foraggio. Diversamente da quello che si potrebbe pensare, questa condizione mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso con conseguente arricchimento sia in termini di biodiversità che di quantità della biofase del terreno. Il cotico erboso permanente consente anche un agevole passaggio dei mezzi meccanici utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche con terreno in condizioni di elevata umidità.

Le piante che costituiscono il prato permanente variano in base al tipo di terreno e alle condizioni climatiche e saranno individuate in base all'analisi del terreno. In generale, si può dire che verrà impiegato un **miscuglio di graminacee e di leguminose**:

- le graminacee, a rapido accrescimento dopo lo sfalcio, sono ricche di energia e di fibra;

- le leguminose sono molto importanti perché fissano l'azoto atmosferico, in parte cedendolo alle graminacee e fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, e offrono un foraggio di elevato valore nutritivo grazie alla abbondante presenza di proteine.

Per massimizzare la produzione verrà impiegato un unico miscuglio con un elevato numero di specie che favorirà la selezione naturale di quelle più adatte a diverse distanze dal filare fotovoltaico in funzione del gradiente di soleggiamento/ombreggiamento.

I prati stabili di pianura gestiti in regime non irriguo possono fornire 2-3 sfalci all'anno con produzioni medie pari a 8-10 tonnellate per ettaro di fieno, derivanti principalmente dal primo sfalcio, e fino a 4-5 sfalci, con una produzione complessiva di 12-14 tonnellate, in irriguo. Tradizionalmente gli sfalci vengono denominati, in ordine cronologico, maggengo, agostano, terzuolo e quartirolo. Il maggengo, come detto, è il primo e viene ottenuto nella prima metà del mese di maggio. Gli altri cadono a intervallo variabile dai 35-40 giorni per i prati irrigui e fino a 50-60 giorni per quelli asciutti, anche in funzione dell'andamento pluviometrico. Il primo e l'ultimo sfalcio forniscono un foraggio ricco di graminacee (microterme), mentre le leguminose (macroterme) prevalgono nei mesi estivi.

Il fieno ricavato verrà utilizzato prevalentemente per l'alimentazione degli ovini.

L'interesse tra i filari fotovoltaici, unitamente alla possibilità di reclinare completamente i pannelli con appositi automatismi, consente l'accesso a qualsiasi tipo di mezzo meccanico comunemente impiegato nella fienagione, che consistono in trattrici di potenza medio-bassa, e piccole e medie attrezzature agricole (barre falcianti, spandi-voltafieno, giro-andanatori, rotoimballatrici).

Va inoltre ribadito che la combinazione tra fotovoltaico ad inseguimento monoassiale e prato polifita permanente consente l'utilizzo dell'intera superficie al suolo per scopi agricoli.

Nell'analisi dell'interazione coltura-sistema fotovoltaico vanno considerati i seguenti elementi:

1. I filari fotovoltaici consentono un agevole accesso per le lavorazioni agricole ai mezzi meccanici utilizzati per la coltivazione, lo sfalcio e la raccolta del foraggio; e soprattutto consentono un agevole accesso alla parte sottostante i pannelli dove sono presenti le coltivazioni di zenzero e curcuma.
2. La posizione di blocco dei pannelli in totale rotazione ovest o est, in questo modo è agevole lavorare il terreno per la semina del prato e il posizionamento dei contenitori fino a ridosso dei sostegni;
3. Il prato polifita permanente arricchisce progressivamente di sostanza organica e di biodiversità il terreno, mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso, le leguminose presenti nel miscuglio fissano l'azoto atmosferico fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, e offrono un foraggio di elevato valore nutritivo ricco di proteine.

L'impatto del sistema fotovoltaico sul suolo è ritenuto minimo, in quanto non interessato in modo significativo da infrastrutture inamovibili.

5. SVILUPPO AZIENDALE FUTURO

Lo zenzero e la curcuma prodotti verranno venduti nei canali della GDO, l'azienda aderirà al Consorzio Zenzero Italiano di cui fanno parte i quattro soci fondatori tutti punti di riferimento nel settore ortofrutticolo: Valfrutta Fresco (business unit di Apo Conerpo), la multinazionale della frutta Del Monte, la cooperativa ortofrutticola Agrintesa di Faenza (Ra), e Agritechno Srl. Il foraggio prodotto in azienda dal sistema agrivoltaico potrà essere commercializzato e destinato, come detto, all'alimentazione di diverse tipologie di animali. L'elevata qualità del foraggio ottenuto con l'essiccazione in due tempi consentirà di ottenere una marginalità superiore rispetto ai prezzi medi di mercato. In un'ottica di valorizzazione del prodotto e di ulteriore sviluppo aziendale è possibile sfruttare la disponibilità nel centro aziendale di due stalle, già autorizzate all'allevamento, di superficie coperta a box con grigliato pari a 1522 m², e di annessa superficie a box esterna non coperta di pari entità (1530 m²), per l'allevamento di bovini da carne. Considerate le superfici minime richieste nel rispetto dei requisiti di benessere animale (DGR Veneto n. 1299 del 3/7/2012) di 3 m² per capo bovino adulto (vitellone del peso medio di 400 kg), sarebbero potenzialmente allevabili fino a circa 1000 capi. Va considerato che il Comune di Badia Polesine ricade in Zona vulnerabile, dove il carico massimo di azoto da deiezioni animali e/o concimazioni chimiche è di 170 kg/ha/anno (DGR Veneto n. 877 del 7/4/2009). Poiché per la classe di animali considerata, un singolo vitellone produce annualmente con le deiezioni 33,6 kg di azoto (DGR Veneto n. 2217).

6. CONCLUSIONI

Attraverso la scelta di una idonea coltura, tollerante al parziale ombreggiamento generato dai pannelli fotovoltaici, è possibile migliorare la produttività agricola e la conseguente marginalità e sfruttare tutta la superficie del suolo sotto ai pannelli solari per scopi agricoli. A differenza di tutte le altre coltivazioni come ad esempio i cereali, che sono possibili solo nella zona centrale dell'interfilare fotovoltaico, la scelta di coltivare specie foraggere all'interno di un miscuglio di prato polifita e lo zenzero e la curcuma sotto i pannelli fotovoltaici, consente di sfruttare l'intera superficie del terreno. La presenza, inoltre, di molte specie nel miscuglio foraggero, garantisce un perfetto equilibrio e adattamento del prato alle specifiche e variabili condizioni di illuminamento, favorendo l'una o l'altra essenza foraggera in funzione delle variabili condizioni microclimatiche che si vengono a realizzare a diverse distanze dal filare fotovoltaico.

Sebbene siano diverse le colture realizzabili all'interno di un impianto agri-voltaico, e con marginalità spesso comparabile, la scelta delle due coltivazioni consente di raggiungere contemporaneamente più obiettivi, oltre alla convenienza economica: conservazione della qualità dei corpi idrici, aumento della sostanza organica dei terreni, minor inquinamento ambientale da fitofarmaci, minor consumo di carburanti fossili, aumento della biodiversità vegetale e animale, creando, in particolare, un ambiente idoneo alla protezione delle api, raggiungendosi così il massimo dei benefici.