



# RESFARM

Il primo ingegnere agrivoltaico

## Relazione agronomica

Meninas Srl– Impianto di generazione da fonte rinnovabile (Agrivoltaico avanzato) con potenza nominale pari a 89 MW e relative opere di connessione alla RTN – “Ceta” Crevalcore (BO)

<i>Cliente   Client</i>	Meninas Srl
<i>Rif. Cliente   Ref. Client</i>	Roberto Grigoletto
<i>Fornitore   Supplier</i>	ResFarm Srl
<i>Rif. Fornitore   Ref. Supplier</i>	Alessio Pinzone – <a href="mailto:alessio.pinzone@resfarm.it">alessio.pinzone@resfarm.it</a>
<i>Affare n.   Deal n.</i>	RF25_385
<i>Revisione   Revision</i>	00
<i>Data   Date</i>	13/04/20265
<i>Preparata da   Prepared by</i>	Carmine De Francesco / Fernando Di Benigno
<i>Revisionata da   Reviewed by</i>	Andrea Oliva
<i>Autorizzata da   Authorized by</i>	Andrea Oliva

# Sommario

<b>1</b>	<b>Executive summary</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Introduzione</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Stato di fatto e analisi territoriale</b>	<b>12</b>
3.1	<i>Orografia del terreno</i>	13
3.2	<i>Analisi del contesto</i>	13
3.3	<i>Stato di fatto</i>	14
3.4	<i>Coltivazioni presenti</i>	16
3.5	<i>Analisi dei punti di prelievo dell'acqua</i>	16
3.6	<i>Clima e Fitoclima</i>	17
3.7	<i>Pedogenesi</i>	18
3.8	<i>Capacità d'uso del suolo</i>	18
3.9	<i>Presenza di colture DOP o IGP</i>	19
3.10	<i>Zone di vulnerabilità ai nitrati</i>	20
<b>4</b>	<b>Matrice dei valori</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Progetto agronomico</b>	<b>23</b>
5.1	<i>Layout dell'impianto</i>	23
5.2	<i>Definizione del piano colturale</i>	24
5.3	<i>Scelta delle specie vegetali</i>	25
5.4	<i>Fascia di mitigazione</i>	29
5.5	<i>Gestione dell'attività agrivoltaica</i>	33
5.6	<i>Sistema di monitoraggio</i>	38
<b>6</b>	<b>Quadro economico di progetto</b>	<b>41</b>
6.1	<i>Calcolo PLV</i>	41
6.2	<i>Analisi dei costi</i>	42
6.3	<i>Analisi delle U.L.U.</i>	44
<b>7</b>	<b>Linee guida in materia di impianti agrivoltaici</b>	<b>46</b>
7.1	<i>Requisito A</i>	47

7.2	Requisito B	47
7.3	Requisito C	49
7.4	Requisito D ed E	49
<b>8</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>52</b>

## LISTA DELLE TABELLE

TABELLA 1: CARATTERISTICHE TECNICHE IMPIANTO AGRIVOLTAICO	6
TABELLA 2: MATRICE DEI VALORI	7
TABELLA 3: LEGENDA DELLA MATRICE DEI VALORI	8
TABELLA 4: CONFRONTO PLV PRE E POST INTERVENTO	8
TABELLA 5: REQUISITI PER IMPIANTI AGRIVOLTAICI AVANZATI	9
TABELLA 6: MATRICE DEI VALORI	21
TABELLA 7: CURE COLTURALI ERBA MEDICA	27
TABELLA 8: SPECIE VEGETALI SELEZIONATE	28
TABELLA 9: CRITERI GEOMETRICI E SESTO DI IMPIANTO	32
TABELLA 10: CRITERI GEOMETRICI	34
TABELLA 11: ESEMPIO DI TRATTORI GOMMATI FRUTTETO	36
TABELLA 12: ESEMPIO DI PARCO MACCHINE COMPATIBILE CON L'IMPIANTO AGRIFV	37
TABELLA 13: CALCOLO DELLA PLV PRE INTERVENTO	41
TABELLA 14: CALCOLO DELLA PLV POST INTERVENTO	41
TABELLA 15: DIFFERENZA DELLA PLV PRE E POST	42
TABELLA 16: ANALISI DEI COSTI IN CAMPO APERTO	42
TABELLA 17: ANALISI DEI COSTI FASCIA DI MITIGAZIONE	43
TABELLA 18: ANALISI ULU	45

## LISTA DELLE IMMAGINI

IMMAGINE 1: AREA DI PROGETTO	12
IMMAGINE 2: AREA LIMITROFA A QUELLA DI PROGETTO	13
IMMAGINE 3: AREA DI PROGETTO - STATO DI FATTO	15
IMMAGINE 4: AREA DI PROGETTO – STATO DI FATTO	15
IMMAGINE 5: AREA DI PROGETTO – BARRIERE VEGETALI	15
IMMAGINE 6: AREA DI PROGETTO – BARRIERE VEGETALI	15
IMMAGINE 7: ROVERELLA (QUERCUS PUBESCENS)	16
IMMAGINE 8: ROVERELLA (QUERCUS PUBESCENS)	16
IMMAGINE 9: PIOPPA NERA (POPULUS NIGRA)	16
IMMAGINE 10: PIOPPA NERA (POPULUS NIGRA)	16
IMMAGINE 11: TABELLA CLIMATICA	17
IMMAGINE 12: ESTRATTO DELLA CARTA D'USO DEL SUOLO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA	19
IMMAGINE 13: ESTRATTO DELLA MAPPA DELLE AREE ZVN REGINE EMILIA ROMAGNA	20
IMMAGINE 14: LAYOUT GENERALE DELL'IMPIANTO	24
IMMAGINE 15: ERBA MEDICA	27
IMMAGINE 16: ERBA MEDICA	27
IMMAGINE 17: ESEMPIO GRAFICO DEL LAYOUT DELLA FASCIA DI MITIGAZIONE	31
IMMAGINE 18: VISTA DALL'ALTO	33
IMMAGINE 19: VISTA DI PROFILO	33
IMMAGINE 20: REQUISITO DI – RISPARMIO IDRICO	40
IMMAGINE 21: SISTEMA GESTIONALE PER LA DIGITALIZZAZIONE DELLE INFORMAZIONI AGRONOMICHE	40
IMMAGINE 22: SISTEMA DI MONITORAGGIO DEL MICROCLIMA	40

IMMAGINE 23: SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA IOT PER LA STAZIONE METEO E GLI ACCESSORI DISPONIBILI	40
IMMAGINE 24: MONITORAGGIO CON DSS INSETTI	40
IMMAGINE 25: MONITORAGGIO CON IL DSS INSETTI	40

## I Executive summary

L'area oggetto dell'intervento, situata nel Comune di Crevalcore vicino al confine con Camposanto, è un appezzamento agricolo di forma regolare, attualmente coltivato, come si evince anche da fascicolo aziendale dell'azienda operante sul sito di interesse (CETA SOCIETA' AGRICOLA DI GOTTARDO TIZIANO S. S.), trattasi di un seminativo con rotazioni colturali di Soia, Fave, Semi e Granella. Inoltre, sono presenti anche siepi e fasce alberate, sistemi lineari incluso/adiacente al seminativo.

L'area si inserisce in un ambiente antropico caratterizzato dalla presenza della linea ferroviaria a Ovest, la SP9 a EST e la via Panaro a NORD. Quest'ultima costeggia l'omonimo Fiume Panaro ma non facente parte del progetto agrivoltaico, dato dal rispetto della fascia di 150 metri dai corsi d'acqua, come stabilito dal DL 22 gennaio 2004, n.42.

La favorevole morfologia pianeggiante rende il sito ideale per l'evoluzione agricola tramite un impianto agrivoltaico, che potrebbe migliorare una funzionalità agricola e attivare la produzione di energia rinnovabile.

L'intervento, consistente nella realizzazione di un impianto agrivoltaico, consentirebbe quindi il pieno miglioramento agricolo e la valorizzazione del terreno.

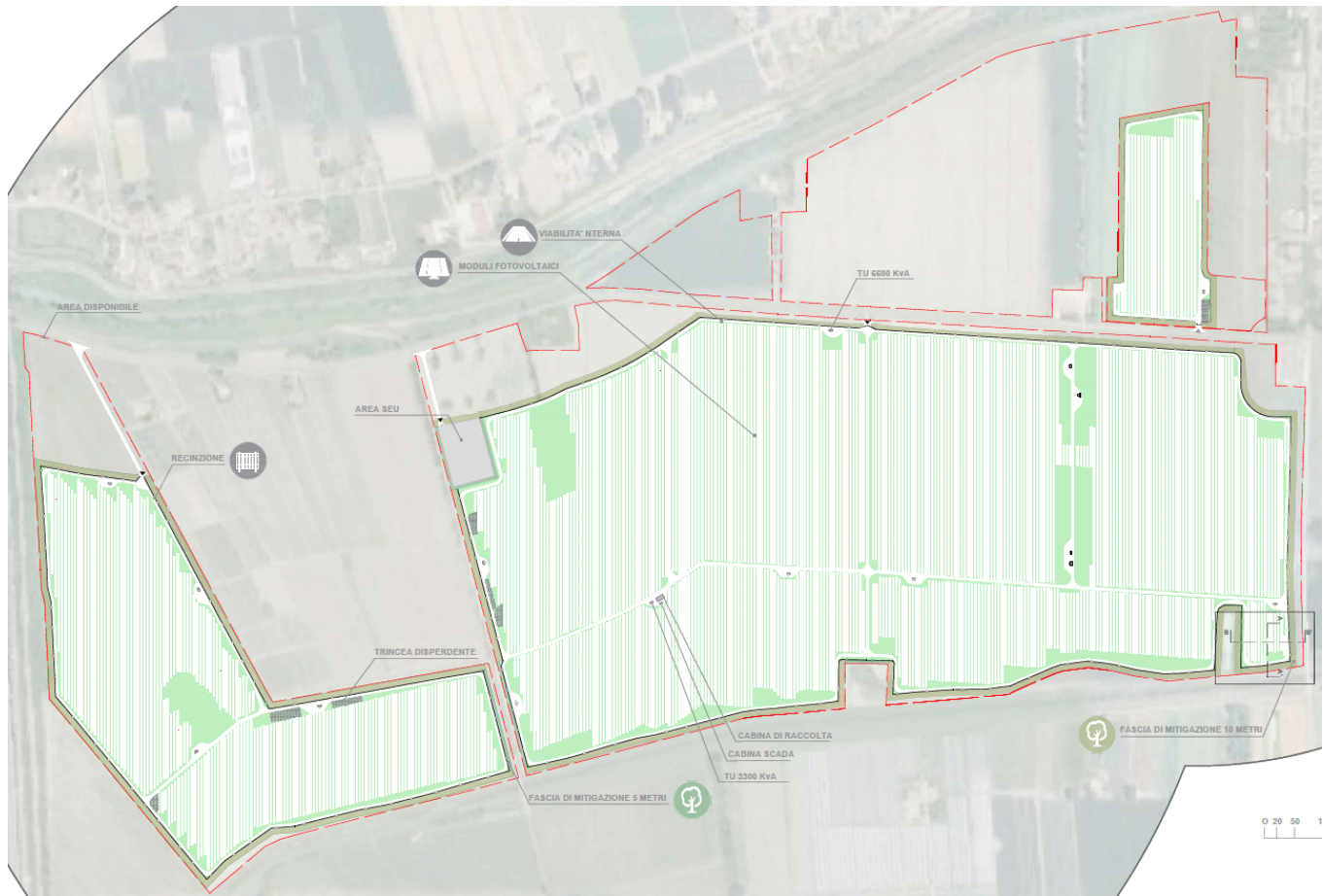


Figura 1: Area di progetto

## Proposta progettuale

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico di tipo avanzato integrato ad un'attività agricola basata sulla coltivazione foraggera. In particolare, verrà introdotta la coltura dell'erba medica (*Medicago sativa*) a ciclo poliennale, alternata a miscugli foraggeri annuali costituiti da graminacee e leguminose, al fine di garantire la continuità produttiva e la copertura vegetale dell'intera superficie.

All'interno dell'impianto sarà inoltre realizzata una fascia di mitigazione perimetrale destinata al miglioramento della biodiversità e alla connessione ecologica con il paesaggio agricolo circostante.

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato con moduli su tracker monoassiali, sollevati da terra e disposti con ampi interfilari, in modo da consentire la coltivazione integrale della superficie agricola e l'esecuzione delle ordinarie lavorazioni con mezzi agricoli compatti di tipo vigneto-frutteto, nel rispetto delle distanze e altezze funzionali al modello agrivoltaico avanzato

Il piano colturale è stato studiato per ottimizzare la produttività foraggera e la fertilità del suolo, con l'impiego di miscugli erbacei a basso input, seminati con essenze rustiche e autoctone.

### Tabella 1: Caratteristiche tecniche impianto agrivoltaico

Tematica	Dettagli	Informazioni
Potenza di picco dell'impianto		88,99 MWp
Tipologia impianto	Agrivoltaico avanzato	
Altezza minima modulo da terra		2,10 m
Area totale di impianto		104,41 ha
Aree di servizio (strade, cabine etc.)		4,68 ha
Tipologie di colture presenti	Seminativo / Foraggiere	
Tipologie di colture previste	Fascia perimetrale: Ligustro + specie arbustive autoctone	7,28 ha
	Area interna impianto: Erba medica in rotazione con prati annuali di graminacee e leguminose	84,21 ha

## Sistema di monitoraggio

Il monitoraggio della continuità agricola (Requisito D2) e delle condizioni microclimatiche (Requisito E) sarà effettuato annualmente tramite una stazione agrometeorologica in sito, integrata con un sistema DSS per l'elaborazione dei dati su parametri produttivi e ambientali così come previsto dalle linee guida MITE.

Le informazioni raccolte, tra cui rese colturali, operazioni agronomiche, dati climatici e, se presenti, consumi idrici, saranno riportate in una relazione tecnica annuale asseverata da un professionista abilitato, in conformità alle Linee Guida.

Questo sistema assicura trasparenza, tracciabilità e verifica oggettiva dei requisiti per la qualificazione dell'impianto come agrivoltaico avanzato.

## Matrice dei valori

Tabella 2: Matrice dei valori

ID	Stato di fatto	Criticità	Proposta migliorativa
1	Il sito ad oggi risulta gestito e coltivato a seminativo / foraggiere	Coltivazioni di seminativi estensivi	inerbimento permanente durante tutto l'anno e rotazione con prati annuali
2	Biodiversità impoverita	Insetti pronubi a rischio	una fascia di mitigazione con specie autoctone con fioriture scaglionate nel tempo, che creano delle nicchie ecologiche atte ad aumentare la biodiversità del sito

3	Ad oggi non è prevista nessuna azione di monitoraggio.	operazioni agricole standard	Il sistema di monitoraggio permetterà ottimizzazione agricola
4	Il suolo mostra alcune criticità, soprattutto in presenza di tessiture fini e compattazione.	Cattivo drenaggio e fenomeni di stagnazione	Inerbimento permanente, lavorazioni minime e l'incremento della sostanza organica permetteranno una migliore regimazione delle acque meteoriche
5	Il sito ad oggi non prevede l'uso di acqua.	non è presente alcuna infrastruttura per l'irrigazione	irrigazione di soccorso limitata alla fascia di mitigazione

Tabella 3: Legenda della matrice dei valori

Miglioramento	Descrizione
<b>Alto</b>	miglioramento dello stato di fatto che ha un forte impatto sul territorio
<b>Medio</b>	miglioramento con un impatto medio rispetto allo stato di fatto
<b>Invariato</b>	Si prevede di non modificare lo stato di fatto

## Analisi Pre e Post intervento

Il calcolo economico è stato effettuato su base ettaro utilizzando i prezzi ISMEA Marcati-Borsa di Bologna e applicato all'intera superficie aziendale.

