

ALFI GREEN S.R.L.

Impianto Agrivoltaico Avanzato denominato "Bandissolo" da 24.979,5 kWp, abbinato a un sistema di accumulo elettrochimico da 12.000 kW, opere connesse ed infrastrutture indispensabili

Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE)

Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico Avanzato combinato con SdA e Opere Elettriche di Utenza

Allegato 12 - Relazione tecnico-agronomica

Rev. 2 - Novembre 2025

Estensori elaborato:

Dott. Agr. Niccolò Zucconi - Ordine Agronomi Prov. Roma n. 942

Dott. Agr. Luigi Valente - Ordine Agronomi Prov. Roma n. 2025

Dott. Agr. Dino Ortenzi - Ordine Agronomi Prov. Viterbo n. 487

Dott. Agr. Matteo Segatori - Ordine Agronomi Prov. Roma n. 2065

Dott.ssa Nadia Chiroasca - Dott.ssa in Scienze Forestali e Naturali

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
2.	NORMATIVA	5
3.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DEL SITO	6
3.1	GENERALITÀ	6
3.2	LA SOCIETÀ AGRICOLA.....	7
3.3	DESCRIZIONE DEI PARAMETRI SIGNIFICATIVI DI PROGETTO	7
3.4	DESCRIZIONE DEL SITO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO	8
3.4.1	INQUADRAMENTO URBANISTICO	11
3.4.2	INQUADRAMENTO AGRICOLO DELL'AREA	11
3.5	PRODUZIONI AGRO-ALIMENTARI A MARCHIO DI QUALITÀ OTTENIBILE SUL TERRITORIO IN ESAME 12	
3.6	PRODOTTI AGRICOLI DEL FERRARESE D.O.P E I.G.P.....	13
3.6.1	Aglione di Voghera Dop	13
3.6.2	Asparago verde di Altedo Igp.....	14
3.6.3	Melone mantovano Igp	14
3.6.4	Pera dell'Emilia-Romagna Igp.....	14
3.6.5	Pesca e nettarina di Romagna Igp	15
3.6.6	Riso del Delta del Po Igp.....	15
3.7	PRODOTTI ALIMENTARI D.O.P. E I.G.P.....	15
3.7.1	Cappellacci di zucca ferraresi Igp.....	16
3.7.2	Coppia ferrarese Igp	16
3.7.3	Grana Padano Dop.....	16
4.	SUOLO E SOTTOSUOLO	17
4.1	INDICAZIONE DELL'USO DEL SUOLO	17
4.2	INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	17
4.2.1	Ore di luce diurna e crepuscolo.....	20
4.3	INQUADRAMENTO PEDOLOGICO.....	21
4.4	ANALISI DELLE CARATTERISTICHE DEL SUOLO	22
4.4.1	Salinità del suolo	22
4.4.2	Sostanza organica	24

4.4.3	Tessitura del suolo.....	25
4.4.4	pH del suolo	26
4.4.5	Capacità dell'uso del suolo	26
4.5	CONSIDERAZIONI DI MASSIMA SULLA PEDOLOGIA DEL SITO	28
4.6	CONSIDERAZIONI DI MASSIMA SULLA SCELTA DEI CANTIERI DI LAVORO E SEMINA	30
4.7	ANALISI DELLA RISORSA IDRICA.....	30
4.8	ZONA DI IMPIANTO E CARATTERISTICHE TERRITORIALI: L'AREA DI BONIFICA	31
4.9	ORGANIZZAZIONE CONSORTILE DELLA ZONA	31
4.10	IL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA.....	31
4.11	VERIFICA DELLA PRESENZA DELLA RISORSA IDRICA	32
5.	BENEFICI, SINERGIE E MITIGAZIONE DELLE INTERFERENZE.....	35
5.1	GESTIONE E MITIGAZIONE DELLE POTENZIALI INTERFERENZE	35
5.1.1	Tecnologia impiantistica.....	35
5.1.2	Distanza tra le strutture.....	37
5.1.3	Altre interferenze	40
5.2	SINERGIE.....	41
5.3	BENEFICI AMBIENTALI	42
5.4	MIGLIORAMENTI FONDIARI.....	43
6.	DEFINIZIONE DEL PIANO COLTURALE.....	44
6.1	LA SITUAZIONE AGRICOLA EX ANTE NELL'AREA DEL PROGETTO	44
6.2	AZIENDA AGRICOLA E ORDINAMENTO COLTURALE	45
6.3	LA SCELTA DELL'INDIRIZZO COLTURALE.....	47
6.3.1	Il sistema agrivoltaico: configurazione spaziale, scelte tecnologiche.....	47
6.3.2	La scelta dell'indirizzo colturale.....	48
6.3.3	Colture consigliate	49
6.3.4	Indirizzo produttivo.....	52
6.3.5	Scenari alternativi	53
6.3.6	La fascia di mitigazione	54
6.3.7	Fabbisogni irrigui in relazione alle colture praticate.....	61
6.3.8	Descrizione degli impianti di irrigazione.....	63
6.4	LA MECCANIZZAZIONE.....	65
6.4.1	La meccanizzazione degli interfilari	65
6.4.2	La meccanizzazione per la gestione dell'area sotto i moduli	69

6.4.3	La meccanizzazione nelle aree esterne.....	71
6.4.4	La meccanizzazione nella fascia di mitigazione.....	72
6.4.5	Fabbisogno di lavoro.....	77
7.	VALUTAZIONI ECONOMICHE.....	79
7.1	CONTI COLTURALI DELL'INDIRIZZO PRODUTTIVO PRESCELTO	79
7.2	COSTI DI IMPIANTO E DI GESTIONE DELLE OPERE DI MITIGAZIONE.....	82
7.3	CONFRONTO DELLA REDDITIVITÀ TRA LA SITUAZIONE ANTE E POST PROGETTO	84
8.	MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO E DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA.....	86
8.1	IL MONITORAGGIO DELLE COLTURE IN AMBITO AGRIVOLTAICO.....	86
8.2	IL SISTEMA DI MONITORAGGIO	87
8.2.1	Monitoraggio delle produzioni e della continuità dell'attività agricola (principale).....	89
8.3	MONITORAGGIO DEGLI ULTERIORI PARAMETRI PREVISTI DAL DM AGRIVOLTAICO (SECONDARIO).....	92
8.3.1	Risparmio idrico.....	92
8.3.2	Monitoraggio microclima.....	94
8.3.3	Monitoraggio della fertilità del suolo	95
8.3.4	Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici	96
8.4	CALENDARIO E COSTI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO.....	97
9.	CONCLUSIONI.....	98
10.	BIBLIOGRAFIA.....	99
11.	SITOGRAFIA.....	102

Questo documento è di proprietà di Alfi Green S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Alfi Green S.r.l.

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è finalizzata ad inquadrare territorialmente il sito dell'impianto in progetto, per descrivere le caratteristiche ambientali (vegetazionali, agronomiche, pedoclimatiche, ecc.) del sito e determinare, su tali basi, quali indirizzi perseguire per una buona conduzione agricola del fondo interessato, in sinergia con la messa in opera della componente fotovoltaica dell'impianto.

L'agricoltura, condotta entro siti agrivoltaici, presenta caratteristiche particolari e richiede degli adattamenti tecnici, rispetto alla conduzione delle consuete pratiche agricole nelle aziende dell'area di giacenza del sito in oggetto ed aventi gli stessi ordinamenti tecnico-economici.

Gli aspetti agronomici vengono trattati nel presente documento, mentre le specifiche tecnologiche dell'impianto sono esaurientemente descritte nel documento A.1 "Relazione descrittiva dell'impianto agrivoltaico".

La progettazione e gestione agronomica dell'impianto agrivoltaico è stata studiata al fine di conciliare:

- l'esigenza della Società Alfi Green S.r.l. di massimizzare la produzione di energia elettrica dell'impianto;
- la necessità di garantire il prosieguo dell'esercizio dell'attività di coltivazione agricola da parte della Minghini S.S.

La conduzione di colture agrarie in area destinata anche alla produzione energetica rappresenta materia di innovazione in campo agronomico. Le proposte progettuali sono tutte validate, alla luce delle considerazioni riportate dalla letteratura esistente in materia. Si lascia comunque spazio ad aperture a nuove proposte colturali, in base alle risposte che si otterranno nel corso dell'esperienza in campo.

Indipendentemente dalle colture che si intenderanno adottare, va sempre ricordato che l'intera area ricade in Zona Vulnerabile ai Nitrati (ZVN)¹ e che, pertanto, andranno osservate le misure di tutela delle acque sotterranee e superficiali.

In ottemperanza alle richieste di integrazioni formulate a seguito della Conferenza di Servizi istruttoria del 10/09/2025, trasmesse da ARPAE con nota avente ad oggetto "Richiesta integrazioni (art. 27-bis D.Lgs. 152/06, art. 18 L.R. 4/18)", nell'ambito del procedimento di Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR), si trasmette in Revisione n. 2 la presente Relazione tecnico-agronomica.

Al fine di agevolare la consultazione, le modifiche introdotte nel presente documento sono evidenziate in colore blu.

¹ Direttiva 91/676/CEE

2. NORMATIVA

Nella definizione del layout dell'impianto e del piano tecnico-agronomico, si è posta particolare attenzione a garantire la piena conformità alle normative di settore, con riferimento specifico a:

- Linee Guida sugli impianti agrivoltaici, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022;
- Norma tecnica CEI PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici", emanata a dicembre 2023;
- DM Agrivoltaico, pubblicato a maggio 2024;
- GSE - Linee guida per il monitoraggio della continuità dell'attività agricola, adottate ai sensi dell'art. 11 c.1 del decreto-legge n. 17/22, convertito con modificazioni, dalla legge n. 34/22;
- GSE- DM Agrivoltaico – Regole operative, allegato 1 al Decreto di approvazione, pubblicato a maggio 2024;

L'impianto Bandissolo è progettato per soddisfare pienamente i requisiti di impianto agrivoltaico avanzato ai sensi delle (i) Linee Guida sugli impianti agrivoltaici, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022, (ii) Norma tecnica CEI PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici", emanata a dicembre 2023, nonché (iii) del Decreto del Ministero dell'Ambiente della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023 N.436 (DM Agrivoltaico) recante le disposizioni per l'incentivazione della realizzazione dei sistemi agrivoltaici di natura sperimentali in attuazione dell'articolo 114 comma 1 del D.Lgs. N.199 del 2021 ed in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previste dal piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), e relative a regole operative emanate dal GSE.

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DEL SITO

3.1 GENERALITÀ

La Committente intende realizzare nel comune di Argenta (FE), un impianto agrivoltaico avanzato da 24,98 MWp, integrato con un sistema di accumulo elettrochimico (di seguito SdA o Battery Energy Storage - BESS) da 12 MW (di seguito "Impianto") e le relative opere connesse. Limitatamente a queste ultime, come meglio precisato in seguito, sarà interessato anche il comune di Portomaggiore (FE).



Figura 3-1: Inquadramento delle opere progettuali su ortofoto

Le opere progettuali dell'impianto si possono così sintetizzare:

1. Impianto agrivoltaico– ubicato nel comune di Argenta (FE), sarà costituito da moduli fotovoltaici bifacciali e realizzato con strutture fisse orientate est-ovest. L'impianto è progettato per soddisfare pienamente i requisiti di impianto agrivoltaico avanzato ai sensi delle (i) Linee Guida sugli impianti agrivoltaici, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022, (ii) Norma tecnica CEI PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici", emanata a dicembre 2023, nonché (iii) del Decreto del Ministero dell'Ambiente della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023 N.436 (DM Agrivoltaico) recante le disposizioni per l'incentivazione della realizzazione dei sistemi agrivoltaici di natura sperimentali in attuazione dell'articolo 114 comma 1 del D.Lgs. N.199 del 2021 ed in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previste dal piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), e relative a regole operative emanate dal GSE. La potenza complessiva sarà pari a 24,98 MWp;

2. Sistema di accumulo elettrochimico (di seguito “BESS” o “SdA”) – di tipo distribuito, sarà integrato all’interno dell’impianto agrivoltaico e interconnesso con lo stesso. Il sistema avrà una potenza di circa 12 MW, con una capacità di stoccaggio pari a 4 h;

3. Linee in cavo interrato a 36 kV (di seguito “Dorsali 36 kV”) – collegheranno l’impianto fotovoltaico e le BESS alla cabina elettrica a 36 kV;

4. Cabina elettrica a 36 kV (di seguito “Cabina Utente”) – sarà di proprietà della società e verrà posizionata all’interno dell’Impianto;

5. Linea in cavo interrato a 36 kV (di seguito “Linea 36 kV”) – collegherà la Cabina Utente alla sezione a 36 kV della futura SE RTN 380/132/36 kV della RTN denominata “Portomaggiore”, di proprietà di Terna. Tale linea si svilupperà per una lunghezza di circa 2,7 km;

6. Stallo a 36 kV (di seguito “Impianto di Rete”) - consisterà nello stallo di arrivo produttore all’interno della sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV “Ferrara Focomorto – Ravenna Canala” e alla linea RTN a 132 kV “Portomaggiore – Bando”.

Il progetto della stazione Terna di “Portomaggiore” e dei relativi raccordi linea è già stato sottoposto a benestare dal Gestore di Rete Terna S.p.a., ed autorizzato dagli enti competenti con D.D. n. DET-AMB-2024-3386 del 14/06/2024 rilasciata dall’ARPAE Agenzia regionale per la prevenzione, l’ambiente e l’energia dell’Emilia-Romagna. Il progetto autorizzato della SE RTN 380/132/36 kV e dei relativi raccordi linea, pertanto, non fa parte delle opere da autorizzarsi con la presente istanza.

3.2 LA SOCIETÀ AGRICOLA

Come già descritto nei precedenti paragrafi, il progetto oggetto della presente relazione è caratterizzato da una configurazione progettuale tale da consentire lo svolgimento delle attività agricole intensive, in continuità con l’attività svolta antecedentemente della realizzazione del Progetto.

L’area agricola destinata all’impianto è da anni gestita con continuità dalla Minghini S.S. (di seguito “Società Agricola”), un’azienda che amministra circa 730 ettari di terreno. Grazie alla consolidata esperienza nel settore, l’azienda si è specializzata principalmente nella coltivazione di cereali e leguminose, con una produzione focalizzata su mais da granella, frumento duro, soia ed erba medica, mantenendo al contempo un approccio diversificato con coltivazioni occasionali di sorgo e ortive.

La Società Agricola è stata attivamente coinvolta nella definizione del layout dell’impianto, con l’obiettivo di conciliare due esigenze fondamentali: da un lato, massimizzare la produzione elettrica dell’impianto agrivoltaico; dall’altro, garantire il naturale proseguimento delle attività agricole. Questo approccio ha permesso di sviluppare una soluzione equilibrata, che tutela la continuità delle operazioni agricole mentre si ottimizza l’efficienza energetica.

3.3 DESCRIZIONE DEI PARAMETRI SIGNIFICATIVI DI PROGETTO

I terreni di progetto sono attualmente coltivati secondo gli ordinamenti colturali tipici della zona. Dopo la realizzazione dell’impianto, la conduzione agricola dell’area verrà effettuata direttamente dalla Società Agricola facente capo al proprietario dei terreni e con una storia professionale nel settore di diversi decenni. La società agricola è infatti particolarmente attiva in Emilia-Romagna, con oltre settecento ettari di terreno coltivato e gestito, in gran parte di proprietà e in parte minore attraverso contratti di locazione. Alfi Green S.r.l. e la Società

Agricola Minghini opereranno congiuntamente sull'area conciliando, da una parte, l'esigenza di massimizzare la produzione elettrica dell'impianto e dall'altra, garantendo il naturale proseguimento dell'attività agricola.

La scelta della tecnologia fotovoltaica, in seguito ad attente valutazioni, è ricaduta sulla soluzione impiantistica con strutture fisse, disposte in direzione est-ovest. Particolare attenzione è stata dedicata alla distanza tra le interfile dei pannelli: dopo aver ottimizzato il layout in termini di producibilità energetica, le file sono state ulteriormente distanziate, proprio per favorire maggiormente la coltivazione agricola nell'area di progetto. Con un pitch di 12 metri la fascia coltivata consente una metodica di coltivazione che preserva la produzione, anche avvalendosi dell'impiego dei mezzi meccanici già in utilizzo dall'azienda agricola proprietaria.

I valori riportati in seguito sono conseguenziali alla scelta tecnologica adottata ed alla volontà di Alfi Green S.r.l. di coniugare la produzione di energia da fonti rinnovabili con l'attività agricola.

La superficie agricola, calcolata ai sensi della norma CEI PAS 82-93, determina la possibilità di continuità delle attività agricole anche al di sotto dei moduli fotovoltaici. Parametro significativo del presente progetto è l'altezza minima del margine inferiore del pannello fissata ad altezza 2,1 m dal suolo, permettendo in questo modo l'attività agricola al di sotto questo, con un utilizzo della superficie di coltivazione pari a circa l'80% del totale. La superficie agricola sarà interamente dedicata alle colture selezionate come idonee ai sensi della presente Relazione tecnico-agronomica, anche al fine di garantire la continuità agricola con la situazione ex ante.

È prevista una fascia vegetale di mitigazione lungo l'intero perimetro, esterna alla recinzione, con una larghezza di 5 metri, per garantire il mascheramento visivo dell'impianto e la sua integrazione nel contesto paesaggistico. Inoltre, per assicurare una schermatura completa dell'impianto agrivoltaico, è stata pianificata una seconda fascia di mitigazione interna, larga circa 2,5 metri, situata su entrambi i lati del corridoio del canale consortile "Scolo Cardinala". L'occupazione complessiva sarà di quasi 1,8 ettari, pari al 4,35% della superficie contrattualizzata.

3.4 DESCRIZIONE DEL SITO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

L'impianto si svilupperà su un terreno perfettamente pianeggiante, di circa 43 ettari, attualmente dedicato alla coltivazione di colture in asciutta, come mais da foraggio, frumento duro, grano tenero, soia e sorgo.

L'area, caratterizzata dalla presenza di insediamenti rurali sparsi, tipici del paesaggio agricolo, si trova nella periferia nord-est di Argenta, a circa 3 km in linea d'aria e a circa 1,5 km a ovest della località di Bando.



Figura 3-2: Inquadramento dell'area di progetto rispetto ai confini comunali circostanti, Argenta e Portomaggiore

Il paesaggio circostante, che caratterizza l'area dell'impianto, è tipico dell'ambiente agricolo di pianura, con colture a seminatoivo semplice e ortive in pieno campo. Le abitazioni, poche per numero, si concentrano prevalentemente a Sud e a Ovest delle aree destinate all'impianto, mentre nelle altre zone si trovano esclusivamente nuclei destinati ad attività agricole o ricoveri per animali, oltre a numerosi fabbricati dismessi e in stato di abbandono.

L'area in esame è servita da una rete viaria già esistente, composta dalla Strada Provinciale S.P.48 "Portomaggiore-Argenta" a sud, dalla quale si dirama una strada privata che sarà oggetto di adeguamento e miglioramento, e dalla viabilità comunale "Via Vanzume" a nord. Per ottimizzare il flusso logistico dei mezzi agricoli durante la fase operativa dell'impianto, sono stati progettati due accessi distinti, ciascuno collegato a una delle due strade.



Figura 3-3: Identificazioni accessi dell'impianto e suddivisioni

Più precisamente, i terreni su cui insiste l'Impianto sono identificati nel catasto del comune di Argenta (FE), come segue:

Tabella 3-1: Estremi catastali dei terreni interessati dall'Impianto

Comune	Foglio	Particelle	Suddivisione Impianto
Argenta (FE)	82	111	Area 1
Argenta (FE)	83	5, 35, 37, 42, 46, 51, 52, 53, 56, 94, 96, 98 e 104	Area 2
Argenta (FE)	93	50	Area 2

Le coordinate geografiche del sito dell'Impianto sono le seguenti:

- Latitudine 44.638°;
- Longitudine 11.865°.

3.4.1 INQUADRAMENTO URBANISTICO

Dall' analisi del Certificato di Destinazione Urbanistica (CDU) rilasciato dall' Unione dei Comuni Valli e Delizie, a cui appartiene il Comune di Argenta, risulta che i terreni destinati alla realizzazione dell'Impianto Agrivoltaico e della Cabina Utente ricadono in un'area classificata come "territorio agricolo ad alta vocazione produttiva", in conformità con le norme del PUG.

Tutte le particelle coinvolte nell'impianto sono soggette ai seguenti vincoli:

- Zona di particolare protezione dall'inquinamento luminoso (LR 19/2003 – DGR 1732/2015 – Scheda dei Vincoli del PUG);
- Aree a rischio di alluvionamento (PGRA Piano di gestione del rischio alluvioni – Scheda dei Vincoli del PUG);
- Territorio a rischio sismico e rischio co-sismico per liquefazione (DPCM 3274/2003 – Microzonazione sismica di terzo livello – Scheda dei Vincoli del PUG).

L'impianto è stato progettato con particolare attenzione a:

- Limitare le emissioni luminose per preservare l'ambiente naturale notturno e rispettare i vincoli di protezione dall'inquinamento luminoso;
- Gestire il rischio idraulico adottando misure preventive per proteggere le infrastrutture e il terreno agricolo dall'alluvionamento;
- Ridurre i rischi sismici attraverso adeguate misure progettuali, per migliorare la resistenza delle strutture ai fenomeni sismici e co-sismici.

Inoltre, una piccola porzione delle particelle contrattualizzate ricade in aree soggette a vincoli specifici, e il layout dell'impianto è stato definito escludendo tali aree. In particolare:

- I terreni identificati nel foglio 83, mappali 5, 37, 42, 46, 56, e nel foglio 93, particella 50, ricadono parzialmente nella "fascia di rispetto degli elettrodotti" (Decreto Ministero Ambiente 28.05.2008 – LR 30/2000 – DGR 197/2001 – Scheda dei Vincoli del PUG); nella progettazione dell'impianto, sono state rispettate le "DPA" corrispondenti;
- La particella 111 del foglio 82 è parzialmente soggetta alla "fascia di rispetto stradale" (D.Lgs n.285/1992 – DPR n.445/1992 – Scheda dei Vincoli del PUG). È stata mantenuta una fascia di rispetto di 20 metri, come indicato nell'art. 2.9 delle norme di attuazione del PUG.

-

3.4.2 INQUADRAMENTO AGRICOLO DELL'AREA

Per rendere attuali gli scenari che caratterizzano l'agricoltura locale, sono state reperite ed elaborate le informazioni dell'Istat relativa alla sola provincia interessata.

Tabella 3-2: Superfici e produzioni delle principali colture in Provincia di Ferrara (biennio 2022-2023)²

Anno	2022		2023		% riferita alla sup. 2023
	superficie totale - ettari	produzione totale - quintali	superficie totale - ettari	produzione totale - quintali	
Frumento tenero	32.764	1.820.768	34.750	1.876.500	18,4%
Frumento duro	26.916	1.372.716	26.722	1.309.378	14,2%
Orzo	2.431	133.705	4.335	208.080	2,3%
Mais	23.625	1.842.750	21.385	2.138.500	11,3%
Riso	4.061	229.150	4.763	266.939	2,5%
Sorgo	3.416	174.216	4.013	172.559	2,1%
Altri cereali	1.029	30.870	788	28.368	0,4%
Patata comune	1.286	514.400	1.298	486.750	0,7%
Barbabietola da zucchero	4.125	1.844.847	3.392	2.147.289	1,8%
Colza	1.663	56.542	2.539	30.468	1,3%
Girasole	2.242	76.228	3.941	141.876	2,1%
Soia	28.652	830.908	24.825	769.575	13,2%
Mais ceroso	9.225	-	10.408	-	5,5%
Erba medica	16.933	-	17.450	-	9,2%
Pomodoro da consumo fresco in serra	-	30.800	-	18.000	-
Pisello in piena aria	2.664	127.872	2.880	118.080	1,5%
Carota e pastinaca	2.093	1.144.871	1.367	683.500	0,7%
Pomodoro da industria	7.265	4.882.080	7.469	4.556.090	4,0%
Mela	2.578	931.770	2.579	864.000	1,4%
Pera	6.237	1.015.980	5.067	327.600	2,7%
Prati permanenti	1.046	-	946	-	0,5%
Altre colture con superficie minore a 100 ha	688	103.104	725	80.594	0,4%
Altre colture con superficie compresa tra 100 e 1000 ha	7.630	1.028.708	7.052	791.593	3,7%
TOTALE	188.569	18.192.285	188.694	17.015.739	100,0%

3.5 PRODUZIONI AGRO-ALIMENTARI A MARCHIO DI QUALITÀ OTTENIBILE SUL TERRITORIO IN ESAME

La regione Emilia-Romagna è caratterizzata da territori con caratteristiche pedo-climatiche estremamente differenti tra loro. Si può ipotizzare una divisione teorica della regione in due parti eterogenee, aventi estensioni pressoché equivalenti: quella settentrionale-orientale (47,8% della superficie complessiva, tutta pianeggiante) e quella meridionale-occidentale (collinare per il 27,1% del territorio e montana per il 25,1%). Le differenze climatiche e ambientali tra gli ambienti Emiliano-Romagnoli si riflettono su un'ampia diversificazione della produzione agricola. La necessità di proteggere il patrimonio agricolo e gastronomico dell'area ha fatto sì che molti di questi prodotti siano stati riconosciuti e regolamentati da disciplinari D.O.P. e I.G.P.

² Fonte: ISTAT: Si fa presente che una parte delle informazioni ISTAT relative alle produzioni dell'anno 2022, sono valori stimati e, pertanto, con un minor livello di affidabilità.

L'Emilia-Romagna ha ottenuto il riconoscimento D.O.P. e I.G.P. per 44 prodotti (figura 1) agro-alimentari (aggiornato all'8 agosto 2023) tra cui: formaggi, carni, prodotti a base di carne, oli, frutta, verdura, cereali, prodotti di panetteria e altri prodotti (es. aceto balsamico). Oltre a tali produzioni sono presenti 19 vini con Denominazione di Origine, 2 D.O.C.G e 17 D.O.C., e 9 vini con Indicazione Geografica Tipica (I.G.T.).



Figura 3-5 - mappa dei prodotti Dop e Igp

I prodotti agricoli e agro-alimentari D.O.P. e I.G.P. della provincia di Ferrara sono 15. I prodotti agricoli esistenti nella provincia di Ferrara con denominazione di origine sono: Aglio di Voghiera Dop, Asparago verde di Altedo Igp, Pera dell'Emilia-Romagna Igp, Pesca e nettarina di Romagna Igp, Riso del Delta del Po Igp e il Melone mantovano Igp. Nella tabella 1 è riportata la lista completa dei sistemi produttivi agricoli D.O.P e I.G.P. a cui è possibile partecipare nella provincia di Ferrara.

3.6 PRODOTTI AGRICOLI DEL FERRARESE D.O.P E I.G.P.

3.6.1 Aglio di Voghiera Dop

Ortaggio appartenente alla specie *Allium sativum* L., ecotipo locale è l'aglio di Voghiera. Di colore bianco luminoso e uniforme, raramente striato di rosa, il bulbo dell'aglio di Voghiera Dop è di grossa pezzatura e ha una forma rotondeggiante, leggermente appiattita nel punto in cui si inserisce l'apparato radicale. Formato da una corona di pochi, grandi, spicchi regolari, uniti e ben compatti tra loro, avvolti da sottili tuniche bianche o striate di rosa, con una tipica curvatura esterna. La zona geografica di produzione è la provincia di Ferrara nei comuni di: Voghiera, Masi Torello, Portomaggiore, Argenta e Ferrara.



3.6.2 Asparago verde di Altedo Igp

Il turione dell'asparago di Altedo ha una di lunghezza da 19 a 27 cm. circa, diametro da 10 a 20 mm., si presenta di colore verde acceso e con il gambo bianco per circa 4 cm di altezza. L'apice è ben serrato e talvolta lievemente incurvato. Il sapore è molto appetitoso, fresco e gradevole, privo di odori o sapori estranei. Al gusto è tenero, delicato e privo di fibrosità. Per essere un ortaggio la sua coltivazione è particolare: la pianta entra in produzione dopo circa due anni dalla messa a dimora delle madri o zampe e, se in buona salute, rimane produttiva per circa 10 anni. La Zona geografica di produzione comprende la provincia di Ferrara e la parte della provincia di Bologna a nord della via Emilia. Viene coltivato in terreni sabbiosi.



3.6.3 Melone mantovano Igp

Originario dell'Asia centrale e occidentale, nel nostro Paese la coltivazione del melone si diffuse dopo il 1500 nelle corti dei signori, in pieno periodo rinascimentale, favorita da un terreno particolarmente fertile e dalla laboriosità dei produttori. Nell'area di produzione del Melone Mantovano IGP le condizioni climatiche sono specifiche e molto favorevoli a questo tipo di coltivazione, permettendo la massima espressione delle qualità di questo frutto. Il territorio ha morfologia pianeggiante di origine alluvionale. L'area di produzione del Melone Mantovano è caratterizzata da suoli ad elevata fertilità e caratterizzati da falde acquifere relativamente superficiali. La zona di produzione del Melone Mantovano I.G.P., si estende in diversi Comuni tra le Province di Mantova, Cremona, Modena, Ferrara e Bologna. In Provincia di Ferrara; Crevalcore, Galliera e San Giovanni in Persiceto in Provincia di Bologna.



3.6.4 Pera dell'Emilia-Romagna Igp

La pera dell'Emilia-Romagna Igp comprende le varietà: Abate Fetel, Cascade, Conference, Decana del Comizio, Kaiser, Max Red Bartlett, Passa Crassana, Williams, Santa Maria e Carmen. Le differenze varietali danno caratteristiche tipiche diverse dal punto di vista organolettico. Le tecniche di coltivazione, a produzione integrata e disciplinate per tutto il processo produttivo, sono sempre rispettose dell'ambiente e della salute dell'uomo. Le forme di allevamento sono vaso emiliano, palmetta, Y e fusetto; la densità consentita è di 6.000 piante per ettaro. La dimensione degli alberi deve essere tale da consentire l'ottenimento di prodotti di alto livello qualitativo; la produzione massima ammessa è di 5.500 chilogrammi per ettaro. Sono raccolte solo quando hanno raggiunto un certo grado di maturazione e possono essere commercializzate solo quando hanno raggiunto un certo grado zuccherino. La zona di produzione è costituita dal territorio atto alla coltivazione della pera nelle province di Reggio Emilia, Modena, Ferrara, Bologna, Ravenna.



3.6.5 Pesca e nettarina di Romagna Igp

Prodotto frutticolo fresco, di diverse varietà a polpa gialla e polpa bianca, ottenuto con tecniche tradizionali e rispettose dell'ambiente, attraverso disciplinari di produzione integrata. Le pesche, con epidermide vellutata, e le pesche noci o nettarine, con buccia liscia o glabra, entrambe a polpa gialla oppure bianca. All'atto dell'immissione al consumo la pesca e la nettarina di Romagna devono avere le caratteristiche proprie delle diverse specie previste. Le misure minime sono: diametro 67 mm, che corrisponde a una circonferenza di 21 cm; tenore zuccherino minimo 11 gradi brix. La zona geografica di produzione è il territorio atto alla coltivazione della pesca nelle province di Ferrara, Bologna, Forlì, Rimini, Ravenna.



3.6.6 Riso del Delta del Po Igp

Frutto del riso appartenente al tipo Japonica, gruppo superfino nelle varietà Carnaroli, Volano, Baldo e Arborio. Il riso del Delta del Po Igp presenta un chicco grande, cristallino, compatto, con un elevato tenore proteico e può essere bianco o integrale. I terreni di coltura sono caratterizzati da una lenta capacità drenante e da salinità elevata; sono, inoltre, dotati di elevata fertilità minerale, in particolare di potassio. Tali caratteristiche conferiscono al riso aroma e sapidità particolari, maggiore resistenza alla cottura ed elevato tenore proteico del chicco. Il clima che deriva dalla vicinanza del mare permette di mantenere la pianta più asciutta e più sana, favorisce una crescita costante e l'ottenimento di un seme di riso maturato in modo lento, quindi più resistente alle malattie. La zona geografica di produzione comprende la provincia di Rovigo, con i comuni di Ariano nel Polesine, Porto Viro, Taglio di Po, Porto Tolle, Corbola, Papozze, Rosolina e Loreo; la provincia di Ferrara, con i comuni di Comacchio, Goro, Codigoro, Lagosanto, Massa Fiscaglia, Migliarino, Ostellato, Mesola, Jolanda di Savoia e Berra.