La differenza tra la Produzione Lorda Vendibile ("PLV") pre e post intervento dimostra come l'impianto agrivoltaico migliori la produttiva del fondo, in piena coerenza con le Linee Guida MASE per l'agrivoltaico avanzato.

Tabella 4: Confronto PLV pre e post intervento

PLV pre e post intervento	Valore minimo (€)	Valore massimo (€)
PLV pre intervento	125.296	275.650
PLV post intervento	164.214	318.323
<b>Differenza PLV<sub>pre</sub>/PLV<sub>post</sub> %</b>	<b>+ 24%</b>	<b>+ 13%</b>

## Verifica dei requisiti GSE per impianti agrivoltaici avanzati PNRR

A seguito delle analisi svolte tutti i requisiti definiti all'interno dalle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" (MiTE,2022) e dal DM – Agrivoltaico del 31 maggio 2024 e le linee guida GSE – CREA e delle linee guida operative del GSE per impianti agrivoltaici di tipo avanzato con incentivi PNRR, risultano rispettati ed in particolare:

Tabella 5: Requisiti per impianti agrivoltaici avanzati

Requisito	Descrizione	Stato
<b>A</b>	valorizzazione del potenziale produttivo agricolo ed energetico	Verificato
<b>A.1</b>	Requisito A1 la Superficie minima coltivata (S agricola), intesa come superficie minima dedicata alla coltivazione, dev'essere maggiore o uguale al 70% della Superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S tot).	Verificato
<b>A.2</b>	Requisito A2 Il LAOR (Land Area Occupation Ratio), cioè il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv) e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S tot), dev'essere minore o uguale al 40%.	Verificato
<b>B</b>	Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e Zootecnica;	Verificato
<b>B.1</b>	La continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento.	Verificato
<b>B.2</b>	La producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.	Verificato
<b>C</b>	L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;	Verificato
<b>D</b>	l'azienda deve essere dotata di un adeguato sistema di monitoraggio che consenta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico anche in termini di risparmio idrico e di continuità dell'attività agricola.	Verificato
<b>E</b>	Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.	Verificato

## Considerazioni finali

Il progetto, nel suo complesso — che integra la componente fotovoltaica, agricola e gli interventi di incremento della biodiversità — presenta un'elevata sostenibilità ambientale ed economica, pienamente coerente con le nuove politiche green nazionali ed europee. L'analisi economica dell'attività agricola è stata condotta considerando le potenzialità produttive minime, evidenziando comunque margini economici significativi, in linea con l'obiettivo primario di migliorare la qualità ambientale e favorire la biodiversità.

Il progetto è stato concepito sin dalle fasi preliminari per valorizzare il binomio agricoltura–energia, assicurando la piena compatibilità tra la componente fotovoltaica e le pratiche agricole previste. Tale integrazione è finalizzata non solo al mantenimento dell'attività agricola connessa all'impianto, ma anche al sostegno del tessuto economico e produttivo locale, in una prospettiva di sviluppo sostenibile e duraturo nel tempo..



## 2 Introduzione

Il presente elaborato ha lo scopo di ottimizzare l'accoppiamento della produzione di energia rinnovabile con la produzione agraria e zootecnica, migliorando la potenzialità produttiva agricola/zootecnica del sito valorizzando il territorio.

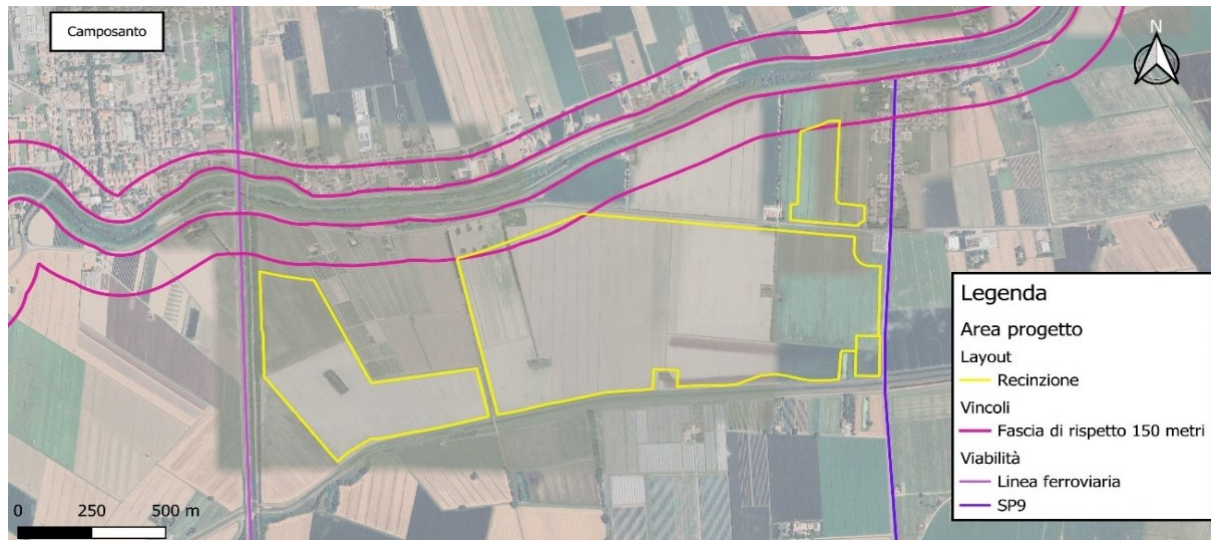
Un sistema agrivoltaico rappresenta, infatti un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico. Qualora progettato in maniera non attenta, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole potrebbero risultare difficilmente integrabili fino ad essere in opposizione l'uno con l'altro, in quanto le soluzioni tese ad ottimizzare la captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa.

La contestuale sinergia tra l'installazione di pannelli fotovoltaici e l'attività primaria sulla stessa superficie è un concetto che è stato introdotto già nel 1982 (Goetzberger et Zastrow, 1982) e attualmente - in Italia e nel mondo - si stanno finalmente diffondendo impianti commerciali che utilizzano questo sistema, con una notevole impennata registrata negli ultimi cinque anni (Reasoner et al. 2022).

La presenza dei moduli su suolo agrario, quindi, non preclude l'uso agricolo dell'area, anzi tale modello agrivoltaico può rappresentare, qualora ben progettato, un percorso virtuoso per coniugare la produzione alimentare e la produzione energetica da fonti rinnovabili.

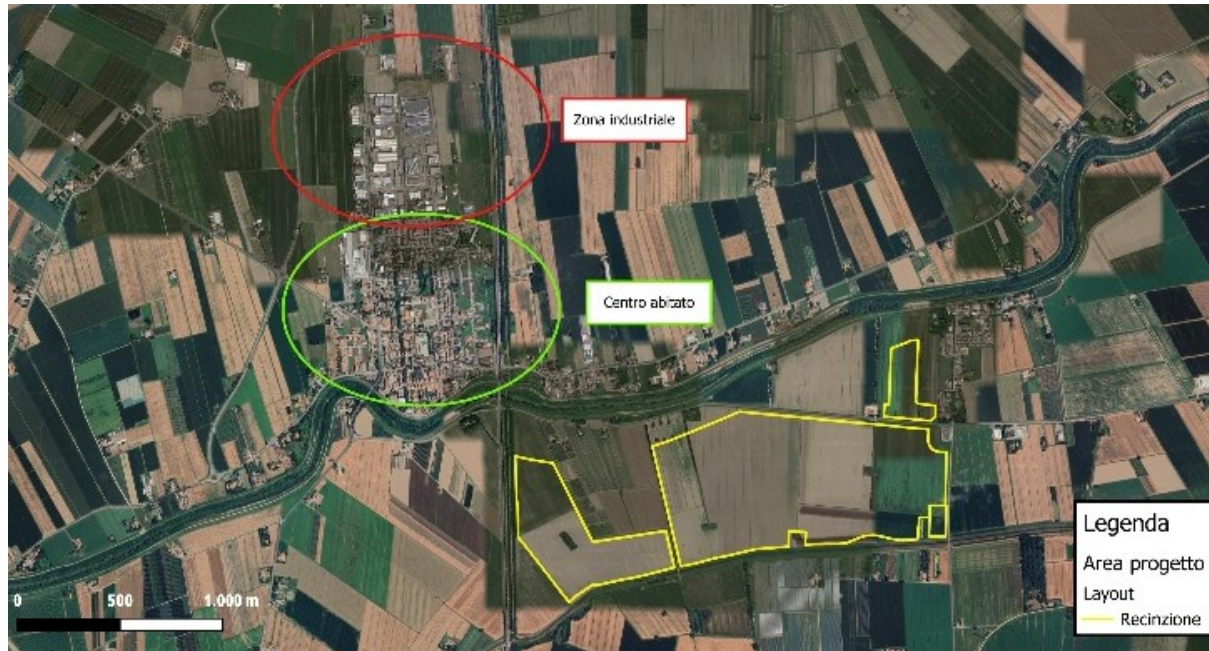
### 3 Stato di fatto e analisi territoriale

Il sito oggetto del presente progetto è ubicato in area agricola nel territorio comunale di Crevalcore (BO), in Via Panaro – S.P. 9 “Crevalcore – Galeazza”, alle coordinate geografiche latitudine 44.784242 e longitudine 11.160381. L’area di intervento si colloca a circa 6 km in linea d’aria dal centro urbano di Crevalcore e a 280 m dal comune di Camposanto, inserendosi in un contesto territoriale eterogeneo, caratterizzato da un mosaico di superfici a destinazione agronomica, residenziale e industriale come riportato in figura 1.



*Immagine 1: Area di progetto*

In particolare, si evidenzia la presenza di terreni agricoli destinati prevalentemente a seminativi, con la presenza puntuale di serre e tunnel agricoli, nonché la vicinanza alla zona industriale di Camposanto, alla ferrovia e alla strada provinciale SP9 come riportato in figura 2.



*Immagine 2: Area limitrofa a quella di progetto*

L'analisi del contesto agroambientale territoriale, condotta su scala regionale, ha la funzione di inquadrare l'areale oggetto di intervento, mettendo in evidenza le principali caratteristiche climatiche, fitoclimatiche, pluviometriche, morfo-pedologiche e idrologiche dell'area. Tali informazioni risultano essenziali per la corretta caratterizzazione agronomica del sito e per la valutazione della compatibilità delle specie vegetali potenzialmente adattabili alle condizioni locali.

I dati raccolti consentono di delineare un quadro conoscitivo integrato utile alla gestione efficiente delle risorse naturali e alla definizione di strategie di ottimizzazione della produttività agricola. Nei capitoli successivi sono presentate in dettaglio le analisi eseguite sui diversi ambiti di interesse, finalizzate a verificare le condizioni pedo-climatiche insistenti sull'area di progetto e a fornire una caratterizzazione puntuale indispensabile per la successiva fase di progettazione e conduzione agronomica.

### 3.1 Orografia del terreno

L'intera superficie è sita ad un'altitudine che va dai 16 m ai 18 m, senza orientamento principale. Presenta diversi lievi avvallamenti dovuti a fossi e canali per il drenaggio delle acque, data la natura pianeggiante del sito. Per la sicurezza degli operatori e del territorio dovranno essere mantenuti i deflussi principali e secondari per evitare fenomeni di allagamento o eccessivo ristagno idrico.

### 3.2 Analisi del contesto

Il territorio agricolo interessato, situato nel comune di Crevalcore, in provincia di Bologna, si colloca nella parte centro-occidentale della pianura emiliano-romagnola, in un'area tipicamente pianeggiante, caratterizzata da una fitta maglia agraria regolare e da una storica vocazione agricola. L'areale di interesse si inserisce in un paesaggio rurale ordinato e fortemente antropizzato, dove la presenza di case coloniche, strade poderali e canali di bonifica testimonia la lunga opera di sistemazione idraulica e agraria della pianura.

I suoli presentano tessiture prevalentemente franco-limose e limoso-argillose, derivanti dai depositi alluvionali del fiume Reno e dei corsi minori che caratterizzano l'area, con una buona fertilità naturale e una discreta capacità di ritenzione idrica. La morfologia facilita la meccanizzazione delle operazioni agricole e consente l'adozione di ordinamenti produttivi intensivi. Le pratiche irrigue, diffuse soprattutto nei mesi estivi, si basano sulla presenza di canali consortili e sistemi di distribuzione aziendale, che garantiscono la coltivazione di colture a maggiore fabbisogno idrico.

L'ordinamento colturale vede la dominanza di cereali autunno-vernini come frumento tenero e duro, mais e orzo, spesso inseriti in rotazioni con soia e altre leguminose da granella, affiancato a foraggiere annuali e poliennali come medica, loietto e trifoglio destinate all'allevamento bovino e suino, tradizionalmente diffuso nell'area bolognese. In alcune porzioni irrigue trovano spazio anche coltivazioni orticole a ciclo primaverile-estivo, tra cui melone, anguria e ortaggi di pieno campo, orientati prevalentemente al mercato locale e alla filiera agroindustriale regionale.

Il paesaggio agrario si configura come un mosaico regolare di grandi appezzamenti coltivati, interrotti da filari di pioppi e salici lungo i canali di scolo e da macchie di vegetazione arbustiva residuale, che svolgono funzioni ecologiche e paesaggistiche. L'assenza di rilievi e la maglia poderale rettilinea conferiscono all'area un aspetto tipicamente padano, caratterizzato dall'ampiezza visiva e dalla razionalità degli impianti agricoli.

Negli ultimi anni si registra una crescente attenzione verso pratiche agricole sostenibili e diversificate, con l'introduzione di tecniche di agricoltura di precisione e sistemi di agricoltura integrata e biologica. Alcune aziende hanno avviato percorsi di multifunzionalità, orientandosi verso la produzione di energia rinnovabile da biomasse agricole e impianti fotovoltaici integrati, coerenti con le politiche di sostenibilità ambientale promosse a livello regionale.

Inoltre, l'area in oggetto, rientra all'interno dell'areale di produzione del Parmigiano Reggiano DOP, così come descritto nel disciplinare che comprende la parte della provincia di Bologna situata alla sinistra idrografica del fiume Reno. Tale collocazione conferisce ai terreni un valore aggiunto in termini di vocazione zootecnica e agroalimentare, poiché consente alle aziende agricole presenti di orientare le proprie produzioni verso filiere certificate di pregio, con particolare riferimento all'allevamento bovino da latte destinato alla trasformazione casearia. La presenza all'interno dell'areale DOP rappresenta inoltre un elemento di riconoscibilità territoriale e di potenziale valorizzazione economica, rafforzando l'integrazione tra colture foraggiere, allevamento e produzioni lattiero-casearie tipiche della pianura emiliana.

### 3.3 Stato di fatto

L'area si presenta, al momento del sopralluogo, in assenza di copertura vegetale, in quanto oggetto di aratura per la preparazione della semina per la prossima stagione.