3.7 PRODOTTI ALIMENTARI D.O.P. E I.G.P.

Oltre ai prodotti derivanti in senso stretto dall'attività agricola sopra citati, vi sono quei prodotti che derivano dalla trasformazione (anche parziale) di questi. Allo stesso modo a tali prodotti sono stati riconosciuti gli stessi marchi dei prodotti alimentari. Tra i più noti prodotti agro-alimentari registrati D.O.P. e I.G.P. di origine vegetale e animale del ferrarese si annoverano i Cappellacci di zucca ferraresi Igp, la Coppia ferrarese Igp e il Grana Padano Dop.

3.7.1 Cappellacci di zucca ferraresi Igp

Pasta alimentare fresca con ripieno ottenuto dalla lavorazione di zucca gialla, comunemente detta violina, la cui polpa viene prima cotta, poi insaporita con formaggio grattugiato e noce moscata. Per la sfoglia devono essere utilizzati farina di grano tenero tipo 00 e uova; per il ripieno serve polpa di zucca gialla (violina), formaggio grattugiato, pangrattato e un pizzico di noce moscata. La zucca viene prima cotta in forno e una volta raffreddata la polpa verrà passata al setaccio per eliminare i filamenti. La zona di produzione è l'intero territorio della Provincia di Ferrara, nella regione Emilia-Romagna.



3.7.2 Coppia ferrarese Igp

Il pane ferrarese in formato di coppia è un prodotto di panetteria ottenuto con farina di grano tenero tipo 0, acqua, strutto di puro suino, olio extravergine di oliva, lievito naturale madre, sale alimentare, malto. Il disciplinare dell'Igp definisce anche le modalità per l'ottenimento del lievito madre. La coppia ferrarese ha un aspetto molto particolare e per questo molto noto: due pezzi di pasta legati assieme a forma di nastro e un corpo centrale, ciascuno con le estremità ritorte in modo da formare un ventaglio di quattro corna le cui estremità sono chiamate crostini. La pezzatura varia tra 80 e 250 grammi. La zona geografica di produzione è l'intera area della provincia di Ferrara.



3.7.3 Grana Padano Dop

Formaggio di latte di vacca, semigrasso, a pasta cotta, a lenta maturazione. Di forma cilindrica a scalzo leggermente convesso o quasi diritto con facce piane leggermente orlate, usato da tavola o da grattugia. La pasta è finemente granulosa, di colore bianco o paglierino. Se tagliato, si divide a scaglie. L'aroma è fragrante e il sapore delicato. Il latte, lasciato riposare e parzialmente scremato per affioramento, viene coagulato con aggiunta di caglio di vitello; la cagliata viene quindi rotta in granuli fini e cotta fino a quando i granuli diventano elastici. Segue poi l'immissione in stampi per almeno 48 ore e quindi la salamoia. La fase di maturazione naturale in ambienti idonei deve protrarsi per almeno 9 mesi. Il prodotto, in forme di peso da 24 a 40 chilogrammi, è individuato da appositi contrassegni posti sullo scalzo con marchio a fuoco, apposto a conclusione della stagionatura. La zona geografica di produzione comprende il territorio di Piemonte, Lombardia (Mantova a sinistra del fiume Po) e Veneto (ad eccezione della provincia Belluno), le province di Trento, Bologna a destra del fiume Reno, Ferrara, Forlì-Cesena, Piacenza, Ravenna e Rimini.



Si fa presente come nessuna delle produzioni agricole e alimentari DOP e IGP sia attualmente presente nell'area oggetto di impianto e nemmeno nelle aziende agricole circostanti.

4. SUOLO E SOTTOSUOLO

4.1 INDICAZIONE DELL'USO DEL SUOLO

Nel seguente stralcio della carta dell'uso del suolo della regione Emilia-Romagna, si può osservare come l'area di impianto è posta in un ambiente rurale, con scarsa densità abitativa, dove spicca la presenza di seminativi semplici irrigui, aree coltivate ad orticole e insediamenti legati all'attività agro-zootecnica.

A Nord dell'impianto agrivoltaico è presente un canale di notevole portata al quale è associata in alcuni casi una vegetazione ripariale.

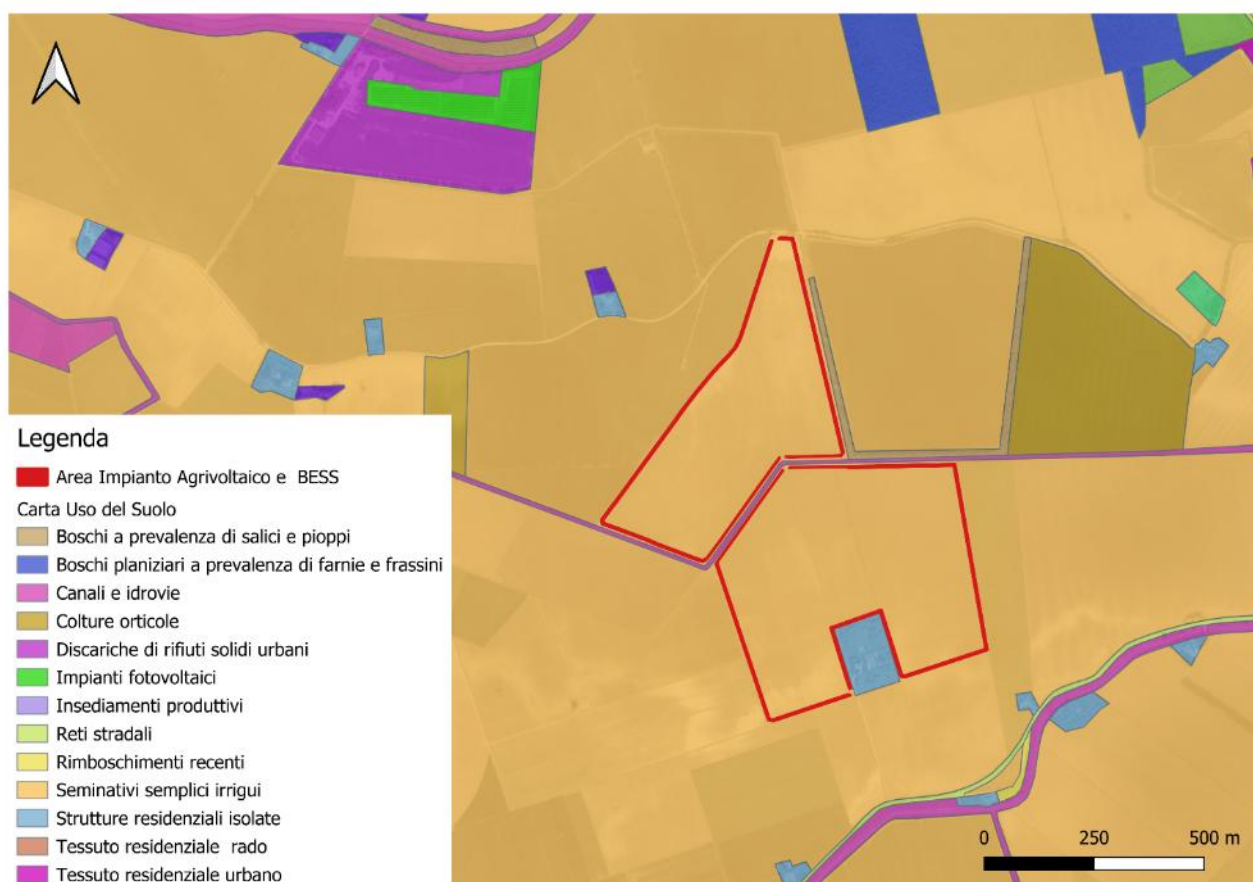


Figura 4-1- Inquadramento dell'area di impianto su carta uso suolo della Regione Emilia-Romagna

4.2 INQUADRAMENTO CLIMATICO

Per le indagini relative all'inquadramento climatico, non disponendo di informazioni relative ad un territorio più circoscritto ai siti degli impianti agrivoltaici in progetto, sono stati impiegati dati aggiornati relativi al circondario di Argenta.

Per il clima, la pianura ferrarese rientra nel "clima sub continentale" della pianura padana, contraddistinto da inverni lunghi e piovosi, con nevicate frequenti, ed estati calde ed umide. Le temperature minime invernali sono mitigate dalla relativa prossimità dell'Adriatico, rispetto la Pianura Padana interna, e le precipitazioni sono ben distribuite, nel corso delle stagioni.

Di seguito sono riportati i relativi grafici riguardanti le principali caratteristiche climatiche dell'area.

La "media delle massime giornaliere" (linea rossa continua) mostra la temperatura massima di una giornata tipo per ogni mese ad Argenta. Allo stesso modo, la "media delle minime giornaliere" (linea continua blu) indica la temperatura minima media.

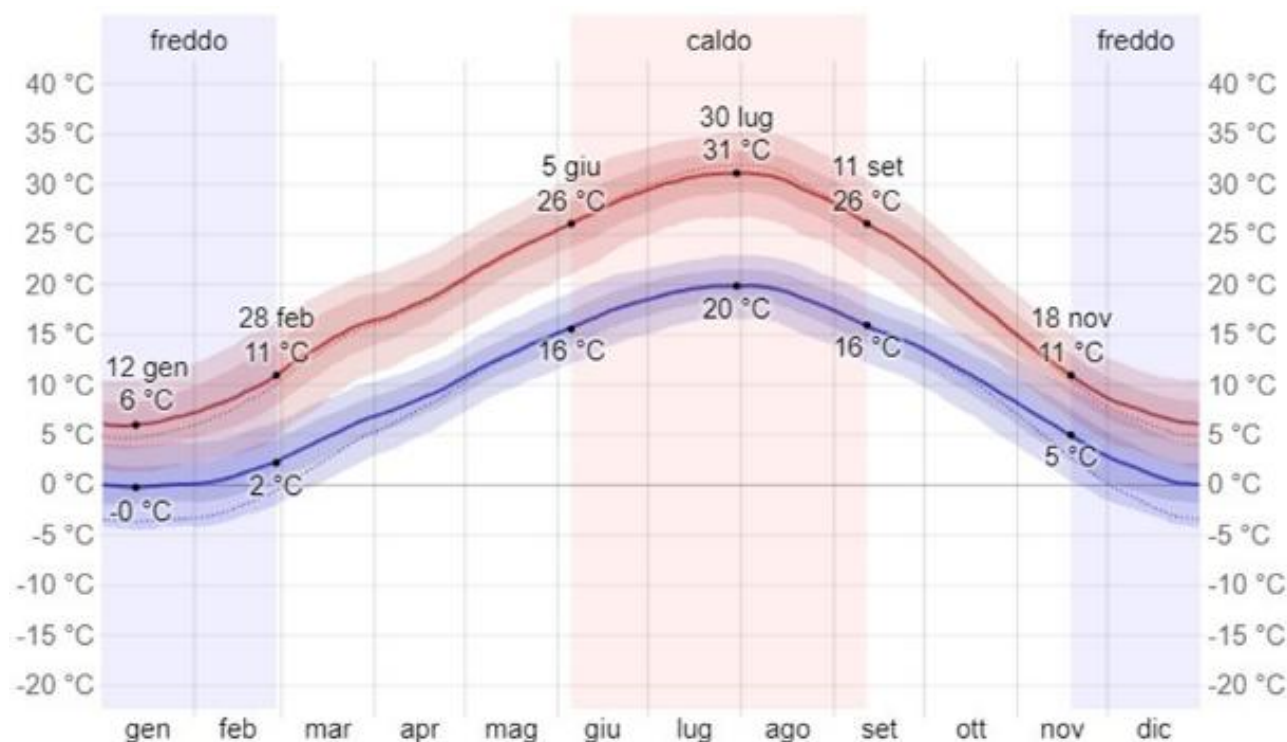


Figura 4-2-Temperatura massima e minima media

La temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie, con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile confermano la tipicità sub-continentale del clima delle zone in questione. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite nel corso dell'anno.

Tabella 4-1 - Temperature medie durante l'anno ad Argenta

Media	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Elevata	6 °C	9 °C	14 °C	18 °C	23 °C	28 °C	31 °C	30 °C	25 °C	19 °C	12 °C	7 °C
Temp.	3 °C	5 °C	9 °C	13 °C	18 °C	22 °C	25 °C	25 °C	20 °C	15 °C	8 °C	4 °C
Bassa	-0 °C	1 °C	5 °C	9 °C	13 °C	17 °C	19 °C	19 °C	15 °C	11 °C	5 °C	1 °C

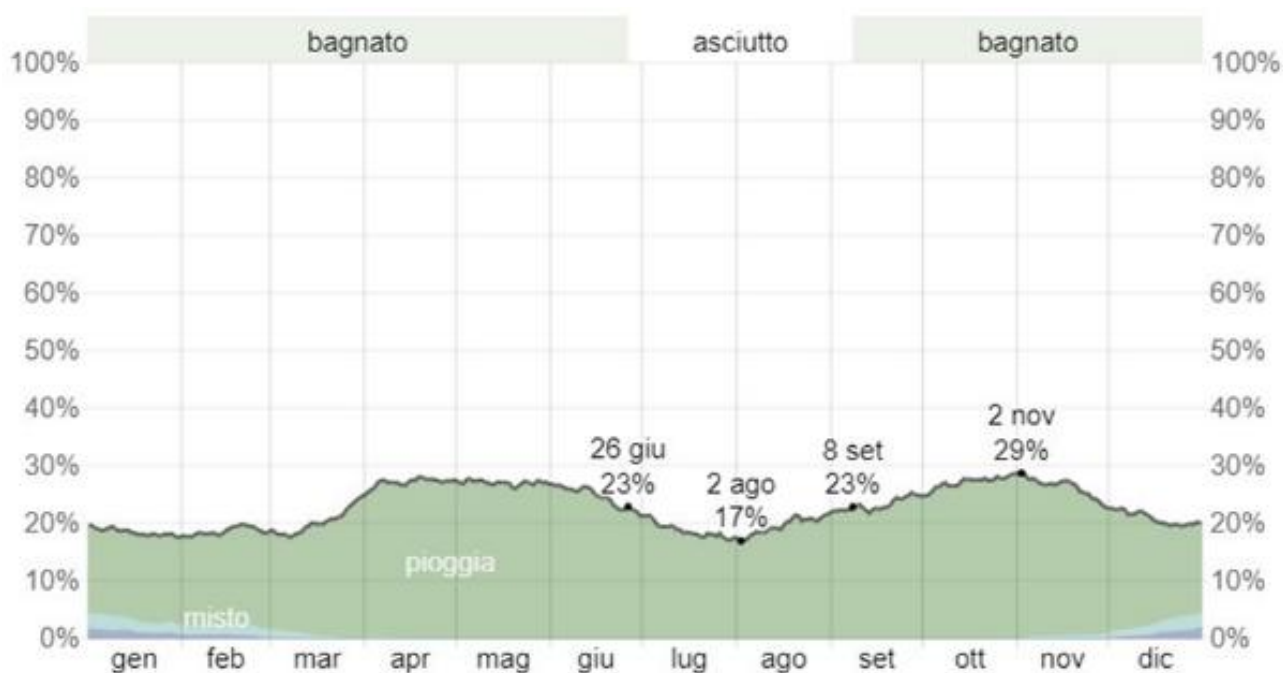


Figura 4-3-Probabilità di pioggia giornaliera

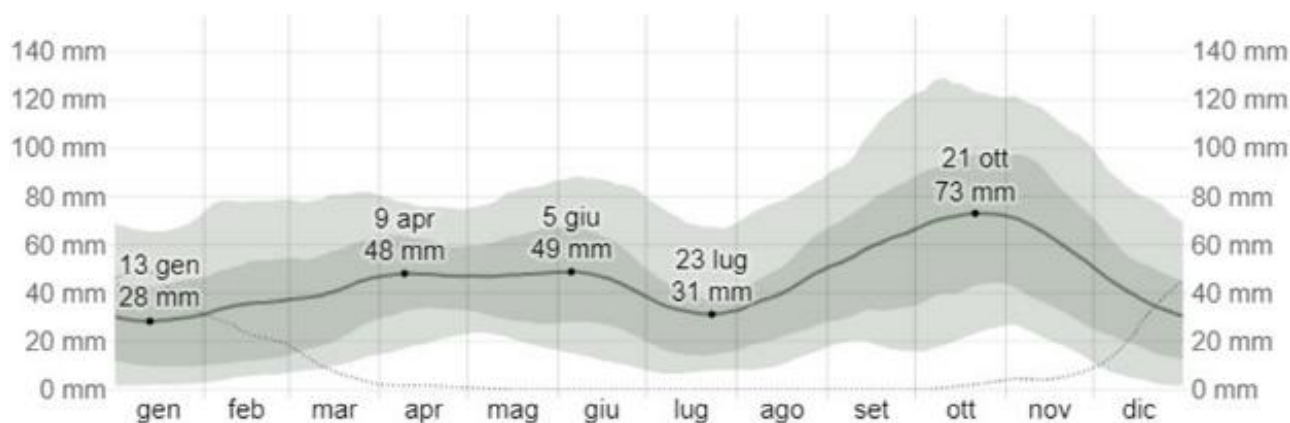


Figura 4-4- Precipitazioni medie mensili

La pioggia media (indicata dalla riga continua nel grafico) accumulata durante un periodo mobile di 31 giorni, indica un andamento pluviometrico annuale abbastanza stabile da gennaio a luglio, con precipitazioni più abbondanti che si verificano in corrispondenza del mese di ottobre. La riga tratteggiata sottile indica le nevicate medie corrispondenti.

4.2.1 Ore di luce diurna e crepuscolo



Figura 4-5- ore luce diurna e crepuscolo

Il numero di ore in cui il sole è visibile viene rappresentato nel grafico dalla riga nera. Nella parte bassa del grafico (giallo) e nella porzione più in alto (grigio), le fasce di colore indicano: piena luce diurna, crepuscolo (civico, nautico e astronomico) e piena notte.

Tabella 3-2- Ore di luce diurna

Ore di luce diurna	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
	9,3h	10,5h	12,0h	13,5h	14,8h	15,5h	15,1h	14,0h	12,5h	10,9h	9,6h	8,9h

a) Velocità del vento

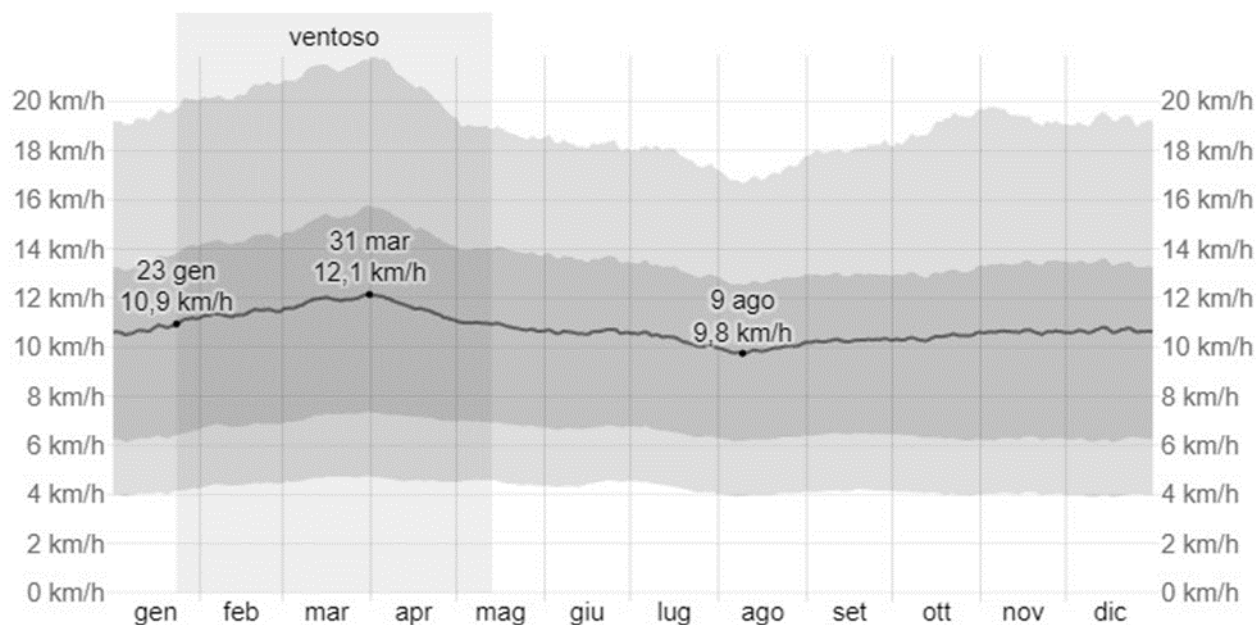


Figura 4-6- velocità del vento

La media delle velocità del vento orarie medie (riga grigio scuro), con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile.

Tabella 4-3- Velocità del vento

Velocità del vento (kph)	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
	10.8	11.4	11.9	11.6	10.9	10.6	10.3	9.9	10.3	10.4	10.6	10.7

4.3 INQUADRAMENTO PEDOLOGICO

Tutte le informazioni in merito la pedologia della zona sono state ottenute dalla consultazione del Geoportale della Regione Emilia-Romagna.

L'intera zona ricade nella Bonifica del Mantello, effettuata negli anni '30 del secolo scorso. L'unità geologica di appartenenza è "La Piana del Po – sub unità valli del delta". Questa si estende su di una superficie di oltre 2.000 km² nella provincia ferrarese. Gli elementi morfologici principali della piana deltizia sono i canali e dossi del delta fluviale, corrispondenti agli antichi rami del fiume e le valli del delta, queste ultime poste a quote più depresse ed occupate nel passato da paludi o lagune. Data la mescolanza, nei secoli trascorsi, di acque dolci e salate, che risalivano le valli durante le alte maree, sono presenti nuclei con suoli parzialmente salini.

Nella Carta Geologica 1:250.000 dell'Italia centrale, l'area interessata è classificata con la sigla "Qa6-Conoide alluvionale e depositi terrazzati fluviali". Nello stralcio sottostante raffigurante la carta geologica d'Italia sono messi in evidenza i confini regionali e provinciali dell'Emilia-Romagna e della provincia di Ferrara, con i relativi comuni di Argenta in cui ricade l'impianto agrivoltaico. È possibile notare come l'area ricada in terreni alluvionali e misti, prevalenti nella Pianura Padana.

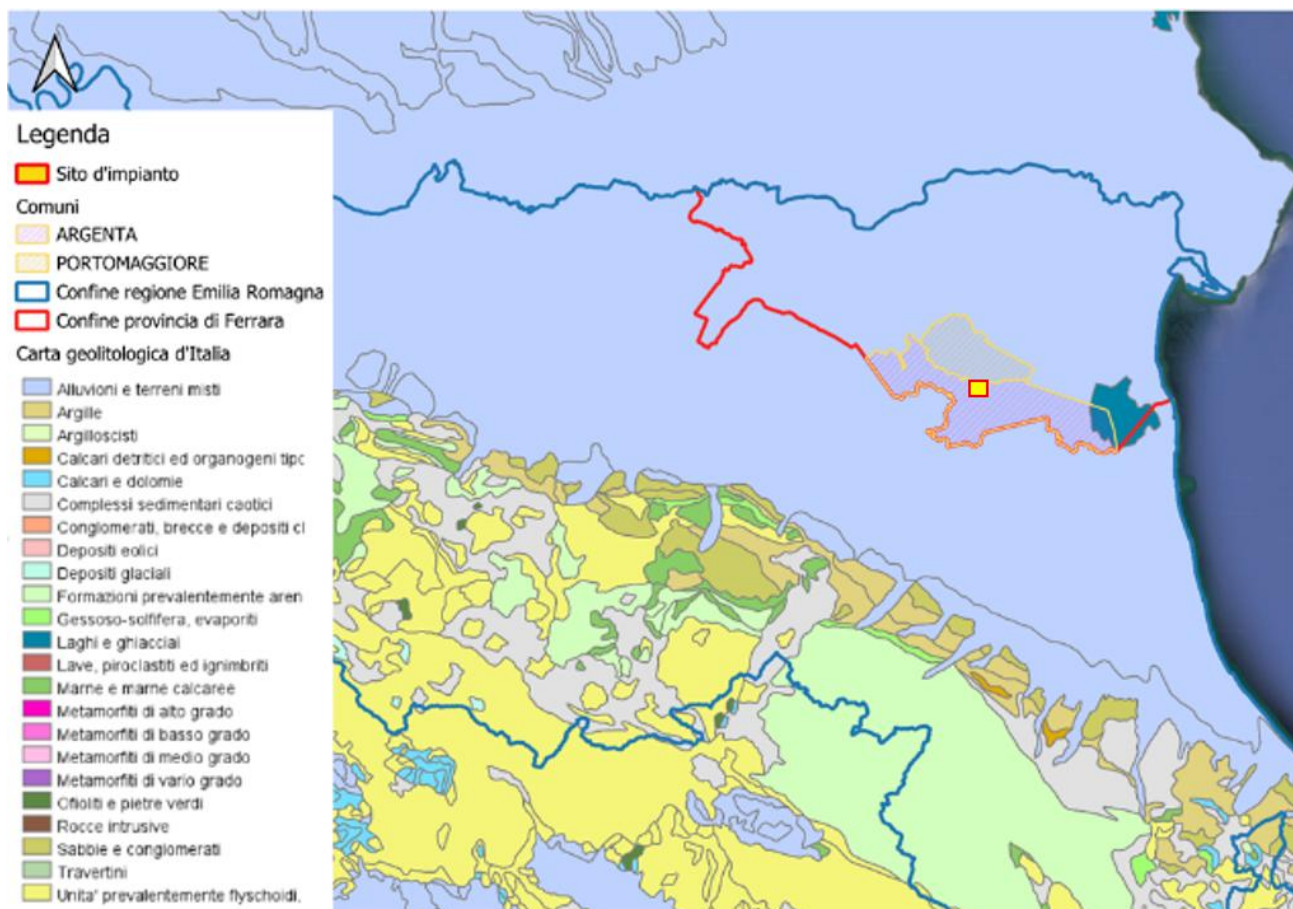


Figura 4-7- Stralcio della Carta geo litologica d'Italia

4.4 ANALISI DELLE CARATTERISTICHE DEL SUOLO

Per l'analisi delle caratteristiche dei suoli, sono stati estratti dal Geoportale della Regione Emilia-Romagna gli stralci delle carte tematiche, di seguito riportate. Dalla consultazione delle mappe stesse, è possibile trarre alcune constatazioni preliminari, che andranno eventualmente confermate con l'esecuzione di analisi pedologiche puntuali.

4.4.1 Salinità del suolo



Figura 4-8-Inquadrimento carta salinità del suolo 0-50 cm



Figura 4 -9- Inquadramento carta salinità del suolo 50-100 cm

Dall'analisi della salinità del suolo si evince che i terreni non siano salini, per quanto riguarda gli orizzonti dai 0 ai 50 cm e dai 50 ai 100 cm di profondità. Di conseguenza, tale situazione non risulta essere limitante per la scelta delle colture, fornendo un primo elemento di attenzione sulla selezione delle specie coltivabili.

4.4.2 Sostanza organica

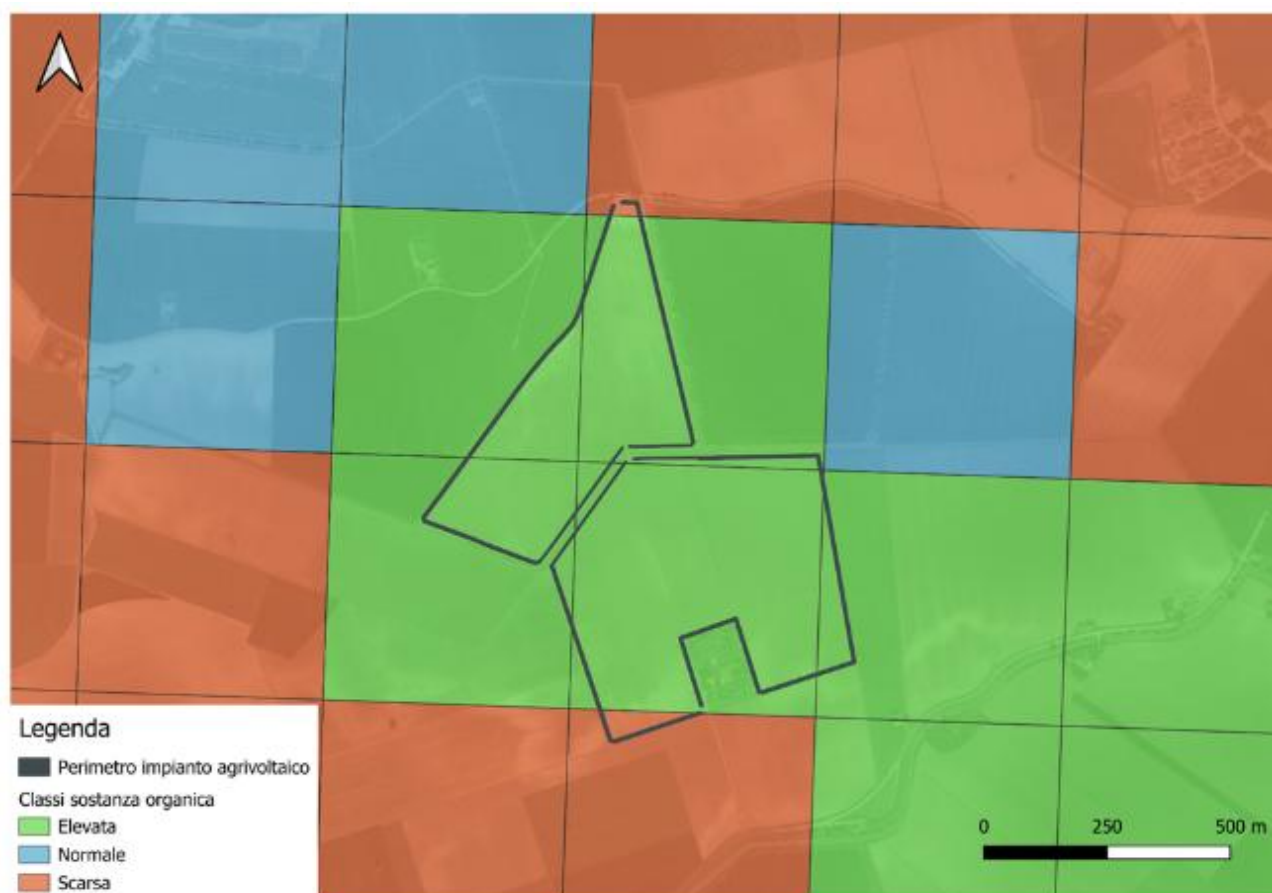


Figura 4-10- Inquadramento carta della sostanza organica nel suolo

La figura precedente mostra il contenuto di sostanza organica nei terreni interessati dall'impianto; in base alla mappa, i suoli stessi rientrano prevalentemente nelle classi ad alto contenuto di sostanza organica (colore verde). Dalle analisi del suolo effettuate dalla committenza, difatti, viene confermata tale informazione, risultando una presenza medio-alta di sostanza organica.

4.4.3 Tessitura del suolo



Figura 4-11- triangolo di tessitura

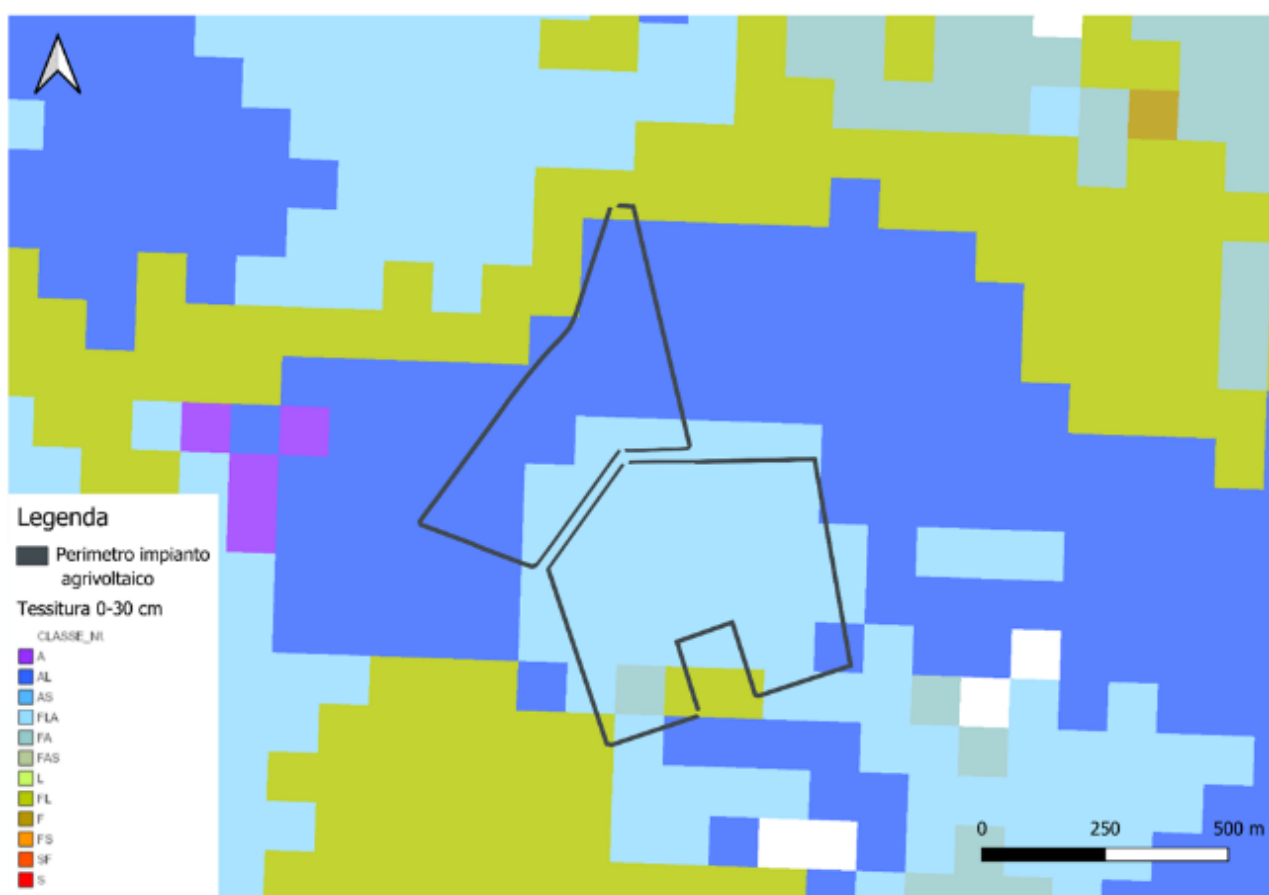


Figura 4-12- Inquadramento carta della tessitura da 0-30 cm

Dalla figura precedente, riguardante l'inquadramento sulla carta della tessitura, si evince che l'area in cui ricade l'impianto in oggetto è caratterizzato da una tessitura prevalentemente argilloso-sabbiosa e franco-limoso-argilloso, indicando la presenza di terre "pesanti", di difficile lavorazione, che potrebbero risultare impraticabili con la pioggia ed estremamente tenaci con la siccità. Ciò non esclude che con le dovute cautele agronomiche e

mantenute, come dovrebbero essere, a elevato contenuto di humus, tali terre siano in grado di generare soddisfazioni all'agricoltore. Difatti, sono in grado di garantire una buona ritenzione delle acque meteoriche, aspetto notevole, in tempi di cambiamenti climatici, consentendo la coltivazione di specie a ciclo primaverile-estivo, anche senza il supporto irriguo.

Tali informazioni sono confermate anche grazie alle analisi del suolo effettuate dalla committenza, in cui le percentuali di sabbia, limo e argilla sono rispettivamente dell'8%, 27% e 65%, rientrando nella classe di terreni argillosi secondo la classificazione USDA.

4.4.4 pH del suolo

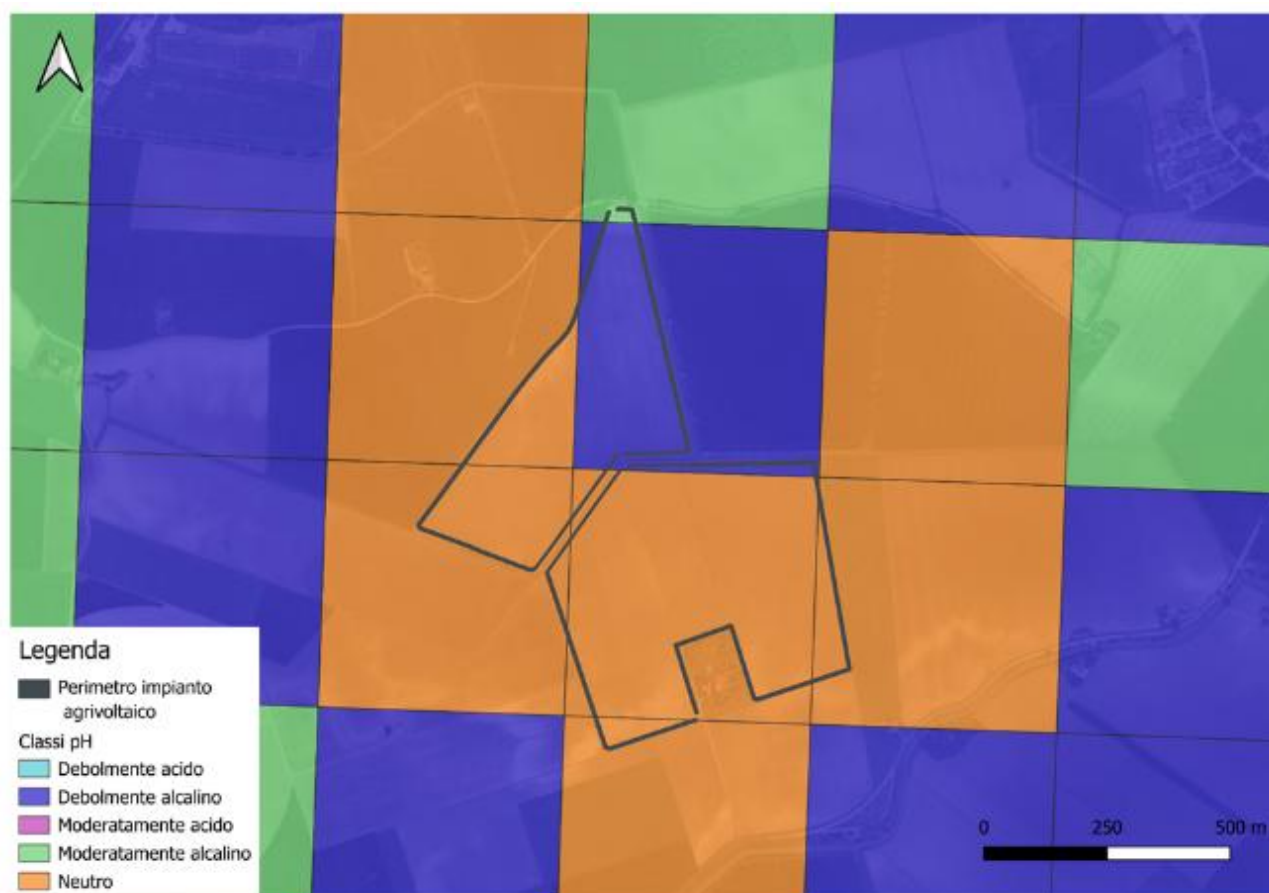


Figura 4-13- Inquadramento carta pH del suolo

Come evidenziato dalla figura, il pH risulta compreso nei valori di neutralità e in alcune zone debolmente alcalino, caratteristiche chimiche adatte alla maggior parte delle colture proponibili.

4.4.5 Capacità dell'uso del suolo

In base alle loro caratteristiche i terreni agrari e forestali possono essere ripartiti in 8 classi di capacità di uso del suolo, secondo la metodologia dell'United States Department of Agriculture USDA.

Dalla figura sottostante si evince che **l'impianto ricade principalmente nella classe III/IV, penalizzate da alcune caratteristiche come difficile lavorabilità e una moderata fertilità.**

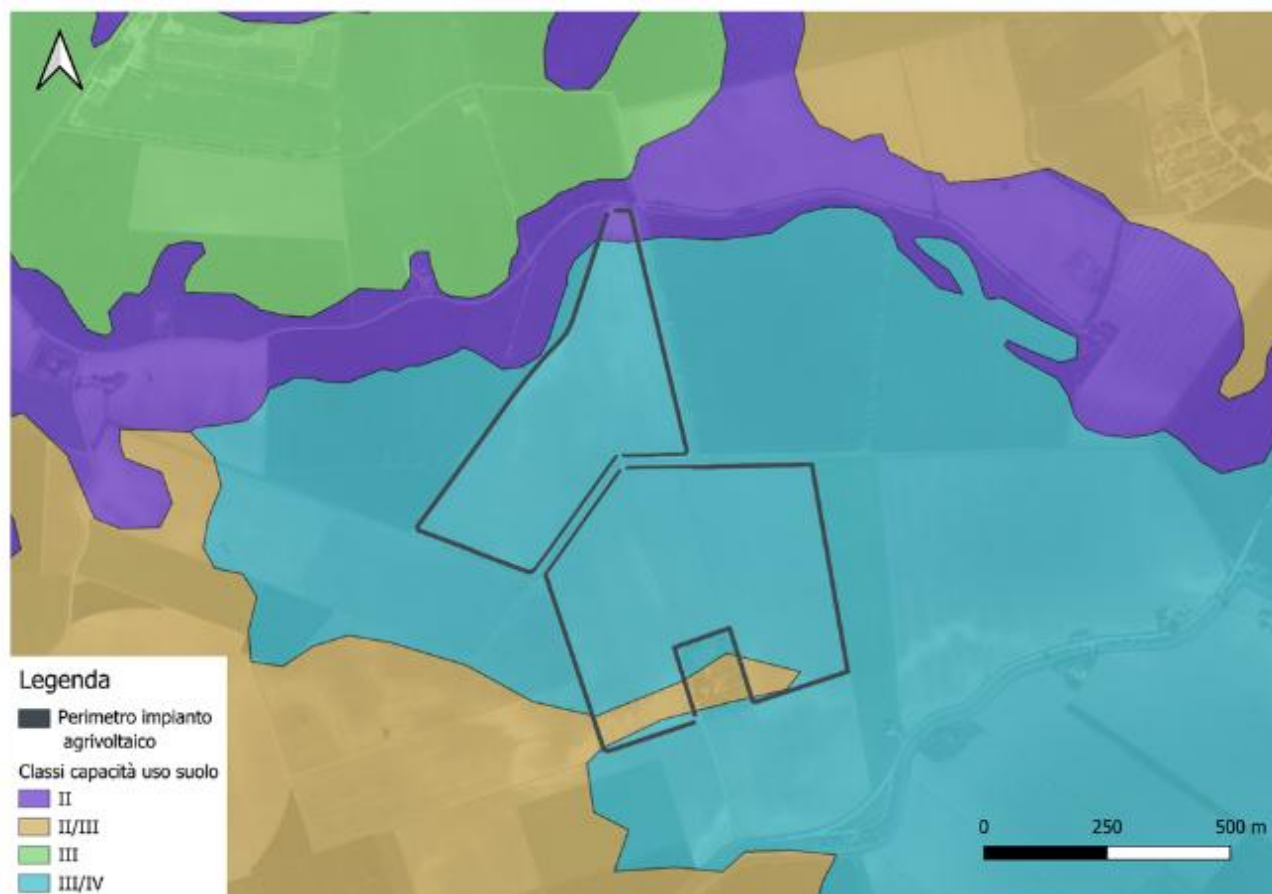


Figura 4-14- Inquadramento carta capacità d'uso del suolo

Classe	Profondità utile per le radici (cm)	Lavorabilità	Pietrosità superficiale e/o rocciosità	Fertilità	Salinità	Disponibilità di ossigeno	Rischio di inondazione	Pendenza	Rischio di franosità	Rischio di erosione	Interferenza climatica
I	>100	facile	<0,1% assente e	buona	<=2 primi 100 cm	buona	nessuno	<10%	assente	assente	nessuna o molto lieve
II	>50	moderata	0,1-3% assente e	parz. buona	2-4 (primi 50 cm) e/o 4-8 (tra 50 e 100 cm)	moderata	raro e <=2gg	<10%	basso	basso	lieve
III	>50	difficile	4-15% e <2%	moderata	4-8 (primi 50 cm) e/o >8 (tra 50 e 100 cm)	imperfetta	raro e da 2 a 7 gg od occasionale e <=2gg	<35%	basso	moderato	Moderata
IV	>25	m. difficile	4-15% e/o 2-10%	bassa	>8 primi 100 cm	scarsa	occasionale e >2gg	<35%	moderato	alto	da nessuna a moderata
V	>25	qualsiasi	<16% e/o <11%	da buona a bassa	qualsiasi	da buona a scarsa	frequente	<10%	assente	assente	da nessuna a moderata
VI	>25	qualsiasi	16-50% e/o <25%	da buona a bassa	qualsiasi	da buona a scarsa	qualsiasi	<70%	elevato	molto alto	da nessuna a moderata
VII	>25	qualsiasi	16-50% e/o 25-50%	m. bassa	qualsiasi	da buona a scarsa	qualsiasi	≥ 70%	molto elevato	qualsiasi	Molto forte
VIII	<=25	qualsiasi	>50% e/o >50%	qualsiasi	qualsiasi	Molto scarsa	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	Molto forte

Figura 4-15 - Sottoclassi e unità (U.S., Klingebiel and Montgomery, 1961)

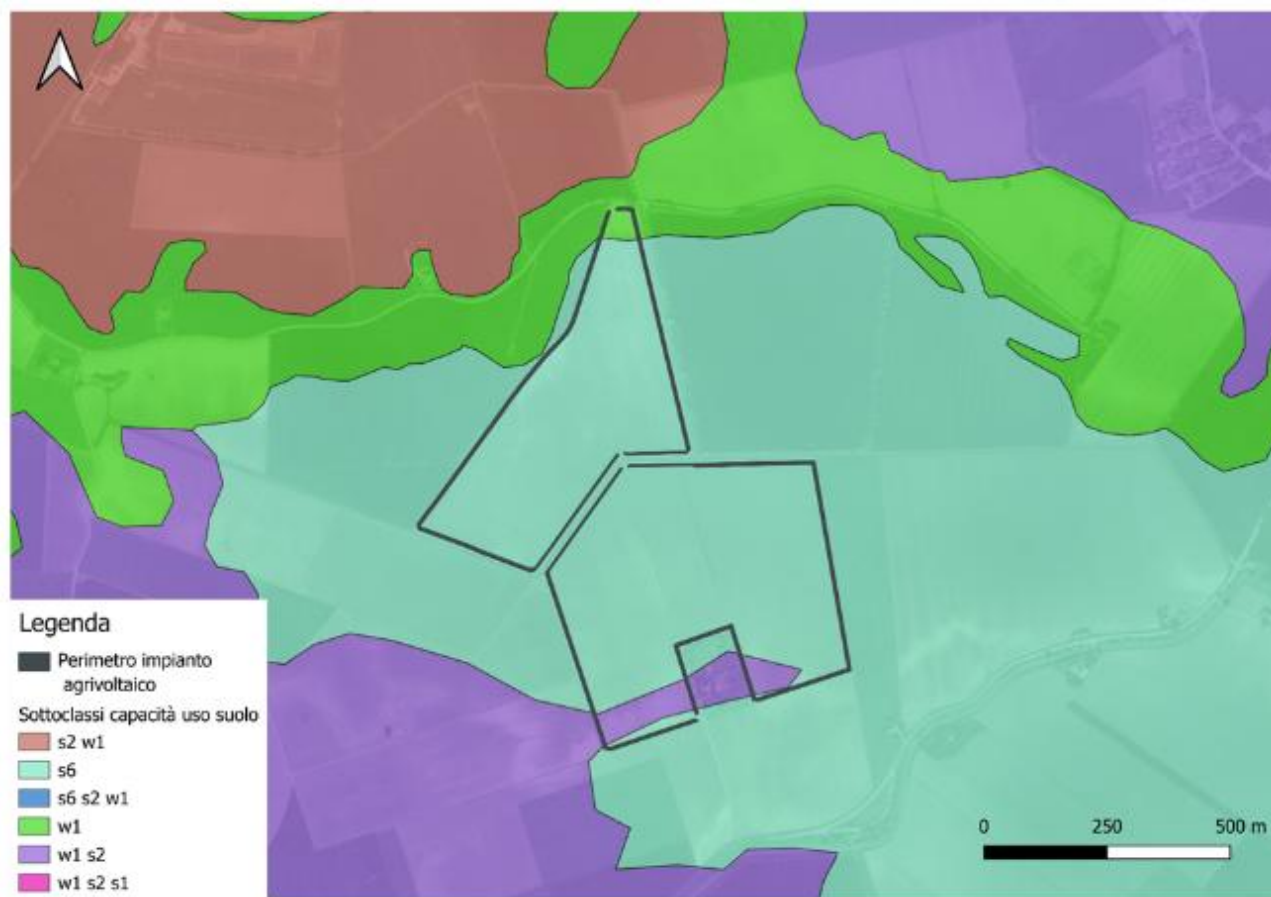


Figura 4-16 - Sottoclassi e unità (U.S., Klingebiel and Montgomery, 1961)

Tipo di limitazioni			
s: caratteri del suolo	w: eccesso idrico	e: rischio di erosione	c: clima
s1 - profondità utile per le radici s2 - lavorabilità s3 - pietrosità superficiale s4 - rocciosità s5 - fertilità s6 - salinità	w1 - disponibilità ossigeno per le radici delle piante w2 - rischio di inondazione	e1 - inclinazione del pendio e2 - rischio di franosità e3 - rischio di erosione	c1 - rischio di deficit idrico c2 - interferenza climatica

Figura 4-17 - Sottoclassi e unità (U.S., Klingebiel and Montgomery, 1961)

Emerge una discordanza tra le carte della salinità del terreno, da cui si rileva l'assenza di tale caratteristica chimica nei suoli interessati, e la segnalazione di sottoclasse s6, che invece farebbe dedurre una presenza della salinità stessa; solo delle analisi più puntuali potrebbero chiarire tale incongruenza.

4.5 CONSIDERAZIONI DI MASSIMA SULLA PEDOLOGIA DEL SITO

A seguito delle indagini eseguite, sia sulla letteratura che dalle banche dati regionali, confrontandole con le analisi del suolo, è stato possibile inquadrare i suoli in oggetto. Di fatto essi presentano un buono stato dal punto di vista chimico ma, come accennato precedentemente, risultano categorizzabili come "pesanti" a causa della

propria tessitura. Questa tipologia di terreni può presentare delle criticità sia per le lavorazioni che per la scarsa capacità di deflusso delle acque meteoriche, richiedendo operazioni specifiche per favorire la creazione e mantenimento della macro-porosità del suolo.

Le lavorazioni agrarie hanno lo scopo di disgregare la massa terrosa, compattata dai ripetuti passaggi di mezzi meccanici e persone, nonché dall'effetto battente delle precipitazioni, consentendo a massa stessa di ricreare la "struttura" del suolo, come riportato nell'immagine seguente³, che schematizza il passaggio, nel terreno agrario, da stato "strutturato" ad "astrutturato", e viceversa.

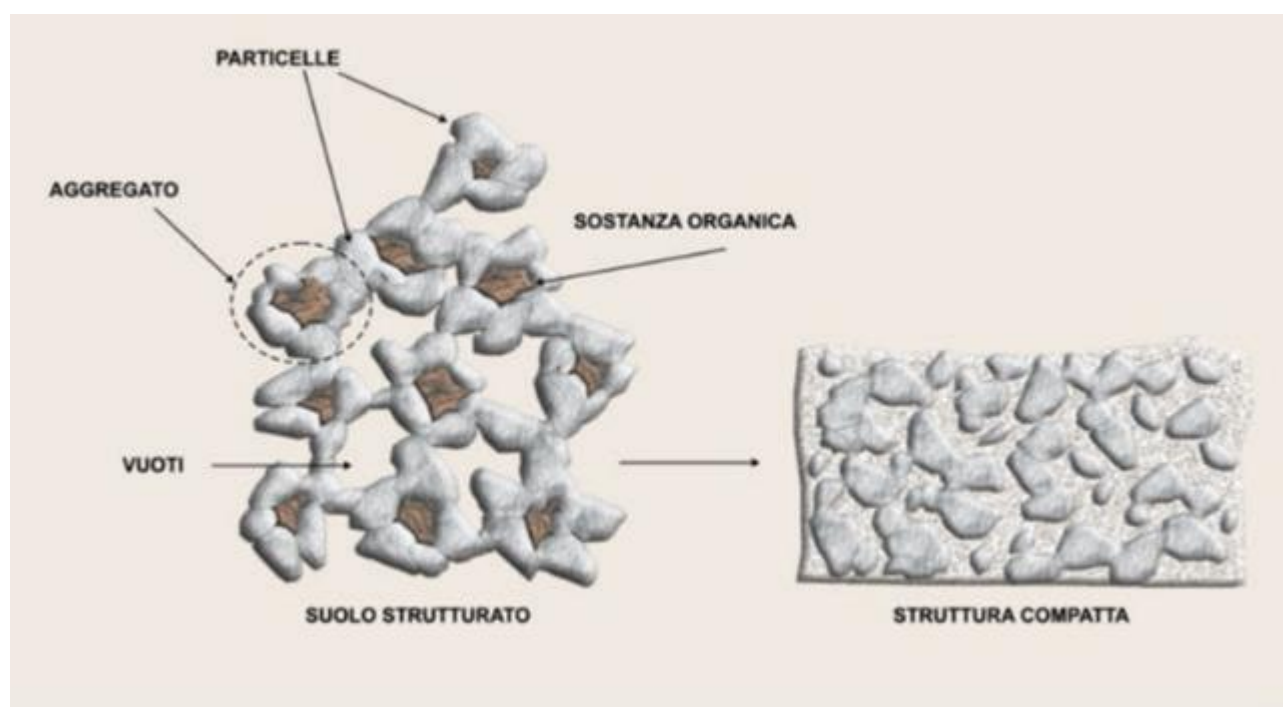


Figura 4-18- Struttura del terreno

Nel caso in esame, date le caratteristiche pedologiche prima descritte, si ritiene che non sia possibile ricorrere **esclusivamente** a tecniche di lavorazioni, cosiddette "conservative", cioè, fare uso solo di attrezzi che operano superficialmente (primi 10-20 cm di suolo), o alla "semina su sodo", costituita dal passaggio di una seminatrice dotata di organi di lavorazione superficiale.

Queste tecniche, preziose per la conservazione della sostanza organica nel terreno, non sono in grado di disgregare l'orizzonte più profondo del suolo, provocando così la compressione degli strati profondi, a meno che la tessitura del terreno stesso non sia ben equilibrata e, pertanto, in grado di ripristinare autonomamente una buona struttura.

In terre difficili, quali sono quelle di "Bandissolo", con forte componente argillosa e limosa, è necessario, ciclicamente, effettuare lavorazioni più profonde, come l'aratura e/o la discissura, condotte oltre il primo strato superficiale del suolo.

Ciò è stato comprovato in sede di sopralluogo, durante il quale è stato constatato *de visu* come buona parte della superficie aziendale fosse già stata arata a media profondità.

L'aratura, peraltro, era stata effettuata, a causa delle particolari condizioni climatiche dell'estate in corso (precipitazioni abbondanti e continue fino al mese di giugno), in condizioni pedologiche non ideali, con suolo

³ <https://www.isprambiente.gov.it/it>

bagnato, il che ha creato delle zolle compatte e la cui disgregazione richiederà ripetuti interventi complementari.

Il particolare decorso meteorologico dei mesi di maggio-giugno ha ridotto sensibilmente le “finestre” temporali, dove il giusto contenuto di umidità del suolo porta allo stato di “tempera”, in cui la fetta di terra che viene rigirata, si sgretola in buona parte nella fase di rovesciamento, riducendo così il numero di interventi per preparare il letto di semina.

4.6 CONSIDERAZIONI DI MASSIMA SULLA SCELTA DEI CANTIERI DI LAVORO E SEMINA

La flessibilità e la capacità di adattare in modo tempestivo ed opportuno le tecniche da applicare alla combinazione suolo-clima-esigenze temporali, tenendo conto della convenienza economica, sono la base dei criteri razionali di gestione agraria.

In quest'ottica, appare consigliabile l'adozione di cantieri di lavorazione diversificati, a seconda della coltura da seminare e del tempo a disposizione. Le stesse stagioni sono raramente eguali un anno dopo l'altro e le ultime annate hanno ulteriormente consolidato questo principio.

Se il primo anno di rotazione è prevista un'aratura su terra asciutta o in tempera e durante il ciclo della coltura del primo anno non sono avvenute precipitazioni straordinarie ed insistenti, nel secondo anno potrebbe essere possibile effettuare una lavorazione ridotta, con macchine combinate o una semina diretta su sodo.

Nella fattispecie di progetto è consolidata (e condivisibile) prassi aziendale **il ricorso frequente, come lavorazione preparatoria principale, all'aratura**; la scelta è motivata dalle maggiori capacità di controllo delle infestanti e dei parassiti del terreno di tale lavorazione, che insieme alla tendenza al compattamento dovuta alla componente pedologica, giustifica e compensa il maggior costo di esecuzione.

L'aratura viene, da decenni, contestata sia per il già citato costo di esecuzione, sia per gli effetti sul rimescolamento della necromassa (residui delle colture che permangono nel terreno), destinati ad incrementare la frazione organica del suolo. Con l'aratro, la necromassa viene diluita in uno spessore maggiore, rendendone più difficile l'umificazione. È possibile temperare le esigenze della lavorazione del suolo e della conservazione dell'humus, ricorrendo a discissure, che incidono ma non rovesciano, con arature e lavorazioni superficiali, in un quadro integrato e sinergico delle operazioni colturali, nel corso della rotazione applicata nei terreni.

4.7 ANALISI DELLA RISORSA IDRICA

La pianura emiliano-romagnola rappresenta la più estesa pianura alluvionale italiana. La disponibilità idrica si configura come una delle risorse più abbondanti del territorio, concretizzandosi sotto forma di un complesso reticolo di corpi idrici, sia superficiali che sotterranee. L'intero areale è solcato da un aggregato artificiale di canali e fossi che convergono verso i molteplici impianti idrovori, le cui pompe sollevano le acque di scolo per farle convergere in mare; la gestione è preposta ai Consorzi di Bonifica competenti. Il ruolo svolto dal suddetto aggregato può essere riassunto in due fondamentali funzioni: lo sgorgo delle acque in eccesso e l'alimentazione degli impianti irrigui.

Negli ultimi anni, a causa degli eventi piovosi estremi che si verificano sempre con maggiore frequenza, il rischio di allagamento si è oggettivamente innalzato. Al fine di contrastare tale rischio le autorità competenti si stanno adoperando per implementare azioni preventive quali: la razionale gestione delle acque e del territorio, l'elaborazione di piani operativi per far fronte a situazioni di rischio, la manutenzione ordinaria e straordinaria e la realizzazione di nuove opere. La programmazione della gestione idrica da parte della Regione Emilia-Romagna si pone come obiettivo un elevato livello di tutela della biodiversità acquatica, la qualità della vita dell'uomo,

nonché la conservazione e il risparmio della risorsa per tutti gli utilizzi collegati alle attività economiche nel lungo periodo. Tale intento si realizza per mezzo del recepimento della Direttiva Quadro in materia delle acque (2000/60/CE) da parte del nostro paese e tramite la conseguente elaborazione di un apposito Piano di Tutela delle Acque da parte della Regione Emilia-Romagna, approvato tramite la deliberazione n. 40 del 21 dicembre 2005.

4.8 ZONA DI IMPIANTO E CARATTERISTICHE TERRITORIALI: L'AREA DI BONIFICA

Gli sforzi compiuti per conseguire la regimazione idraulica si configurano come uno dei più rilevanti strumenti di valorizzazione e tutela della provincia ferrarese. Così si arrivò a realizzare l'intricato reticolo di canali che caratterizza l'odierno paesaggio emiliano, tra cui il Canale della Botte, localizzato a sud-ovest dell'area di impianto, e il Canale Circondariale Gramigne Fosse a nord-est, in prossimità del quale insiste l'impianto idrovoro Trava. Il deflusso delle acque in eccesso avviene tramite l'immissione dei canali nei corpi idrici principali oppure direttamente nel Mar Adriatico. Più nel dettaglio il Canale della Botte si immette nel fiume Reno, al contrario il Canale Circondariale Gramigne Fosse conclude il proprio percorso in mare, previa incorporazione con il Canale Collettore Fosse.

4.9 ORGANIZZAZIONE CONSORTILE DELLA ZONA

La Regione esercita direttamente le funzioni di gestione dei beni del demanio idrico, come stabilito dall'art. 141 della Legge Regionale 21 aprile 1999, n. 3 e con apposito regolamento disciplina il procedimento di concessione (Regolamento Regionale n. 41/2001).

Dal 1° maggio 2016 i Servizi Tecnici di Bacino (STB) della Regione Emilia-Romagna, che dal 2002 avevano esercitato i compiti relativi al rilascio delle concessioni di derivazione d'acqua, sono stati soppressi e le loro funzioni demandate alle Strutture Autorizzazioni e concessioni (Sac) di Arpa e all'Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile.

All'Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile sono demandati i compiti riguardanti la prevenzione del dissesto idrogeologico e sicurezza idraulica, servizio di piena, nonché il nullaosta idraulico, i pareri previsti dalla normativa di settore e le funzioni in materia di trasporto marittimo e fluviale. Le Strutture Autorizzazioni e concessioni (Sac) di Arpa soprintendono alle aree demaniali, mediante il rilascio delle concessioni per gli usi extradomestici e la "presa d'atto" per gli usi domestici.

4.10 IL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

A seguito del riordino territoriale previsto dalla legge regionale n. 5 del 24 aprile 2009 e successive modifiche ed integrazioni, è stato istituito il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, con sede a Ferrara, risultante dall'accorpamento dei soppressi consorzi di bonifica preesistenti e corrispondenti al I Circondario Polesine di Ferrara, al II Circondario Polesine di San Giorgio, a Valli di Vecchio Reno e a Generale di Bonifica nella provincia di Ferrara. Le funzioni fondamentali svolte dal consorzio si ricollegano a quelle relative alla rete di canali delle acque, sviluppandosi nella pianificazione, gestione e mantenimento delle opere di evacuazione e derivazione, nonché nell'approvvigionamento idrico ad usi plurimi, tra cui, principalmente, l'acqua necessaria all'agricoltura. Oltre a quanto appena esplicitato, l'Ente si occupa anche della gestione del canone da corrispondere per il prelievo delle portate irrigue.

Il Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara gestisce un comprensorio di 256.733 ha, mantenendo il territorio sicuro da un punto di vista idraulico grazie ai 78 impianti di scolo mantenuti in costante attività per consentire il deflusso delle acque interne al mare; altri 86 impianti sono dedicati all'irrigazione e operano prevalentemente da aprile a settembre.

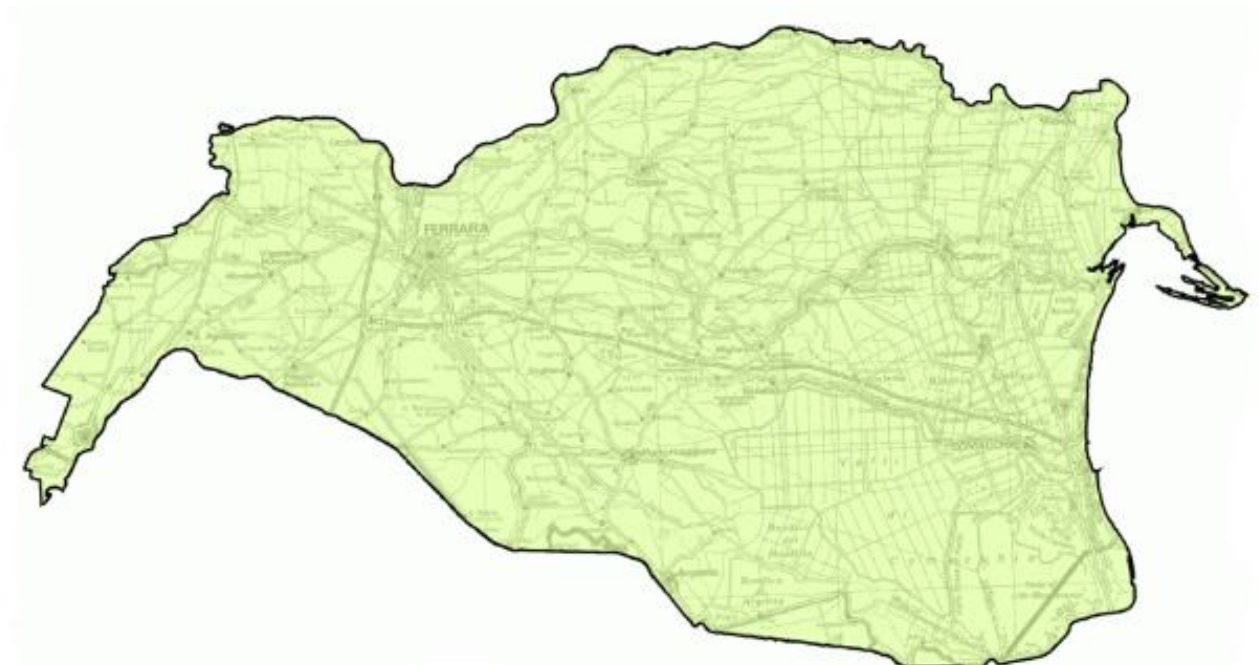


Figura 4-19- Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara

4.11 VERIFICA DELLA PRESENZA DELLA RISORSA IDRICA

La rete idraulica esistente nel territorio interessato dall'impianto agrivoltaico è articolata, sono presenti sia canalizzazioni artificiali che corpi idrici naturali, fondamentale da supporto per le attività agricole. Una importante caratteristica positiva dell'impianto consiste nella presenza all'interno dell'area contrattualizzata e a pochi metri dall'impianto di due canali artificiali, utilizzabili ai fini dell'approvvigionamento idrico delle colture.