Immagine 3: Area di progetto - stato di fatto



Immagine 4: Area di progetto – stato di fatto

La presenza di flora spontanea risulta disomogenea e concentrata principalmente nelle alberature lungo i fossi principali, soggette a periodiche operazioni di ripulitura e rimozione delle essenze che ombreggiano le colture. Tale assetto rappresenta una caratteristica ricorrente del paesaggio agrario locale.



Immagine 5: Area di progetto – barriere vegetali



Immagine 6: Area di progetto – barriere vegetali

L'area è inoltre dotata di una rete di canali primari e secondari destinati alla regimazione idraulica, essenziale in un territorio a così bassa pendenza. Le sponde di tali infrastrutture idrauliche sono caratterizzate da vegetazione spontanea o di natura antropica, che svolge un ruolo funzionale di consolidamento e delimitazione dei terreni agricoli. In questo contesto si rinvencono individui isolati o in filare di specie arboree e arbustive, come il Bacolaro (*Celtis australis*) e la Roverella (*Quercus pubescens*), nonché esemplari di Acero Negundo (*Acer negundo*), Farnia (*Quercus robur*) e Pippo Nero (*Populus nigra*) diffusi lungo i fossi principali e nei punti di accumulo di acqua. Le conformazioni a filari a regolare distanza, suggerisce che la maggior parte delle specie presenti sono state impiantate dall'uomo e non di origine spontanea.



*Immagine 7: Roverella (Quercus pubescens)*



*Immagine 8: Roverella (Quercus pubescens)*



*Immagine 9: Pioppo Nero (Populus nigra)*



*Immagine 10: Pioppo Nero (Populus nigra)*

Le informazioni relative alle colture e agli elementi di infrastrutturazione agraria sono state acquisite mediante analisi di immagini satellitari e telerilevamento, integrate e verificate attraverso un sopralluogo effettuato in data 19 settembre 2025, che ha consentito di accertare sul campo le condizioni effettive del territorio e la distribuzione delle coltivazioni e delle componenti vegetali.

### 3.4 Coltivazioni presenti

Dal punto di vista agronomico, l'appezzamento risulta attualmente coltivato e, al momento del sopralluogo, erano in corso operazioni di lavorazione del terreno. Le superfici interessate, come confermato anche dalla consultazione del fascicolo aziendale, ricadono all'interno di appezzamenti a seminativo.

### 3.5 Analisi dei punti di prelievo dell'acqua

Sull'area destinata all'impianto non sono stati individuati, punti da cui attingere acqua, fatta eccezione della rete di canali primari e secondari destinati alla regimazione idraulica, essenziale in un territorio a così bassa pendenza.

## 3.6 Clima e Fitoclima

L'area interessata dall'intervento ricade all'interno della media e alta Pianura Padana, in un contesto climatico che, dal punto di vista fitoclimatico, si colloca tra il Supratemperato e il Mesotemperato umido-subumido, secondo la classificazione di Pavari. Tale fascia è caratterizzata da condizioni idonee allo sviluppo di una vegetazione mesofila, con prevalenza di specie caducifoglie igrofile e mesofile, tipiche degli ambienti pianiziali e collinari dell'Italia settentrionale, ben adattate a sopportare sia le basse temperature invernali sia le escursioni termiche annuali. Il clima locale è definibile come temperato subcontinentale, con estati calde e spesso afose, caratterizzate da periodi di siccità variabile, e inverni freddi, frequentemente interessati da nebbie e gelate.

Le precipitazioni risultano distribuite in maniera relativamente uniforme durante l'anno, con massimi nei mesi primaverili ed autunnali, e minimi relativi in estate e in inverno. Le temperature medie annue si attestano intorno ai 12-13 °C, con minime invernali che possono scendere frequentemente sotto lo zero (fino a -5 °C o inferiori nei casi di ondate di freddo più intense) e massime estive che superano abitualmente i 30 °C nei mesi di luglio e agosto. Le precipitazioni medie annue variano generalmente tra i 900 e i 1.200 mm, con un regime pluviometrico caratterizzato da un'elevata variabilità interannuale.

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	3.8 °C (38.8) °F	4.9 °C (40.9) °F	9.3 °C (48.7) °F	13.3 °C (56) °F	18 °C (64.3) °F	22.8 °C (73.1) °F	25.5 °C (77.8) °F	24.9 °C (76.9) °F	19.8 °C (67.7) °F	15 °C (58.9) °F	9.5 °C (49.2) °F	4.7 °C (40.4) °F
Min. Temperature °C (°F)	0.3 °C (32.5) °F	0.5 °C (33) °F	4.2 °C (39.5) °F	8 °C (46.4) °F	12.4 °C (54.3) °F	16.9 °C (62.4) °F	19.5 °C (67.2) °F	19.4 °C (66.9) °F	15 °C (59) °F	11 °C (51.7) °F	6.1 °C (43) °F	1.2 °C (34.2) °F
Max. Temperature °C (°F)	8.1 °C (46.5) °F	9.8 °C (49.7) °F	14.5 °C (58.1) °F	18.5 °C (65.2) °F	23.1 °C (73.7) °F	28.2 °C (82.7) °F	30.9 °C (87.6) °F	30.4 °C (86.7) °F	24.8 °C (76.6) °F	19.4 °C (66.9) °F	13.5 °C (56.3) °F	8.8 °C (47.8) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	49 (1)	68 (2)	66 (2)	82 (3)	79 (3)	62 (2)	48 (1)	54 (2)	71 (2)	82 (3)	95 (3)	69 (2)
Humidity(%)	82%	76%	71%	69%	65%	59%	53%	57%	65%	76%	81%	82%
Rainy days (d)	6	6	6	8	7	6	5	6	6	7	7	7
avg. Sun hours (hours)	5.0	6.1	7.8	9.2	11.3	12.5	12.5	11.3	9.3	6.2	5.1	5.0

*Immagine 11: Tabella climatica*

La combinazione tra distribuzione pluviometrica, presenza di suoli profondi e fertili e frequenti condizioni di ristagno idrico rende il territorio favorevole a formazioni vegetali boschive mesofile e mesoigrofile. Tuttavia, la frequente alternanza tra periodi di surplus idrico e fasi di deficit estivo può richiedere l'adozione di pratiche irrigue, specialmente nelle colture a maggiore fabbisogno idrico, al fine di mitigare gli effetti degli stress climatici stagionali.

Dal punto di vista agroclimatico, il territorio si presta alla coltivazione di cereali autunno-vernini, mais da granella e da insilato, soia, girasole e colza, oltre che a foraggiere poliennali, che trovano in questo contesto pedoclimatico condizioni favorevoli grazie alla buona fertilità dei suoli e alla disponibilità irrigua garantita dai consorzi di bonifica locali. Accanto alle colture erbacee, sono presenti anche impianti arborei specializzati, in particolare pioppeti e frutteti, che testimoniano l'adattabilità del sistema agricolo alle condizioni climatiche locali, caratterizzate da inverni freddi e umidi ed estati calde.

Il clima temperato subcontinentale, con oltre 1.900–2.100 ore annue di soleggiamento e un'elevata radiazione solare, rende inoltre il territorio idoneo all'integrazione con impianti fotovoltaici, in un'ottica di multifunzionalità aziendale. Il regime dei venti è generalmente debole, con prevalenza di brezze locali e

occasionali irruzioni di correnti settentrionali o orientali, che favoriscono il ricambio d'aria ma possono accentuare i fenomeni di raffreddamento nei mesi invernali. Le condizioni di elevata umidità atmosferica primaverile e autunnale, associate a piogge frequenti, aumentano invece il rischio di malattie fungine (es. ruggini e oidio nei cereali, peronospora nei frutteti e nelle colture orticole).

Durante l'estate, sebbene le precipitazioni non vengano meno del tutto, le temperature elevate e i fenomeni di evapotraspirazione intensa determinano spesso situazioni di deficit idrico, che rendono cruciale l'adozione di tecniche agronomiche conservative: gestione dell'inerbimento, uso di pacciamature naturali, pratiche irrigue mirate, nonché l'adozione di rotazioni colturali diversificate per preservare la fertilità e contenere i fenomeni erosivi. L'interazione tra clima, vocazione produttiva del territorio e gestione delle risorse idriche conferma che l'area, pur soggetta a criticità connesse ai periodi di siccità estiva e alle gelate invernali, si presta a una agricoltura intensiva e specializzata, ben integrabile con la produzione di energia rinnovabile in un quadro di sostenibilità e resilienza.

### 3.7 Pedogenesi

Nell'agro di Crevalcore, la pedogenesi riflette le caratteristiche geomorfologiche e climatiche tipiche della Pianura Padana centro-orientale, in un contesto dominato da substrati argillosi e argilloso-sabbiosi di origine alluvionale, derivanti dai depositi quaternari del sistema del Po e dei suoi affluenti.

Il processo di formazione dei suoli è stato fortemente condizionato dalla natura fine e compatta delle rocce madri, che favoriscono fenomeni di illuviazione dell'argilla, accumulo di ossidi di ferro e progressiva differenziazione degli orizzonti. Le condizioni climatiche locali, riconducibili al temperato subcontinentale umido-subumido, con inverni freddi e piovosi ed estati calde e asciutte, hanno contribuito all'alternanza di cicli di imbibizione e disseccamento, responsabili della formazione di fessurazioni e strutture prismatiche o poliedrica negli orizzonti profondi. Tali processi sono stati accelerati o modulati dal regime climatico mediterraneo, caratterizzato da piogge concentrate nei mesi autunnali e invernali, alternate a lunghi periodi siccitosi estivi, che favoriscono cicli di umidificazione ed essiccamento responsabili della strutturazione del suolo e della formazione di concrezioni calcaree secondarie nei livelli profondi.

I suoli prevalenti appartengono principalmente alle serie Sant'Omobono Secchia e Pradoni, caratterizzati da profili evoluti con orizzonti argillosi (Bt) e proprietà che li rendono assimilabili, in termini di classificazione, agli Alfisol e Ultisol della Soil Taxonomy, con variabilità locale dovuta al drenaggio e alla tessitura. Nei settori più depressi o a drenaggio ostacolato, si osservano fenomeni di stagnazione idrica temporanea, che determinano condizioni idromorfiche e la formazione di screziature giallo-ruggine o grigie per riduzione e ossidazione alternata del ferro. Questi suoli si presentano mediamente profondi, con un orizzonte superficiale (Ap) discretamente ricco di sostanza organica, frutto sia della vegetazione spontanea che delle pratiche agricole tradizionali. La struttura è generalmente stabile, con aggregati granulari o subangolari ben sviluppati che garantiscono una buona lavorabilità e una discreta porosità utile alla penetrazione radicale e al deflusso idrico. Gli orizzonti sottostanti (Bt), tuttavia, mostrano un progressivo aumento della frazione argillosa per illuviazione, accompagnato da un arricchimento in ossidi di ferro che conferiscono colorazioni bruno-rossastre e indicano una moderata evoluzione pedogenetica.

Per garantire una gestione sostenibile di questi suoli è pertanto fondamentale adottare pratiche conservative, quali l'inerbimento permanente tra i filari, l'impiego di lavorazioni minime e l'incremento della sostanza organica attraverso sovesci o apporti di compost, al fine di mantenere la struttura del suolo e preservarne la fertilità nel lungo periodo. Tali accorgimenti risultano ancor più rilevanti in un'ottica di resilienza ai cambiamenti climatici e di riconversione agroecologica dei sistemi agricoli locali.

### 3.8 Capacità d'uso del suolo

L'area destinata alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico ricade nel territorio agricolo pianeggiante del Comune di Crevalcore, in un contesto rurale tipico della media Pianura Padana, caratterizzato da appezzamenti regolari di medio-grandi dimensioni e da una maglia poderale razionale, legata alla tradizionale vocazione agricola intensiva della zona.

Dall'analisi della Carta dell'Uso del Suolo regionale, la porzione settentrionale dell'area si colloca in **classe I** di capacità d'uso dei suoli, con condizioni ottimali di fertilità, profondità e permeabilità, prive di limitazioni significative e con ampia adattabilità colturale. La porzione meridionale, invece, ricade in **classe II**, mantenendo comunque un'elevata potenzialità produttiva, ma con alcune limitazioni moderate, riconducibili principalmente alla tessitura fine, al rischio di compattamento e alla temporanea riduzione della capacità di drenaggio nei periodi più piovosi.



*Immagine 12: Estratto della Carta d'uso del suolo della Regione Emilia Romagna*

### 3.9 Presenza di colture DOP o IGP

L'area agricola oggetto di intervento, situata nel territorio comunale di Crevalcore, si inserisce in un contesto produttivo di elevato valore agroalimentare. Dalle analisi effettuate è emerso che l'unica filiera certificata presente nell'areale di riferimento è quella del Parmigiano Reggiano DOP, di cui il sito fa parte come zona di produzione riconosciuta.

Attualmente l'appezzamento è condotto a seminativo, con colture autunno-vernine quali frumento e orzo, e non risulta inserito in rotazioni con foraggere pluriennali destinate alla filiera del Parmigiano Reggiano. Tuttavia, in considerazione della collocazione territoriale e delle indicazioni contenute nelle Linee Guida del MASE per i sistemi agrivoltaici — in particolare il parametro B.I “Continuità dell'attività agricola” e il punto B.I.b “Mantenimento dell'indirizzo produttivo”, che prevedono la salvaguardia e valorizzazione delle produzioni a marchio DOP/IGP — il progetto agronomico contempla la possibilità di introdurre colture foraggere idonee e compatibili con la filiera del Parmigiano Reggiano DOP.

Tale scelta consentirà di garantire la continuità e la qualificazione dell'attività agricola nell'area, favorendo al contempo la sinergia tra produzione agricola e sistema agrivoltaico, in coerenza con la vocazione produttiva del territorio emiliano.

### 3.10 Zone di vulnerabilità ai nitrati

A seguito dell'emanazione del Decreto Legislativo n. 152/2006 e s.m.i., di recepimento della Direttiva 91/676/CEE ("Direttiva Nitrati"), la Regione Emilia-Romagna ha provveduto, mediante specifici atti amministrativi, a individuare e delimitare le Zone Vulnerabili ai Nitrati (ZVN) derivanti da fonti agricole, sulla base delle pressioni ambientali e zootecniche presenti nei diversi bacini idrografici regionali, con particolare attenzione alla tutela delle acque superficiali e sotterranee.

Dall'analisi della cartografia ufficiale delle ZVN pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna, risulta che l'area agricola interessata dal progetto agrivoltaico, nel territorio comunale di Crevalcore, non ricade all'interno di zone designate come vulnerabili ai nitrati.

Il sito più prossimo segnalato è rappresentato dal corso del fiume situato a nord dell'impianto, che costituisce l'unico elemento ambientale lineare significativo nel contesto locale. L'area di progetto, tuttavia, si colloca a distanza di sicurezza da tale corso d'acqua e non presenta condizioni di rischio di contaminazione diretta o indiretta per l'ambiente idrico.

Pertanto, non sussistono gli obblighi specifici previsti per le aziende operanti in ZVN, quali la redazione del Piano di Utilizzazione Agronomica (PUA) o il rispetto dei limiti massimi di azoto distribuibile per ettaro. Ciononostante, la gestione agricola dell'area sarà comunque improntata al principio di buona pratica agronomica, con un uso razionale dei fertilizzanti e una programmazione degli apporti nutritivi coerente con le esigenze colturali e con gli obiettivi di sostenibilità ambientale propri del progetto agrivoltaico.