Il canale "Scolo Bandissolo Argenta" si trova a est dell'area 1 (a Nord), mentre prende il nome di "Scolo Cardinala" il corso d'acqua che si estende andando a dividere a metà le due aree dell'impianto agrivoltaico, (1 e 2), settentrionale e meridionale, da destinare alla realizzazione dell'impianto; oltre a ciò, il canale si diparte costeggiando il lato orientale di una porzione della superficie, rendendo particolarmente agevole il prelievo di acqua irrigua. Nelle immagini seguenti, le linee in celeste evidenziano i canali che costituiscono la rete idraulica del territorio e i fiumi, mentre il perimetro delle aree dell'impianto agrivoltaico è rappresentato in rosso.

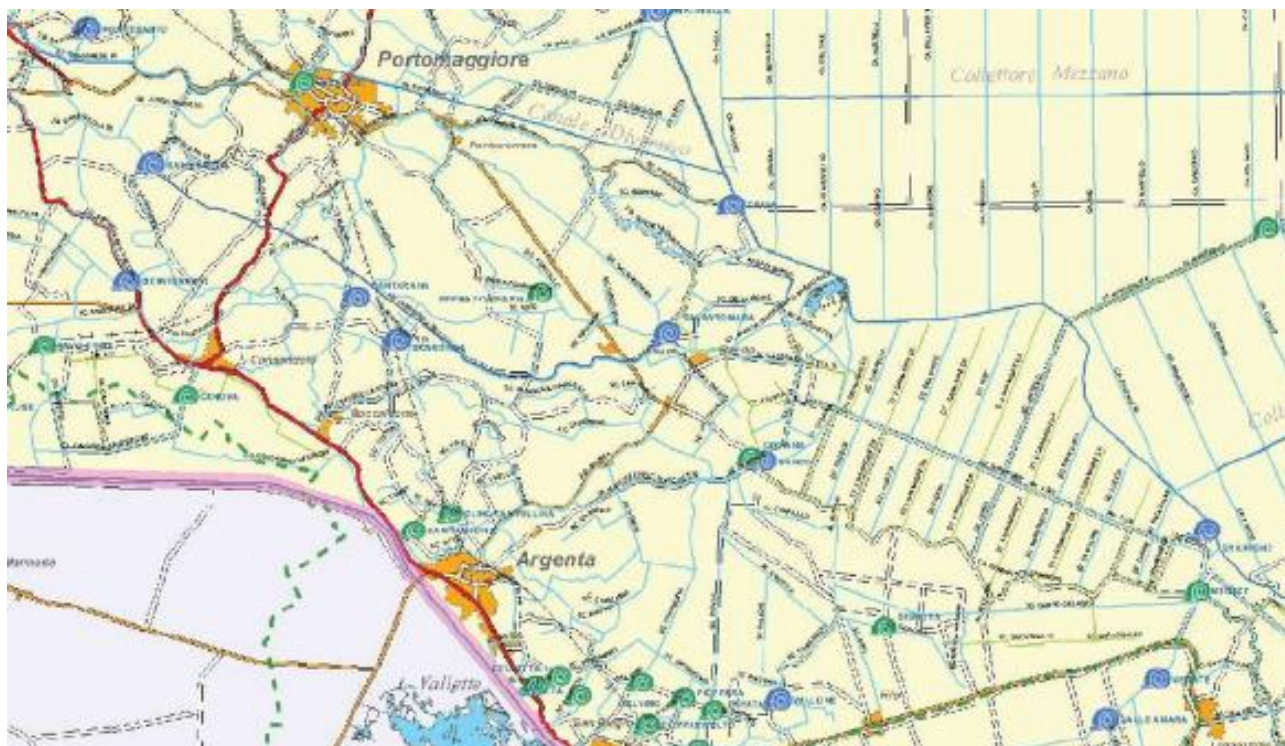


Figura 4-20- Stralcio carta consorzio di bonifica di Ferrara e rete di canali



Figura 4-21- Area d'impianto e sistema di canali esistente.



Figura 4-22- Area d'impianto e sistema di canali esistente

5. BENEFICI, SINERGIE E MITIGAZIONE DELLE INTERFERENZE

Con il termine agri-fotovoltaico (o agrivoltaico) si indica un settore, ancora poco diffuso, caratterizzato da una utilizzazione "ibrida" dei terreni agricoli tra produzione agricola e produzione di energia elettrica, attraverso l'installazione, sullo stesso terreno coltivato o adibito ad allevamento, di impianti fotovoltaici.

Si tratta quindi di un sistema di utilizzo duale dei terreni per la produzione combinata di energia e prodotti agricoli. L'integrazione spaziale di queste due componenti produttive può generare interferenze e sinergie; l'obiettivo del progetto è di ridurre quanto più possibile le prime e sfruttare ed ottimizzare le seconde. Nel capitolo in oggetto verranno affrontati tali aspetti, avendo come principale riferimento di interesse, le attività agricole.

5.1 GESTIONE E MITIGAZIONE DELLE POTENZIALI INTERFERENZE

In generale, i vantaggi economici della componente elettrica vengono ottimizzati attraverso la massimizzazione della superficie di pannelli all'interno dell'area totale dell'impianto (come indicato nelle linee guida dal parametro LAOR). Tuttavia, per la componente agricola, una tale configurazione può limitare:

- la superficie utile alla coltivazione;
- la disponibilità di luce diretta per le colture;
- gli spazi necessari per la meccanizzazione.

Le scelte di progettazione influenzano quindi in modo significativo questi aspetti, favorendo una componente rispetto all'altra e generando, mitigando o eliminando eventuali interferenze.

Nel progetto in esame, pur mantenendo elevata la producibilità elettrica, sono state adottate soluzioni che ottimizzano l'attività agricola, privilegiando scelte progettuali che (i) mantengano una percentuale elevata di superficie effettivamente coltivabile, (ii) permettano alle rese e alla qualità delle colture di risentire minimamente, o per nulla, della riduzione di luce diretta e (iii) prevedano spazi tra le file e a bordo campo sufficienti a garantire una meccanizzazione efficace delle attività agricole.

Dopo un'attenta e approfondita valutazione, si è optato per una soluzione impiantistica con strutture fisse, rialzate per garantire un'altezza minima di 2,1 metri, orientate in direzione est-ovest e adeguatamente distanziate, ritenuta la più idonea per conciliare le esigenze di produzione elettrica con la continuità dell'attività agricola.

5.1.1 Tecnologia impiantistica

La definizione della soluzione impiantistica del progetto è atta alla salvaguardia e valorizzazione del contesto agricolo nel quale si inserisce l'impianto agrivoltaico. Il progetto prevede l'installazione di strutture di supporto rialzate dal suolo (per consentire una altezza minima di 2,1m) per i moduli fotovoltaici di tipo monocristallino ad alta efficienza (>24%) con una potenza nominale di 750 Wp e tecnologia bifacciale, al fine di consentire una maggiore penetrazione della luce solare ottimizzando al meglio l'uso del suolo.

L'altezza minima dei moduli rispetto al livello del terreno sarà di 2,1 metri e la massima di 4,5 metri, garantendo la piena integrazione tra attività agricole e produzione di energia elettrica. Questa configurazione permette un passaggio di operatori e mezzi meccanici sotto i pannelli, favorendo la continuità delle attività agricole, in conformità con la definizione di impianto agrivoltaico avanzato, ai sensi delle (i) Linee Guida sugli impianti agrivoltaici, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022, (ii) Norma tecnica CEI

PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici", emanata a dicembre 2023, nonché (iii) del Decreto del Ministero dell'Ambiente della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023 N.436 (DM Agrivoltaico) recante le disposizioni per l'incentivazione della realizzazione dei sistemi agrivoltaici di natura sperimentali in attuazione dell'articolo 114 comma 1 del D.Lgs. N.199 del 2021 ed in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previste dal piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), e relative a regole operative emanate dal GSE.

Le strutture saranno disposte in direzione Est-Ovest, con i moduli inclinati di 30°, una configurazione che offre vantaggi significativi per le colture, in particolare, permette un'ottimale esposizione al sole del mattino, cruciale per molte piante che necessitano di luce moderata nelle prime ore del giorno, mentre modera l'irraggiamento solare nelle ore più calde. Questo approccio contribuisce a ridurre lo shock termico, creando condizioni ambientali sotto quest'aspetto più favorevole per la crescita delle piante ed addirittura migliorandone la resilienza rispetto al pieno campo.



Figura 5-1 - modellazione 3D delle strutture di sostegno, orientate in direzione est-ovest e distanziate di 12m fornita dalla committenza

5.1.2 Distanza tra le strutture

Per minimizzare l'ombreggiamento e migliorare la trasmissione della luce verso i coltivi sottostanti, verranno utilizzati, come accennato in precedenza, moduli con un'elevata bifaccialità, che presentano un fattore di trasmittanza luminosa superiore a quelli normali. Questa caratteristica consentirà una migliore penetrazione della luce solare, con grande beneficio sullo sviluppo delle colture.

Di particolare rilievo risulta l'ottimizzazione tra le file dei pannelli fotovoltaici al fine di bilanciare al meglio le esigenze energetiche con quelle agricole. È stata scelta una distanza interfilare di 12 metri, che dal punto di vista agricolo consente il passaggio agevole dei mezzi, facilitando le operazioni colturali (lo spazio libero tra le strutture risulta essere di circa 7,8 metri), garantendo così una maggiore efficienza dell'impianto agrivoltaico sia dal punto di vista agricolo che energetico.

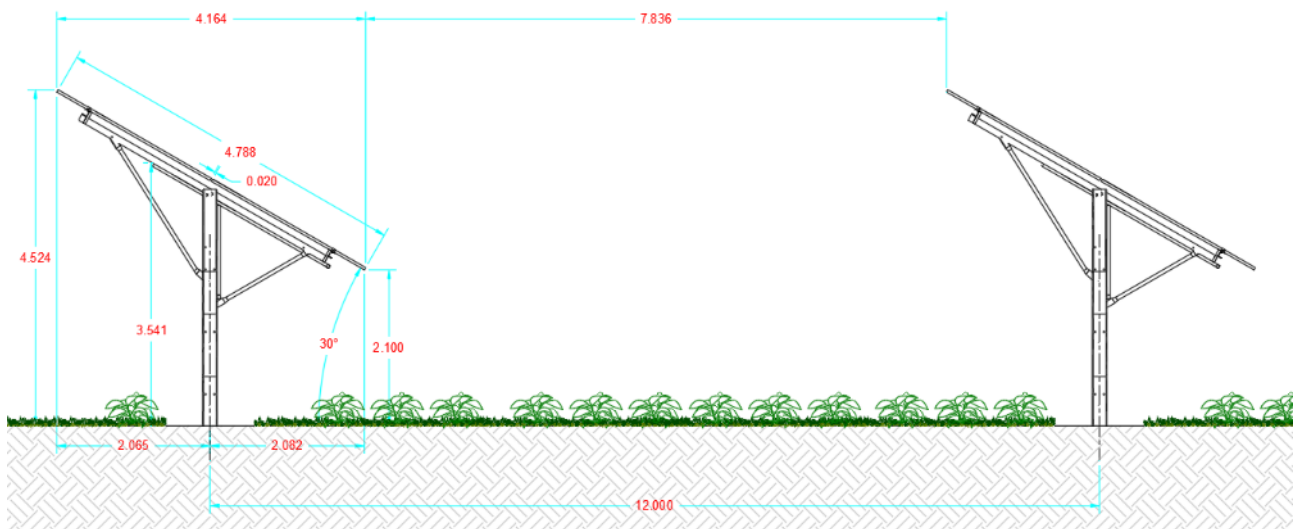


Figura 5-2- Tipico struttura di sostegno e sua proiezione al suolo



Figura 5-3- Vista delle strutture di sostegno dell'impianto con l'erba circostante appena tagliata

La distanza di 15 metri attorno alle strutture di sostegno è stata determinata per garantire un adeguato spazio di manovra ai mezzi agricoli più ingombranti utilizzati dalla Società Agricola, in particolare il sistema "trattore + carro trincia". Questo veicolo, con una lunghezza complessiva di 17,6 metri e un raggio di sterzata di 5,75 metri, rappresenta il caso più critico per le operazioni sul campo. L'approccio adottato per definire questa distanza, si è sviluppato in due fasi:

- Fase preliminare: è stata condotta un'analisi teorica per definire lo spazio minimo necessario per le manovre del mezzo, considerando le sue specifiche dimensionali e le esigenze operative;
- Fase di verifica: sono state effettuate simulazioni pratiche utilizzando il software Autodesk Vehicle Tracking, che hanno confermato la fattibilità delle manovre all'interno dello spazio previsto, assicurando operazioni sicure ed efficienti senza interferenze con le strutture del sito.

Questo metodo ha permesso di ottimizzare il layout del sito, garantendo la compatibilità tra le esigenze operative della Società Agricola e le infrastrutture presenti. Di seguito si riporta un esempio della fase di verifica per una delle aree critiche rilevate.



Figura 5-4- Studio dello spazio di manovra a margine di campo

Si fa presente che l'area di proiezione dei moduli è all'incirca di 4 metri e, al fine di analizzare l'impatto di tale ombreggiamento al suolo, sono state effettuate una serie di analisi preventive, fornite dalla committenza, andando elaborare dei risultati riguardo l'incidenza dell'impianto fotovoltaico sull'irraggiamento al suolo.

L'analisi ha riguardato lo studio dei seguenti parametri:

- GlobalInc (Incident global irradiation in the collector plane): Irraggiamento globale incidente sul piano del collettore. Questo include tutta l'energia solare che raggiunge il piano del collettore, considerando la radiazione diretta e diffusa;
- GlobalShd (Global on collectors, corrected for horizon and near shadings): Irraggiamento globale sui collettori, corretto per ombreggiature dell'orizzonte e ombreggiature vicine. Indica l'energia solare disponibile sul piano del collettore dopo aver tenuto conto delle perdite dovute a ostacoli che producono ombra;
- ShdLoss (Shading Losses): Perdite di energia dovute all'ombreggiamento. Rappresenta la quantità di irraggiamento persa a causa delle ombreggiature create da oggetti esterni come edifici, alberi, o altre strutture.

L'area di studio è stata suddivisa in tre porzioni, con l'obiettivo di analizzare con maggiore accuratezza gli effetti delle ombre e le relative implicazioni in ciascuna zona: troviamo l'area sotto le strutture nella striscia nord (Fascia A), l'area sotto le strutture nella striscia sud (Fascia B) e lo spazio libero tra le strutture (Fascia C). Importante è sottolineare che per ogni area i fattori siano stati associati proporzionalmente alla loro estensione:

- Fascia A: 1/8;
- Fascia B: 1/8;
- Fascia C: 6/8.

Attraverso un'attenta analisi dei risultati ottenuti si è potuto constatare che le perdite in termini di irraggiamento sulla superficie siano impattanti soprattutto per la fascia A (nord) mentre le perdite di irraggiamento nelle fasce B e C (rispettivamente sud e interfila) sono trascurabili per quanto riguarda le colture praticabili, in quanto dal periodo primaverile-estivo la diminuzione di irraggiamento non dovrebbe risultare significativamente impattante in termini di rese.

È possibile notare come da aprile ad agosto le percentuali di irraggiamento (100% la situazione in pieno campo) risultano superiori al 60% con picchi in alcuni mesi sopra l'80%, e pertanto le colture primaverili estive o che hanno le fasi vegetative in questo periodo potrebbero non essere influenzate dall'ombreggiamento dei moduli.

Tabella 5-4- Analisi irraggiamento per la fascia oraria prima delle 10 del mattino.

1° Time Frame (up to 10am)										
Mese	Fascia A		Fascia B		Fascia C		GlobInc (W/m2)	GlobalShd Pond_Sup (W/m2)	GlobalShd Pond_Sup/ GlobalInc	GlobalInc mensile/ GlobalInc anno
	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc				
Gennaio	5677	49%	4261	37%	4712	41%	11546	4776	41%	2%
Febbraio	7249	48%	9362	62%	6732	45%	15073	7125	47%	3%
Marzo	9719	28%	28113	81%	19829	57%	34656	19601	57%	7%
Aprile	13650	29%	34841	73%	34147	71%	47762	31672	66%	10%
Maggio	20526	30%	38676	56%	55327	80%	68908	48895	71%	15%
Giugno	24142	35%	32366	46%	58603	84%	69835	51016	73%	15%
Luglio	24485	33%	37202	50%	61896	83%	74710	54133	72%	16%
Agosto	16273	28%	38374	66%	44206	76%	58013	39985	69%	12%
Settembre	11029	26%	34481	81%	26734	63%	42705	25739	60%	9%
Ottobre	11571	42%	20302	73%	13694	49%	27829	14254	51%	6%
Novembre	7491	51%	7024	48%	6733	46%	14667	6864	47%	3%
Dicembre	4069	45%	3673	41%	4597	51%	9067	4415	49%	2%

Tabella 5-5- Analisi irraggiamento per la fascia oraria dalle 11 alle 15.

2° Time Frame (11 am - 15pm)										
Mese	Fascia A		Fascia B		Fascia C		GlobInc (W/m2)	GlobalShd Pond_Sup (W/m2)	GlobalShd Pond_Sup/ GlobalInc	GlobalInc mensile/ GlobalInc anno
	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc				
Gennaio	12231	44%	12866	47%	10761	39%	27658	11208	41%	6%
Febbraio	16726	49%	26171	77%	14133	42%	34035	15962	47%	7%
Marzo	14388	25%	49007	85%	31996	56%	57570	31921	55%	12%
Aprile	15593	24%	52077	80%	44318	68%	65089	41697	64%	14%
Maggio	15853	20%	53039	68%	58871	76%	77681	52765	68%	16%
Giugno	15937	19%	49369	58%	67800	80%	84797	59013	70%	18%
Luglio	16470	19%	53591	63%	66203	78%	84906	58410	69%	18%
Agosto	15705	19%	64300	78%	58775	71%	82465	54082	66%	17%
Settembre	13265	22%	51543	86%	36066	60%	59770	35150	59%	13%
Ottobre	16990	39%	34066	79%	20679	48%	43039	21891	51%	9%
Novembre	13552	54%	14442	57%	11312	45%	25278	11983	47%	5%
Dicembre	8785	42%	9037	43%	10238	49%	20800	9906	48%	4%

Tali informazioni in relazione alle tipologie di colture selezionate denotano una serie di fattori positivi, tra cui il fatto che le percentuali di irraggiamento nelle fasce orarie analizzate e presentate nelle tabelle precedenti siano

soddisfacenti (quelle dall'alba alle 10 e dalle 11 alle 15), garantendo un irraggiamento totale ponderato nell'arco dell'anno rispettivamente del 65% e 85%, tale da non compromettere teoricamente la resa dell'attività agricola.

I dati relativi ai coefficienti di irraggiamento sono stati forniti dall'impresa incaricata del progetto.

5.1.3 Altre interferenze

Ulteriori interferenze dovute all'impianto agrivoltaico e le misure adottate per ridurre o mitigare i potenziali impatti:

- al fine di impedire possibili interferenze con la rete di cavi all'interno dell'impianto, si è previsto l'interramento dei cavi stessi ad una profondità di circa di 1,2 m, non consistendo perciò un rischio significativo per le lavorazioni agricole primarie e secondarie;
- per prevenire compattamenti del terreno durante la fase di realizzazione dell'impianto, si presterà particolare attenzione a evitare la formazione di aree eccessivamente compattate a causa del transito dei mezzi pesanti, dando priorità all'utilizzo di mezzi di ridotte dimensioni e, dove possibile, cingolati;
- inoltre, è stata prevista la realizzazione di una rete di drenaggio per l'allontanamento delle acque piovane, essenziale per prevenire l'insorgenza di problematiche legate al ristagno idrico e permettere di migliorare sia la qualità del suolo sia le condizioni di crescita delle colture. Per evitare ulteriori interferenze con le lavorazioni, i dreni saranno posati ad una profondità media di 0,8 m.

Per contro, le attività agricole possono avere delle ricadute negative sulla componente energetica, derivanti da:

- operazioni agricole (ad esempio la raccolta), che richiedono l'impiego di macchinari di ridotte dimensioni, adattati alle specifiche esigenze dell'impianto;
- imbrattamento dei moduli FV, dovuto alle diverse operazioni colturali, che possono generare una maggiore polverosità nell'ambiente in alcuni periodi dell'anno, portando ad un aumento della frequenza nella pulizia dei pannelli.

Vi sono poi altri rischi potenziali quali:

- possibili collisioni di macchine ed attrezzature agricole con le strutture dell'impianto, mitigabili allargando le interfile e gli spazi di manovra a bordo campo (come previsto dal progetto) e facendo ricorso all'utilizzo degli strumenti di agricoltura 4.0 per la guida di precisione semiautonomo (sterzata automatica almeno con operatore a bordo) con sistemi RTK (triangolazione delle coordinate da seguire con un punto sul terreno oltre al satellite), sistemi aventi precisione di 2,5 cm sulle traiettorie preimpostate. Tali sistemi sono applicabili tramite dei kit dal costo di circa €10-15.000 su tutti i trattori (verrà valutato se dotare le macchine operatrici di tali sistemi; vista l'ampiezza dell'interfila, nel caso del presente progetto potrebbe non essere necessario);
- rischi connessi agli incendi per i prodotti che seccano in campo; nel nord Italia, al momento, tali rischi sono probabilmente trascurabili (ma comunque da segnalare), mentre sono considerabili nelle aree del centro-sud; il rischio è evitabile coltivando prodotti, compresi gli stessi cereali, che a maturazione non sono secchi in campo quando la loro raccolta avviene ad uno stadio precoce, come foraggio.

Alla luce di quanto appena riportato, in fase esecutiva si prevedono le seguenti attività:

- valutazione dei rischi dell'impianto ai sensi del D. Lgs 81/2008, per orientare le scelte operative e garantire la conformità agli standard di sicurezza;
- redazione di un piano di sicurezza conforme alla normativa vigente per il contesto in oggetto, che consideri le esigenze delle lavorazioni agricole e le particolarità delle manutenzioni ordinarie e straordinarie delle componenti dell'impianto, garantendo adeguati standard di sicurezza per gli operatori;

- verifiche permanenti di conformità alle norme di sicurezza per gli operatori, inclusi eventuali corsi di aggiornamento e informazioni specifiche sui rischi dell'impianto e sulle distanze di sicurezza da rispettare nelle lavorazioni principali e nelle attività di raccolta.

5.2 SINERGIE

La coesistenza di queste due componenti, energetica ed agricola, può generare delle forti sinergie sia in termini di produttività agricola (ed energetica), sia in termini di sostenibilità.

La componente agricola può trarre da questa simbiosi i seguenti vantaggi:

- la protezione dei moduli genera una riduzione della ventosità all'interno delle interfile, con evidente beneficio per molte colture, soprattutto per quelle sensibili a tale elemento;
- la presenza di vegetazione al di sotto dei pannelli influenza il microclima e genera temperature sotto i moduli più omogenee, con picchi di temperatura più bassi nelle ore di luce e temperature più alte nelle ore di buio (anche l'umidità del suolo è mediamente maggiore, fino al 15% in più rispetto al caso in pieno sole)⁴. Inoltre, dai dati statistici finora raccolti, è possibile riscontrare che la presenza dei pannelli garantisce una mitigazione del clima al suolo, rispetto all'ambiente circostante, riducendo non solo il picco delle temperature massime (colpi di calore), ma anche le minime (gelate). È noto, infatti, che elevati livelli di radiazione solare incidente possono causare stress nelle piante e scottature solari, eventi che possono danneggiare fortemente i raccolti; questo rischio è fortemente ridotto dalla presenza dei moduli fotovoltaici⁵;
- alle nostre latitudini, l'energia solare che arriva al suolo nel periodo primaverile-estivo è particolarmente elevata; pertanto, l'effetto ombreggiante dovuto ai pannelli potrebbe costituire un beneficio per le colture sottostanti e non solo un fattore limitante della fotosintesi. In effetti, la riduzione della ventosità ed il parziale ombreggiamento, soprattutto nel periodo estivo, riducono l'evapotraspirazione⁶ ed il fabbisogno idrico (consentendo un notevole risparmio idrico per le colture irrigue o una riduzione dello stress idrico per quelle in asciutta); questo genera un allungamento del periodo vegetativo delle colture, con traslazione dello stadio fenologico rispetto alla coltura pieno campo. In termini di gestione della luce, l'agrivoltaico si avvicina quindi a quella dell'agroforestazione, una tecnica di coltivazione tradizionale per la quale si affiancano a colture

⁴ G. A. Barron-Gafford, M. A. Pavao-Zuckerman, R. L. Minor, L. F. Sutter, I. Barnett-Moreno, D. T. Blackett, M. Thompson, K. Dimond, A. K. Gerlak, G. P. Nabhan e J. E. Macknick, «Agrivoltaics provide mutual benefits across the food energy-water nexus in drylands» *Nature Sustainability*, vol. 2, pp. 848-855, 2019.

⁵ D. Ketzer, P. Schlyter, N. Weinberger e C. Rösch, «Driving and restraining forces for the implementation of the agrophotovoltaics system technology - A system dynamics analysis» *Journal of Environmental Management*, vol. 270, 2020.

⁶ Con evapotraspirazione, si intende l'effetto congiunto per il quale l'acqua passa allo stato di vapore attraverso la traspirazione delle piante e l'evaporazione dal terreno. Con la riduzione dell'evapotraspirazione, si stima che sia possibile un risparmio d'acqua per le coltivazioni irrigate tra il 14% e il 29% a seconda del tipo di coltivazione: in particolare, è stata riscontrata una riduzione del 22% dell'evapotraspirazione in alcuni tipi di lattuga, e tra il 9% e il 14% nei cetrioli, a seconda della densità dei moduli, e una riduzione del 63% dello stress idrico per gli alberi di mele, posti al di sotto di moduli dotati di tracking. Il risparmio idrico è particolarmente importante nel caso di climi aridi o durante annate particolarmente calde e secche: è stato dimostrato infatti un aumento della resa nella coltivazione di patate, grano invernale (winter wheat) e sedano rapa, grazie proprio alla protezione fornita dai moduli [S. Schindele, M. Trommsdorff, A. Schlaak, T. Obergfell, G. Bopp, C. Reise, C. Braun, A. Weselek, A. Bauerle, P. Högy, A. Goetzberger e E. Weber, «Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the priceperformance ratio and its policy implications», *Applied Energy*, vol. 265, p. 114737, 2020].

alimentari o pascoli, delle specie arboree per fornire ombra e creare sistemi produttivi sinergici⁷. In tale ottica, l'impianto agrivoltaico rende la componente agricola non solo più innovativa (introduzione di elementi di agricoltura 4.0, ecc.), ma anche più resiliente. In effetti, l'agrivoltaico può rappresentare una potenziale soluzione per attenuare lo stress climatico e migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua delle piante, attraverso l'ombreggiamento delle colture;

- la realizzazione di sistemi di drenaggio, prevista all'interno dell'impianto, favorisce una gestione dell'acqua all'interno degli appezzamenti agricoli, riducendo i rischi quali: allagamenti, asfissia, elemento rilevante in una zona di bonifica come quella in oggetto.

Per quanto riguarda la componente energetica, la presenza delle colture contribuisce a ridurre la temperatura di esercizio dei moduli, migliorandone l'efficienza, e ad aumentare la riflessione della luce (albedo), aspetto rilevante soprattutto nel caso di impiego, come in questo progetto, di moduli bifacciali. Un altro aspetto di sinergia di cui si avvale l'impianto fotovoltaico è dato dalla presenza della fascia di mitigazione, che svolge un'azione frangivento positiva anche per l'impianto fotovoltaico.

Altre sinergie sono presenti anche tra sistemi zootecnici e agrivoltaici; infatti, gli animali possono giovare delle zone d'ombra create dai pannelli, che presentano temperature inferiori. Allo stesso tempo, alcuni animali da allevamento potrebbero essere una valida soluzione per il controllo delle erbe infestanti sotto pannello. Queste ultime soluzioni non sono state approfondite nel seguente progetto.

5.3 BENEFICI AMBIENTALI

Un impianto agrivoltaico è una soluzione innovativa che combina la produzione di energia solare, tramite pannelli fotovoltaici, con la coltivazione agricola negli stessi appezzamenti di terra. Questo approccio può offrire diversi vantaggi ambientali, tra cui:

- Riduzione dell'uso del suolo rispetto agli impianti fotovoltaici a terra tradizionali, poiché un impianto agrivoltaico utilizza lo stesso terreno sia per la produzione di energia solare che per la coltivazione, contribuisce a preservare il suolo agricolo, evitando la sua conversione in superficie improduttiva;
- Risparmio idrico: la presenza dei pannelli fotovoltaici riduce l'evaporazione dell'acqua dal terreno sottostante e l'evapotraspirazione delle piante, contribuendo al risparmio di acqua in agricoltura. Inoltre, l'utilizzo di sistemi di irrigazione previsti, che garantiscono un'ottima efficienza idrica come quelli a goccia e mediante l'uso di agricoltura 4.0 di smart irrigation, permettono di ottimizzare al meglio l'utilizzo della risorsa idrica;
- Risparmio energetico in agricoltura: L'ombra dei pannelli fotovoltaici può contribuire a ridurre la temperatura dell'ambiente circostante, creando vantaggi considerevoli per alcune colture, riducendo quindi la necessità di irrigazione;
- Riduzione dell'erosione del suolo: i pannelli solari forniscono ombra e protezione al suolo sottostante, riducendo l'erosione causata da vento e pioggia, che viene intercettata dai pannelli stessi prima di raggiungere il suolo;
- Conservazione della biodiversità: gli impianti agrivoltaici, come quello in oggetto, in cui le opere di mitigazione prevedono l'impianto di specie arboree e arbustive autoctone, favoriscono e supportano la biodiversità locale (ad esempio fornendo habitat e nutrimento per la fauna selvatica);

⁷ AIAF, «Agroforestazione», 2014. [Online]. Available: <http://www.agroforestry.it>.

- Produzione di cibo ed energia da una stessa area: gli impianti agrivoltaici consentono di sfruttare lo stesso terreno per coltivare cibo e produrre energia, massimizzando l'utilizzo delle risorse disponibili;
- Riduzione delle emissioni di carbonio: la produzione di energia solare tramite pannelli fotovoltaici è una fonte di energia a basso impatto ambientale, che aiuta a ridurre le emissioni di carbonio rispetto alle fonti di energia fossile;
- Miglioramento della qualità dell'aria: la produzione di energia solare non comporta l'emissione di inquinanti atmosferici o gas serra, contribuendo così a migliorare la qualità dell'aria e a ridurre l'inquinamento atmosferico.

•

5.4 MIGLIORAMENTI FONDIARI

In economia agraria viene definito “miglioramento fondiario” qualunque intervento, in termini di capitale e/o lavoro, avente carattere di stabilità nel tempo e che consente di ottenere una maggiore produttività e/o un minor costo di coltivazione del suolo agrario. Tali interventi, ove eseguiti, possono far incrementare il valore del fondo, o per miglior redditività o per maggiore appetibilità, rispetto ai terreni limitrofi non migliorati.

La realizzazione dell'impianto agrivoltaico apporterebbe ai terreni agricoli una serie di miglioramenti fondiari, che ne determinerebbero un incremento di valore. Tali miglioramenti vengono di seguito sintetizzati:

- Lo sviluppo di una viabilità interna, ottenuta realizzando strade bianche, piazzole di sosta e diversi punti di accesso alle aree di impianto; tale opera potrebbe avvalersi anche della rete stradale comunale, contribuendo a ridurre l'ingombro stradale dei mezzi agricoli che potrebbe generarsi, permettendo spostamenti agevolati, sicuri e una buona comunicazione tra le aree sulle quali si sviluppa l'impianto. È prevista l'istallazione di griglie per carichi pesanti, che consentiranno il passaggio continuo di mezzi agricoli, anche in condizione avverse. Queste strutture faciliteranno l'accesso in campo, la manutenzione e le diverse attività agricole;
- La fascia di mitigazione, costituita da specie vegetali arbustive tipiche della zona, rappresenta un miglioramento dal punto di vista paesaggistico, andando a contrastare la “monotonia della steppa colturale”, tipica della Pianura Padana e schermandola dalla visione dei pannelli fotovoltaici. Allo stesso tempo questa fascia perimetrale crea potenziali rifugi per la microfauna e avifauna locale, preziosa dal punto di vista ecologico, in ambienti poveri di boschi e siepi;
- La realizzazione di dreni all'interno dell'area di progetto, come accennato nei paragrafi precedenti, permette di superare eventuali casi di criticità di eccesso idrico nel suolo, come la concentrazione di acqua piovana in alcune fasce, dovuta al posizionamento dei pannelli. Per favorire una completa integrazione tra le esigenze energetiche e agricole, la Società ha progettato un sistema di drenaggio e di invasi all'interno dell'impianto. Soluzione studiata per gestire il deflusso delle acque alterato dall'istallazione dei componenti dell'impianto energetico, garantendo al contempo una gestione idrica ottimale per le coltivazioni agrarie. Il sistema suddetto contribuirà a prevenire gli eccessi idrici e allagamenti, migliorando la qualità del suolo;
- La messa in opera di vasche di laminazione dà la possibilità di accumulare e regimentare le acque piovane, per fronteggiare al meglio l'incombente di periodi siccitosi, aumentando anche la resilienza del sistema agrivoltaico alle avversità climatiche;
- La realizzazione di un prato stabile esterno e limitrofo all'impianto, dedicato ad essenze mellifere. Tale impianto contribuirà a migliorare la biodiversità locale e favorirà la presenza di insetti pronubi fondamentali nel loro ruolo ecosistemico.

6. DEFINIZIONE DEL PIANO COLTURALE

6.1 LA SITUAZIONE AGRICOLA EX ANTE NELL'AREA DEL PROGETTO

L'area d'impianto interesserà una superficie complessiva contrattualizzata di circa 43 ha, suddivisa nelle 2 aree di progetto così identificate al paragrafo 2.2.

Dall'inquadramento agricolo dell'area, emerge come la produzione agricola nella provincia di Ferrara risulti estremamente variegata, questo grazie all'elevata diversificazione microclimatica-ambientale dell'area. In generale dalla situazione tipica del ferrarese, emerge che nella zona sono praticate colture arboree, erbacee ed orticole.

Incentrando l'analisi sui seminativi (cereali, legumi), le colture prevalenti sono il frumento tenero, frumento duro, mais, quest'ultimo coltivato in mono successione o in rotazione (Tabella 5-1). Solo in secondo piano appaiono le colture ortive.

Tabella 6-1 – Superfici e produzione delle colture a seminativo nella provincia di Ferrara⁸

Anno	2022		2023	
	Superficie totale - ettari	Produzione totale - quintali	Superficie totale - ettari	Produzione totale - quintali
Frumento tenero	32.764	1.820.768	34.750	1.876.500
Frumento duro	26.916	1.372.716	26.722	1.309.378
Segale	58	2.146	74	2.590
Orzo	2.431	133.705	4.335	208.080
Avena	80	2.960	95	3.420
Mais	23.625	1.842.750	21.385	2.138.500
Riso	4.061	229.150	4.763	266.939
Sorgo	3.416	174.216	4.013	172.559
Triticale	-	-	184	15.640
Altri cereali	1.029	30.870	788	28.368
Pisello proteico	639	19.809	637	15.925
Pisello da granella	63	1.953	62	1.550
Fagiolo secco	102	3.978	184	4.600
Fava da granella	178	3.916	112	2.240
Cece	37	1.295	52	728
Patata comune	1.286	514.400	1.298	486.750
Barbabietola da zucchero	4.125	1.844.847	3.392	2.147.289
Tabacco	72	3.889	81	3.984
Canapa	6	48	3	270
Arachide	144	3.888	121	5.445
Colza	1.663	56.542	2.539	30.468
Girasole	2.242	76.228	3.941	141.876
Soia	28.652	830.908	24.825	769.575
Altri erbai monofiti	751	-	820	-
Erba medica	16.933	-	17.450	-
Prati avvicendati polifiti	227	-	165	-

⁸ Fonte: elaborazione dati ISTAT 2022-2023

Si può desumere dal confronto tra le tabelle 6-1 e 6-2 come le colture ortive siano praticate meno, rispetto alle cerealicole, ma spiccano comunque per superficie coltivata il pomodoro da industria (ampiamente praticato negli ultimi anni anche nell'area di progetto dell'impianto agrivoltaico), il fagiolo (o il fagiolino), la cipolla e il pisello.

Tabella 6-2 – Superfici e produzione delle colture ortive in piena area nella provincia di Ferrara⁹

Anno	2022		2023	
Coltura	Superficie totale - ettari	Produzione totale - quintali	Superficie totale - ettari	Produzione totale - quintali
Pisello in piena aria	2.664	127.872	2.880	118.080
Fagiolo e fagiolino	548	36.716	558	35.154
Cipolla	80	46.800	73	43.800
Carota e pastinaca	2.093	1.144.871	1.367	683.500
Asparago	500	30.000	450	26.700
Radicchio o cicoria	485	153.745	182	54.600
Melone	313	85.762	394	128.050
Zucchini	465	110.670	549	137.250
Cocomero	390	235.950	430	194.790
Spinacio	458	93.890	217	43.400
Aglione	223	23.415	223	18.955
Pomodoro da industria	7.265	4.882.080	7.469	4.556.090

6.2 AZIENDA AGRICOLA E ORDINAMENTO CULTURALE

Come già anticipato, i proprietari del terreno sono anche i gestori e conduttori dell'appezzamento. L'azienda agricola Minghini gestisce una superficie di circa 730 ha, con un orientamento culturale prevalentemente seminativo, in particolare foraggero-cerealico. Anche i campi coinvolti nel progetto agrivoltaico hanno seguito tale orientamento, sebbene con una gestione differente. La Tabella 6-3 mostra l'avvicendamento culturale praticato nei due appezzamenti dal 2021 al 2023.

Tabella 6-3 - Colture praticate nell'area di progetto negli ultimi 3 anni¹⁰

Area	Superficie (ha)	Coltura		
		Anno 2021	Anno 2022	Anno 2023
Area nord	17,1915	Mais da foraggio	Mais	Soia
Area sud	24,9307	Mais da foraggio	Frumento duro	Mais da foraggio

L'azienda agricola risulta essere dotata di un parco macchine assortito e svolge le operazioni agricole in autonomia senza avvalersi di contoterzisti, ad eccezione per la raccolta dei cereali da granella, per la quale spesso l'acquisto di una mietitrebbia non risulta vantaggioso. Valore aggiunto del parco macchine dell'azienda Minghini è la dotazione di sistemi ISOBUS e di guida RTK, tecnologia che si rivela appropriata in un contesto agrivoltaico. I sistemi ISOBUS permettono di ottimizzare, efficientare, velocizzare le operazioni agricole e quindi risparmiare anche in termini economici; in generale sono sistemi che permettono l'interfaccia uomo-macchina e quindi la

⁹ Fonte: elaborazione dati ISTAT 2022-2023

¹⁰ Dati forniti dalla committenza

possibilità di regolare i parametri delle operazioni svolte come ad esempio la dose di semina/concime, l'erogazione di prodotti fitosanitari, etc. La guida RTK, invece, consente una georeferenziazione estremamente precisa (2,5 cm in caso di segnale ottimale) della trattrice e in combinazione con i sistemi ISOBUS permette di mappare ed evitare passaggi ripetuti che comporterebbero inutili sprechi di carburante e tempo da parte dell'operatore.

Grazie a tali dotazioni dell'azienda il lavoro all'interno dell'impianto sarà ottimizzato non solo in ambito economico ma anche per quanto riguarda la sicurezza dell'operatore agricolo che potrà avvalersi di questi sistemi e rispettare le distanze di sicurezza dalle strutture senza alcuna difficoltà. Seppur l'orientamento colturale resterà invariato per la maggior parte delle superfici produttive, alcune limitazioni dell'utilizzo delle macchine aziendali potrebbe essere date dagli ingombri delle stesse, a differenza di altre invece che potranno essere utilizzabili prestando le dovute attenzioni, in un'ottica di sicurezza sul lavoro dell'operatore e dell'impianto agrivoltaico.



Figura 6-1 Foto del sito di impianto area 2 (a sud)



Figura 6-2 Foto del sito di impianto: area 2 e canale che divide le due aree



Figura 6-3 Foto del sito di impianto: area 1 (a nord)

6.3 LA SCELTA DELL'INDIRIZZO CULTURALE

6.3.1 Il sistema agrivoltaico: configurazione spaziale, scelte tecnologiche

La definizione della soluzione impiantistica del progetto è atta alla salvaguardia e valorizzazione del contesto agricolo nel quale si inserisce l'impianto agrivoltaico. La tecnologia di impianto apportata, la scelta di moduli fotovoltaici bifacciali e l'aumento dell'altezza dei pali di sostegno, consentono una maggiore operatività per l'attività agricola, la quale sarà condotta per buona parte della superficie contrattualizzata.

- L'area contrattualizzata è di circa 43 ha;
- La superficie dell'impianto agrivoltaico è pari a 41,1 ha (comprendente l'area recintata e la fascia arborea di mitigazione, esterna alla recinzione);
- L'area non utilizzata per l'attività agricola (Sn) è di circa 6,4 ha, comprendente (i) l'ingombro dei pali delle strutture di sostegno; (ii) la "superficie altri componenti dell'impianto fotovoltaico" come power stations, cabine ausiliari, container batterie, DC/DC converter, Cabina Utente e magazzino/sala controllo; (iii) la "superficie non utilizzata per ragioni tecniche, agronomiche o di sicurezza", come strade, piazzole, vasche di laminazione e la superficie non coltivata intorno ai pali per motivi di sicurezza;
- La superficie agricola (Sagricola), calcolata nella Relazione Tecnica di progetto, come la differenza tra la superficie dell'impianto agrivoltaico e la superficie non utilizzata per attività agricola (Sn) risulta pari a **32,9 ha**.
- Sarà realizzata una fascia vegetale di mitigazione, larga 5 metri, lungo l'intero perimetro esterno dell'impianto agrivoltaico per ridurre l'impatto visivo, è prevista anche una seconda fascia di mitigazione, interna, larga circa 2,5 metri, posizionata su entrambi i lati del corridoio del canale consortile "Scolo Cardinala". L'area complessiva interessata sarà di quasi 1,8 ha;

- Negli spazi esterni alla fascia di mitigazione, che coincidono con la fascia di rispetto di 3 metri lungo i canali del Consorzio di Bonifica, saranno coltivati circa 1,2 ha di prato stabile con un mix di specie mellifere.

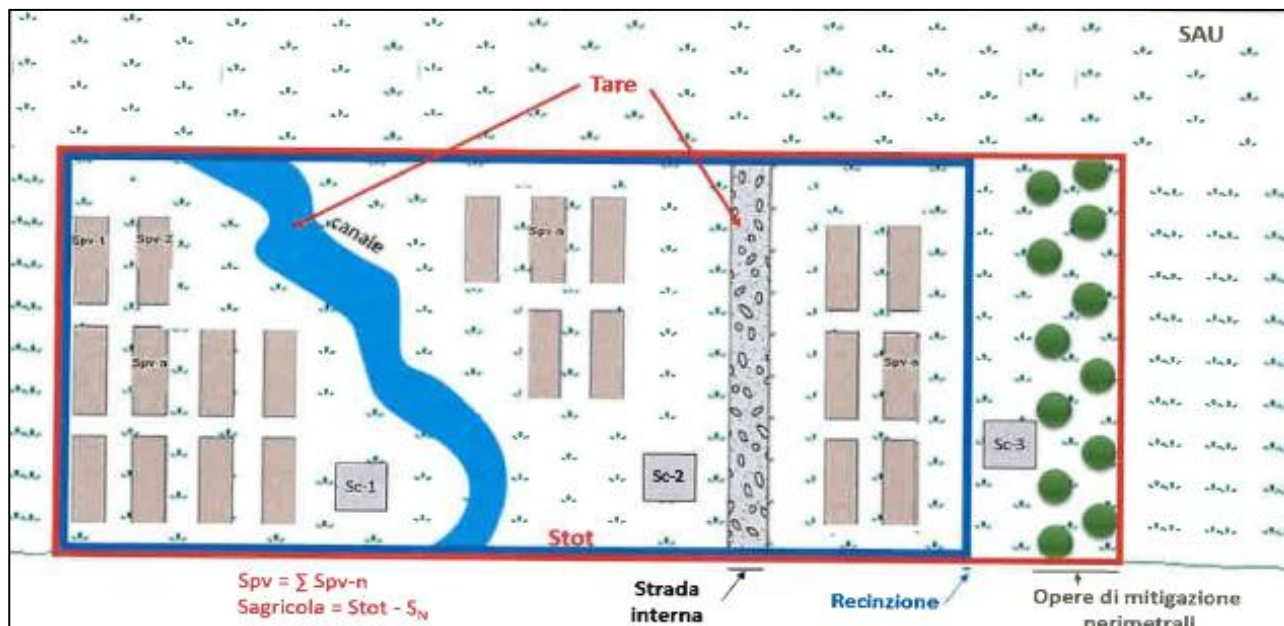


Figura 6-4- Configurazione spaziale di larga massima della organizzazione dell' impianto agrivoltaico.

La gestione dell'area contrattualizzata sarà differenziata, a seconda delle necessità degli spazi di meccanizzazione:

- Nella superficie interna alla recinzione (per la maggior parte superficie agricola) è prevista una gestione agricola adattata alla presenza dei moduli;
- Nella fascia di mitigazione è prevista una manutenzione annuale distinta tra il primo quadriennio (fase di allevamento) e dal quinto (mantenimento) in poi;
- Nelle fasce di rispetto dai canali, esterne la recinzione, adiacente la fascia di mitigazione è prevista laddove possibile la semina di essenze mellifere, gestite distintamente rispetto la fascia e all'area interna.

Tra le colture proposte nel piano culturale (per la superficie all'interno dell'area recintata) non sono previste monosuccessioni (pratica che non sarebbe agronomicamente corretta), bensì una rotazione, come detto, tra erba medica, erbaio di loietto/triticale e orticole, quali [brassica mizuna da taglio](#), fagiolino e spinacio. Le colture facenti parte della rotazione varieranno, quindi, in funzione dell'andamento del mercato dei prodotti, delle rese produttive, dei costi dei mezzi di produzione (questi ultimi fattori sono particolarmente importanti in condizioni agricole di cui si ha poca evidenza storica, quali quelle in agrivoltaico), nonché del livello di integrabilità con la produzione fotovoltaica, etc.

6.3.2 La scelta dell'indirizzo culturale

La consociazione, ovvero la coltivazione di due o più colture nello stesso terreno e periodo, è una pratica adottata per ottimizzare gli spazi e l'uso del suolo agricolo. La coltivazione in un sito agrivoltaico può venire assimilata *sensu lato* a tale pratica, con interrelazioni positive e negative tra la presenza dei pannelli fotovoltaici e le colture praticate nelle interfile.

Nelle coltivazioni parzialmente ombreggiate dai pannelli, la maggior parte degli autori riporta un calo generale nella media di produzione per le diverse specie impiegate. Di contro, altri autori (tra cui Weselek ed al.) riportano rese diversificate ma, secondo il decorso meteorologico dell'annata, in alcuni casi risultano più vantaggiose in ambiente agrivoltaico, rispetto negli appezzamenti testimone. Caso verificatosi maggiormente in condizioni di siccità. Touil ed al., in una review delle pubblicazioni in materia, scrivono che, se l'ombreggiamento dei pannelli non supera il 25% delle condizioni normali, l'impatto sulla produzione agricola e per diverse tipologie di prodotti risulta trascurabile.

In precedenza, sono stati riportati studi condotti *ad hoc* nella progettazione dell'impianto (vedere paragrafo 4.1), secondo i quali l'ombreggiamento delle colture interfilari, generato dall'impianto, riporta un valore limite di soglia di ombreggiamento, considerabile però "di trascurabile influenza" per alcune colture. Pertanto, basandosi su gli studi effettuati, si considera che la riduzione dell'irraggiamento nell'interfila possa limitarsi ad un decremento medio del 10% (e che le variazioni di produzione in tale situazione potrebbero non essere così significative). Nella stima di produzione unitaria delle colture previste nella presente relazione, non si è ritenuto necessario applicare riduzioni di produzione per ettaro, rispetto la situazione antecedente l'impianto dell'agrivoltaico. La conduzione agricola del progetto negli anni dovrà monitorare le suddette rese, e qualora si rivelassero inferiori a quelle attese, modificare il piano agronomico a seconda delle necessità.

Nel rispetto del requisito delineato dalle Linee Guida Ministeriali in termini di Produzione Lorda Standard (PLS), su base dei dati RICA (CREA), la PLS dell'indirizzo produttivo post progetto deve mantenersi uguale o superiore a quello ante progetto; pertanto, l'ordinamento post progetto è stato parzialmente modificato (vedere paragrafo 6.3), al fine rispettare le linee guida ministeriali.

6.3.3 Colture consigliate

Il piano colturale, caratterizzato da una coltivazione "a fasce" (interfilari), delimitate dalle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, presenterà delle caratteristiche peculiari della conduzione in ambiente agrivoltaico, sintetizzabili come riassunto in seguito:

- ampiezza delle fasce coltivabili 10 m, una dimensione studiata appositamente sia per ottimizzare al meglio gli spazi, sia per consentire ed agevolare il passaggio delle macchine per le operazioni meccaniche, non costringendo gli operatori dei mezzi meccanici a continue e rischiose manovre di adattamento (vedere paragrafo 5.4);
- la presenza di moduli fotovoltaici crea comunque dei fenomeni di ombreggiamento, tollerati in misura diversa tra le varie colture, ma anche aspetti di resilienza microclimatica dell'ambiente agrivoltaico che potrebbero risultare a favore delle colture stesse;
- La produttività dei moduli fotovoltaici è influenzata dalla polvere generata dal terreno, un effetto inevitabile nella coltivazione delle piante agrarie, ma riducibile attraverso una scelta mirata delle specie coltivate e delle pratiche culturali adottate in campo;
- L'effetto frangivento del fotovoltaico, che ha effetti positivi sia sulla riduzione dei fenomeni di allettamento che nella forte riduzione dell'evapotraspirazione.

Riguardo agli sbocchi di mercato, le aziende agricole dell'Emilia-Romagna (e in generale della pianura Padana) sono inserite in reti commerciali molto sviluppate; comunque è opportuno ribadire che le produzioni proposte sono consigliate in virtù di determinate caratteristiche commerciali:

- la vendita sarà indirizzata a commercianti/grossisti/industrie di trasformazione o allevatori del settore;

- facilità per la collocazione in termini di volumi dei prodotti sul mercato da vendere (si vendono facilmente sia piccoli che grandi quantitativi);
- i prezzi sono trasparenti ed in genere fissati in base ai valori delle borse merci delle Camere di Commercio (CCIAA) locali (molto seguita come riferimento è la Borsa Merci della Camera di Commercio di Bologna) oppure fissati dall'industria, prima dell'inizio di stagione, con i contratti di coltivazione;
- il trasporto del prodotto all'acquirente avviene generalmente o con mezzo dell'acquirente stesso (vendita franco azienda) o con trasportatore (in genere fornito dall'acquirente);
- presentano il vantaggio di un regime stabile di prezzi abbastanza stabile; da non considerare le recenti impennate, legate a fattori non agricoli ma strategici e di politica internazionale.

L'azienda ha applicato, nel corso degli ultimi tre anni, un piano colturale che vedeva spesso in campo la presenza del mais, anche in mono successione (utilizzato per alimentare un biodigestore in possesso della Società Agricola). Tale pratica (monosuccessione di mais) risulta atipica in quanto, con il tempo, determina un impoverimento generale della fertilità del suolo ed è pertanto sconsigliata, dalle buone pratiche agricole e a maggior ragione negli impianti agrivoltaici, vista la taglia troppo elevata del granturco (altezza tra 2-3 m).

Si ritiene opportuno ricordare come negli impianti agrivoltaici avanzati è richiesto il mantenimento dell'indirizzo produttivo¹¹ e che tale parametro viene verificato mediante la PLS (Produzione lorda standard); per essere adempienti a tale obbligo sarà necessario che la PLS delle superfici interessate dopo la realizzazione del progetto risulti maggiore o uguale alla PLS della gestione ante progetto (che ricordiamo essere stata caratterizzata dalla forte presenza, probabilmente eccessiva per la conservazione della fertilità del suolo, di una coltura con un'elevata PLS come il mais). La presenza del biodigestore risulta un aspetto peculiare dell'azienda che, come spiegato, influenza direttamente la scelta delle colture in campo, ed indirettamente, i valori di PLS. Tale aspetto non è la norma per le aziende foraggere-cerealicole della zona d'impianto, in parte assimilabile a una condizione extra-ordinaria in agricoltura. Al contrario gli impianti di lavorazione dell'erba medica (centro di disidratazione) presenti nelle immediate vicinanze dell'area di impianto, spingono gli agricoltori locali ad inserire all'interno degli avvicendamenti tale coltura.

La scelta delle colture in fase progettuale è quindi orientata dall'esigenza di introdurre, nell'avvicendamento, specie con elevata PLS, al fine di mantenere la situazione specifica ex-ante. Si ritiene comunque sia tendenzialmente molto più ragionevole raffrontare il piano colturale, previsto a valle dell'esercizio dell'impianto, con un riferimento che tenga in considerazione le coltivazioni tipiche dell'area, anche se specificamente non presenti sui terreni negli ultimi 2-3 anni. Oltre ai seminativi (da granella e da foraggio), vengono inclusi anche ortaggi che, come noto agli esperti del settore, comportano costi culturali, impegni di lavoro e rischi di gestione e collocazione del prodotto significativamente superiori rispetto alle colture cerealicolo-industriali ordinarie.

Di seguito è riportato un elenco parziale delle colture più adatte all'impiego, tenendo presente che in futuro potrebbero essere proposti altri cereali, leguminose o altre specie per ampliare la rotazione.

¹¹ "Linee guida per il monitoraggio della continuità dell'attività agricola" Adottate ai sensi dell'art. 11 c.1 del decreto-legge n. 17/22, convertito con modificazioni, dalla legge n. 34/22

Tabella 6 - 5 - Tabella sinottica delle colture proponibili

Colture	Aspetti positivi	Aspetti negativi
Frumento	<ul style="list-style-type: none"> • facile commercializzazione del prodotto; • presenza di varietà a taglia contenuta; • concentrazione delle operazioni colturali in autunno ed inizio estate (nell'ipotesi di lavorazioni ridotte); • copertura estiva delle superfici, trinciando la paglia con la mietitrebbia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coltura sfruttante per il terreno; • necessità di effettuare rotazioni colturali; • moderato rischio di incendio a maturazione.
Fagiolo o fagiolino	<ul style="list-style-type: none"> • facile commercializzazione, perché sotto contratto con l'industria; • meccanizzazione di gran parte delle operazioni; • presenza di ditte di contoterzisti con parco macchine adeguato; • coltura miglioratrice; • taglia bassa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessità di frequenti irrigazioni; • gestione della coltura attenta e continua; • possibili esigenze di interventi per controllo delle infestanti;
Sorgo da granella	<ul style="list-style-type: none"> • facile commercializzazione del prodotto; • concentrazione delle operazioni colturali in primavera-estate; • copertura vegetale estiva delle superfici; • maggior resistenza alla siccità di mais e soia. 	<ul style="list-style-type: none"> • sensibili oscillazioni delle rese negli anni; • incostanza del prezzo; • capacità di miglioramento del suolo inferiore alla leguminosa.
Brassica "Mizuna" da taglio	<ul style="list-style-type: none"> • coltura da reddito; • coltura a taglia molto bassa; • miglioratrice del terreno; • ciclo molto breve, con possibilità di effettuare altre coltivazioni nello stesso anno; • vendita all'industria. 	<ul style="list-style-type: none"> • richiede investimenti sensibili, anche se molto inferiori al pomodoro; • non va effettuata in rotazione breve (almeno 2 anni tra la coltura ed altre orticole); • necessità di irrigazione; • possibili esigenze di interventi per controllo delle infestanti.
Loietto e Triticale	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • presenza di varietà a taglia contenuta; • concentrazione delle operazioni colturali in autunno ed inizio estate (nell'ipotesi di lavorazioni ridotte); • parziale idoneità del parco macchine aziendale • praticabile in asciutta 	<ul style="list-style-type: none"> • bassa PLS; • basso reddito; • performance in agrivoltaico da verificare • Coltura sfruttante per il terreno; • necessità di effettuare rotazioni colturali; • moderato rischio di incendio a maturazione.
Prato quinquennale di erba medica	<ul style="list-style-type: none"> • facile commercializzazione del prodotto; • buona presenza di copertura vegetale in estate con fioritura mellifera; • durata poliennale; • coltura miglioratrice per il terreno; • possibilità di vendita del prodotto in campo. 	<ul style="list-style-type: none"> • elevato costo impianto, però ammortizzabile in tre anni; • ripetute operazioni di raccolta in estate; • necessità di effettuare rotazioni colturali lunghe; • necessità di effettuare l'aratura, costosa e produttrice di polvere.

Orzo	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • presenza di varietà a taglia contenuta; • concentrazione delle operazioni colturali in autunno ed inizio estate (nell'ipotesi di lavorazioni ridotte); • parziale idoneità del parco macchine aziendale • praticabile in asciutta 	<ul style="list-style-type: none"> • bassa PLS; • basso reddito; • performance in agrivoltaico da verificare • Coltura sfruttante per il terreno; • necessità di effettuare rotazioni colturali; • moderato rischio di incendio a maturazione.
Spinacio e bietole da industria	<ul style="list-style-type: none"> • Coltura da reddito; • coltura a taglia molto bassa; • contratto di coltivazione che assicura il ritiro del prodotto e l'assistenza tecnica; • miglioratrice del terreno; • ciclo molto breve, con possibilità di effettuare altre coltivazioni nello stesso anno. • taglia bassa 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede investimenti sensibili, anche se, molto inferiori al pomodoro; • necessità di ridotti interventi irrigui; • non va effettuata in rotazione breve • possibili esigenze di interventi eccezionali per controllo delle infestanti.

6.3.4 Indirizzo produttivo

Il piano colturale ritenuto più idoneo per il sistema in esame prevede la destinazione della quasi totalità dell'area agricola a colture foraggere, per una superficie complessiva di circa 25,4 ha, mentre la porzione rimanente, localizzata nella parte sud dell'impianto, sarà dedicata alle colture orticole individuate nella tabella delle "colture proponibili". Si precisa che tali superfici potranno subire modeste variazioni in funzione delle colture adottate e delle esigenze agronomiche connesse ai rispettivi cicli colturali.

La gestione della superficie agricola proposta avverrà mediante due rotazioni distinte:

- Nella parte interessata dalla presenza di pannelli, quasi la quasi totalità dell'area recintata (circa 25,4 ha), si prevede una rotazione di foraggere con erba medica (per 5 anni e per i 5/7 della superficie), loietto (1/7 della superficie) e triticale (1/7 della superficie);
- Per la porzione di superficie a sud libera dai pannelli e una leggera parte contigua occupata dai pannelli, una rotazione realizzata con colture orticole adeguatamente meccanizzabili in contesto agrivoltaico quali brassica "Mizuna" da taglio, spinacio e fagiolino da industria, per la restante superficie di 7,5 ha.

La soluzione proposta tiene conto delle seguenti esigenze:

- mantenere e preservare la fertilità del suolo;
- permette una facile meccanizzazione;
- rispetta i requisiti di PLS.

Un ulteriore vantaggio della gestione, mediante le due rotazioni distinte, è di avere superfici (all'interno della recinzione) libere in periodi diversi dell'anno per le operazioni di carico e scarico del fieno, degli ortaggi, e in generale dell'organizzazione dei trasporti dei prodotti (o dei fattori di produzione), dei cantieri di raccolta e del lavoro in generale.

Alla luce di quanto detto, viene proposto uno scenario, in cui parte delle aree esterne alla recinzione (non considerate nel calcolo della superficie agricola), saranno seminate con essenze mellifere. Queste saranno sfalciate solamente a fine anno, data la loro funzione ecologica. Seppure queste superfici non produrranno

reddito, forniranno un importante servizio ecosistemico (in alcuni casi meritevole di contributi comunitari) anche al servizio degli apicoltori di zona, già spesso ospiti della proprietà (informazione fornita dalla committenza).

Nella tabella successiva viene riportato lo scenario sopra descritto; seppure le possibilità di coltivazione nell'impianto possano essere molteplici (Paragrafo 6.3.5), quello riportato nella tabella risulta, essere il più idoneo e cautelativo in fase pre-operativa, facilmente praticabile ed in sinergia con l'impianto agrivoltaico.

Tabella 6-2 - Colture in rotazione previste nell'area d'impianto e rispettive superfici

Colture	Superficie (ha)
Medica	18,15
Triticale	3,63
Loietto	3,63
Brassica "Mizuna"	2,50
Fagiolino	2,50
Spinacio	2,50
Totale	32,91

6.3.5 Scenari alternativi

L'indirizzo culturale proposto, come detto in precedenza, non è l'unico possibile all'interno dell'impianto. Infatti, per l'intera durata del progetto, potrebbero considerarsi scenari culturali diversificati, ciascuno con esigenze specifiche di adattamento in termini di meccanizzazione e operatività delle pratiche culturali.

Al fine di massimizzare la superficie agricola, una soluzione operativa teoricamente percorribile potrebbe essere quella di coltivare la superficie agricola suddividendo la coltivazione dell'interfila in due ulteriori sottofasce:

- una fascia centrale di circa 7 m, meno influenzata dalla presenza dei pannelli, coltivata in maniera più "canonica" in quanto non risente delle criticità di meccanizzazione e di ombreggiamento;
- una fascia di circa 5 m sotto pannello (alla destra e alla sinistra del palo) nella quale verranno coltivate specie più adatte sia dal punto di vista della meccanizzazione che per la tolleranza all'ombra.

Per giustificare tale scelta, più dispendiosa dal punto di vista della manodopera e della meccanizzazione, sarebbe opportuno coltivare nella fascia sotto pannello specie ad alto reddito e/o con filiera "corta" che permettano avere margini di guadagno nonostante i costi elevati. Alcune soluzioni di colture possibili potrebbero essere:

- la coltivazione dei cereali da granella, con elevata PLS (per esempio: frumento, sorgo, cece) su tutta la superficie recintata, con una superficie agricola riadattata alla coltura;
- l'inserimento di secondi raccolti per aumentare la redditività;
- **aumentare la superficie coltivata con** specie ortive su una parte dell'area sottesa ai pannelli;
- la coltivazione di erba medica da seme, in quanto risulterebbe valorizzata la coltivazione in termini di redditività e PLS;

Nell'ipotesi di coltivazione di cereali da granella, erba medica per la raccolta della semente o ortive si deve, in prima battuta, tener conto dell'ingombro delle macchine raccogliatrici e di conseguenza modulare l'ampiezza della fascia di sicurezza non coltivata sottesa ai moduli; qualora si volesse massimizzare l'area coltivata sotto i moduli, per coltivare cereali da granella, si potrebbe optare per macchine per parcelle sperimentali o mietitrebbie di dimensioni ridotte (inusuali per i contoterzisti) che consentirebbero di agevolare le operazioni sotto i moduli.