L'assenza di vincoli derivanti dalla designazione a ZVN non riduce, ma anzi facilita, l'attuazione di un modello di conduzione agricola efficiente e a basso impatto, volto alla conservazione della fertilità dei suoli, alla tutela della qualità delle acque superficiali e sotterranee e al mantenimento complessivo dell'equilibrio ecologico dell'area di Crevalcore.



*Immagine I3: Estratto della mappa delle aree ZVN Regione Emilia Romagna*

Inoltre, saranno rispettati integralmente tutti gli obblighi di legge previsti dalla normativa vigente, inclusi i vincoli relativi alle pratiche di fertilizzazione e gestione agronomica del suolo.

La concimazione sarà limitata alla fase di preimpianto dell'erba medica (*Medicago sativa* L.), mediante una concimazione di fondo calibrata in funzione dell'analisi chimico-fisica del terreno, al fine di favorire l'attecchimento iniziale della coltura e lo sviluppo dell'apparato radicale. Successivamente, non saranno effettuati ulteriori apporti di fertilizzanti chimici, in quanto la leguminosa, grazie alla simbiosi rizobica con *Rhizobium meliloti*, è in grado di fissare naturalmente l'azoto atmosferico, contribuendo al mantenimento della fertilità del suolo.

L'adozione di queste tecniche agronomiche è pienamente coerente con i principi dell'agroecologia e della gestione conservativa del suolo, in quanto riduce l'impronta chimica della coltivazione, valorizza la biodiversità funzionale e contribuisce al sequestro di carbonio, assicurando nel lungo periodo la compatibilità ecologica dell'impianto agrivoltaico con il paesaggio agricolo di Crevalcore.

## 4 Matrice dei valori

Qui di seguito una breve analisi delle strategie atte ad integrare l'attività agricola con quella energetica mantenendo inalterate o migliorando la produttività del sito e gli aspetti ambientali. I colori hanno l'obiettivo di indentificare in maniera rapida eventuali criticità sullo stato attuale del sito e il livello di miglioramento della proposta progettuale.

Tabella 6: Matrice dei valori

ID	Stato di fatto	Criticità	Proposta migliorativa
1	Il sito ad oggi risulta gestito e coltivato a seminativo / foraggere	Coltivazioni di seminativi estensivi	L'intervento attraverso il mantenimento dell'indirizzo generale ma con miglioramento del sito attraverso un inerbimento permanente durante tutto l'anno di erba medica e rotazione con prati annuali.
2	La biodiversità nell'areale è limitata anche a causa delle attività agricole monocolturali nell'intorno dove la reiterata scelta delle stesse specie di colture, seppur in rotazione fra di loro, e l'utilizzo di prodotti fitofarmaci e fertilizzanti hanno portato con il tempo ad un impoverimento della biodiversità	La profilazione e lo sviluppo di insetti pronubi potrebbero essere a rischio	Al fine di aumentare la biodiversità dell'area con un evidente miglioramento di tutto l'areale si prevede una fascia di mitigazione conspecie autoctone con fioriture scaglionate nel tempo, che potrebbero creare delle nicchie ecologiche.
3	Ad oggi non è prevista nessuna azione di monitoraggio.	La mancata installazione di centraline	Il sistema di monitoraggio pedoclimatico e della biodiversità permetterà di

		agrometeorologiche non permette un ottimale posizionamento delle operazioni agricole anche in un'ottica futura dell'area	adottare azioni di correzione e miglioramento a vantaggio della biodiversità e dell'efficienza nell'uso di materie prime.
4	Il suolo mostra alcune criticità, soprattutto in presenza di tessiture fini e compattazione.	Limitazione della capacità di drenaggio e favorire fenomeni di stagnazione superficiale in determinati periodi dell'anno.	Per garantire una gestione sostenibile di questi suoli verranno adottate pratiche conservative, quali l'inerbimento permanente tra i filari con erba medica, l'impiego di lavorazioni minime e l'incremento della sostanza organica attraverso occasionali sovesci, al fine di mantenere la struttura del suolo e preservarne la fertilità nel lungo periodo. Tali accorgimenti risultano ancor più rilevanti in un'ottica di resilienza ai cambiamenti climatici e di riconversione agroecologica dei sistemi agricoli locali.
5	Il sito ad oggi non prevede l'uso di acqua.	Ad oggi sull'area non è prevista alcuna infrastruttura per l'irrigazione	Le coltivazioni previste nel piano colturale saranno condotte in asciutta fatta eccezione per un'irrigazione di soccorso limitata alla fascia di mitigazione
<b>Livello di miglioramento</b>		<b>Descrizione</b>	
<b>Alto</b>		La soluzione proposta vede un miglioramento dello stato di fatto che ha un forte impatto sul territorio	
<b>Medio</b>		La soluzione proposta prevede un miglioramento on un impatto medio rispetto allo stato di fatto	
<b>Invariato</b>		Si prevede di non modificare lo stato di fatto	
<b>Peggiorativo</b>		La soluzione proposta prevede un peggioramento rispetto allo stato di fatto	

## 5 Progetto agronomico

Il Progetto agronomico ha come principio cardine quello di creare un sistema consociato fra la produzione di energia elettrica e la produzione agricola in maniera sostenibile per entrambi. L'utilizzo di tracker permette una maggiore efficienza nella produzione di energia elettrica e dal lato agricolo un ombreggiamento ottimale per le colture selezionate che comporta un minor consumo d'acqua che al contempo si traduce in un prodotto vegetale migliore come dimostrato da diversi studi scientifici (Axel W. et al 2021, Omer A. et al 2025).

Durante la scelta delle colture si è tenuto conto della scarsità di pronubi e della bassa biodiversità presente oggi sul sito focalizzando le scelte su colture capaci di aumentarne entrambe.

La destinazione a impianto agrivoltaico avanzato appare particolarmente coerente con lo stato attuale, poiché consente continuare ad utilizzare le superfici e di integrarle in un sistema multifunzionale, individuando futura introduzione basata sull'alternanza tra erba medica (*Medicago sativa L.*) e miscugli foraggeri annuali a base di graminacee e leguminose. Questa impostazione consente di integrare esigenze agronomiche, ambientali e funzionali, garantendo nel tempo la continuità della copertura del suolo, la produttività agricola e la compatibilità con la presenza dell'impianto agrivoltaico.

Inoltre si prevede anche una fascia di mitigazione, costituita da una vegetazione naturalizzata formata principalmente dal ligustro ed altre specie arbustive del territorio. Sarà opportuno prevedere un'irrigazione di soccorso limitata alla al fine di garantirne il corretto attecchimento e la stabilità vegetativa nei primi anni di sviluppo. L'acqua necessaria a tali interventi sarà trasportata sul sito con l'ausilio di autobotti, in modo da evitare l'installazione di infrastrutture idriche permanenti. L'ordinamento colturale principale sarà invece condotto in asciutta, secondo una gestione estensiva che rispetta le caratteristiche pedoclimatiche locali e riduce al minimo il fabbisogno idrico complessivo. Anche in questo caso in situazioni emergenziali possono essere applicate delle irrigazioni di soccorso o irrigazioni per maggior produzione, come descritto pocanzi.

### 5.1 Layout dell'impianto

Al fine di dimostrare la piena compatibilità tra la presenza dell'impianto fotovoltaico e lo svolgimento continuativo dell'attività agricola, si riportano di seguito le principali caratteristiche tecnico-strutturali dell'impianto, con particolare attenzione agli spazi di manovra, alle altezze libere dal suolo e alla distanza tra le file dei moduli (pitch), elementi determinanti per la corretta meccanizzazione delle pratiche colturali.



Immagine 14: Layout generale dell'impianto

Si evidenzia che la maggior parte delle operazioni colturali verrà svolta con posizionamento dei traker tali da permettere passaggi più agevoli per i mezzi, in particolare nelle operazioni che richiedono manovre di inversione o svolgimento di attrezzature.

## 5.2 Definizione del piano colturale

Per la pianificazione del piano colturale relativo all'impianto agrivoltaico in progetto, si è scelto di integrare gli aspetti produttivi propri dell'agricoltura con una valorizzazione multifunzionale del suolo, in un'ottica di sostenibilità ambientale e rigenerazione ecosistemica.

La gestione agronomica dell'area sarà improntata principalmente alla coltivazione di erba medica (*Medicago sativa*) destinata alla produzione di foraggio, coltura ampiamente diffusa nel territorio di Crevalcore e particolarmente idonea alle condizioni pedoclimatiche locali, grazie alla sua rusticità, alla capacità di fissare azoto atmosferico e alla buona tolleranza all'ombreggiamento parziale generato dai moduli fotovoltaici.

L'erba medica sarà condotta come erbaio poliennale con ciclo produttivo di 4–5 anni, al termine del quale si prevede la rotazione con prati polifiti o graminacee annuali o biennali, in modo da prevenire l'insorgenza di fitopatie specifiche legate alla coltivazione prolungata della medica sullo stesso terreno. Tra le principali avversità che possono manifestarsi in seguito a cicli ripetuti si segnalano l'antracnosi (*Colletotrichum trifolii*), la maculatura fogliare (*Pseudopeziza medicaginis*), i marciumi radicali causati da *Fusarium spp.* e *Verticillium spp.*, e l'avvizzimento batterico (*Corynebacterium insidiosum*), patologie che compromettono la produttività

e la longevità del medicaio. La rotazione colturale programmata consente di ridurre la pressione di tali patogeni, ristabilire l'equilibrio biologico del suolo e mantenere elevata la fertilità nel lungo periodo.

La gestione dell'erba medica prevede sfalci periodici con destinazione del prodotto a uso foraggero, mentre i residui non raccolti saranno trinciati e lasciati sul terreno (mulching) per favorire l'accumulo di sostanza organica e migliorare la struttura del suolo. Questa pratica contribuisce al contenimento dell'erosione superficiale, alla conservazione dell'umidità e al miglioramento della capacità di infiltrazione idrica.

L'impianto fotovoltaico è progettato con moduli ad inseguimento monoassiale elevati da terra e disposti con ampi interfilari, condizione che permette lo svolgimento di tutte le operazioni agricole meccanizzate su tutta la superficie coltivata, garantendo un'elevata accessibilità per la gestione colturale e per le attività di manutenzione.

L'ombreggiamento parziale generato dai pannelli con un pitch di 5,5 metri contribuisce inoltre a moderare la temperatura superficiale del suolo e a ridurre i fenomeni di evapotraspirazione, creando un microclima favorevole alla crescita della vegetazione foraggera e al mantenimento della sua produttività durante i mesi estivi, come avvalorato da diversi studi scientifici.

Tali scelte gestionali rispondono ai principi dell'agricoltura conservativa e agroecologica, mirata a mantenere l'equilibrio tra produzione agricola e tutela ambientale, promuovendo al contempo la sostenibilità del sistema e la rigenerazione delle risorse pedologiche ed ecosistemiche.

### 5.3 Scelta delle specie vegetali

La scelta della coltura da adottare all'interno dell'area oggetto di intervento è stata condotta sulla base di un'approfondita valutazione dei fattori ambientali, agronomici e funzionali, con l'obiettivo di assicurare la piena integrazione tra l'attività agricola e il sistema fotovoltaico, in coerenza con i principi dell'agrivoltaico sostenibile e multifunzionale.

Considerata la vocazione foraggera del territorio di Crevalcore, la presenza di suoli profondi e ben strutturati e il contesto climatico temperato subcontinentale, si è optato per l'adozione di un'erba medica (*Medicago sativa*) destinato alla produzione di foraggio, coltura che garantisce al tempo stesso una buona copertura del suolo e un apporto significativo di azoto organico attraverso la simbiosi radicale con *Rhizobium*.

Al termine del ciclo produttivo poliennale (4–5 anni), è prevista una rotazione colturale con prati polifiti o graminacee annuali/biennali (come loietto italico o avena), con lo scopo di evitare l'accumulo di inoculi patogeni tipici della coltivazione continuativa della medica e di mantenere elevata la fertilità biologica del terreno. Tale avvicendamento permette inoltre di diversificare la produzione foraggera, migliorare la struttura del suolo e favorire la resilienza del sistema agrivoltaico.

La selezione colturale è stata definita in base alle seguenti condizioni pedoclimatiche e morfologiche:

- Regolarità topografica e assenza di pendenze significative, che rendono l'area idonea alle operazioni meccaniche di sfalcio e raccolta;
- Tessitura franco-limosa e buona profondità utile, con adeguata capacità di ritenzione idrica e discreta dotazione di sostanza organica;

Clima temperato subcontinentale dell'Italia settentrionale, con estati calde e asciutte, inverni freddi e piogge concentrate nei mesi autunnali e primaverili, particolarmente favorevole alle colture foraggere poliennali e alle rotazioni erbacee a basso impatto.

### 5.3.1 Obiettivi agronomici e ambientali

La coltura da impiegare nell'impianto agrivoltaico è stata individuata dopo un'attenta analisi con l'obiettivo di migliorare lo stato dell'area e dell'areale, mantenendo regimi di resa attesi. In particolare, l'analisi si è posta come impegno il perseguimento dei seguenti obiettivi fondamentali anche per la lotta al cambiamento climatico:

- Contenimento dell'erosione superficiale attraverso una copertura vegetale stabile e continua del suolo, in particolare con l'erba medica grazie al suo apparato radicale fittonante e profondo;
- Miglioramento della fertilità del terreno grazie all'impiego di specie che contribuiscano al bilancio azotato e alla struttura del suolo;
- Valorizzazione agricola di medio-lungo periodo, con colture economicamente sostenibili e potenzialmente inseribili in filiere locali;
- Compatibilità gestionale con l'impianto fotovoltaico, limitando il numero di passaggi meccanici e riducendo le interferenze tra attività agricola e manutenzione impiantistica;
- Minimizzazione degli input tecnici (in particolare fitofarmaci), a vantaggio della sostenibilità complessiva dell'intervento;

### 5.3.2 Specie vegetale selezionata

L'assetto colturale previsto nell'ambito dell'impianto agrivoltaico di Crevalcore si fonda sull'alternanza programmata di due gruppi principali di colture erbacee: le leguminose perenni, con particolare riferimento all'erba medica (*Medicago sativa*) coltivata per 3-4 anni, e i miscugli foraggeri annuali o biennali a base di graminacee e leguminose.

Questa alternanza consente di rigenerare il suolo, interrompere i cicli parassitari e mantenere elevata la fertilità e la struttura del terreno. L'alternanza di due principali gruppi di colture erbacee:

- Leguminose perenni: in particolare erba medica, scelta per la capacità di migliorare la fertilità del suolo, garantire la copertura permanente e la compatibilità con l'impianto fotovoltaico;
- Miscugli foraggeri annuali o biennali: a base di graminacee e leguminose, selezionati per la rapidità di crescita, la rusticità e il buon valore foraggero.

Entrambi i gruppi contribuiscono alla funzionalità dell'agroecosistema agrivoltaico, assicurando copertura vegetale permanente, produttività foraggera costante e benefici ecologici quali l'incremento della biodiversità, la regolazione microclimatica, il miglioramento del bilancio del carbonio organico e la riduzione dell'erosione e dell'evapotraspirazione.