Queste soluzioni operative, a seconda delle superfici per le quali adottate, potrebbero essere al limite della sostenibilità economica, motivo per il quale si conferma che il ciclo colturale proposto nel paragrafo precedente risulta, ad ora, sicuramente il più pratico e sicuro dal punto di vista della meccanizzazione, della commercializzazione del prodotto e della sicurezza;

Risulta interessante, come obiettivo futuro, sperimentare l'adattabilità delle specie e delle varietà coltivate nel contesto aziendale in oggetto e negli impianti agrivoltaici in generale, predisponendo, anche grazie all'impianto di monitoraggio e agli strumenti di digital farming, un'area "sperimentale" all'interno dell'impianto.



Figura 6-5- a sinistra: mietitrebbia con larghezza di lavorazione massima di 6,8 m; mietitrebbia per parcelle sperimentali con fronte di lavorazione di 2 m e altezza di 3 m. Entrambe potenzialmente compatibili con l'impianto agrivoltaico

6.3.6 La fascia di mitigazione

È stata prevista, lungo l'intero perimetro dell'impianto, la realizzazione di una fascia di mitigazione finalizzata a ridurre l'impatto paesaggistico dell'infrastruttura energetica, favorendo al contempo l'integrazione con l'ambiente circostante. Oltre alla funzione di schermatura visiva, tale fascia costituisce un elemento di rilievo per la biodiversità del territorio, in quanto favorisce la connessione ecologica, offrendo corridoi di spostamento, rifugio e risorse trofiche per la fauna locale.

A seguito di un'analisi preliminare delle specie vegetali autoctone più idonee al contesto paesaggistico e climatico della pianura padana, e coerentemente con il Regolamento per la gestione e tutela del verde pubblico e privato del Comune di Argenta¹², la scelta è ricaduta sulle seguenti specie arboree e arbustive riportate nella seguente tabella.

¹² REGOLAMENTO COMUNALE DEL VERDE PUBBLICO E PRIVATO Approvato con delibera di Consiglio Comunale n. 72 del 26/10/2006

Tabella 6-1- Specie selezionate per la fascia di mitigazione

Nome scientifico	Nome comune
Populus nigra	Pioppo nero
Tilia cordata	Tiglio comune
Quercus robur	Farnia
Ulmus minor	Olmo campestre
Viburnum lantana	Viburno lantana
Cornus mas	Corniolo
Prunus spinosa	Prugnolo
Frangula alnus	Frangula
Ligustrum vulgare	Ligustro europeo

La fascia di mitigazione, infatti costituirà un elemento a vantaggio della salvaguardia e per l'incremento della biodiversità, con l'obiettivo di cercare di ridurre l'isolamento reciproco delle maggiori aree protette, rafforzando attorno ad esse e fra esse una rete di corridoi e di "stepping stones" di differente valenza, che producano sinergie attraverso la reciproca connessione (rete ecologica). La fascia di mitigazione sarà costituita da diverse specie, comprendendo piante autoctone, adatte il più possibile alle condizioni ambientali e rapide nell'accrescimento, per un più veloce mascheramento dell'impianto. La scelta è stata effettuata anche in base ai colori delle essenze, alle loro forme ed epoche di fioritura, cercando la maggior variabilità disponibile, là dove sia possibile.

Tabella 6-2- Specifiche sulle specie selezionate

Specie	Epoca di fioritura	Colore fiori	Colore frutti	Altezza (m)	Prezzo pianta (€)
Populus nigra L.	mar-apr-mag	rosso/porpora -verde	verde/binco	20-35	9,90
Tilia cordata Mill.	mar-apr-mag-giu	bianco-giallo	verde/marrone	15-30	11,90
Quercus robur L.	gen-feb-mar-apr-mag	verde	marrone	20-25	19,90
Ulmus minor Mill.	gen-feb-mar	Rosso-porpora	Verde-giallo	15-20	6,90
Viburnum lantana L.	mar-apr-mag	bianco	verde/rosso/nero	2-5	2,50
Cornus mas L.	gen-feb-mar-apr	giallo	rosso	3-7	3,30
Prunus spinosa L.	gen-feb-mar-apr	bianco	blu/nero	2-4	2,99
Frangula alnus Mill.	apr-mag-giu	verde/ bianco/rosa	verde/rosso/nero	2-6	2,50
Ligustrum vulgare L.	marz-apr-mag	bianco	nero/blu	2-4	4,40

L'estensione della fascia di mitigazione è pari a 1,79 ha.

Tabella 6-3- Estensione fascia di mitigazione per le diverse aree

Fascia di mitigazione (ha)		
Area 1	Area 2	Totale
0,82	0,97	1,79



Figura 6-5-Fascia di mitigazione, inquadramento su ortofoto.

6.3.6.1 Scelta delle specie per la rinaturalizzazione

a) *Populus nigra* L.



Figura 6-6-*Populus nigra* L.

Descrizione: Albero deciduo, termofilo ed eliofilo, diffuso in tutta Italia dal livello del mare fino a 1200 m s.l.m. (fascia del *Fagetum*). Raggiunge i 35 m di altezza e 1 m di diametro, con portamento eretto, talvolta piramidale o colonnare, e fusto generalmente diritto. Chioma ampia, ramificata in alto; foglie caduche ovato-triangulari, acuminate, con margine dentellato e pagina superiore verde scuro lucente, inferiore più chiara e opaca. Corteccia inizialmente grigia e liscia, col tempo fessurata e scura. Specie dioica: amenti maschili globosi e bruno-rossastri, femminili più lunghi e penduli verdastri; frutti in capsule ovoidali che liberano semi con pappo cotonoso bianco per disseminazione anemofila. Apparato radicale robusto, fittonante e profondo; predilige terreni freschi e sciolti, ma colonizza anche ghiaioni.

b) *Tilia cordata* Mill.



Figura 6-7-Tilia cordata Mill.

Descrizione: Latifolia presente nelle zone del *Castanetum* e *Fagetum*, fino a 1700 m negli Appennini centrali. Albero medio-grande, alto 25–30 m, con esemplari che possono superare 1,5 m di diametro. Tronco robusto, talvolta policormico, chioma ampia e subglobosa. Corteccia liscia e grigio-bruna da giovane, solcata in età adulta. Foglie ovate-suborbicolari, con base cordata e apice acuto; pagina superiore verde scuro e liscia. Fiori bianco-giallognoli, melliferi, a impollinazione entomofila. Frutti in nucule subglobose, tomentose e grigiastre a maturità. Apparato radicale fittonante in gioventù, poi ampio e profondo con radici robuste anche superficiali.

c) *Quercus robur* L.



Figura 6-8-Quercus robur L.

Descrizione: Grande albero deciduo, diffuso in quasi tutta Italia (assenza in Campania, Puglia e Sicilia, incerta in Calabria). Tronco robusto, con ramificazioni precoci negli individui isolati e chioma ampia, irregolare. Corteccia liscia e grigiastra fino a 10–20 anni, poi profondamente fessurata. Foglie caduche, obovato-oblunghe, sottili e erbacee, diventano più coriacee a fine stagione; verde medio lucente sopra, più chiaro sotto. Fiori maschili in amenti penduli giallastri, femminili in spighe brevi all'ascella fogliare, con stigmi rossastri; impollinazione anemofila. Frutti (ghiaie) allungati e lisci, maturano tra settembre e ottobre. Apparato radicale con fittone profondo nei primi anni, poi radici laterali robuste e ancoranti. L'apparato radicale è inizialmente un grosso fittone che penetra profondamente nel terreno, ma in pochi anni si formano anche robuste radici laterali che ancorano saldamente la pianta.

d) *Ulmus minor* Mill.



Figura 6-9-Ulmus minor Mill.

Descrizione: L'olmo campestre in Italia si trova in tutte le regioni comprese le isole, dal piano basale fino a 1000 m s.l.m.; specie molto plastica e xerofila. Specie diffusa in tutte le regioni italiane, comprese le isole, dal piano basale fino a 1000 m s.l.m.; molto plastica e xerofila. Albero di prima grandezza, alto fino a 25 m, talvolta arbustivo in condizioni difficili. Accrescimento giovanile molto vigoroso. Fusto diritto o leggermente sinuoso; corteccia liscia e grigia da giovane, poi spessa, suberosa e bruno scura. Foglie semplici, alterne, decidue, ovate o lanceolate, con margine doppiamente dentato; pagina superiore verde scuro, liscia o scabra, quella inferiore più chiara e pelosa lungo le nervature. Fiori ermafroditi, rosso-porpora, in glomeruli ascellari, precoci (febbraio-marzo), impollinati dal vento. Frutti in samare alate con corto peduncolo. Apparato radicale fittonante per i primi anni, poi sostituito da robuste radici laterali superficiali o mediamente profonde.

e) *Viburnum lantana*



Figura 6-10-Viburnum lantana

Descrizione: arbusto caducifoglio, assai ramificato, con fusti legnosi e con corteccia bruno-rosea, rami sottili e flessibili. Le foglie sono opposte, ovali, appuntite con margine dentato; la pagina superiore di colore verde scuro, la pagina inferiore è grigio-verde e con fitta pubescenza lanosa. I fiori bianco-crema sono ermafroditi, odorosi, i fiori in boccio sono spesso arrossati. I frutti sono drupe dalla tipica forma ovale e schiacciata; prima verdi, poi rosso vivo, infine nere e lucenti. Racchiudono un nocciolo piatto e marrone. Si trova al limitare dei boschi caducifogli, boscaglie. Specie eliofila e termofila, pioniera in grado di formare densi popolamenti che precorrono l'insediamento del bosco; si consocia con le specie del bosco caducifoglio termofilo.

f) *Cornus mas* L.



Figura 6-11-*Cornus mas*

Descrizione: arbusto cespuglioso caducifoglio, che in condizioni favorevoli può raggiungere i 6-7 m di altezza assumendo talvolta portamento arboreo. Specie termofila e xerofila, cresce dal livello del mare fino a 1500 m s.l.m., presente in tutta la penisola ma non comune. Tronco eretto, spesso contorto e ramificato in alto; corteccia grigia, desquamante con screpolature rossastre; rametti brevi e patenti. Foglie opposte, ovali e acuminate, con picciolo breve e peloso; pagina superiore quasi glabra, inferiore verde chiaro e tomentosa. La fioritura, molto vistosa e precoce, avviene prima della fogliazione: piccoli fiori gialli, leggermente profumati, riuniti in ombrelle ascellari su peduncoli robusti. Frutti in drupe ovoidali pendule, carnose, eduli, di colore rosso scuro, contenenti un nocciolo duro e bispermo; maturano da agosto a ottobre.

g) *Prunus spinosa*



Figura 6-12-*Prunus spinosa*

Descrizione: Arbusto cespuglioso caducifoglio, chioma irregolare, molto spinoso. È una pianta eliofila, pioniera che si insedia nei terreni abbandonati. Le foglie che compaiono dopo i fiori sono alterne, lanceolate, la pagina superiore è opaca, glabra e di color verde scuro, quella inferiore più chiara e pubescente, margine crenato o dentato. Fiori ermafroditi con corolla a cinque petali bianchi. I frutti sono drupe sferiche di colore blu nerastro o viola azzurre. Specie rustica si adatta a terreni poveri e sassosi, forma moltissimi germogli capaci di radicare, che ne facilitano la moltiplicazione vegetativa. Cresce comunemente al limitare dei boschi cedui e nei cespuglieti, lungo le scarpate nei terreni incolti e soleggiati, dove grazie alla facilità con cui radica, forma macchie spinose impenetrabili da fornire protezione alle altre piante e agli uccelli.

h) *Frangula alnus*



Figura 6-13-Frangula alnus

Descrizione: arbusto caducifoglio con chioma solitamente non molto densa rami eretti fragili e rossicci. Foglie color verde intenso lucido superiormente, leggermente più chiaro ed opaco inferiormente, margine intero. Fiori in cime ascellari, portati su sottili e corti peduncoli, da verdi a bianchi fino al rosa all'estremità. I frutti sono piccole drupe globose, variabili in colore dal verde al rosso fino al nero bluastro e maturano in parte quando molti fiori non sono ancora in piena fioritura. Pianta indifferente alla matrice ed alla natura del terreno, si adatta sia a suoli idromorfi sia a suoli abbastanza aridi e talvolta pietrosi, sempre però carenti di azoto. Si può considerare specie pioniera, preparatoria all'avvento della vegetazione arborea in situazioni di eccesso di umidità nel suolo.

i) *Ligustrum vulgare*



Figura 6-14-Ligustrum vulgare

Descrizione: arbusto caducifoglio con apparato radicale forte, rizomatoso e pollonifero, chioma densa, rami eretti, flessibili. Foglie opposte ellittico-ovoidali o lanceolate a margine liscio, color verde intenso lucido superiormente, chiare ed opache di sotto. Fiori numerosi, odorosi, in pannocchie terminali dense di colore

bianco. Frutti a bacche subsferiche, a maturità nero-bluastre lucide. Con predilezione per i suoli calcarei; specie eliofila, frequente dall'orizzonte submediterraneo al submontano.

6.3.7 Fabbisogni irrigui in relazione alle colture praticate

Il fabbisogno irriguo della coltura è la quantità d'acqua, da apportare artificialmente, necessaria alla pianta per la crescita e lo sviluppo della stessa, ai fini del raggiungimento di produzioni quantitativamente e qualitativamente ottimali, in linea con la sostenibilità economica dell'attività agricola e con gli standard richiesti dal mercato. Il fabbisogno irriguo è differente per ogni coltura, per diverse condizioni pedoclimatiche e calcolato al netto delle precipitazioni dell'area di riferimento. A tale proposito, la regione Emilia-Romagna ha dimensionato i fabbisogni irrigui medi per coltura, ai sensi del D.M. 31 luglio 2015 "Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo"¹³.

Il fabbisogno irriguo reale della coltura è strettamente correlato alla modalità di irrigazione, in quanto le modalità di irrigazione hanno una diversa efficienza di adacquamento. I valori stabiliti dalla regione Emilia-Romagna sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 6-4-Risparmio irriguo "Misura 4.1.01_Investimenti in aziende agricole in approccio individuale e di sistema"

Cod.	Tecniche irrigue	Efficienza %	Classe di efficienza
1	Scorrimento e sommersione con alimentazione per gravità	10	B
2	Scorrimento e sommersione con alimentazione per sollevamento meccanico	10	B
3	Infiltrazione laterale a solchi	10	B
4	Manichetta forata di alta portata	20	B
5	Tubazioni mobili o fisse con irrigatori ad alta pressione (> 3,5 atmosfere)	40	M
6	Rotolone con irrigatore a cannone o barra nebulizzatrice, senza centralina elettronica di controllo della velocità e della pluviometria	50	M
7	Pivot o Rainger con irrigatore, senza sistema di controllo dei volumi e della velocità di avanzamento	55	M
8	Tubazioni mobili o fisse con irrigatori a bassa pressione (< 3,5 atmosfere)	60	M
9	Rotolone con irrigatore cannone dotato di manometro sulla macchina e sull'irrigatore, centralina elettronica di controllo della velocità e della pluviometria	60	M
10	Impianti microirrigui con erogatori con coefficiente di variazione di portata > al 5% per impianti a goccia e >10% per impianti a spruzzo, o di età > a 10 anni	60	M
11	Pivot o Rainger attrezzati con calata per avvicinare l'erogatore alla coltura, senza sistema di controllo dei volumi e della velocità di avanzamento	65	M
12	Spruzzatori sovrachioma con erogatori aventi coefficiente di variazione della portata < 10%	70	A
13	Spruzzatori sottochioma con erogatori aventi coefficiente di variazione della portata < 10%	80	A
14	Pivot o Rainger con irrigatori attrezzati sia con irrigatore sopra o sotto trave, funzionanti con pressioni < a 3 bar, dotati di sistema di controllo dei volumi e della velocità di avanzamento	85	A
15	Rotolone con barra nebulizzatrice a bassa pressione (<3,5 atmosfere) dotato di manometro sulla macchina e sull'irrigatore, centralina elettronica di controllo della velocità e della pluviometria	85	A
16	Pivot o Rainger attrezzati con calata per avvicinare l'erogatore alla coltura, funzionanti con pressioni < a 3 bar, dotati di sistema di controllo dei volumi e della velocità di avanzamento	90	A
17	Irrigazione a goccia con erogatori aventi coefficiente di variazione della portata < 5%	90	A
18	Ala gocciolante con erogatori aventi coefficiente di variazione della portata < 5%	90	A

¹³ "Allegato 1 alla delibera n. 1415 del 5 settembre 2016", PSR Regione Emilia-Romagna 2014-2020

Le colture proposte all'interno del sistema agrivoltaico hanno caratteristiche diverse, ma entrambe sono vocate per la zona di riferimento. Nel ciclo culturale proposto ai fini della pratica irrigua, distinguiamo tre diverse situazioni:

- Colture non abbisognanti di apporto irriguo e condotte in asciutta: erba medica e foraggere, prato stabile;
- Colture per le quali si prevedono interventi irrigui di soccorso, cioè, irrigate se necessario ed in base all'andamento pluviometrico della stagione: specie della fascia di mitigazione;
- Colture abbisognanti di interventi irrigui frequenti: **brassica "mizuna"**, fagiolino e spinacio.

I fabbisogni irrigui delle diverse colture sono riportati nella tabella successiva, allegata al documento prima richiamato.

Tabella 6-5-Fabbisogni irrigui colture Emilia-Romagna (allegato I alla delibera n.141 del 28/10/2016)

Fabbisogni irrigui medi al 75esimo percentile m3/ettaro									
Culture di riferimento	Placenza	Parma	Reggio Emilia	Modena	Bologna	Ferrara	Ravenna	Forlì-Cesena	Rimini
Actinidia	5100	5100	5000	5000	5200	5100	5100	4600	4200
Bietola e Barbabietola da zucchero	1900	1800	1800	1850	1800	1850	1800	1750	1700
Cipolla	2850	2850	2950	2900	2800	2800	2800	2600	2550
Cocomero	2500	2500	2900	2800	2800	2800	2600	2600	2500
Foraggio irriguo (es.Erba Medica)	2600	2400	2550	2750	2650	2700	2700	2250	2000
Orticole irrigue a ciclo breve es. Fagiolino)	1500	1500	1500	1550	1500	1450	1450	1300	1250
Orticole a ciclo lungo	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Fragola	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Mais	3100	3000	3000	3100	3000	3000	3000	2700	2600
Melo	4700	4650	4700	4700	4750	4750	4700	4700	4250
Melone	2000	2000	2050	2050	1900	2000	2000	1950	1900
Patata	1900	1900	1950	1900	1850	1950	1950	1850	1800
Pero	3800	3800	3900	3900	3900	3950	3900	3000	3000
Drupacee	2400	2200	2000	2500	2400	2350	2300	2350	2050
Pomodoro	2650	2600	2600	2600	2550	2500	2550	2400	2250
Prato stabile	4500	4400	4500	4500	4300	4400	4350	4300	4050
Soia	2000	1900	1900	2000	1900	2000	1950	1900	1800
Vite	1950	1800	2000	2050	1900	1900	2000	2000	1850
colture non irrigue che possono necessitare di irrigazioni di soccorso in presenza di scarsità di precipitazioni	800	800	800	800	800	800	800	800	800

Per quanto riguarda le colture proposte:

- Fagiolino, spinacio e **brassica "mizuna"**: essendo ortive a ciclo breve hanno un fabbisogno irriguo riferito alla provincia di Ferrara di 1450 m³/ha (Tabella 6-5);
- Specie della fascia di mitigazione: considerabile come una coltura asciutta che necessita di irrigazioni di soccorso nei primi anni, soprattutto in presenza di scarsità di precipitazione, il fabbisogno annuo si attesta intorno ai 800 m³/ettaro;
- Le altre colture selezionate saranno condotte in asciutta.

Al fine di ottimizzare al massimo l'uso della risorsa idrica nel sistema è previsto l'utilizzo di metodi irrigui altamente efficienti, nei limiti della compatibilità del metodo irriguo con la coltura. Nell'ante progetto i metodi irrigui utilizzati sono il rotolone con cannone per tutte le colture precedenti (mais da foraggio, da granella e soia).

Nella tabella successiva è stato calcolato il fabbisogno irriguo ante-progetto e ponderato mediante i coefficienti d'efficienza, riferiti a valori di larga massima, riportati nella tabella 6-6.

Tabella 6-6-Irrigazione azienda ante-progetto

Culture	Tipologia di impianto	Fabbisogni irrigui (m ³ /ha)	Coeff. di efficienza	Superficie (ha)	Fabbisogno irriguo reale (m ³)
Mais da foraggio	rotolone-cannone	3000	0,5	22,35	134.106
Mais da granella	rotolone-cannone	3000	0,5	5,73	34.383
Soia	rotolone-cannone	2000	0,5	5,73	22.922
Totale				28,08	191.411

Tabella 6-7-Irrigazione azienda post-progetto

IRRIGAZIONE AZIENDA POST-PROGETTO					
Culture	Tipologia di impianto	Fabbisogni irrigui (mc/ha)	Coeff. Di efficienza	Superficie (ha)	Fabbisogno irriguo reale (m3)
Triticale	Non previsto	-	-	3,63	0
Loietto	Non previsto	-	-	3,63	0
Brassica "mizuna"	Manichetta	1450	0,7	2,50	5.179
Fagiolino	Manichetta	1450	0,7	2,50	5.179
Spinacio	Manichetta	1450	0,7	2,50	5.179
Erba medica	Non previsto	2700	-	18,15	-
Fascia di mitigazione	Manichetta	800	0,7	1,79	2.046
Totale				34,70	17.581

6.3.8 Descrizione degli impianti di irrigazione

Come già accennato in precedenza, il metodo irriguo suggerito nell'impianto agrivoltaico è di tipo localizzato a manichetta. Con questo metodo le erogazioni si susseguono a brevi intervalli di tempo l'una dall'altra e l'acqua irrigua viene somministrata in prossimità delle radici della pianta. L'acqua viene distribuita con un sistema di tubazioni che si articola in tubazioni principali, secondarie e laterali, provviste di punti di erogazione che distribuiscono poca acqua in modo puntiforme. Verificata la disponibilità di acqua e stabiliti i fabbisogni irrigui della coltura, nel presente paragrafo saranno descritti gli impianti di irrigazione.

Come suggerito, l'irrigazione delle colture di **brassica "mizuna"**, spinacio e fagiolino verrà eseguita con un sistema di manichette forate a bassa pressione, posizionate sulla fila al momento delle operazioni di trapianto. Il sistema d'adattamento è costituito da una tubazione di polietilene flessibile a bassa densità (LDPE), forata a distanza uniforme e in grado di distribuire la risorsa idrica a valori di portata e pressione di ridotta entità. Al fine di garantire l'erogazione di una portata quanto più costante possibile ed evitare l'otturazione dei fori, la soluzione migliore sarebbe la scelta di un prodotto il cui processo di stabilizzazione preveda la formazione di una superficie interna totalmente glabra.

Considerando che le Linee Guida Crea-GSE per il monitoraggio della risorsa idrica prevedono la misurazione dei consumi irrigui, nel caso in cui si decida di ricorrere ad operazioni di adattamento regolari o di soccorso deve essere prevista l'installazione di contatori volumetrici parziali o misuratori di portata, la cui area di competenza è la Stot dell'impianto agrivoltaico. Tali strumenti devono essere installati presso pozzi aziendali, punti di prelievo da corpi idrici o in corrispondenza della fonte di adduzione principale, consentendo la misurazione della quantità di acqua distribuita in termini di portata (l/s) oppure di volume per unità di superficie (m³/ha).

Per quanto concerne le caratteristiche dimensionali la scelta del tipo di manichetta normalmente viene effettuata su caratteristiche quali le componenti diametrali, il passo (distanza tra i fori) e la lunghezza della bobina. Facendo riferimento a tali aspetti i valori che comunemente sono maggiormente impiegati in orticoltura sono i seguenti:

- *Diametro*: questo parametro dipende essenzialmente dalla portata di esercizio richiesta per l'adacquamento. Il valore più comune è intorno ai 40 mm, che però può variare tra i 20 mm e gli 80 mm in caso sia necessario un flusso di minore o di maggiore entità rispettivamente;
- *Diametro dei fori*: in base alla portata richiesta nel singolo punto di erogazione la dimensione dei fori può essere personalizzata tra 1 mm e 2 mm, garantendo un flusso compreso tra 40 e 150 litri/ora;
- *Passo*: questo tipo di fattore dipende strettamente dalla finalità dell'irrigazione e dal tipo di coltura praticata. In ambito orticolo la distanza tra i fori può attestarsi intorno ai 20-30 cm;
- *Lunghezza della bobina*: al fine di limitare le perdite di carico distribuite e di garantire la massima uniformità di distribuzione idrica è opportuno evitare valori eccessivi, a tal proposito è bene mantenersi entro i 100-150 metri di lunghezza in base al tipo di prodotto.

Per quanto riguarda la fascia di mitigazione, verrà ugualmente adottata, solo per i primi cinque anni, l'irrigazione con manichetta forata, ai fini di accelerare la crescita e lo sviluppo della pianta, qualora si presentassero stagioni siccitose. Questa sarà dismessa dal momento in cui la siepe sarà cresciuta e potrà assolvere la funzione di mitigazione visiva.



Figura 6-15- Manichetta forata

Il metodo proposto si distingue per essere caratterizzato da un elevato grado di efficienza irrigua, che si attesta intorno al 90-95%. I principali vantaggi possono essere riassunti in:

- *Uniformità di erogazione*: che garantisce un contenuto idrico del suolo ottimale vicino alla capacità di campo su tutta la superficie e dunque un'elevata omogeneità di accrescimento della coltura;
- *Risparmio idrico*: grazie alla possibilità di adeguare il tasso di somministrazione alla domanda evapotraspirativa della coltura e alla facoltà di ridurre le perdite di acqua per evaporazione, percolazione profonda, deflusso superficiale ed evapotraspirazione delle malerbe;
- *Possibilità di utilizzo di acque fredde*: grazie alla bassa portata di erogazione;
- *Irrigazione sotto pannello*: evita problemi di incrostazione dei pannelli da acque torbide rispetto ai sistemi per aspersione;
- *Versatilità*: è possibile irrigare in contemporanea un'ampia zona grazie alla bassa portata erogata inoltre, poiché i tubi sono posizionati sulla fila, la possibilità di entrare in campo non è compromessa.

6.4 LA MECCANIZZAZIONE

6.4.1 La meccanizzazione degli interfilari

La nuova organizzazione aziendale, legata alla fascia lavorabile tra le file dei pali dell'impianto, costringerà ad una parziale integrazione del parco macchine o al reperimento di alcune macchine sul mercato dei contoterzisti. Il pitch di 12 m porta, in alcuni casi, all'impiego di macchine di ridotta potenza ed elevata manovrabilità, che permettono l'esecuzione delle lavorazioni anche in condizioni particolari, come quelle previste.

Dovranno essere reperiti mezzi (mietitrebbie, barre distributrici per i prodotti chimici, sarchiatrici etc.), in grado di essere utilizzati in sesti ristretti, andando contro l'esigenza, canonica in agricoltura tradizionale, di ampliare i fronti di lavorazione per minimizzare i costi. Secondo il piano colturale proposto, la meccanizzazione delle colture interfilari terrà conto dell'ingombro dei pannelli; dunque, per le lavorazioni sarà necessaria maggiore cautela in prossimità dei pali, per questo verranno effettuate nel lato più alto (circa 4 m dal suolo) a 0,70 m dal palo, mentre per il lato più basso (a circa la metà) saranno effettuate alla distanza di 1 m circa dal palo, permettendo le operazioni agricole per le foraggere coltivate nell'interfila.

Tabella 6-8- Gantt dei periodi indicativi di effettuazione delle operazioni meccaniche

Coltura	Superficie (ha)	Tempo (ore)											
		Set	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago
Erba medica	18,15	-	-	-	-	-	-	36,30	36,30	54,45	36,30	54,45	36,30
Mizuna	2,50	25,00	30,00	47,50	-	-	-	-	-	-	-	-	15,00
Erbaio	7,26	14,52	7,26	21,78	-	-	-	-	21,78	-	21,78	-	-
Fagiolino	2,50	15,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55,00	47,50
Spinacio	2,50	-	-	-	-	-	15,00	25,00	30,00	47,50	-	-	-

Considerato quanto sopra, la selezione delle operazioni colturali primarie e secondarie è stata orientata a ridurre il numero di interventi meccanizzati nel sistema, con l'obiettivo di preservare il profilo del suolo, ove possibile, e minimizzare eventuali impatti negativi delle lavorazioni sull'impianto fotovoltaico.

Un ulteriore aspetto critico è stato definire accuratamente la larghezza degli spazi di manovra a fine corsa, adottando i seguenti criteri essenziali:

- dimensionamento basato sulla distanza tra la fine delle file di moduli dell'impianto e la recinzione perimetrale del terreno;
- assenza di ostacoli;
- compatibilità con le macchine operatrici impiegate (trattori e macchine raccogliatrici).

La larghezza delle fasce di coltivazione, come detto precedentemente, potrà variare leggermente fra una coltura e l'altra e sarà determinata con maggiore precisione rispetto a quella indicata in fase operativa gestionale. Ciò avverrà in un'ottica di massimizzazione dello spazio coltivabile, attraverso la valutazione di una serie di elementi quali: lo spazio fra i moduli (e per le manovre), il tipo di coltura, la taglia media della stessa e l'ingombro delle macchine che saranno utilizzate per le diverse operazioni colturali.

Per quanto riguarda le operazioni meccaniche atte a preservare il profilo del suolo, verranno adattate in base alle reali esigenze agronomiche delle varie colture. L'itinerario tecnico generale per la preparazione del terreno può essere così riassunto: aratura a 30-40 cm, due o più passaggi di erpicatura, per ridurre l'elevata zollosità lasciata dall'aratura, un livellamento del terreno per prevenire il ristagno dell'acqua, successivamente semina, rullatura post semina per far aderire le particelle di terreno al seme. In successione ad altre colture annuali,

quando appaia necessario rimescolare i profili del suolo, come per le colture cerealicole e foraggere, è possibile ipotizzare la sostituzione dell'aratura con una ripuntatura, soluzione più agevole nell'interfila, in quanto spesso eseguita con macchine più manovrabili nel sistema agrivoltaico. Ciò può risultare molto vantaggioso, portando ad un numero di passaggi ridotto, che si traduce in una limitata polverosità.

Per le operazioni di semina delle specie proposte, si distinguono due differenti metodi:

- Spinacio, fagiolino e **brassica "Mizuna"**: semina di precisione;
- Erba medica, erbaio e prato di mellifere: sufficiente una semina **a righe** o a spaglio.

La scelta delle macchine per la raccolta varierà a seconda della coltura: carri trincia-caricatori (oppure passaggi con falciatrice-andanatore-rotoimballatrice) per l'erba ed il fieno; raccoglitrice trainate o semoventi per le orticole, spesso in possesso delle industrie agro-alimentari, utilizzabili nelle aree senza pannelli. Consigliabile è l'impiego di barre falcianti (per la raccolta del foraggio) con una larghezza di lavoro da 5-6 metri, le quali essendo trainate da trattori di ridotte dimensioni avranno la possibilità di riuscire a inserirsi in maniera agevole sotto pannello, sfruttando la sporgenza della stessa dal trattore, consentendo le lavorazioni interfilari con due passaggi.

Le macchine necessarie all'azienda, o eventualmente da reperire sul mercato dei contoterzisti, sono:

- una trattrice;
- trinciasarmenti o a dischi trincianti per il controllo delle infestanti nel sotto pannello e nella area esterna (paragrafi successivi);
- sarchiatrice per il controllo delle infestanti delle ortive con coltura in campo;
- attrezzi per la lavorazione del terreno (aratro, ripuntatore, erpice o macchine combinate per le lavorazioni secondarie);
- seminatrice;
- trapiantatrice;
- spandiconcime;
- irroratrice per prodotti fitosanitari e concimi fogliari;
- carro trincia-caricatore oppure falciatrice-andanatore-rotoimballatrice;
- macchine per la raccolta degli ortaggi.

Alcuni dei macchinari aziendali sono compatibili alle esigenze dell'impianto in questione, altri invece potrebbero essere facilmente adattati (es. erpice).

Qualora non si volesse scegliere di acquistare macchine compatibili, per sopperire ad eventuali mancanze sarà possibile reperirle da contoterzisti locali, anche già in rapporti con l'azienda.

Le scelte relative alla meccanizzazione sono considerate dagli scriventi le più idonee per garantire la sicurezza degli operatori durante le attività colturali; tuttavia, non si esclude la possibilità, in fase operativa, di adottare altre macchine compatibili con il sistema agrario e con la parte fotovoltaica.