### 5.3.3 Erba Medica (*Medicago sativa* L.)

### 5.3.3.1 Descrizione botanica

- Leguminosa erbacea perenne della famiglia delle Fabaceae, originaria dell'Asia sud-occidentale e diffusa nei climi temperati;
- Emicriptofita cespitosa, con apparato radicale fittonante che può raggiungere 2–3 m nei suoli sciolti, tollerante alla siccità e capace di rigenerarsi dopo lo sfalcio;
- Fusto eretto o semieretto, 30–90 cm, ramificato apicalmente, spesso pubescente;
- Foglie trifogliate con foglioline obovate e margine dentellato; infiorescenza a racemo con 10–30 fiori papilionacei blu-violetti, talvolta gialli o bianchi; frutto legume spiralato con 1–8 semi;
- Azotofissatrice tramite simbiosi con *Rhizobium meliloti*, migliora il bilancio azotato del suolo; eliofila, tollera ombreggiamenti moderati, adatta a sistemi agrivoltaici.



Immagine 15: Erba medica



Immagine 16: Erba medica

### 5.3.3.2 Cure colturali

Tabella 7: Cure colturali Erba medica

Azione	Descrizione
Preparazione del terreno	lavorazione profonda (30–40 cm) e affinamento superficiale per ridurre la zollosità;
Semina	autunno (settembre) o primavera (marzo-aprile), 20–30 kg/ha, a file ravvicinate o pieno campo;
Concimazione	sfalci anticipati nel primo anno, diserbo meccanico tra le file, eventuale erbicidi selettivi in pre-emergenza;
Irrigazione	Eventuale irrigazione di soccorso o irrigazioni programmate per incrementare la resa;
Gestione del cotico	Sfalcio: 2–4 tagli annui, stadio gemmazione/inizio fioritura, influenzano qualità foraggera e durata cotico;
Rinnovo del miscuglio	Durata ciclo: 2–4 anni, con calo produttivo oltre il terzo anno.

### 5.3.4 Miscugli foraggeri annuali (graminacee + leguminose)

#### 5.3.4.1 Descrizione botanica

- Combinazione di Poaceae e Fabaceae selezionate per rapidità di accrescimento, rusticità, adattabilità al suolo e valore foraggero;
- Graminacee: *Avena sativa*, *Lolium multiflorum*, *Hordeum vulgare*, *Sorghum bicolor*;
- Leguminose: *Vicia sativa*, *Trifolium incarnatum*, *Pisum sativum* var. *arvense*, *Vicia faba* var. *minor*.
- Preparazione del terreno: minima lavorazione o affinamento leggero, mantenendo l'umidità alla semina;
- Semina: autunno (settembre-ottobre) per erbai invernali, primavera (marzo-aprile) per erbai estivi, 100–130 kg/ha;
- Concimazione: limitata o assente per le leguminose, possibile apporto di fosforo e potassio, azoto escluso;
- Irrigazione: gestite prevalentemente in asciutta, irrigazioni possibili in accrescimento rapido se compatibili;
- Sfalcio: unico o doppio, allo stadio di inizio fioritura delle graminacee;
- Destinazione agronomica: fieno, insilato, sovescio o rigenerazione del cotico erboso.

I miscugli annuali rappresentano una componente dinamica e adattabile del piano colturale, favorendo rigenerazione del suolo, gestione delle infestanti, apporto organico e diversificazione botanica, contribuendo al mantenimento della fertilità chimica e microbiologica e alla resilienza complessiva del sistema agrivoltaico.

Tabella 8: Specie vegetali selezionate

Specie selezionata	Motivo della scelta
<i>Lolium multiflorum</i> (Loietto italiano)	Graminacea annuale a rapido sviluppo, ottima per la produzione di foraggio e copertura invernale; migliora la struttura del suolo e compete bene con le infestanti.
<i>Avena sativa</i> (Avena comune)	Coltura rustica e produttiva, adatta ai terreni limoso-argillosi di pianura; fornisce foraggio di buona qualità e svolge azione miglioratrice sulla struttura del terreno.
<i>Trifolium incarnatum</i> (Trifoglio incarnato)	leguminosa annuale, con infiorescenza rossa ricca di nettare, anche utile al miglioramento del suolo.
<i>Trifolium resupinatum</i> (Trifoglio persiano)	Leguminosa annuale da rinnovo, resistente al freddo e alle condizioni di ristagno temporaneo; utile per rotazioni brevi e come copertura del suolo.
<i>Vicia sativa</i> (Veccia comune)	Leguminosa da foraggio molto produttiva e miglioratrice, con elevato contenuto proteico; ideale nei miscugli con graminacee per bilanciare il rapporto C/N.

<i>Hordeum vulgare</i> (Orzo foraggero)	Graminacea annuale a ciclo breve, adatta ai suoli fertili e ben drenati; garantisce produzione precoce e ottimo comportamento in consociazione con leguminose.
<i>Silybum marianum</i> (Cardo mariano)	Leguminosa annuale con alta resa e capacità azotofissatrice; migliora la fertilità e fornisce foraggio di elevato valore nutritivo.

## 5.4 Fascia di mitigazione

Al fine di garantire un efficace effetto di mitigazione visiva dell'impianto agrivoltaico, è prevista la realizzazione di una fascia perimetrale di mitigazione paesaggistica, concepita per integrarsi armonicamente con il contesto rurale circostante.

La fascia di mitigazione vegetazionale sarà realizzata lungo l'intero perimetro dell'area di intervento, in adiacenza al confine catastale, con una profondità ordinaria pari a 10 m. In alcune porzioni limitate dell'impianto tale fascia presenta una profondità compresa tra 5 e 7,5 m; in questi tratti la configurazione progettuale prevista risulta comunque idonea a garantire l'effetto schermante grazie a un maggiore ravvicinamento degli individui vegetali tra le file.

La fascia sarà strutturata mediante due filari principali. Il primo filare, prossimo alla recinzione, prevede la messa a dimora di una siepe continua di *Ligustrum vulgare L* (ligustro), scelta per la sua rapida crescita, il fogliame persistente e la capacità di costituire, in tempi relativamente brevi, una barriera visiva efficace durante tutto l'anno.

Nel secondo filare, posto anteriormente alla siepe di ligustro, sul lato esterno rivolto verso l'ambiente circostante, saranno collocati arbusti autoctoni: *Cornus sanguinea* (sanquinella), *Crataegus monogyna*, (biancospino) e *Euonymus europaeus*, (fusaggine o berretta del prete), selezionati tra le specie tipiche della vegetazione locale, con lo scopo di favorire la biodiversità, richiamare l'identità vegetazionale del paesaggio e migliorare l'inserimento ambientale dell'intervento. Per tali specie sarà adottato un sesto di impianto più ampio rispetto a quello previsto per il ligustro. Nelle porzioni in cui la fascia di mitigazione raggiunge la larghezza di 10 m, gli individui arbustivi potranno essere collocati anche con disposizione non strettamente allineata, al fine di riempire più efficacemente lo spazio disponibile e incrementare la densità vegetazionale, senza tuttavia prevedere l'impostazione di ulteriori filari strutturati.

Questa configurazione consente di ottenere una fascia di mitigazione continua, efficace dal punto di vista paesaggistico ed ecologico, garantendo al contempo una maggiore naturalità dell'impianto vegetazionale e una migliore integrazione con il contesto ambientale circostante.

### Adattabilità al clima locale

Le specie selezionate risultano perfettamente più adatte al contesto climatico della pianura padana emiliana, inclusa l'area di Crevalcore, dove è in grado di tollerare escursioni termiche marcate, frequenti gelate invernali e periodi di siccità estiva. Si adattano bene a esposizioni soleggiate o a mezz'ombra, ma anche ombreggiate, mantenendo una discreta vigoria vegetativa. Le specie si adattano anche a substrati argillosi, calcarei o moderatamente compattati. Tollerano salinità e inquinamento atmosferico, è frequentemente impiegate anche in contesti suburbani o lungo infrastrutture viarie.

### 5.4.1 Ligustro (*Ligustrum vulgare L.*)

Il *Ligustrum vulgare L.*, comunemente conosciuto come ligustro europeo, è una specie appartenente alla famiglia delle Oleaceae. È un arbusto rustico, semisempreverde o deciduo a seconda delle condizioni climatiche, ampiamente diffuso in tutta Europa, dal livello del mare fino a quote collinari e montane. In Italia è presente in quasi tutte le regioni, soprattutto ai margini di boschi, in siepi naturali o in ambienti agricoli, e viene largamente impiegato in ambito ornamentale e agronomico per la formazione di siepi rustiche, schermature e barriere verdi.

## 5.4.2 Arbusti

Nella fascia esterna rispetto alla siepe di ligustro, si prevede l'inserimento di arbusti autoctoni e naturalizzati adatti al contesto climatico e pedologico della pianura emiliana. Le specie sono state selezionate per la loro adattabilità ai suoli di medio impasto a tendenza argillosa, per la resistenza ai fattori climatici tipici del territorio (estati calde, inverni freddi, escursioni termiche marcate) e per il loro contributo in termini di valore ecologico, funzionalità paesaggistica e bassa manutenzione.

Tra le specie individuate figura *Cornus sanguinea*, comunemente nota come sanguinella, arbusto caducifoglio con portamento cespuglioso e rami giovani di colore rosso-bruno particolarmente ornamentali nel periodo invernale. La specie, tipica delle siepi di margine e delle formazioni ripariali padane, tollera bene i suoli argillosi e moderatamente umidi. La fioritura, che si presenta tra maggio e giugno, è bianca e mellifera, seguita dalla formazione di bacche nere molto gradite alla fauna avicola. In autunno, il fogliame si colora di toni accesi che conferiscono varietà cromatica alla fascia vegetata.

Altrettanto importante è la presenza del *Crataegus monogyna*, o biancospino, arbusto o piccolo alberello spinoso, caducifoglio, con altezza variabile tra i 3 e i 5 metri. Si caratterizza per la fioritura primaverile abbondante, con piccoli fiori bianchi molto profumati, e per la produzione autunnale di piccoli pomi rossi, eduli per la fauna. Il biancospino è particolarmente adatto ai suoli argillosi e calcarei, si adatta bene a interventi di potatura, ed è tollerante alla siccità estiva e alle gelate invernali, configurandosi come una delle specie più rustiche per l'ambiente padano.

La selezione comprende anche *Euonymus europaeus*, noto come fusaggine o berretta del prete, arbusto caducifoglio alto fino a 2,5–3 metri, noto per i suoi frutti molto decorativi, capsule rosa che in autunno si aprono mostrando semi aranciati. Le foglie, verdi in estate, assumono colorazioni porpora o arancio in autunno, contribuendo all'interesse estetico della fascia nei mesi freddi. È una specie rustica



*Immagine 17: Esempio grafico del layout della fascia di mitigazione*

### 5.4.3 Cure colturali nei primi anni di impianto

- **Preparazione del terreno:** si consiglia una lavorazione profonda (30–40 cm) con affinamento superficiale e apporto di compost maturo o stallatico, utile a garantire un buon attecchimento iniziale.
- **Sesto d’impianto:** per una siepe compatta si adottano distanze di comprese tra il metro e i due metri in singola fila, con una predisposizione a doppio filare questa distanze posso essere aumentate.
- **Irrigazione:** nei primi due anni sono necessarie irrigazioni regolari nei mesi più caldi, con frequenza settimanale o bisettimanale in funzione dell’andamento climatico.
- **Controllo delle infestanti:** utile la pacciamatura con cippato, paglia o teli biodegradabili per limitare la competizione radicale.
- **Concimazione:** a fine inverno può essere utile un apporto annuale di compost o concime organico pellettato, eventualmente integrato con fosforo e potassio per stimolare l’apparato radicale.
- **Potatura di formazione (primi 3 anni):** si effettuano leggere cimature a fine inverno per stimolare la ramificazione e favorire l’infoltimento della base.
- **Potatura di mantenimento:** una volta raggiunta l’altezza di 2,5–3 metri, si consiglia una potatura annuale a fine inverno per contenere lo sviluppo verticale e mantenere la forma compatta, accompagnata da una potatura estiva (luglio) per contenere i ricacci.

- **Concimazione di mantenimento:** un apporto organico annuale, integrato da fertilizzanti a lenta cessione (300–400 g/pianta), favorisce la persistenza vegetativa.
- **Irrigazione in età adulta:** generalmente non necessaria, salvo estati molto siccitose o su suoli particolarmente poveri o sabbiosi.

#### 5.4.4 Layout della fascia di mitigazione

Nella fascia perimetrale dell'area oggetto di intervento, è prevista la realizzazione di una fascia di mitigazione paesaggistica avente lo scopo di attenuare l'impatto visivo dell'impianto agrivoltaico e favorirne l'inserimento armonico nel paesaggio agricolo della pianura ferrarese. Come indicato nella planimetria progettuale, tale fascia si colloca tra il limite catastale della proprietà e la recinzione dell'impianto, sviluppandosi per una larghezza complessiva pari a 10 metri.

La fascia sarà strutturata secondo uno schema vegetazionale a due strati, con la presenza di una siepe arbustiva principale a sviluppo verticale e di una fascia arbustiva secondaria a disposizione più libera e naturaliforme. Nella porzione interna, in adiacenza alla recinzione, verrà realizzata una siepe continua di *Ligustrum vulgare*, specie rustica e adatta al clima continentale padano, selezionata per la sua capacità di raggiungere altezze di circa 3 metri, per la tolleranza al freddo e per la buona resistenza alla siccità estiva.

Il sesto di impianto previsto per il *Ligustrum vulgare* è pari a 1 m tra le piante lungo la fila, con configurazione monofilare. Tale disposizione consente la formazione di una barriera vegetale compatta nel giro di 2–3 anni, facilitando al tempo stesso gli interventi di potatura e contenimento necessari al mantenimento dell'altezza target e alla densità della siepe.

Nella fascia più esterna, verso il confine catastale, la composizione arbustiva comprenderà specie come *Cornus sanguinea* (sanguinella), *Euonymus europaeus* (berretta del prete), *Crataegus monogyna* (biancospino). Il sesto d'impianto previsto per la fascia arbustiva è variabile tra 1 e 3 metri tra le piante, con disposizione irregolare o su file sfalsate. Questa impostazione consente di riprodurre la struttura delle siepi spontanee tipiche del paesaggio agrario padano, favorendo l'alternanza di forme, volumi e periodi di fioritura, e incrementando la biodiversità funzionale. Il dettaglio viene descritto nella Tabella 9.

Tabella 9: Criteri geometrici e sesto di impianto

<b>A</b>	distanza impianto della fascia di mitigazione dalla recinzione	20 cm	Distanza minima al fine di evitare fenomeni di aggrovigliamento della vegetazione alla rete perimetrale per anche facilitarne la manutenzione
<b>B</b>	Distanza tra filari paralleli delle specie in fascia di mitigazione	1,5 – 3 m	Consente la crescita idonea della vegetazione nei primi anni di impianto facendo giungere ad ogni singolo individuo il corretto quantitativo di irraggiamento.
<b>C</b>	Distanza dall'ultima fila delle vegetazione sino al limite della proprietà	N.D.	Variabile, si consiglia di non impiantare specie al ridosso del limite catastale, per facilitarne manutenzione.
<b>D</b>	Sesto di impianto filare di Ligustro	1 – 1,5 m	Distanza tra due individui consecutivi sulla stessa fila

<b>E</b>	Sesto di impianto filare di cespugli autoctoni	2 – 3 m	Distanza tra due individui consecutivi sulla stessa fila
<b>F</b>	Distanza proiezione singole piante	50 – 75 cm	Consente di garantire un impianto sfalsato per facilitare l'effetto di mitigazione visiva occultando tutti gli spazi a impianto avviato

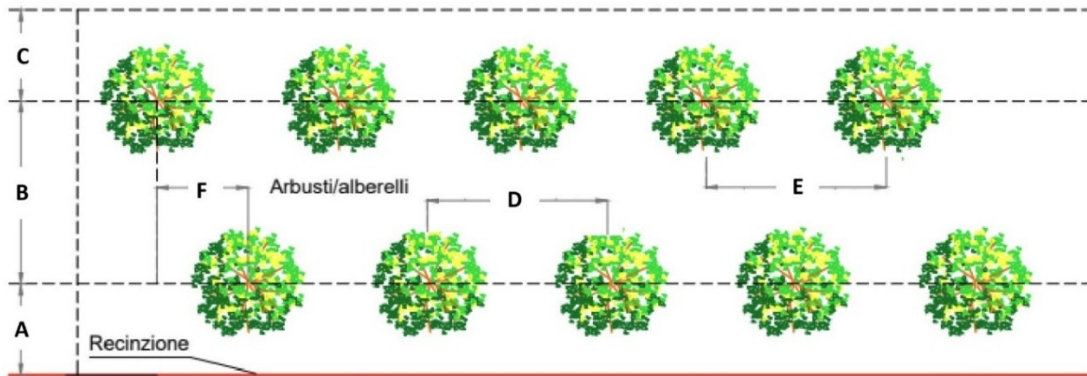


Immagine 18: Vista dall'alto

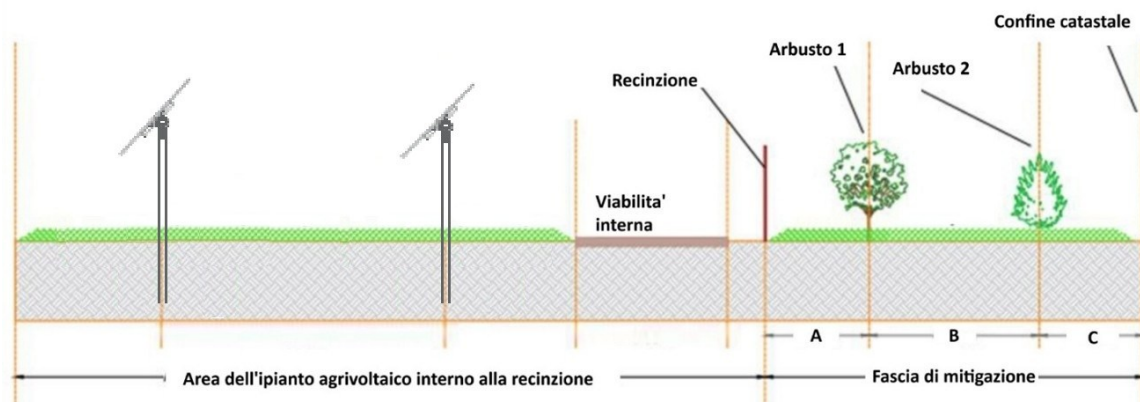


Immagine 19: vista di profilo

## 5.5 Gestione dell'attività agrivoltaica

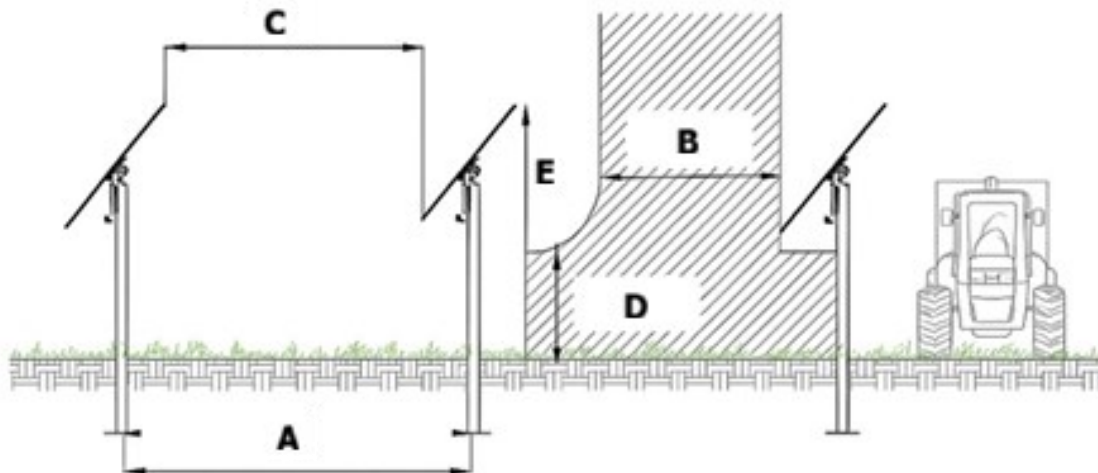
Nel contesto dell'impianto agrivoltaico, caratterizzato da una configurazione strutturale con altezza minima libera da terra pari a 2,10 metri e pitch complessivo di 5,50 metri, è stata condotta un'attenta valutazione della meccanizzazione delle operazioni agricole alla luce dei vincoli spaziali imposti dalla presenza dei moduli fotovoltaici montati su tracker monoassiali.

Nella seguente tabella viene riportata l'analisi dei criteri geometrici dell'impianto, utile al transito e manovra dei mezzi agricoli.

Tabella 10: Criteri geometrici

<b>A</b>	distanza tra le file (pitch) pari a 5,50 metri, che rappresenta l'interasse tra due strutture portanti adiacenti.	5,5m	in conformità alle Linee Guida MASE e le linee guida operative del GSE per impianti agrivoltaici avanzati
<b>B</b>	interfilare minimo utile netto, che costituisce il corridoio praticabile dai mezzi agricoli. si verifica nelle ore centrali della giornata, quando i moduli si trovano in posizione orizzontale (sole allo zenit)	3m	consente il transito agevole di trattrici di tipo compatto con carreggiata regolabile e attrezzature agricole portate o trainate, senza compromettere la stabilità delle lavorazioni né ostacolare le operazioni di sfalcio, semina o raccolta.
<b>C</b>	interspazio variabile con sole non allo zenit	<4,1m	consente il transito agevole di trattrici di tipo compatto con carreggiata regolabile e attrezzature agricole portate o trainate, senza compromettere la stabilità delle lavorazioni né ostacolare le operazioni di sfalcio, semina o raccolta
<b>D</b>	L'altezza libera dal suolo alla parte inferiore dei moduli fotovoltaici durante la massima rotazione del tracker	2,1m	permettendo l'utilizzo di trattori cabinati e attrezzature con sviluppo verticale contenuto
<b>E</b>	L'altezza massima dell'impianto durante la massima inclinazione dei trackers	N.D	Da allineare ad eventuali vincoli ambientali e paesaggistici, se esistenti
	spazio minimo tra l'estremità dei moduli fotovoltaici e la recinzione perimetrale	7m <sup>1</sup>	garantire ampi margini di manovra alle trattrici e alle attrezzature agricole

<sup>1</sup> Valore definito sulla base dello studio dell'angolo di sterzata e del raggio di rotazione dei mezzi agricoli che verranno impiegati per la gestione colturale, assicurando così la piena funzionalità operativa dell'impianto agrivoltaico.



Tutti questi elementi concorrono a definire una struttura impiantistica in grado di ospitare in modo continuativo e funzionale l'attività agricola, sia per colture erbacee da foraggio sia, eventualmente, per rotazioni cerealicole o colture a basso impatto.

La progettazione ha infatti tenuto conto fin dall'inizio della necessità di garantire la piena accessibilità dei mezzi agricoli in ogni fase del ciclo produttivo, evitando interferenze tra le strutture fisse dei pannelli e le attività di campo come verrà di seguito illustrato.

### 5.5.1 Attrezzature agricole e larghezze operative

Le attrezzature destinate alla gestione del cotico erboso, delle fienagioni e delle eventuali risemine autunnali o primaverili sono state scelte per garantire:

- Larghezza operativa massima pari a 4,0 metri, coerente con la geometria dei filari;
- Apparecchiature con altezza inferiore ai 2,10 metri;
- Sistema di chiusura idraulico, utile per il trasporto su strada e per le manovre tra i moduli;
- Peso contenuto, per limitare il compattamento del suolo, particolarmente importante nelle zone ombreggiate, dove l'attività biologica del terreno può risultare rallentata.

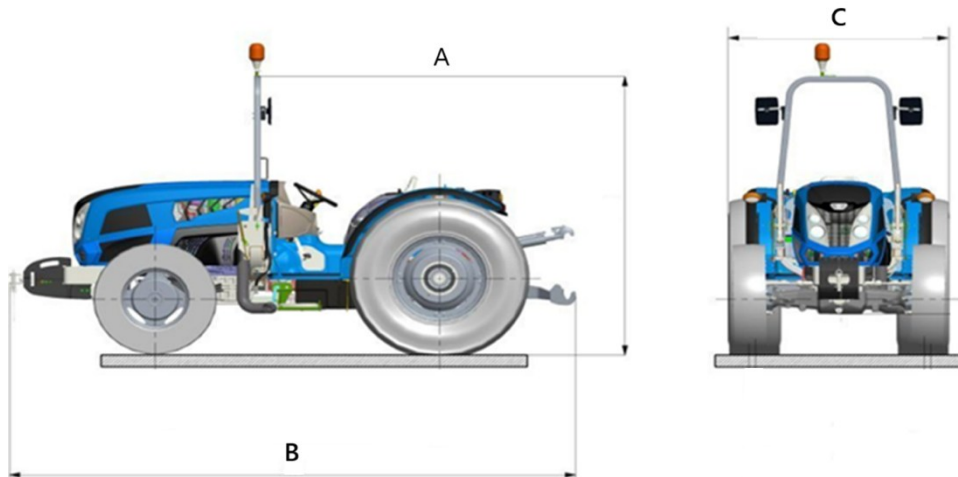
Le operazioni di taglio del foraggio verranno eseguite con falciatrici trainate o portate, a dischi o a tamburo, mentre per l'andanatura e la ranghinatura si utilizzeranno girelli a larghezza ridotta o voltatori rotanti in versione compatta.

### 5.5.2 Tipologia di trattore agricolo adottato

Per l'esecuzione delle operazioni colturali nell'ambito dell'impianto agrivoltaico si prevede l'impiego di trattori agricoli compatti a carreggiata ridotta, appartenenti alla categoria dei trattori del tipo vigneto o frutteto (ES. Fendt 211 Vario Profi+) appositamente selezionati per garantire operatività in condizioni di spazi limitati e altezza libera vincolata dalla struttura fotovoltaica.

Tabella 1 I: Esempio di trattori gommati frutteto

<b>A</b>	Altezza del mezzo dal suolo sino al punto estremo	1,80m	Consente il transito anche al di sotto dei moduli sia a tilt zero ma anche a massima inclinazione
<b>B</b>	Lunghezza mezzo da estremità capo a estremità coda	< 5m	consente il transito agevole tra i filari dei moduli fotovoltaici e spazi di manovra adeguati all'uscita del filare stesso. Si intende come lunghezza di sola trattrice, alla quale sarà sommata un'ulteriore ampiezza dell'attrezzatura portatile applicata, indicativamente da restare al di sotto degli 8 metri.
<b>C</b>	Ampiezza mezzo	< 2,5m	consente il transito agevole di trattrici di tipo compatto con carreggiata regolabile e attrezzature agricole portate o trainate, senza intaccare stringhe fotovoltaiche



Le caratteristiche tecniche richieste e da tenere in considerazione per la compatibilità con il layout impiantistico includono:

- Altezza complessiva inferiore a 1,80 metri, per garantire il passaggio agevole sotto i moduli anche nelle condizioni di tilt massimo e sotto le aste di connessione con i motori elettrici dei tracker;
- Carreggiata regolabile tra 1,70 e 2,50 metri, in funzione del tipo di attrezzatura portata o trainata, mantenendo margini di sicurezza rispetto alla carreggiata utile di 3 metri;
- Trasmissione a variazione continua (CVT) per assicurare fluidità e precisione durante le lavorazioni, anche in presenza di spazi ristretti e necessità di velocità controllata;
- Predisposizione per guida assistita con sistemi GPS/RTK, finalizzata all'ottimizzazione dei passaggi, alla riduzione dei calpestamenti e al miglioramento dell'efficienza operativa complessiva;

- Raggio di sterzata contenuto e architettura compatta, per facilitare le manovre nelle testate e nelle zone in prossimità dei pilastri di sostegno dei tracker;
- Sollevatore anteriore e posteriore, dotato di distributori idraulici multipli, per l'impiego combinato di attrezzature frontali e retroportate (trinciatrici, spandiconcime, seminatrici, diserbo meccanico, ecc.).

Questa tipologia di trattore rappresenta una soluzione ottimale per la gestione meccanizzata del medicaio, compatibile con le condizioni strutturali dell'impianto fotovoltaico e in grado di garantire precisione, sicurezza e versatilità durante tutto il ciclo colturale. L'adozione di mezzi specializzati a basso profilo consente di mantenere elevati standard agronomici, ridurre i tempi di lavorazione e minimizzare i rischi di danneggiamento delle infrastrutture fotovoltaiche.

Di seguito si riporta un esempio pratico di macchine compatibili con la carreggiata individuata.

*Tabella 12: Esempio di parco macchine compatibile con l'impianto AgriFV*

Fase colturale	Attrezzatura	Marca / Modello	Larghezza utile	Note operative
	<b>Trattore base</b> compatto ad alte prestazioni	<b>Fendt 211 Vario Profi+</b>	<b>1,70 – 2,10 m</b>	Ideale per spazi ristretti, trasmissione continua, guida automatica, cabina comfort
<b>Semina</b>	Seminatrice pneumatica a righe larghe	<b>Gaspardo Aliante 400 Special</b>	<b>4,0 m</b>	Adatta a foraggiere; semina uniforme; predisposta per tramline
<b>Sfalcio del foraggio</b>	Barra rotativa con condizionatore	<b>Kuhn FC 3160 TLD</b> (regolata)	<b>4,0 m</b>	Barra trainata con condizionamento a rulli; altezza di lavoro regolabile
<b>Andanatura</b>	Andanatore a rotore doppio, andana centrale	<b>Fella Juras 7850</b> (regolato)	<b>4,0 m</b>	Regolabile in larghezza, adattabile a quantità di prodotto e larghezza passaggi
<b>Imballaggio</b>	Rotopressa compatta a camera variabile	<b>CLAAS Rollant 455 Uniwrap</b>	–	Produzione rotoballe da 1,25–1,35 m Ø, film+rete, compatta per passaggi stretti

<b>Movimentazione balle</b>	Caricatore frontale + rimorchio a pianale stretto	<b>Stoll FZ 10.1 + Pronar T022</b>	–	Carico agevole sotto i pannelli, altezza operativa ridotta, massima maneggevolezza
-----------------------------	---	------------------------------------	---	--

## 5.6 Sistema di monitoraggio

Nel contesto del progetto agrivoltaico, le attività di monitoraggio ambientale e climatico rivestono un ruolo centrale per la gestione integrata dell’ecosistema agroenergetico e per la verifica continuativa dell’efficacia agronomica delle soluzioni adottate. A tal fine, si prevede l’installazione di stazioni meteorologiche multiparametriche all’interno dell’area agricola interessata dall’impianto, posizionate in punti strategici al fine di garantire una rilevazione rappresentativa delle condizioni microclimatiche locali.