Figura 6-16- falciatrice in possesso all'azienda



Figura 6-17-Seminatrice di precisione in possesso all'azienda



Figura 6-18-Macchina raccoglitrice per fagiolino (non presente in azienda ma compatibile con l'interfila dell'impianto agrivoltaico)



Figura 6-19-Macchina raccoglitrice per lo spinacio e Mizuna (non presente in azienda ma compatibile con l'interfila dell'impianto agrivoltaico)

6.4.2 La meccanizzazione per la gestione dell'area sotto i moduli

Per quanto riguarda la gestione delle aree sottostanti i pannelli, sono state analizzate diverse soluzioni, lavoro che ha condotto alla proposta di utilizzo del diserbo meccanico per il controllo delle infestanti.

Tabella 6-9 - Vantaggi e svantaggi del diserbo meccanico per la gestione delle aree sottostanti i moduli

Ipotesi	Vantaggi	Svantaggi
	Minor impatto ambientale	Più passaggi durante l'anno
Diserbo meccanico	Presenza di copertura vegetale e di pacciamatura naturale, a seguito del diserbo meccanico	Lavorazioni che provocano sollevamento di polvere
	Migliore gestione dell'interfila tra i pali di sostegno	Maggiori costi di esecuzione e di investimento

Il diserbo meccanico delle aree sottostanti i pannelli, per alcune delle soluzioni sopra citate, potrebbe risultare laborioso adoperando mezzi utilizzati nelle fasce coltivate. Si consiglia la scelta di un trattore di taglia più contenuta, considerando l'ingombro dei pannelli, da utilizzare sia per il diserbo meccanico sotto pannello, ma eventualmente anche per la gestione della fascia di mitigazione.

La scelta potrebbe ricadere ad esempio su un trattore di potenza 75-100 hp in grado di trainare anche attrezzi lavoranti (aratro, erpice, seminatrici...) in grado di muoversi agevolmente in prossimità dei moduli e dei pali di sostegno. Tale trattore potrebbe essere usata anche per la gestione degli spazi della fascia di mitigazione e nella fascia esterna per la gestione del prato di mellifere, oltre che nel controllo delle infestanti nella fascia non coltivata sotto pannello.

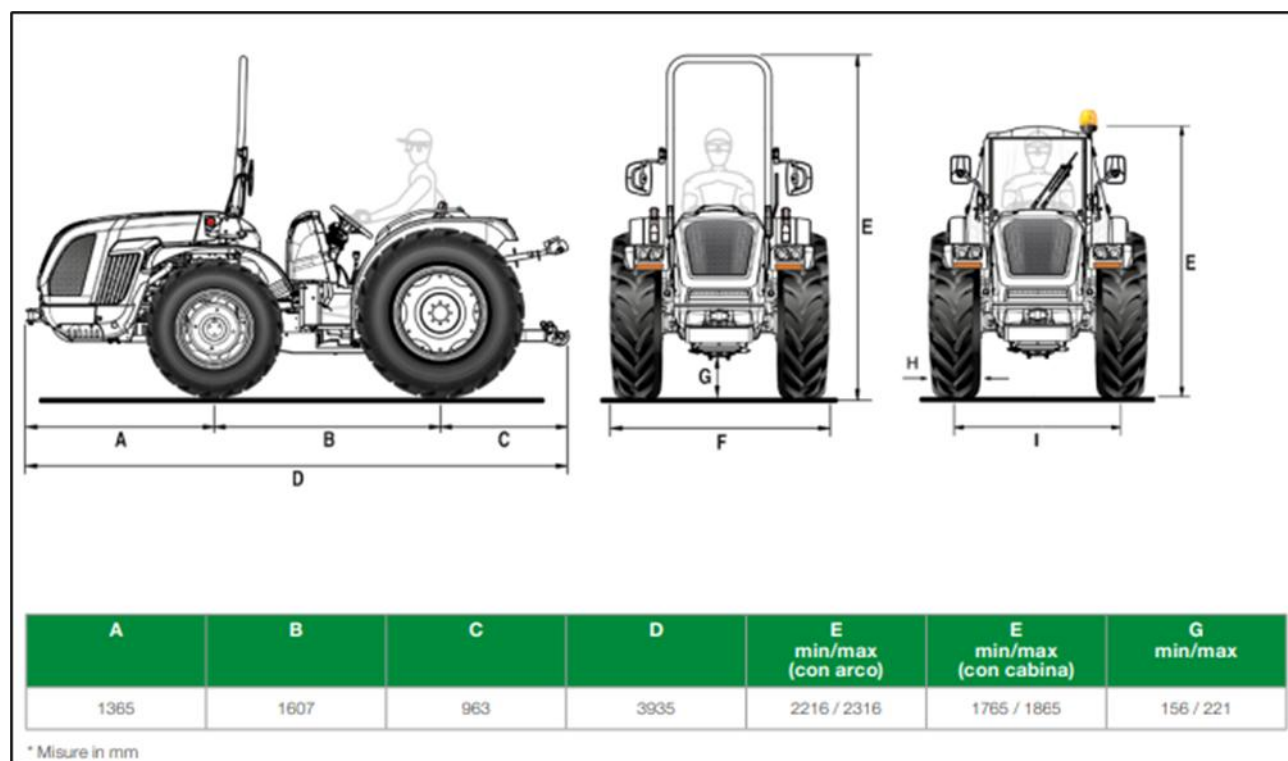


Figura 6-20: Esempio di trattore isodiametrico 75cv

Altra soluzione per il controllo meccanico delle infestanti, secondo l'opinione degli scriventi, potrebbe essere ad esempio l'impiego di un tagliaerba professionale, ad esempio un modello RMK 151 dotato di disco trinciante (figura 5-16), che potrebbe adempiere alle esigenze degli spazi della meccanizzazione sotto pannello.



Figura 6-21- esempio tagliaerba interfilare, modello RMK 151

Questa operazione può essere eseguita più volte durante l'anno in base all'andamento termo-pluviometrico; in condizioni climatiche "normali", il diserbo meccanico si effettua all'incirca tre volte all'anno, con un passaggio a primavera, uno durante il periodo estivo e uno nel periodo autunnale.

I passaggi a primavera e autunno possono produrre una minor polverosità, data la presenza di erba verde, rispetto al passaggio effettuato in estate, periodo caratterizzato da una minore piovosità, il che potrebbe comportare una maggior polverosità.

Ulteriore opzione futura, secondo opinione degli scriventi, potrebbe essere l'affidamento del diserbo meccanico a mezzi automatizzati, supportati dall'intelligenza artificiale, in grado di eseguire i lavori con macchinari innovativi di dimensioni ancor più contenute, rendendo agevoli e mirate le operazioni in prossimità dei moduli e delle strutture di sostegno (dove non sarà richiesta la presenza fisica dell'operatore sul mezzo) e soprattutto in maniera del tutto autonoma.



Figura 6-22- Trinciaerba semovente automatizzato

6.4.3 La meccanizzazione nelle aree esterne

La fascia esterna l'impianto agrivoltaico, oltre la fascia di mitigazione, sarà in parte coltivata a prato stabile con diverse specie erbacee mellifere e lasciato al suo decorso naturale; questo contribuirà all'ecosistema a vantaggio di varie specie di insetti pronubi. Non saranno effettuate particolari lavorazioni né trattamenti. Tra alcune delle specie consigliate troviamo:

- Vicia villosa (Veccia villosa);
- Trifolium incarnatum (Trifoglio incarnato);
- Trifolium resupinatum (Trifoglio resupinato);
- Trifolium squarrosum (Trifoglio squarroso);
- Melilotus albus (Meliloto bianco);
- Trifolium alexandrinum (Trifoglio alessandrino);
- Phacelia tanacetifolia (Facelia);
- Lotus corniculatus (Ginestrino);
- Onobrychis viciifolia (Lupinella sgusciata).



Figura 6-23- Meliloto bianco, Trifoglio incarnato, Colza, Lupinella sgusciata

Questo mix apistico favorisce una gestione poliennale e offre una fioritura continua nel corso delle stagioni, contribuendo a promuovere la biodiversità e a fornire una fonte di nutrimenti essenziale per gli insetti pronubi. Consultando alcuni fornitori di sementi, la spesa si aggira intorno ai 12 euro al chilo.

Saranno effettuate lavorazioni primarie e secondarie e la semina sarà effettuata a spaglio, con una densità consigliata di circa 25/30 Kg/ha, in epoca primaverile tra i mesi marzo e maggio, lungo tutta la superficie in modo da avere una copertura omogenea per tutto il periodo primaverile-estivo, lasciando alle specie la possibilità di autodisseminazione prima dello sfalcio a fine ciclo, verso la fine di agosto.

Negli spazi esterni alla fascia di mitigazione, che coincidono con la fascia di rispetto di 3 metri lungo i canali del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, saranno coltivati circa 1,2 ha di prato stabile con un mix di specie mellifere; tale fascia produrrà un effetto protettivo (buffer stripe) avverso la dispersione di nitrati, dal suolo al corso d'acqua.

Risultano idonei per la gestione di tale area sia i trattori normalmente impiegati nelle lavorazioni agricole aziendali e qualora non ci fossero gli spazi idonei si consigliano trattrici isodiametriche con potenza minima compresa tra 70 e 100 HP.

6.4.4 La meccanizzazione nella fascia di mitigazione

La fascia di mitigazione (superficie di 1,79 ha) è composta da specie autoctone selezionate arboree e arbustive. Sono proposti tre diversi schemi di assortimento, in base alla distanza dai margini stradali e dai canali adiacenti.

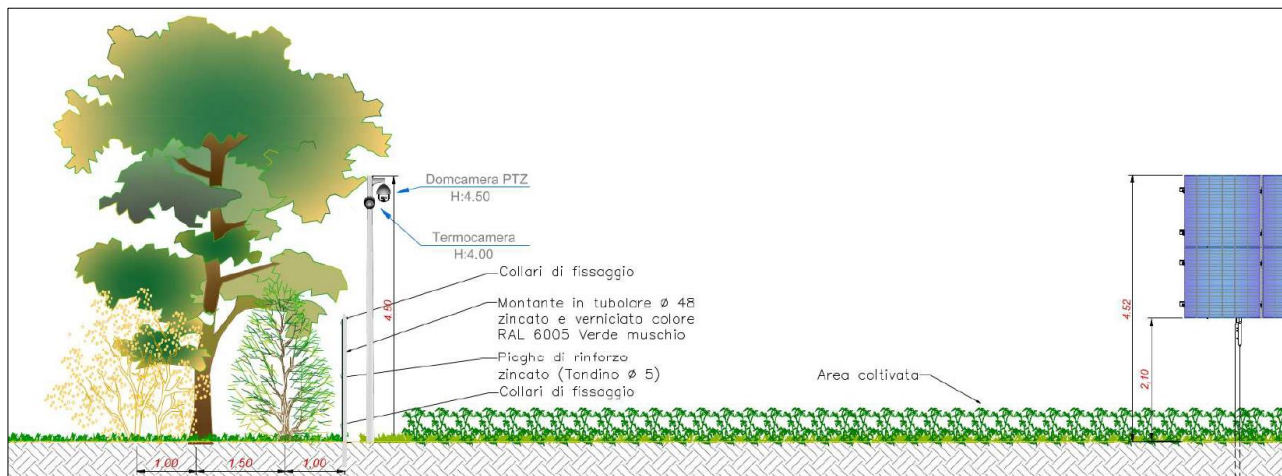


Figura 6-24-Configurazione fascia arborea perimetrale



Figura 6-25-Attrezzi per potatura manuale

A protezione dell'impianto sarà realizzata una recinzione perimetrale con una rete metallica di tipo "a maglia romboidale" avente un'altezza 2 m dal piano di campagna. La recinzione non sarà realizzata a chiusura totale del perimetro, ma verrà lasciato un interspazio continuo di 30 cm nella parte inferiore, al fine di consentire il libero passaggio della fauna selvatica di piccola taglia, garantendo la continuità ecologica e la permeabilità ambientale in coerenza con i corridoi ecologici presenti nell'area.

Come anticipato nel testo, sono previste tre diverse tipologie di fasce vegetali con funzioni di mitigazione paesaggistica:

- Fascia di mitigazione di 5 m di larghezza lungo il lato sud dell'impianto (a);
- Fascia di mascheramento perimetrale di 5 m di larghezza lungo i restanti lati esterni dell'impianto (b);
- Fascia di mitigazione di 2,5 m di larghezza, collocata su entrambi i lati interni dell'impianto in prossimità del canale consortile "Scolo Cardinala" (c).

Le specie vegetali saranno messe a dimora a 1,00 m dalla recinzione per le prime due fasce (a e b) e a 0,80 m per la terza (c).

a) Fascia perimetrale di 5 m (lato sud)

Lungo il lato sud dell'impianto fotovoltaico, in adiacenza con la Strada Provinciale SP48 e pertanto caratterizzato da una maggiore esposizione e visibilità dalla viabilità locale, si prevede la realizzazione di una fascia vegetale perimetrale di 5 m di larghezza rafforzata da un doppio filare arboreo-arbustivo alternato e da un ulteriore filare arbustivo interno. Tale configurazione consentirà la formazione, a maturità, di una barriera vegetale naturaliforme con profilo irregolare e altezze differenziate, variabili tra 2-4 m (componente arbustiva) e 14-18 m (componente arborea). Il doppio filare arboreo avrà la funzione principale di garantire un'efficace mitigazione visiva dell'impianto rispetto alla viabilità provinciale come richiesto dal documento tecnico dell'Unione dei Comuni Valli e Delizie.

Le distanze di impianto previste sono le seguenti:

- 1,5 m tra il primo e il secondo filare;
- 1 m tra il secondo e il terzo filare arbustivo;
- 10 m di sesto d'impianto per le specie arboree ad alto fusto;
- 1 m di interasse per le specie arbustive, disposte in nuclei monospecifici di 2-3 individui.

Tra le specie arboree e quelle arbustive sarà mantenuta una distanza di 2 m, al fine di garantire il corretto sviluppo delle chiome, la stabilità meccanica e l'efficacia della fascia nel medio-lungo periodo. Tutte le essenze saranno collocate all'esterno della recinzione perimetrale, ad una distanza di 1 m dal confine, in conformità con quanto previsto dalle norme locali e dal documento tecnico dell'Unione dei Comuni Valli e Delizie.

Laddove l'altezza delle piante dovesse, nel futuro, raggiungere altezze potenzialmente rischiose per delle strade confinanti, sarà necessario procedere a potature apicali preventive.

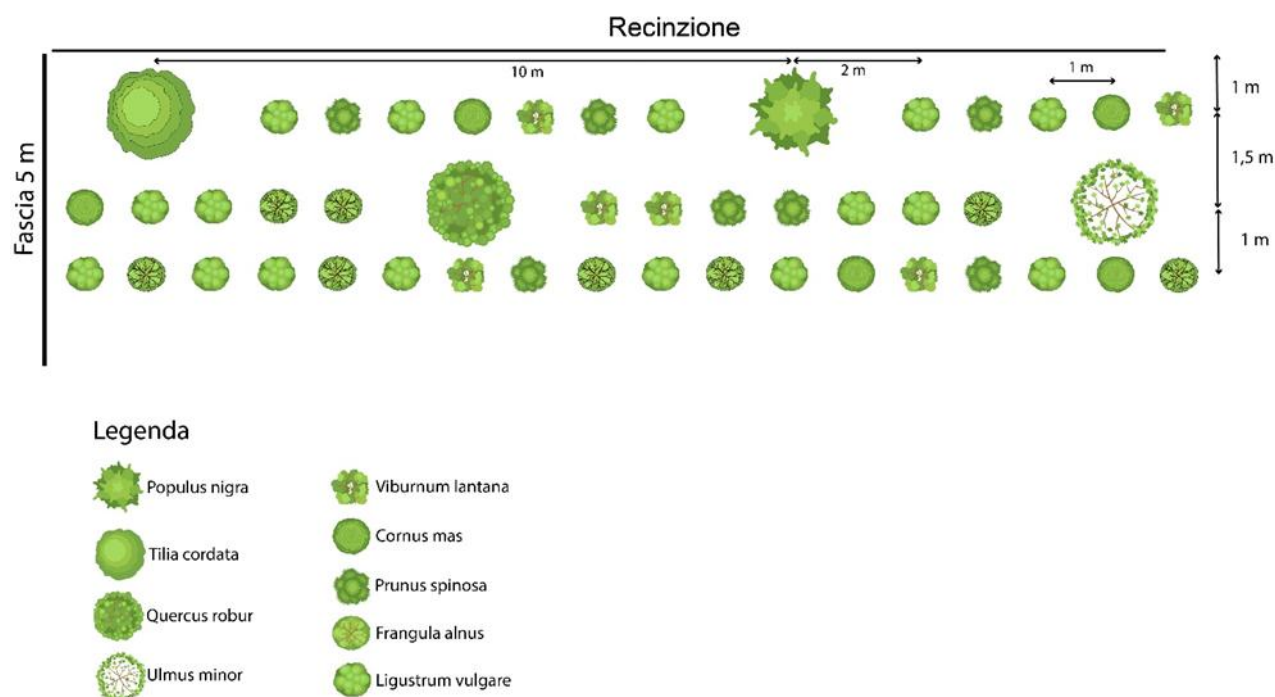




Figura 6-26-Fascia perimetrale di 5 m (lato sud)

b) Fascia perimetrale di 5 m (lati esterni dell'impianto)

Lungo i lati esterni dell'impianto, dove sono presenti gli scoli "Bandissolo" e "Cardinala", è prevista la realizzazione di una fascia vegetale di mitigazione e mascheramento avente una larghezza di 5 m, progettata nel rispetto delle prescrizioni specificate nel Regolamento per il rilascio di concessioni, licenze e autorizzazioni del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. In tale senso è stata prevista la realizzazione di una fascia di mitigazione composta da tre filari di cui un solo filare misto arboreo-arbustivo (specie ad alto fusto e arbustive) e due filari esclusivamente con essenze arbustive, ad accrescimento rapido. Anche in questo caso le piante saranno collocate a 1 m dalla recinzione, con una distanza di 1,5 m tra la prima e la seconda fila e di 1 m tra la seconda e la terza fila arbustiva.

Tutte le piante saranno messe a dimora all'esterno della recinzione perimetrale, con le seguenti distanze:

- 1 m dal confine della recinzione;
- 1,5 m tra il primo e il secondo filare;
- 1 m tra il secondo e il terzo filare;
- 10 m di sesto d'impianto per le specie arboree ad alto fusto;
- 1 m di interasse per le specie arbustive.

Anche in questo caso sarà mantenuta una distanza minima di 2 m tra la componente arborea e quella arbustiva, per garantire un corretto sviluppo vegetativo e assicurare l'efficacia schermante nel tempo.

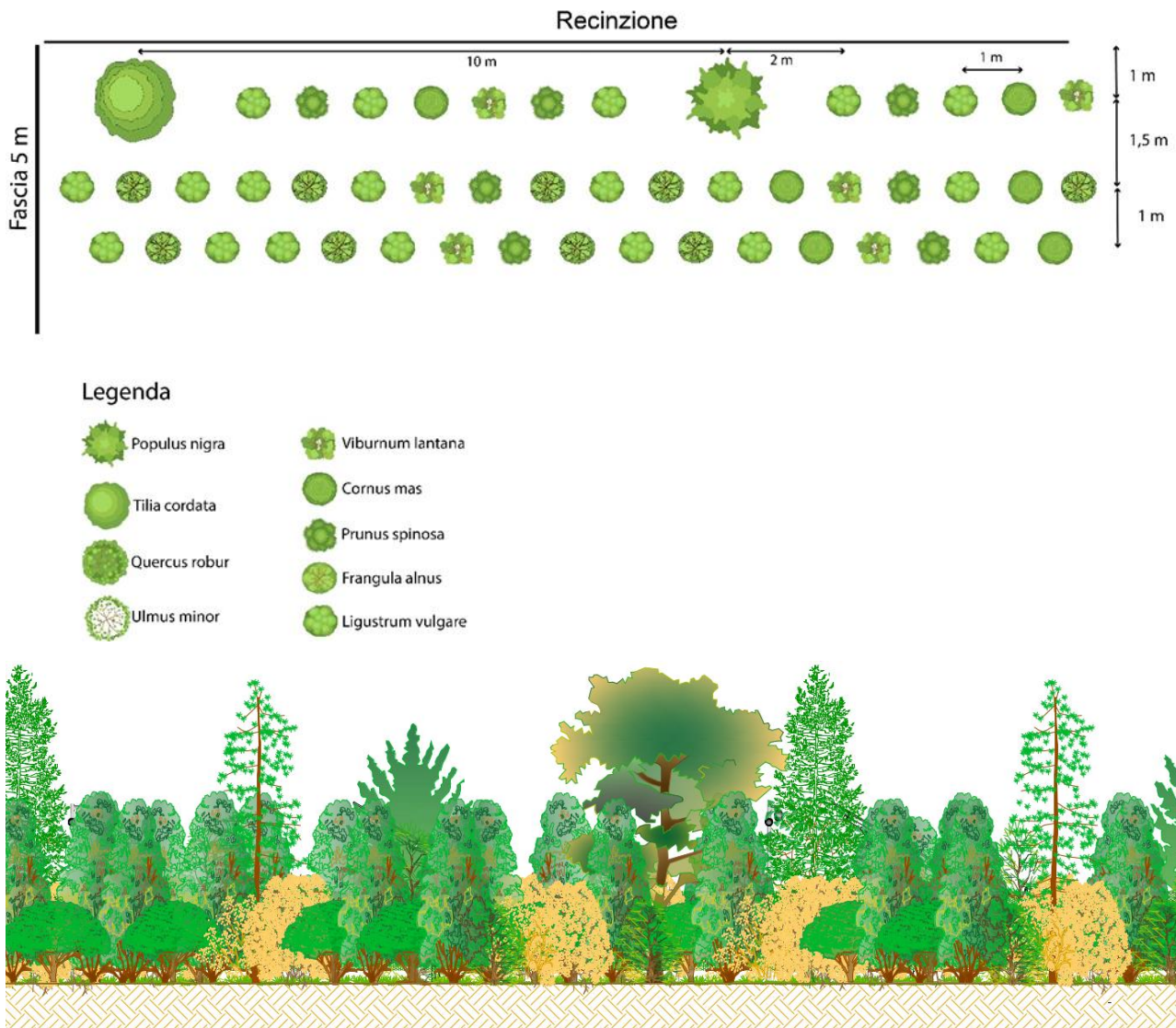


Figura 6-27-Fascia perimetrale di 5 m (lati esterni dell'impianto)

c) Fascia di mitigazione interna di 2,5 m

Nella porzione centrale dell'impianto fotovoltaico, divisa a metà dal canale consortile "Scolo Cardinala", verrà realizzata una fascia di mitigazione su entrambi i lati del corridoio del canale avente larghezza pari a 2,5 m, con funzioni di tutela paesaggistica e salvaguardia ecologica del corso d'acqua nel rispetto delle prescrizioni del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

La fascia sarà costituita da due filari di specie arbustive disposti a 0,8 m dalla recinzione e a 0,7 m di distanza reciproca di interfila. Le essenze saranno collocate all'esterno della recinzione, in modo da garantire la piena copertura visiva del perimetro e favorire la continuità vegetazionale lungo il corridoio ecologico.

Le specie arbustive saranno disposte in gruppi monospecifici di 2-3 individui, con sesto d'impianto pari a 1,2 m e interdistanza di 1 m all'interno dei singoli gruppi.

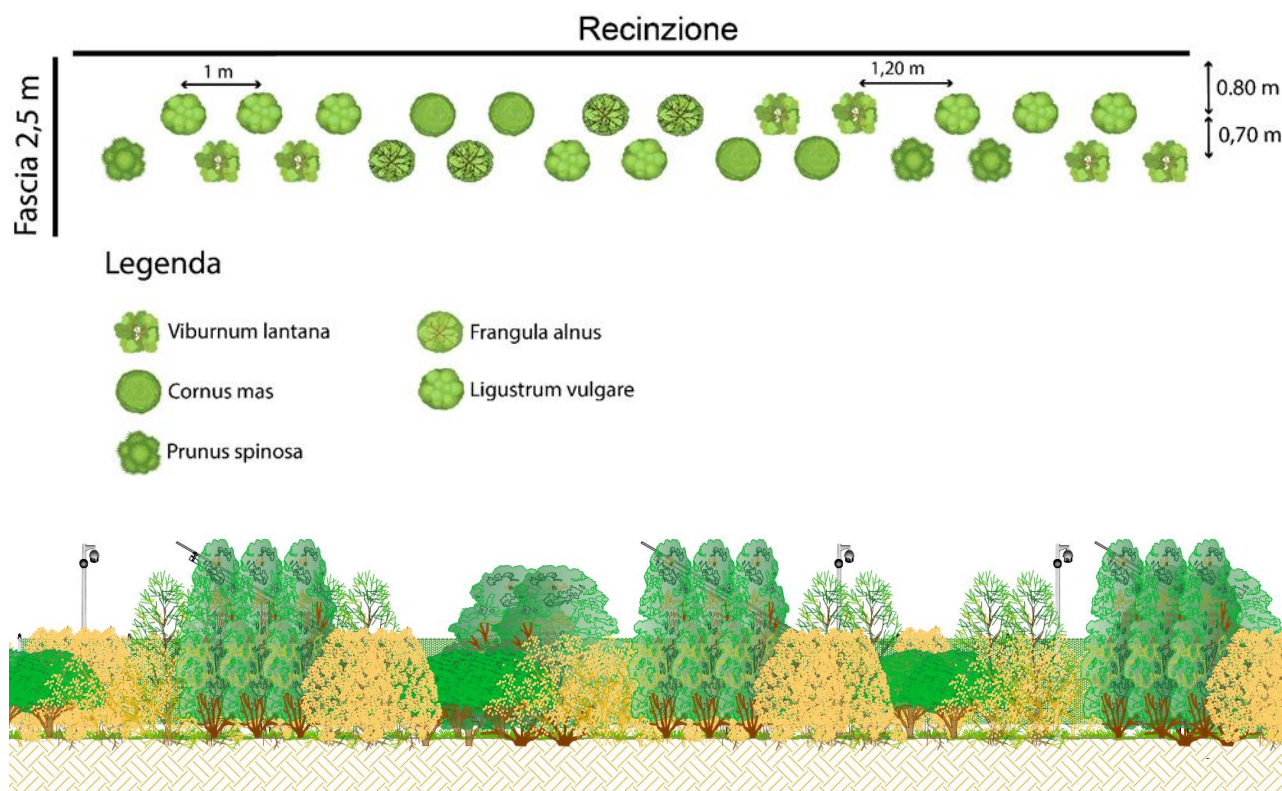


Figura 6-28-Fascia perimetrale di 2,5 m (lati centrali dell'impianto vicino i canali)

Al fine di garantire un'elevata percentuale di garanzia di attecchimento, per i primi tre anni dalla messa a dimora, sarà realizzato un impianto di irrigazione tramite manichetta forata. Sono stati previsti anche interventi per eventuale sostituzione di possibili fallanze nei primi anni di messa in opera della fascia di mitigazione per garantire l'efficacia generale della fascia di mitigazione.

Il materiale vegetale, fornito da vivaai autorizzati, dovrà essere sano e ben lignificato, privo di deformazioni, ferite e danni di diverso genere, inoltre dovranno essere esenti da attacchi fitosanitari (passati o in corso).

La messa a dimora delle piante dovrà essere eseguita possibilmente nel periodo di riposo vegetativo, dalla fine dell'autunno all'inizio della primavera, evitando i periodi di possibili gelate. A causa di stress da trapianto o di avversità biotiche che potrebbero verificarsi a seguito del periodo di messa a dimora, potrebbe rendersi necessaria la rimozione e la sostituzione delle fallanze con altro materiale vegetale avente le stesse caratteristiche di sviluppo.

Riguardo la manutenzione degli spazi interfilari della fascia di mitigazione, saranno previste essenzialmente potature occasionali e mirate al contenimento naturale delle essenze con attrezzature elettriche, a motore o manuali. Questi interventi serviranno a preservare la conformazione naturale delle specie, assecondandone la loro crescita e forma, con l'obiettivo di contenerne le dimensioni in prossimità dei margini stradali al fine di mantenere la funzionalità della fascia, prevenendo interferenze con l'impianto fotovoltaico, e con le attività agricole limitrofe, ottenendo comunque un effetto visivo della macchia vegetale il più naturale possibile.

Il controllo manuale delle infestanti tramite decespugliatore sarà eseguito esclusivamente per i primi 2-3 anni, durante il quale la taglia delle nuove specie poste a dimora non consente loro di essere competitive dal punto di vista dell'assorbimento dei nutrienti.



Figura 6-29 – Decespugliamento manuale

6.4.5 Fabbisogno di lavoro

Definiti i fabbisogni di meccanizzazione del sistema agrivoltaico nel suo complesso, viene calcolato il fabbisogno di lavoro, secondo le indicazioni della “Tabella di richiesta di manodopera aziendale” del P.S.R. 2007-2013 della regione Emilia-Romagna. I calcoli sono relativi al ciclo colturale proposto precedentemente, modifiche di specie e superficie coltivate potrebbero generare una variazione del fabbisogno totale di manodopera. Tenendo presente che l’operatività nel sistema agrivoltaico è materia da verificare in sede di gestione dell’azienda post impianto, la previsione della stima delle giornate di lavoro andrà opportunamente verificata in corso d’opera.

Nella tabella seguente è riportato il fabbisogno di lavoro per l’esecuzione delle operazioni colturali delle specie proposte; nello specifico, vengono riportate le giornate di lavoro/ettaro per coltura e le ore di lavoro totali previste per l’intera superficie occupata dalla coltura in oggetto.

Tabella 6-10- Manodopera colture proposte

Coltura	Superficie agricola (Ha)	Fabbisogni per ettaro (giornate/ha)	Fabbisogni totali (giornate per coltura)	Superficie agricola (Ha)	Fabbisogni per ettaro (giornate/ha)	Fabbisogni totali (giornate per coltura)
Frumento duro	24,93	5,00	124,65			
Mais	17,19	7,00	120,33			
Loietto				3,63	4,00	14,52
Mizuna				2,20	4,00	8,80
Fagiolino				2,50	5,00	12,50
Triticale				3,63	4,00	14,52
Spinacio				2,20	4,00	8,80
Medica				18,15	7,00	127,04
Spinacio/Mizuna (racc. man.)				0,60	70,00	42,00
TOTALE	42,12		244,98	32,91		228,18

Il cantiere di lavoro relativo alle colture previste dal piano colturale fa affidamento ad operazioni colturali completamente meccanizzate; d’altro canto, in corrispondenza dell’estremità più bassa del filare di moduli

fotovoltaici, la raccolta meccanizzata dello spinacio e della mizuna potrebbe vedere delle difficoltà per motivi di ingombro delle macchine di raccolta. Per motivi cautelativi e legati alla necessità di mantenere un'adeguata distanza di sicurezza dalle strutture portanti i pannelli, si è scelto di integrare i calcoli riguardanti la richiesta di manodopera tenendo conto di una ridotta superficie (circa il 15% del suolo coltivato a orticole sotto modulo) in prossimità dei pannelli in cui si prevede si eseguire la raccolta manuale.

Tabella 6-11-Manodopera fascia di mitigazione

FASCIA MITIGAZIONE								
Operazioni	Superficie coltura (ha)	Gen-feb	Mar-apr	Mag-giu	Lug-ago	Set-ott	Nov-dic	TOTALE (ORE)
Manutenz.fond.							3,00	3,00
Trattamenti				1,50				1,50
Trattamenti					1,50			1,50
Potature	20,00							20,00
Sfalci			3,00	5,00		3,00		11,00
Concimazioni			2,00					2,00
Trasporti				10,00		10,00	2,00	22,00
Totale unitario		20,00	5,00	16,50	1,50	13,00	5,00	61,00
Totale coltura	1,79	35,88	8,97	29,60	2,69	23,32	8,97	109,43

Tabella 6-12-Manodopera prato di mellifere

PRATO DI MELLIFERE								
Operazioni	Superficie coltura (ha)	gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic	TOTALE (ORE)
Aratura (ogni 10 anni)			0,1					0,1
Erpicature (ogni 10 anni)			0,2					0,2
Semina (ogni 10 anni)			0,1					0,1
Manutenz.fond. (trinciatura)					2			2
TOTALE UNITARIO		0	0,4	0	2	0	0	2,4
TOTALE CULTURA	1,2	0	0,48	0	2,4	0	0	2,88

Per quanto riguarda il calcolo della manodopera per la fascia di mitigazione e del prato di mellifere sono state prese in considerazione le ore di lavoro mensili, sulla base dell'esperienza e alla bibliografia in materia.