Le stazioni meteorologiche saranno dotate di una serie di sensori ad alta precisione, progettati per acquisire in tempo reale i principali parametri atmosferici e del suolo che influenzano lo sviluppo delle colture e le dinamiche del suolo. In particolare, verranno monitorati:

- la temperatura dell’aria (minima, massima e media giornaliera),
- l’umidità relativa,
- la radiazione solare globale (fondamentale per valutare la fotosintesi e l’effetto ombreggiante dell’impianto fotovoltaico),
- la quantità e l’intensità delle precipitazioni,
- la velocità e direzione del vento,
- nonché l’umidità del suolo, rilevata a differenti profondità al fine di monitorare l’evoluzione dell’umidità residua disponibile per le piante e di ottimizzare l’eventuale gestione irrigua.

Le stazioni saranno connesse a una rete dati GPRS che garantirà la trasmissione automatica e continua dei dati ad un sistema centralizzato di gestione e supporto decisionale, noto come DSS – Decision Support System.

Tale sistema informativo, conforme al requisito D2 delle Linee Guida MASE per gli impianti agrivoltaici, rappresenta uno strumento fondamentale per l’elaborazione, l’analisi e l’interpretazione dei dati ambientali raccolti sul campo.

Il sistema DSS sarà strutturato in modo da archiviare ed elaborare le informazioni in tempo reale, consentendo di generare indicatori agronomici e climatici fondamentali per una gestione agricola sostenibile, efficiente e adattiva. I dati elaborati saranno accessibili ai tecnici agrari e agli operatori coinvolti nella conduzione aziendale, che potranno utilizzarli per prendere decisioni colturali informate, quali:

- la programmazione delle lavorazioni del suolo in funzione delle condizioni di umidità,
- la pianificazione di interventi irrigui di soccorso,
- la gestione fitosanitaria con trattamenti mirati in base a modelli previsionali,
- e il monitoraggio dello stress idrico o termico delle colture in momenti critici del ciclo vegetativo.

Inoltre, il sistema sarà in grado di produrre report periodici di monitoraggio, comprendenti serie storiche, grafici comparativi e dati sintetici, che costituiranno parte integrante della documentazione tecnica dell'impianto. Tali report saranno utili non solo per verificare la coerenza con gli obiettivi agronomici e ambientali del progetto, ma anche come strumento di rendicontazione tecnica verso gli enti autorizzativi, conformemente agli obblighi previsti dalla normativa vigente.

Questo sistema integrato di monitoraggio climatico e gestionale riveste dunque un valore strategico per la buona riuscita dell'intervento agrivoltaico, in quanto permette di adattare tempestivamente le scelte agronomiche alle reali condizioni del campo, incrementando la resilienza delle colture agli eventi meteorologici estremi – sempre più frequenti a causa del cambiamento climatico – e contribuendo al miglioramento della gestione aziendale secondo criteri di efficienza, circolarità e tutela delle risorse naturali.

Nel complesso, l'infrastruttura di monitoraggio proposta costituisce un esempio concreto di agricoltura di precisione applicata all'agrivoltaico, capace di coniugare innovazione tecnologica, sostenibilità ambientale e valorizzazione produttiva del territorio.

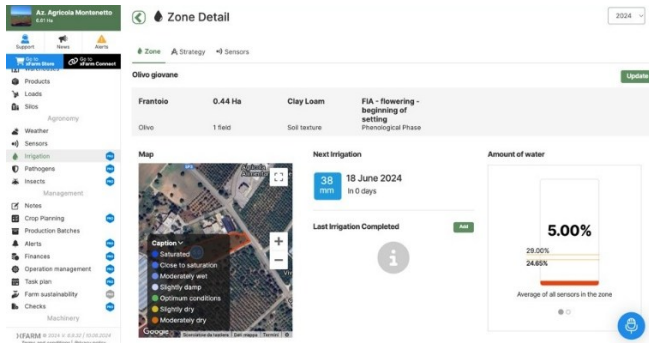


Immagine 20: Requisito DI – risparmio idrico



Immagine 21: sistema gestionale per la digitalizzazione delle informazioni agronomiche

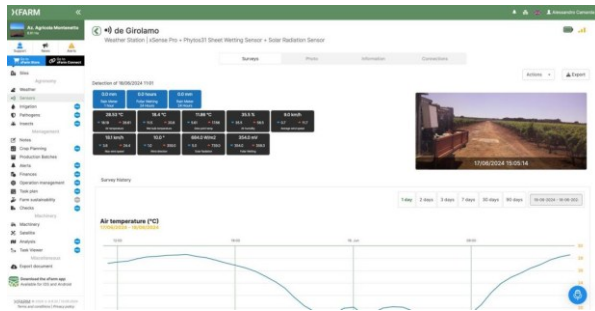


Immagine 22: sistema di monitoraggio del microclima



Immagine 23: schema di funzionamento del sistema IoT per la stazione meteo e gli accessori

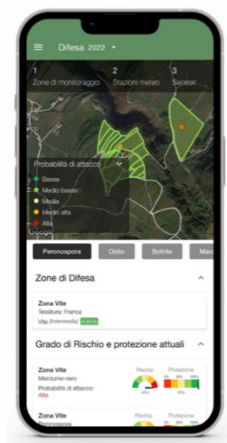


Immagine 24: monitoraggio con DSS insetti

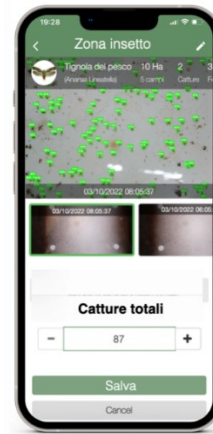


Immagine 25: monitoraggio con il DSS insetti

## 6 Quadro economico di progetto

Il quadro economico del progetto è stato costruito a partire da un'analisi dettagliata di tutte le attività agronomiche pianificate e delle infrastrutture previste nella relazione agronomica. La stima dei costi è stata effettuata utilizzando come riferimento i prezzi correnti di mercato, al fine di garantire un'inquadratura economica coerente con il contesto territoriale e normativo locale.

Il calcolo delle Unità Lavorative Uomo (U.L.U.) è stato effettuato secondo i parametri riportati nelle tabelle standard del sistema RICA, che quantificano il fabbisogno di lavoro per ciascuna coltura e tipologia di conduzione, con particolare attenzione all'impatto della parziale ombreggiatura generata dall'impianto fotovoltaico e alla necessità di operare con mezzi agricoli compatibili con gli spazi disponibili.

Poiché l'indirizzo colturale del fondo rimane invariato, seminativo/foraggero, e non sono previste modifiche sostanziali all'ordinamento produttivo, il calcolo economico ante e post intervento risulta invariato, confermando la piena continuità dell'attività agricola e la compatibilità dell'impianto agrivoltaico con la gestione produttiva preesistente. Si è pertanto proceduto a un unico calcolo economico rappresentativo, ritenuto congruo e sufficiente a descrivere l'equilibrio economico dell'azienda agricola anche in fase post-realizzazione.

### 6.1 Calcolo PLV

Per comodità e facilità di lettura, si è proceduto al calcolo economico su base ettaro (Rilievo prezzi ISMEA Mercati-Borsa di Bologna), riferito alla data di stima. Il valore complessivo, esteso all'intera superficie aziendale interessata dall'impianto, è riportato nel paragrafo dedicato all'applicazione delle Linee Guida, a cui si rimanda per una visione completa dei dati.

Nella Tabella 14 è riportata la nuova superficie agricola, il cui calcolo è stato illustrato in modo dettagliato nel Capitolo 7.1.1, al quale si rimanda per ogni ulteriore chiarimento. Inoltre si evidenzia che nella situazione pre intervento è stata considerata la coltura maggiormente utilizzata nel sito sia in termini di superfici che in termini temporali (analisi dei fascicoli aziendali storici dei 5 anni precedenti)

Tabella 13: Calcolo della PLV pre intervento

Voce	Unità	Valore minimo	Valore massimo
<b>Fumento duro/tenero (seminativo)</b>			
Prezzo €/t	€/ton	240 €/t	264 €/t
Produzione per ettaro	Ton s.s./ha	5	10
PLV per ettaro	€/ha	1.200	2.640
PLV totale (104,41 ha)	€	125.296	275.650

Tabella 14: Calcolo della PLV post intervento

Voce	Unità	Valore minimo	Valore massimo
<b>Fieno di Erba medica (foraggere)</b>			
Prezzo €/t	€/ton	195 €/t	252 €/t
Produzione per ettaro	Ton s.s./ha	10	15

PLV per ettaro	€/ha	1.950	3.780
PLV totale (84,21 ha)	€	164.214	318.323

Tabella 15: Differenza della PLV pre e post

Voce	Unità	Valore minimo	Valore massimo
PLV per ettaro pre	€	125.296	275.650
PLV per ettaro post	€	164.214	318.323
Differenza PLV	%	+ 24%	+ 13%

Non si riscontra riduzione della Produzione Lorda Vendibile (PLV a seguito dell'installazione dell'impianto agrivoltaico, quindi pienamente coerente con quanto previsto dalle Linee Guida MASE in materia di agrivoltaico.

Nel caso specifico, la differenza di PLV è del 13%, come riportato nella Tabella 15, riflette esattamente l'ottimo valore aggiunto della filiera territoriale del parmigiano reggiano anche con la percentuale di superficie non più direttamente coltivabile per effetto della presenza delle infrastrutture fotovoltaiche.

## 6.2 Analisi dei costi

In sede di analisi economica dell'erba medica da imballaggio, il presente prospetto focalizza esclusivamente i costi diretti delle materie prime e delle operazioni colturali, escludendo costi fissi, ammortamenti e servizi generali. I dati si riferiscono a coltivazioni in pianura irriguo-mesofila, coerenti con la zona di Crevalcore, basati su fonti CREA, CRPA e informazioni agronome aggiornate. Si evidenzia che l'analisi dei costi è riferita ad attività in campo aperto.

### 6.2.1 Costi di impianto dell'erba medica e prati annuali di graminacee e leguminose

Tali valori potrebbero essere oggetto di modifica ed in particolar modo di sensibile aumento per alcune lavorazioni in campo considerando la complessità di lavorare in un ambiente con delle restrizioni sugli spazi di manovra. Tale analisi sarà quindi affinata a seguito della redazione del progetto esecutivo. Questa valutazione può essere applicata anche ai prati annuali, poiché l'unica voce soggetta a variazione riguarda la tipologia di sementi, il cui costo risulta comunque in linea con quello dell'erba medica. Inoltre, nella gestione dei prati annuali, molte delle pratiche agricole elencate non vengono normalmente eseguite, rendendo quindi questa analisi una stima cautelativa. Di conseguenza, la tabella riportata rappresenta la condizione più onerosa, ma può essere adottata prudentemente anche per i prati annuali.

Tabella 16: Analisi dei costi in campo aperto

Voce di costo	Quantità	Costo unitario (€)	Totale (€/ha)
<b>MATERIE PRIME</b>			
Seme di erba medica	25-30 kg/ha	150-170 €/q	44
Concime fosfo-potassico	2 q/ha	60-80 €/q	140
Diserbante pre/post emergenza	1 intervento	40-60 €/ha	50

Trattamento antiparassitario (*)	1 intervento (eventuale)	20-30 €/ha	25
Totale materie prime			263
<b>OPERAZIONI COLTURALI</b>			
Lavorazioni pre-semina (aratura + erpicatura)	2 passaggi	80-100 €/ha	180
Semina	1 passaggio	50-70 €/ha	60
Trattamenti fitosanitari (diserbo + antiparassitari)	2 interventi	35 €/intervento	70
Sfalciante + andanatore + pressatura (3 tagli)	3 cicli	100-120 €/ciclo	330
Raccolta e trasporto fieno	3 cicli	30-40 €/ciclo	105
Irrigazione con rotolone (eventuale)	2 interventi	400-700 €/ha	1100
Totale operazioni colturali			1.845
<b>TOTALE (ha)</b>		€/ha	2.108
<b>TOTALE GENERALE (ha sup. agr.)</b>		2,108 € x 84,21 ha	177.515 €

**Note:**

- I valori sono indicativi e non comprendono i costi fissi aziendali (ammortamenti, manodopera, carburante, IRAP, ecc.).
- Il costo delle operazioni è calcolato considerando il ricorso a contoterzisti, con tre tagli/anno (in zone irrigue si può salire a 4).
- La voce “antiparassitari” è opzionale, in funzione della pressione entomopatogena.

## 6.2.2 Costi di impianto della fascia di mitigazione

La tabella seguente riporta la stima dei costi relativi alla realizzazione e manutenzione della fascia di mitigazione paesaggistica prevista lungo il perimetro dell’impianto agrivoltaico.

Essa è stata elaborata sulla base delle specifiche progettuali del layout vegetazionale, comprendente una siepe interna monofilare di *Ligustrum vulgare* e una fascia esterna arbustiva composta da *Cornus sanguinea*, *Euonymus europaeus* e *Crataegus monogyna*.

Tabella 17: Analisi dei costi fascia di mitigazione

Voce di costo	Quantità ha	Costo unitario (€)	Totale (€/ha)
<b>MATERIE PRIME</b>			

Ligustrum vulgare	2000 pz	1,80 – 2,20 €/pianta	4.000
Cornus sanguinea	350 pz	2,00 – 2,50 €/pianta	788
Euonymus europaeus	350 pz	2,50 – 3,00 €/pianta	963
Crataegus monogyna	350 pz	2,00 – 2,50 €/pianta	788
Totale materie prime			6.538
<b>OPERAZIONI COLTURALI</b>			
Lavorazione superficiale (fresatura/affinamento terreno)	1 intervento	200-250 €/ha	225
Apertura buche e messa a dimora piante	3.050 buche/ha	0,60 – 0,80 €/pz	2.135
Pacciamatura biodegradabile e ancoraggi (striscia siepe)	2.000 m lineari	1,20 – 1,50 €/m	2.700
Irrigazione di soccorso primo 3-4 anni	3 interventi	200 €/intervento	600
Concimazione di avviamento (organico-minerale)	1 intervento	100-120 €/ha	110
Manutenzione annuale (potature, sarchiature, controllo infestanti)	1 interventi	500-1000 €/ha	750
Totale operazioni colturali			6.520
<b>TOTALE (ha)</b>		€/ha	13.058
<b>TOTALE GENERALE (ha sup. agr.)</b>		13.058 € x 7,28 ha	94.996 €

## 6.3 Analisi delle U.L.U.

Le ULU (Unità Lavorative Uomo) rappresentano un'unità di misura standard utilizzata in ambito agricolo per quantificare il lavoro umano impiegato in un'azienda. Una ULU corrisponde all'attività svolta da una persona occupata a tempo pieno per un intero anno lavorativo (generalmente 1.800 ore annue). Questo indicatore è fondamentale per l'analisi della sostenibilità occupazionale delle aziende agricole e per confrontare la domanda di lavoro tra diverse tipologie colturali o ordinamenti produttivi. È importante precisare che le ULU vengono utilizzate esclusivamente per valutare l'impegno operativo e temporale richiesto dalle diverse coltivazioni, mentre i relativi costi della manodopera risultano già considerati nelle analisi economiche precedenti.

Nel caso specifico dell'azienda situata nel comune di Crevalcore, per la stima del fabbisogno di manodopera associato al piano colturale agrivoltico si è fatto ricorso alle tabelle regionali per il calcolo delle ore

lavorative per coltura, predisposte tenendo conto delle caratteristiche pedoclimatiche e del grado di meccanizzazione tipici del territorio emiliano.

Queste tabelle costituiscono uno strumento tecnico di riferimento per la programmazione aziendale, poiché consentono di stimare con precisione le ore di lavoro necessarie per ciascuna coltura, in base alle operazioni da effettuare (lavorazioni del terreno, semina, trattamenti, irrigazione, raccolta, ecc.). La conoscenza di tali valori consente all'azienda di pianificare in modo efficace l'impiego della forza lavoro lungo tutto l'anno agrario, ottimizzando tempi, risorse e costi.

*Tabella 18: Analisi ULU*

Scenario	Superficie (ha)	Ore/ha/anno (standard)	Totale ore/anno per impianto	Giornate lavorative stimate
Erba medica (Fieno) & colture da rinnovo	1	50 ore/ha	4.211 ore	526 gg/anno (ogni x anno)
Prati annuali graminacee e leguminose	1	50 ore/ha	4.211 ore	526 gg/anno (ogni x anno)
Fascia mitigazione anno 1 (impianto)	1	470 ore/ha	3.419 ore	427 gg/anno (anno 1)
Fascia mitigazione anno 2-3 (consolidamento)	1	160 ore/ha	1164 ore	146 gg/anno (anni 2-3)
Fascia mitigazione dal 4-5 anno (manutenzione ordinaria)	1	100 ore/ha	728 ore	91 gg/anno (da anno 4-5)

**Note:**

- Le 50 ore/ha includono tutte le operazioni colturali tipiche: lavorazioni del terreno, semina, trattamenti, sfalcio multiplo, pressatura, rimozione, senza distinguere per numero di tagli.
- In un contesto come quello di Crevalcore, fortemente meccanizzato, questo valore risulta adeguato e coerente con l'efficienza gestionale dell'azienda agricola.
- Per la fascia di mitigazione è stata fatta una divisione in base allo stadio evolutivo dell'impianto, a regime, l'impegno temporale, come si evince dalla tabella e nettamente ridotto rispetto alla fase di impianto.
- La conversione in giornate lavorative è effettuata sulla base del parametro standard di 8 ore/giorno.

## 7 Linee guida in materia di impianti agrivoltaici

Nel quadro normativo vigente della Regione Emilia-Romagna, l'impianto previsto nel Comune di Crevalcore (BO) è stato configurato come agrivoltaico avanzato, in conformità ai criteri stabiliti dalle Linee Guida MASE del 2022 e recepiti dalla D.G.R. n. 2260 del 27 dicembre 2022, che regolamentano la realizzazione di impianti agrivoltaici localizzati al di fuori delle aree considerate idonee.

L'inquadramento dell'intervento come agrivoltaico avanzato risponde alla necessità di garantire una integrazione effettiva tra produzione agricola e produzione energetica, salvaguardando la destinazione agricola dei suoli e assicurando nel contempo la sostenibilità ambientale e paesaggistica dell'intervento. Tale approccio prevede l'adozione di soluzioni progettuali capaci di mantenere attiva e produttiva la superficie agricola, favorendo la coesistenza e la complementarità tra coltivazioni e moduli fotovoltaici.

Il progetto non rappresenta quindi una mera infrastruttura energetica sovrapposta al territorio rurale, ma un sistema agroenergetico multifunzionale orientato alla valorizzazione del paesaggio agrario e delle risorse locali. L'impianto è concepito per assicurare continuità alle pratiche agricole tradizionali, promuovendo modelli di gestione innovativi e compatibili con le esigenze di sostenibilità e resilienza climatica.

In tal modo, pur ricadendo al di fuori delle aree definite idonee, l'intervento rispetta pienamente i requisiti previsti per gli impianti agrivoltaici avanzati, dimostrando la volontà del proponente di aderire agli standard tecnici e gestionali più elevati oggi richiesti per la realizzazione di impianti fotovoltaici in contesto agricolo.

Il rispetto di tali criteri rende il progetto coerente con la pianificazione regionale vigente e con le politiche di tutela e valorizzazione del paesaggio agrario e del suolo, ponendolo come esempio di integrazione virtuosa tra innovazione energetica e continuità produttiva. Nei paragrafi successivi saranno illustrati in dettaglio i singoli elementi di conformità del progetto rispetto alle Linee Guida nazionali e regionali, a supporto della qualificazione dell'impianto come agrivoltaico avanzato.

### REQUISITI DI CONFORMITÀ

- **REQUISITO A:** configurazione spaziale e scelte tecnologiche atte a garantire l'integrazione tra attività agricola e produzione elettrica, valorizzando entrambi i sottosistemi;
- **REQUISITO B:** esercizio dell'impianto volto a garantire la produzione sinergica di energia e prodotti agricoli senza compromettere la continuità dell'attività agricola;
- **REQUISITO C:** utilizzo di soluzioni innovative con moduli sollevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni agronomiche ed energetiche;
- **REQUISITO D:** implementazione di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare le prestazioni dell'impianto anche in termini di risparmio idrico e continuità delle attività agricole;
- **REQUISITO E:** presenza di un sistema di monitoraggio integrativo, volto a valutare anche la fertilità del suolo, il microclima e la resilienza ai cambiamenti climatici.

## 7.1 Requisito A

Requisito A Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

L'impianto rientra nella definizione di Agrivoltaico ed è stato progettato in modo tale da non compromettere la continuità dell'attività primaria, garantendo al contempo una sinergia della stessa con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile

**Il requisito A risulta verificato.**

### 7.1.1 Requisito A1

Requisito A1 la Superficie minima coltivata ( $S$  agricola), intesa come superficie minima dedicata alla coltivazione, dev'essere maggiore o uguale al 70% della Superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico ( $S$  tot).

Il calcolo ha tenuto in considerazione tutte le superfici non utilizzabili a fini agricoli, in particolare; strade di viabilità e di servizio, area occupata da cabine ed una fascia di 1 metro lungo le stringhe di pannelli, in prossimità del palo di sostegno (50cm per lato), che complessivamente occupano un'area totale di 20,20 ha.

Pertanto sottraendo questo valore alla superficie interna all'impianto, ovvero 1 superficie recintata, pari a 104,41 ha, si ottiene una superficie agricola pari a 84,21 ha

Considerato che tutta la superficie è destinata alla coltivazione proposta: la superficie agricola rappresenta l'80,65% della superficie totale.

**Il requisito A1 risulta verificato.**

### 7.1.2 Requisito A2

Requisito A2 Il LAOR (Land Area Occupation Ratio), cioè il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ) e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico ( $S$  tot), dev'essere minore o uguale al 40%.

Il LAOR è pari a 35,42%.

La superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ) è pari a 36,98 ettari e la superficie totale del sistema agrivoltaico è pari a 104,41 ettari.

**Il requisito A2 risulta verificato.**

## 7.2 Requisito B

Requisito B Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale.

Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli. Come più volte descritto, l'impianto agrivoltaico è stato progettato per perseguire l'obiettivo di realizzare una condizione di integrazione tra il sistema agricolo ed il sistema di produzione di energia elettrica, massimizzando il potenziale produttivo dei due sottosistemi.

**Il requisito B risulta verificato.**

### 7.2.1 Requisito B1

Requisito B1 La continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento. Gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

- L'esistenza e la resa della coltivazione;
- Il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

In merito ai requisiti di cui sopra si evidenzia che:

- La continuità agricola viene verificata con il mantenimento di un'attività agricola nell'ambito agrivoltaico in questo specifico contesto;
- L'indirizzo produttivo rimarrà invariato, ovvero "seminativo/foraggero" ed inoltre rispetto alla classica conduzione a seminativo, la gestione ad erba medica risulta essere migliorativa.

**Il requisito B1 risulta verificato.**

### 7.2.2 Requisito B2

Requisito B2 La producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa. In particolare, è richiesto che la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FV standard in GWh/ha/anno), non sia inferiore al 60% di quest'ultima.

Dai calcoli eseguiti e forniti dal cliente risulta:

Producibilità elettrica annua Impianto Standard [kWh/kWp/anno]: 1345

Producibilità elettrica annua Impianto Agrivoltaico [kWh/kWp/anno]: = 1711

Superficie totale sistema agrivoltaico: 104,41 ha

$FV\ agri = Potenza\ nominale * Producibilità\ elettrica / Superficie\ totale \ [GWh/ha/anno]$

$FV\ standard = Densità\ di\ potenza * Superficie\ utile * Producibilità\ elettrica / Superficie\ totale \ [GWh/ha/anno]$

$FV\ agri \ [GWh/ha/anno] = 1,43$

$FV\ standard \ [GWh/ha/anno] = 1,14$

$FV\ agri / FV\ standard = 1,25 > 0,60$

**Il requisito B2 risulta verificato.**

## 7.3 Requisito C

Requisito C L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli. In sintesi, l'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto agrivoltaico.

Si possono verificare le seguenti condizioni:

- **Tipo 1:** l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura;
- **Tipo 2:** l'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale non esiste un doppio uso del suolo, pertanto, il grado di integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la coltura è minimo;
- **Tipo 3:** moduli fotovoltaici sono disposti in posizione verticale. L'altezza minima dei moduli da terra non incide significativamente sulle possibilità di coltivazione (se non per l'ombreggiamento in determinate ore del giorno), ma può influenzare il possibile passaggio degli animali, con implicazioni sull'uso dell'area per attività legate alla zootecnia.

L'impianto agrivoltaico rientra nella condizione identificata come "tipo 1" ovvero "l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto i moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura".

L'altezza minima dei pannelli per sarà di 2,10 m in linea con le linee guida operative GSE.

**Il requisito C risulta verificato.**

## 7.4 Requisito D ed E

- **Requisito D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate. Tale requisito è soddisfatto se l'impianto in progetto verifica i seguenti parametri: D.1) il risparmio idrico; D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.
- **Requisito E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio

Il monitoraggio della continuità dell'attività agricola (Requisito D2) e delle condizioni microclimatiche (Requisito E) sarà effettuato con cadenza annuale mediante l'installazione e la gestione di

una stazione agrometeorologica in sito, integrata con un sistema DSS (Decision Support System) per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati rilevati.

Questo approccio permetterà di raccogliere in modo oggettivo e continuativo informazioni relative alla temperatura, all'umidità del suolo, alla radiazione solare, alla bagnatura fogliare e ad altri parametri agronomicamente rilevanti per valutare l'efficienza del sistema agrivoltaico sia sotto il profilo produttivo che ambientale.

I dati raccolti saranno elaborati e organizzati in una relazione tecnica annuale asseverata, redatta da un professionista abilitato iscritto ad un ordine professionale in materia agraria (perito agrario, agronomo o agrotecnico), come previsto dalle Linee Guida. Tale documento costituirà parte integrante dell'attività di rendicontazione tecnica dell'impianto agrivoltaico avanzato.

In particolare, la relazione agronomica annuale conterrà:

- l'analisi dei dati produttivi, incluse le rese colturali per ettaro;
- il dettaglio completo delle operazioni colturali effettuate nel corso dell'anno;
- il fascicolo aziendale aggiornato;
- i dati climatici e agrometeorologici rilevati in campo;
- in caso di coltivazioni irrigue, anche i dati dei consumi idrici, al fine di monitorare l'efficienza idrica e il rispetto delle pratiche agronomiche sostenibili.

Questo sistema di controllo rappresenta uno degli elementi centrali per la qualificazione dell'impianto come agrivoltaico avanzato, garantendo la trasparenza e la tracciabilità dell'attività agricola e consentendo alle autorità competenti di verificare in modo oggettivo il rispetto dei requisiti imposti dalla normativa vigente.

**Il requisito D ed E risultano verificati.**



## 9 BIBLIOGRAFIA

- CREA (2020). Schede colturali e dati economici RICA: Erba medica e foraggiere. Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Roma.
- CRPA (2021). Costi di produzione e indici tecnici delle principali colture foraggiere. Centro Ricerche Produzioni Animali, Reggio Emilia.
- Regione Emilia-Romagna (2020). Linee guida agronomiche per la gestione delle colture foraggiere e dei prati permanenti. Servizio Territorio Rurale, Bologna.
- Regione Emilia-Romagna (2023). Complemento per lo Sviluppo Rurale (CSR) 2023–2027 – Interventi per la gestione sostenibile delle superfici agricole e la tutela della fertilità del suolo.
- Comune di Crevalcore (2024). Piano Strutturale Comunale e strumenti di pianificazione territoriale e ambientale vigenti.
- ARPAE Emilia-Romagna (2023). Rapporto sullo stato dell'ambiente e monitoraggi agroclimatici della pianura bolognese.
- Pavari, A. (1916). Lineamenti di classificazione fitoclimatica d'Italia. Firenze.
- Goetzberger, A., Zastrow, A. (1982). "On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation." *International Journal of Solar Energy*, 1(1), pp. 55–69.
- Hassanpour Adeg, E., Selker, J.S., Higgins, C.W. (2018). "Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency." *PLOS One*, 13(11), e0203256.
- Reasoner, M., et al. (2022). *Global Trends in Agrivoltaics*. Springer, Berlin.
- De Francesco, C., Centorame, L., Toscano, G., & Duca, D. (2025). Opportunities, Technological Challenges and Monitoring Approaches in Agrivoltaic Systems for Sustainable Management. *Sustainability*, 17(2), 634.
- Altyeb Ali Abaker Omer, Ming Li, Fangxin Zhang, Mohammed Mun Elseed Hassaan, Wael El Kolaly, Xinyu Zhang, Huayan Lan, Jie Liu, Wen Liu, Impacts of agrivoltaic systems on microclimate, water use efficiency, and crop yield: A systematic review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 221, 2025
- Axel Weselek, Andrea Bauerle, Jens Hartung, Sabine Zikeli, Iris Lewandowski & Petra Högy, Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate, *Agronomy Springer Nature*, 2021
- MASE (2022). Linee guida in materia di impianti agrivoltaici. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica.
- DM 31 maggio 2024. Decreto attuativo Agrivoltaico avanzato. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica.
- GSE – CREA (2024). Linee guida per la qualificazione degli impianti agrivoltaici avanzati.

- Regione Emilia-Romagna (2022). Deliberazione della Giunta Regionale n. 2260 del 27 dicembre 2022 – Disposizioni in materia di impianti agrivoltaici e criteri di localizzazione sul territorio regionale.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. Recepimento Direttiva 91/676/CEE “Direttiva Nitrati.”
- Edagricole (2018). Manuale di coltivazione dell’erba medica: tecniche agronomiche, gestione e qualità del foraggio. Milano.
- Università di Bologna – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL) (2019). Prove varietali e produttive su erba medica in pianura emiliana: risultati pluriennali. Bologna.
- ISPRA (2021). Indicatori agroambientali e gestione sostenibile delle colture foraggere. Roma.