7. VALUTAZIONI ECONOMICHE

I conti colturali degli indirizzi produttivi prescelti per le aree di coltivazione dell'impianto (sia negli spazi interfilari che in quelli al di fuori dell'area occupata da moduli) sono stati elaborati sulle seguenti basi:

- produzioni in linea con quelle riscontrate in azienda negli ultimi anni, laddove disponibili, o comunque dati di produzione tipici per la zona;
- quantità di materie prime impiegate come sopra;
- prezzi dei prodotti da media Ager (Camera di Commercio) di Bologna ultimi anni;
- prezzi prodotti agricoli Camera di Commercio Ferrara;
- prezzi delle materie prime da listini merci Borsa Ravenna;
- prezzi lavorazioni da APIMAI-Ravenna 2022;
- prezzi lavorazioni APIMA Reggio-Emilia 2023;
- produzioni in base alla media della zona, reperite da bibliografia e interviste locali.

I conti colturali, di seguito riportati, fanno riferimento al ciclo colturale proposto precedentemente.

7.1 CONTI CULTURALI DELL'INDIRIZZO PRODUTTIVO PRESCELTO

Le tabelle seguenti riportano i conti economici delle colture ipotizzabili, con determinazione del Margine Operativo di Contribuzione per ognuna.

I costi delle operazioni meccaniche attingono ai prezziari dei contoterzisti della zona e al prezziario regionale opere pubbliche. Questi fanno riferimento ad una situazione ipotetica, laddove l'azienda agricola non disponesse, in parte o affatto, di un parco macchine idoneo alle misure del layout di impianto. Sarà l'imprenditore a scegliere se impiegare manodopera e parco macchine interni o, in base alla convenienza, rivolgersi ai servizi di un contoterzista. È da menzionare come i conti colturali proposti, non tengano presente degli aiuti comunitari che l'azienda riceverà annualmente e che si aggiungeranno ai ricavi; si specifica che i prezzi considerati sono riferiti al momento e potranno essere soggetti a variazioni causate dalla volatilità del mercato agricolo.

Tabella 7-1 - Conti colturali per il prato di erba medica quinquennale

Prato di erba medica quinquennale					
operazioni meccaniche	costo operazioni (€/ha)	materiali	quantità (q.li)	prezzo (€/q.le)	costo materie prime (€/ha)
aratura 40 cm (una ogni 5 anni)	48,40				0,00
erpice rotante (una ogni 5 anni)	35,00				0,00
erpatura a denti due passate (una ogni 5 anni)	21,00				0,00
semina (una ogni 5 anni)	16,40	seme	0,40	350,00	28,00
rullatura (una ogni 5 anni)	8,20				0,00
diserbo/trattam.to	50,00	graminicida	1,00	50,00	50,00
concimazione	40,00	perfosfato (uno ogni 5 anni)	2,00	60,00	24,00
falciacondizionatura	450,00				0,00
ranghinatura	175,00				0,00
pressatura	325,44	spago, reti etc.			80,00
trasporti (5 tagli)	400,00				0,00
Totale	1569,44				182,00

MARGINE ERBA MEDICA (€/ha/anno)			
RICA VI	Produzione per ettaro (q.li/ha)	Prezzo unitario (€/q.le)	Totale (€/ha)
	145,00	17,70 €	2.566,50 €
COSTI	Operazioni meccaniche (€/ha)	Materie prime (€/ha)	Totale (€/ha)
	1.569,44 €	182,00 €	1.751,44 €
MARGINE DELLA COLTURA			815,06 €

Tabella 7-2- Conti colturali per l'erbaio a loietto e triticale

Erbaio loietto e triticale					
operazioni meccaniche	€/ha	materiali	quantità (q.li)	prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura 40 cm	242,00				
erpicatura a denti due passate	105,00				
semina	82,00	seme foraggera	0,25	100,00	25,00
falciacondizionatura	90,00				0,00
ranghinatura	35,00				0,00
pressatura	222,20				0,00
trasporti	80,00				0,00
Totale	856,20				25,00

MARGINE ERBAIO GRAMINACEA (€/ha/anno)			
RICA VI	Produzione per ettaro (q.li/ha)	Prezzo unitario (€/q.le)	Totale (€/ha)
	100,00	10,00 €	1.000,00 €
COSTI	Operazioni meccaniche (€/ha)	Materie prime (€/ha)	Totale (€/ha)
	856,20 €	25,00 €	881,20 €
MARGINE DELLA COLTURA			118,80 €

Tabella 7-3- Conti colturali per la brassica "Mizuna" da taglio

Brassica "Mizuna" da taglio					
operazioni meccaniche	costo operazioni (€/ha)	materiali	quantità (q.li)	prezzo (€/q.le)	costo materie prime €/ha
erpicatura rotante	175,00				
erpicatura a denti due passate	105,00				
concimazione	40,00	perfosfato triplo	3,00	60,00	180,00
montaggio impianto irr.	200,00				
semina	82,00	seme	0,03	1.200,00	33,60
rullatura	41,00				
diserbo	50,00				
irrigazione	400,00	amm.to-materiali irrig.			400,00
concimazione	40,00	concime nitr.amm.	1,00	38,00	38,00
trattamento/disserbo	50,00	insetticidi/fungicidi			200,00
sarchiatura	90,00				
raccolta	2.331,68				
rimozione irrigazione	200,00	consorzio irriguo			100,00
Totale	3.804,68				951,60

MARGINE BRASSICA "MIZUNA" (€/ha/anno)			
RICA VI	Produzione per ettaro (q.li/ha)	Prezzo unitario (€/q.le)	Totale (€/ha)
	150,00	47,00 €	7.050,00 €
COSTI	Operazioni meccaniche (€/ha)	Materie prime (€/ha)	Totale (€/ha)
	3.804,00 €	951,60 €	4.756,28 €
MARGINE DELLA COLTURA			2.293,72 €

Tabella 7-4- Conti colturali per il fagiolino da industria

Fagiolino da industria					
operazioni meccaniche	€/ha	materiali	quantità (q.li)	prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura	242,00				
concimazione fondo	40,00	concimi totali	2,00	79,00	158,00
erpice rotante	175,00				
erpicazione a denti due passate	105,00				
montaggio impianto irr.	200,00				
semina	82,00	seme dosi	1,30	250,00	325,00
trattamenti/diserbi	50,00				
irrigazione	400,00	amm.to-materiali irrig.			400,00
sarchiatura	90,00				
raccolta meccanica	1430,00				
trattamenti/diserbi	50,00	materiali (trattamento-diserbo)			200,00
rimozione irrigazione	200,00	consorzio irriguo			100,00
Totale	2782,00				1025,00

MARGINE FAGIOLINO DA INDUSTRIA (€/ha/anno)			
RICAVI	Produzione per ettaro (q.li/ha)	Prezzo unitario (€/q.le)	Totale (€/ha)
	65,00	108,00 €	7.020,00 €
COSTI	Operazioni meccaniche (€/ha)	Materie prime (€/ha)	Totale (€/ha)
	2.782,00 €	1.025,00 €	3.807,00 €
MARGINE DELLA COLTURA			3.213,00 €

Tabella 7-5- Conti colturali per spinacio

Spinacio					
operazioni meccaniche	€/ha	materiali	quantità (q.li)	prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura	242,00				
erpice rotante	175,00				
erpicazione a denti due passate	105,00				
concimazione	40,00	perfosfato triplo	3,00	60,00	180,00
semina	135,00	seme	0,05	1900,00	95,00
rullatura	41,00				
diserbo	50,00				
irrigazione	400,00	amm.to-materiali irrig.			400,00
concimazione	40,00	concime nitr.amm.	1,00	38,00	38,00
trattamento/diserbo	50,00	insetticidi/fungicidi			200,00
sarchiatura	90,00				
raccolta	2331,68				
Stesura-rimozione irrigazione	400,00	consorzio irriguo			100,00
Totale	4099,68				1013,00

MARGINE SPINACIO (€/ha/anno)			
RICAVI	Produzione per ettaro (q.li/ha)	Prezzo unitario (€/q.le)	Totale (€/ha)
	125,00	63,00 €	7.875,00 €
COSTI	Operazioni meccaniche (€/ha)	Materie prime (€/ha)	Totale (€/ha)
	4.099,68 €	1.013,00 €	5.112,68 €
MARGINE DELLA COLTURA			2.762,32 €

Tabella 7-6- Costi per il prato di mellifere

PRATO DI MELLIFERE					
Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
Aratura 35 cm (ogni 10 anni)	20,00				
Erpicatura (ogni 10 anni)	13,00				
Semina (ogni 10 anni)	11,00	seme	0,30	1200,00	360,00
Trinciatura	120,00				
Totale	164,00				360,00

MARGINE PRATO DI MELLIFERE (€/ha/anno)			
RICAVI	Produzione per ettaro (q.li/ha)	Prezzo unitario (€/q.le)	Totale (€/ha)
	0	0	0
COSTI	Operazioni meccaniche (€/ha)	Materie prime (€/ha)	Totale (€/ha)
	164	360	524
MARGINE DELLA COLTURA			-524

7.2 COSTI DI IMPIANTO E DI GESTIONE DELLE OPERE DI MITIGAZIONE

Tabella 7-7- Costi fascia di mitigazione larga 5 metri con doppio filare arboreo al 1° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Lavorazione del terreno eseguita a strisce ad una profondità di m. 0,5-0,7 compresi amminutamento ed ogni altro onere.	m2	50,00	0,05	2,65
Concimazione	m2	50,00	0,07	3,50
Apertura buche (40 cm)	cad.	26,00	2,18	56,68
Messa a dimora piante	cad.	26,00	1,34	34,84
Pali di bambù (h 1,2)	cad.	26,00	0,40	10,40
Quercus robur	cad.	1,00	19,90	19,90
Tilia cordata	cad.	1,00	11,90	11,90
Ligustrum vulgare	cad.	4,80	4,40	21,12
Frangula alnus	cad.	4,80	2,50	12,00
Prunus spinosa	cad.	4,80	2,99	14,35
Viburnum lantana	cad.	4,80	2,50	12,00
Cornus mas	cad.	4,80	3,30	15,84
Manichetta	m	30,00	0,72	21,60
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	50,00	0,30	15,00
Costo totale modulo da 10 m				251,79
€/ml				25,18

Tabella 7-8- Costi fascia di mitigazione larga 5 metri con doppio filare arboreo al 2° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (25% costi impianto 1° anno)	%	0,25		49,66
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	50,00	0,30	15,00
Concimazione	m2	50,00	0,07	3,50
Costo totale modulo da 10 m				68,16
€/ml				6,82

Tabella 7-9- Costi fascia di mitigazione larga 5 metri con doppio filare arboreo al 3° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (15% costi impianto 1° anno)	%	0,15		29,79
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	50,00	0,30	15,00
Concimazione	m2	50,00	0,07	3,50
Potatura meccanica/manuale	h.	0,03	20,00	0,55
Costo totale modulo da 10 m				48,84
€/ml				4,88

Tabella 7-10- Costi fascia di mitigazione larga 5 metri con doppio filare arboreo dal 4° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (5% costi impianto 1° anno)	%	0,05		9,93
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	50,00	0,30	15,00
Potatura meccanica/manuale	h.	0,03	20,00	0,55
Costo totale modulo da 10 m				25,48
€/ml				3,19

Tabella 7-11- Costi fascia di mitigazione larga 5 metri con filare arboreo singolo al 1° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Lavorazione del terreno eseguita a strisce ad una profondità di m. 0,5-0,7 compresi amminutamento ed ogni altro onere.	m2	50,00	0,05	2,65
Concimazione	m2	50,00	0,07	3,50
Apertura buche (40 cm)	cad.	28,00	2,18	61,04
Messa a dimora piante	cad.	28,00	1,34	37,52
Pali di bambù (h 1,2)	cad.	28,00	0,40	11,20
Tilia cordata	cad.	1,00	11,90	11,90
Ligustrum vulgare	cad.	5,40	4,40	23,76
Frangula alnus	cad.	5,40	2,50	13,50
Prunus spinosa	cad.	5,40	2,99	16,15
Viburnum lantana	cad.	5,40	2,50	13,50
Cornus mas	cad.	5,40	3,30	17,82
Manichetta	m	30,00	0,72	21,60
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	50,00	0,30	15,00
Costo totale modulo da 10 m				249,14
€/ml				24,91

Tabella 7-12- Costi fascia di mitigazione larga 5 metri con filare arboreo singolo al 2° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (25% costi impianto 1° anno)	%	0,25		48,80
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	50,00	0,30	15,00
Concimazione	m2	50,00	0,07	3,50
Costo totale modulo da 10 m				67,30
€/ml				6,73

Tabella 7-13- Costi fascia di mitigazione larga 5 metri con filare arboreo singolo al 3° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (15% costi impianto 1° anno)	%	0,15		29,28
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	50,00	0,30	15,00
Concimazione	m2	50,00	0,07	3,50
Potatura meccanica/manuale	h.	0,03	20,00	0,55
Costo totale modulo da 10 m				48,33
€/ml				4,83

Tabella 7-14- Costi fascia di mitigazione larga 5 metri con filare arboreo singolo dal 4° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (5% costi impianto 1° anno)	%	0,05		9,76
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	50,00	0,30	15,00
Potatura meccanica/manuale	h.	0,03	20,00	0,55
Costo totale modulo da 10 m				25,31
€/ml				3,16

Tabella 7-15- Costi fascia di mitigazione larga 2,5 metri al 1° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Lavorazione del terreno eseguita a strisce ad una profondità di m. 0,5-0,7 compresi amminutamento ed ogni altro onere.	m2	25,00	0,05	1,33
Concimazione	m2	25,00	0,07	1,75
Apertura buche (40 cm)	cad.	18,00	2,18	39,24
Messa a dimora piante	cad.	18,00	1,34	24,12
Pali di bambù (h 1,2)	cad.	18,00	0,40	7,20
Ligustrum vulgare	cad.	3,60	4,40	15,84
Frangula alnus	cad.	3,60	2,50	9,00
Prunus spinosa	cad.	3,60	2,99	10,76
Viburnum lantana	cad.	3,60	2,50	9,00
Cornus mas	cad.	3,60	3,30	11,88
Manichetta	m	20,00	0,72	14,40
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	25,00	0,30	7,50
Costo totale modulo da 10 m				152,02
€/ml				15,20

Tabella 7-15- Costi fascia di mitigazione larga 2,5 metri al 2° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (25% costi impianto 1° anno)	%	0,25		29,96
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	25,00	0,30	7,50
Concimazione	m2	25,00	0,07	1,75
Costo totale modulo da 10 m				39,21
€/ml				3,92

Tabella 7-15- Costi fascia di mitigazione larga 2,5 metri al 3° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (15% costi impianto 1° anno)	%	0,15		17,98
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	25,00	0,30	7,50
Concimazione	m2	25,00	0,07	1,75
Potatura meccanica/manuale	h.	0,03	20,00	0,55
Costo totale modulo da 10 m				27,78
€/ml				2,78

Tabella 7-15- Costi fascia di mitigazione larga 2,5 metri dal 4° anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (5% costi impianto 1° anno)	%	0,05		5,99
Diserbo meccanico con decespugliatore (mq)	m2	25,00	0,30	7,50
Potatura meccanica/manuale	h.	0,03	20,00	0,55
Costo totale modulo da 10 m				14,04
€/ml				1,76

7.3 CONFRONTO DELLA REDDITIVITÀ TRA LA SITUAZIONE ANTE E POST PROGETTO

Per effettuare il confronto tra la redditività ante e post progetto sono state utilizzate, come indicato dalle Linee Guida Ministeriali, le Produzioni Lorde Standard o PLS, ottenute dal CREA (Centro Ricerche Economiche Agraria), sulla base dei più recenti dati RICA (Rete di Informazione Contabile Agraria).

In particolare, è stato calcolato il dato medio di PLS per ettaro di superficie agraria, nella situazione colturale ante progetto, che è stato poi comparato con il dato calcolato con l'indirizzo produttivo post progetto. Si ritiene opportuno specificare in tale sede che le superfici ante progetto e post progetto differiscono in termini di quanto le aree non agricole (interne alla recinzione), le aree esterne la recinzione e la fascia di mitigazione non vengono

includere nel calcolo. L'area esterna la recinzione e le aree non agricole interne non sono incluse nella superficie agricola dalle norme "CEI-PASS 82-93, 2023-12" così come l'area occupata dalla fascia di mitigazione in quanto non riconducibile ad alcuna attività produttiva (sembra ragionevole quindi non includerla nel calcolo della PLS).

Tabella 7-15- Confronto redditività tra situazione ante e post progetto

Colturale	Ante progetto (media 2021-2023)			Post progetto			ΔPLS POST-PLS ANTE (€)
	Superficie (ha)	PLS/ha (€/ha)	PLS (€)	Superficie (ha)	PLS/ha (€/ha)	PLS (€)	
Mais da foraggio	22,35	2.059,50	46.031,82	-	2.059,50	-	
Mais	5,73	1.697,40	9.726,95	-	1.697,40	-	
Soia	5,73	1.127,75	6.462,57	-	1.127,75	-	
Frumento duro	8,31	2.047,62	17.016,20	-	2.047,62	-	
Loietto	-	904,80	-	3,63	904,80	3.284,28	
Ortive (mizuna- fagiolino-spinacio)		19.172,74		7,50	19.172,74	143.795,55	
Triticale		904,80		3,63	904,80	3.284,28	
Medica	-	1.263,31	-	18,15	1.263,31	22.928,08	
Totale	42,12		79.237,54	32,91		173.292,20	
Media			1.881,13			5.265,82	3.384,69

8. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO E DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA

8.1 IL MONITORAGGIO DELLE COLTURE IN AMBITO AGRIVOLTAICO

L'agrivoltaico è un sistema complesso, dove si integrano nel medesimo luogo produzione energetica ed agricola e dove se, da un lato, entrambe le attività competono per lo spazio e per la luce, dall'altro entrambe, ma soprattutto l'agricoltura, possono anche trarre vantaggio da questa simbiosi per la riduzione della temperatura e, entro certi limiti, il parziale ombreggiamento. Per quanto riguarda la componente energetica, la presenza delle colture contribuisce a ridurre la temperatura di esercizio dei moduli migliorandone l'efficienza mentre, con riferimento alle colture, il contenimento del calore nei mesi più caldi, la minore ventosità e la conseguente minore evapotraspirazione genera un minor fabbisogno di acqua. Inoltre, la presenza dei moduli, limitando gli sbalzi termici, ha un effetto, seppure contenuto, di protezione dai danni da ciò derivanti (scottature, gelate, etc.) andando a determinare un microclima interno all'impianto meno suscettibile agli input esterni e diverso da quello in pieno campo.

Alle nostre latitudini, l'energia solare che arriva al suolo nel periodo primaverile-estivo è particolarmente elevata, pertanto l'effetto ombreggiante dovuto ai pannelli potrebbe costituire un beneficio per le colture sottostanti e non solo un fattore limitante della fotosintesi.

Il parziale ombreggiamento, soprattutto nel periodo estivo, riduce l'evapotraspirazione ed il fabbisogno idrico (consentendo un notevole risparmio idrico per le colture irrigue o una riduzione dello stress idrico per quelle in asciutta) e genera un allungamento del periodo vegetativo delle colture, con traslazione dello stadio fenologico rispetto alla coltura pieno campo.

L'attività agricola è strettamente collegata alla fertilità del suolo che non deve essere intaccata dalla presenza della componente energetica e che deve essere quindi mantenuta e se possibile migliorata. Essa costituisce un elemento fondamentale per poterne garantire la continuità agricola (intesa come presenza dell'attività) ed il mantenimento dei livelli di produttività. Si tratta quindi di un importante elemento da tenere sotto controllo durante l'esercizio delle attività agrivoltaiche.

Le linee guida ministeriali prevedono che vengano monitorati gli effetti che la componente energetica dell'impianto avrà sulle colture, al fine di determinarne le influenze (positive o negative); ciò assume in questo momento una particolare rilevanza, visto che le esperienze ed i dati finora in possesso a livello mondiale sono abbastanza scarsi. Tale normativa prevede sistemi di monitoraggio diversi a seconda del tipo di impianto agrivoltaico, con parametri minimi da monitorare per gli impianti agrivoltaici "interfilari", fino a parametri più complessi e vincolanti per gli impianti agrivoltaici avanzati che intendono attingere ai fondi PNRR (come quello in oggetto). Essa impone che vengano predisposte delle relazioni periodiche da agronomi, impone l'utilizzo di sensori (per gli impianti avanzati) e caldeggia indirettamente l'utilizzo di sistemi digital farming.

A seguire, viene riportato uno stralcio dei requisiti contenuti nelle Norme CEI 82-93, analoghi a quelli previsti dalle Linee Guida Ministeriali e dal DM Agrivoltaico, che specificano i principali fattori da monitorare e analizzare.



Figura 5-22 – Schema requisiti monitoraggio impianti

Come accennato in precedenza, l'impianto descritto in questa relazione rientra pienamente nella categoria di 'Impianto agrivoltaico avanzato ai fini del PNRR', poiché soddisfa tutti i requisiti specificati dalla normativa di riferimento.

Di seguito viene meglio descritta la conformità alle condizioni di produzione agricola e ai sistemi di monitoraggio che saranno implementati nell'impianto di Bandissolo.

8.2 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Per gli impianti agrivoltaici che accedono agli incentivi resi disponibili tramite PNRR per mezzo di procedure competitive (aste), è richiesto che le aziende agricole interessate dalla realizzazione delle iniziative rientrino dalla data in esercizio e almeno per tutta la durata del periodo di incentivazione, nella rilevazione della Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA). La verifica del rispetto dei requisiti di monitoraggio deve essere effettuata confrontando i dati relativi alle PLV registrate nell'ambito degli impianti agrivoltaici realizzati con i risultati economici e tecnici di aziende analoghe, presenti nella RICA, che dunque costituiranno il *benchmark* di riferimento.

Il progetto descritto nella presente relazione non è previsto per la partecipazione alle aste PNRR; tuttavia, la Società ha scelto di aderire volontariamente ai requisiti di monitoraggio previsti dalla normativa per iniziative di questo tipo.

Sulla base delle disposizioni legislative, il sistema di monitoraggio previsto dal progetto e mantenuto attivo per tutta la durata dell'impianto ha le seguenti caratteristiche:

- include tutti i parametri di monitoraggio previsti dalle linee guida ministeriali: risparmio idrico (D.1), monitoraggio della continuità agricola (D.2), fertilità (E.1), microclima (E.2) e resilienza (E.3) e risparmio idrico (D.1);

- prevede l'implementazione di un sistema di monitoraggio digitale di smart farming (agricoltura digitale) che, attraverso l'utilizzo di sensori, centraline meteo, immagini satellitari ed altri sistemi di rilevazione, acquisisce dati, i quali vengono gestiti ed elaborati da una piattaforma software integrata. In altri termini questo sistema, con un'unica piattaforma software, consente di supportare sia il monitoraggio, che la gestione delle attività agricole (agricoltura di precisione, smart farming, smart irrigation, ecc.), nonché l'archiviazione dei dati¹⁴;
- è concepito (metodologia e sistema di data base) per facilitare le attività di verifica da parte delle autorità competenti dei parametri da monitorare.

Si prevede quindi la realizzazione di un sistema di monitoraggio digitale, integrato al sistema di agricoltura digitale, che consenta di osservare:

- la continuità dell'attività agricola (mantenimento attività agricola, esistenza e resa colture e mantenimento dell'indirizzo produttivo): si tratta di quello che viene definito monitoraggio principale. Esso, in ottemperanza alle linee guida Crea Rica 2024 viene effettuato tramite adesione al sistema di rilevazione RICA per l'elaborazione del parametro principale della PLV aziendale/agricola e del benchmark e l'elaborazione di relazioni agronomiche annuali elaborate da un professionista terzo. Tali relazioni, oltre ai dati di PLV, PLS, ecc. e verifica del loro mantenimento al di sopra di soglie minime previste, dovranno contenere altri aspetti relativi alla conduzione ed attività aziendali e delle criticità del posto in relazione all'ambiente, ecc. A tal fine è prevista la realizzazione di un sistema digital, gestito da una piattaforma software che consenta di compilare il quaderno di campagna integrato al piano colturale grafico (utilizzato per la domanda Pac e facente parte del fascicolo aziendale AGEA) e di gestire i dati generati dai vari sensori, così come di gestire ed utilizzare mappe con indici satellitari vari (vigoria, stress idrico, ecc.) e di variabilità dei suoli. Questo sistema sarà fondamentale 1) in primis per fornire informazioni di dettaglio al professionista terzo incaricato dell'elaborazione delle relazioni agronomiche, 2) per argomentare e giustificare con dati ambientali ed agronomici oggettivi eventuali cali di resa e della PLV sotto le soglie minime previste (evitando così eventuali conseguenze negative), 3) adottare per tempo, ove possibile, eventuali azioni correttive rispetto all'andamento della PLV (tecniche colturali, modifiche dell'ordinamento colturale, ecc.). È stato altresì previsto di installare sensori anche in aree benchmark al di fuori dell'influenza dei pannelli, così da poter meglio confrontare parametri ambientali e colturali sotto, fra ed al di fuori dei pannelli;
- il risparmio idrico: tramite sensori e centraline meteo, elaborazione di indici da mappe satellitari; sarà possibile misurare differenze di evapotraspirazione, stress idrico con l'area benchmark al di fuori dei pannelli; nel caso di eventuali colture irrigue, il sistema consentirà misurazioni automatiche del consumo di acqua per coltura e la comparazione con il benchmark (per differenza dell'evapotraspirazione);
- la fertilità del suolo: benché anche la normativa più stringente preveda relazioni approfondite riguardo la fertilità del suolo, questo tipo di monitoraggio viene effettuato solo per i casi di terreni non coltivati ante impianto (che chiaramente non è il nostro caso), si è ritenuto comunque importante avere indicazioni,

¹⁴ Le stesse Linee Guida Ministeriali riportano sul tema dell'agricoltura digitale "La possibilità di somministrare quello che serve solo dove serve, alla giusta dose ed al momento migliore rappresenta infatti la miglior ottimizzazione del ciclo produttivo agricolo. In generale l'agricoltura di precisione può permettere una serie di vantaggi importanti in termini di:

-risparmi (economici e ambientali) in termini di fertilizzanti/antiparassitari ed acqua (irrigazione di precisione) rispetto alla gestione ordinaria,

-minor incidenza delle patologie per pronto rilevamento ed intervento sui patogeni,

-sistemi puntuali di rilevazione del grado di maturazione delle produzioni per intervenire con raccolte solo nei momenti caratterizzati dalle migliori performance quantitative ed organolettiche soprattutto per produzioni di nicchia o tipicità.

È inoltre possibile inserire moduli aggiuntivi al sistema digital finalizzati al monitoraggio puntuale e costante del ciclo produttivo con funzione di agevolare la pianificazione, la tempestività e la precisione delle operazioni.

sebbene parziali, su eventuali cambiamenti della fertilità del suolo, che verranno integrati nelle relazioni agronomiche annuali. In particolare, ciò verrà effettuato attraverso un metodo innovativo, che prevede l'elaborazione dei dati da immagini satellitari, da dove è possibile individuare delle aree omogenee per diverse caratteristiche del terreno (mappe di variabilità del suolo), fra le quali, indirettamente, la fertilità del suolo (presenza di Carbonio organico e tessitura). Su tali aree omogenee sarà poi eventualmente possibile procedere ad approfondimenti con analisi del terreno di laboratorio;

- parametri del microclima: acquisizione di dati tramite i sensori e centraline meteo posizionati sotto, fra e al di fuori dei pannelli;
- resilienza ai cambiamenti climatici: l'effettuazione di quanto richiesto dalle LGM in materia non richiede l'utilizzo diretto del sistema digitale, né un monitoraggio agricolo *ad hoc*, ma la verifica *ex post* degli aspetti progettuali (fotografico e descrittivo) relativi agli interventi di resilienza/mitigazione degli effetti del cambiamento climatico.

I dati verranno messi a disposizione dell'agronomo incaricato dell'elaborazione dei seguenti documenti:

- relazione agronomica redatta da uno specialista asseverato all'entrata in esercizio dell'impianto;
- relazione periodica (annuale) prevista dalle LGM per comprovare la continuità agricola ²⁸ e la predisposizione della scia documentale atta alle valutazioni dei risultati delle colture agrivoltaiche;
- relazione triennale prevista per un monitoraggio più completo, cercando di ricondurre ad un andamento medio i risultati dei dati rilevati, includendo tutti gli altri parametri monitorati e gli indicatori di resa della produzione.

Potranno inoltre essere monitorati e valutati i risultati tecnici ed economici delle coltivazioni agrivoltaiche, eventualmente confrontati con altri benchmark di aziende ordinarie, attraverso l'adesione alla rete contabile RICA gestita dal CREA.

Il sistema di monitoraggio della continuità dell'attività agricola (**monitoraggio principale**), per quanto concerne l'attuale normativa, è obbligatorio in tutti gli impianti agrivoltaici; la rilevazione degli ulteriori parametri (**monitoraggio secondario**) previsti dal DM Agrivoltaico, quali il risparmio idrico, il recupero della fertilità del suolo, il microclima e la resilienza ai cambiamenti climatici, garantita dalla presenza dei sistemi di monitoraggio, per tutto il periodo di esercizio, costituirà un set di dati di supporto alla gestione agricola e di controllo da parte delle autorità competenti, al fine di effettuare ulteriori valutazioni nel caso in cui si rilevino nell'ambito del sistema di monitoraggio principale valori non in linea con quelli attesi.

8.2.1 Monitoraggio delle produzioni e della continuità dell'attività agricola (principale)

Le Linee Guida Ministeriali 2024¹⁵, prese come riferimento normativo per l'elaborazione delle attività di monitoraggio della continuità delle attività agricole (che costituisce il sistema di monitoraggio principale), prevedono che essa venga valutata attraverso tre elementi: 1) il mantenimento dell'attività agricola e 2) l'esistenza e resa della coltivazione e 3) il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

I parametri da rilevare per la valutazione di questi tre elementi sono rispettivamente la PLV aziendale, la PLV agricola la PLS (Produzione Standard Aziendale), secondo lo schema riportato nella seguente tabella (Allegato 3 – Tabelle di monitoraggio delle linee guida).

¹⁵ Linee guida per il monitoraggio della continuità dell'attività agricola CREA e GSE, pubblicate nel 2024, ed adottate ai sensi dell'art. 11 c. 1 del decreto legge n. 17/22, convertito con modificazioni, dalla legge 34/22.

Tabella 8-1 - Tabella riportata all'interno delle linee guida CREA-GSE per il monitoraggio della continuità e produttività dell'attività agricola

Requisito	Elementi di valutazione	Dato da rilevare	Unità di misura	Dato di partenza	Dato da monitorare		
Continuità attività agricola	Mantenimento dell'attività agricola	PLV aziendale	€	Valore medio anni precedenti all'impianto per intera azienda	Anno n+1	Anno n+2	Anno n+3
	Esistenza e resa della coltivazione	PLV agricola ⁽¹⁾	€/ha	Valore medio anni precedenti all'impianto su superficie impianto	Anno n+1	Anno n+2	Anno n+3
		PLV agricola ⁽²⁾	€/ha	Valore produttività media in condizioni di ordinarietà nell'areale della superficie interessata dall'impianto	Anno n+1	Anno n+2	Anno n+3
		PLV agricola ⁽³⁾	€/ha	Valore stimato in zona di controllo	Anno n+1	Anno n+2	Anno n+3
	Mantenimento o indirizzo produttivo ⁽⁴⁾	Produzione Standard aziendale	€	Valore ante impianto	Anno n+1	Anno n+2	Anno n+3

(1) Nel caso la superficie interessata dall'impianto sia stata coltivata e/o destinata al pascolo negli anni precedenti all'impianto, a parità di indirizzo produttivo.

(2) Nel caso la superficie interessata dall'impianto NON sia stata coltivata e/o destinata al pascolo negli anni precedenti all'impianto e con riferimento all'indirizzo produttivo praticato sulla superficie interessata dall'impianto.

(3) Nel caso la superficie interessata dall'impianto NON sia stata coltivata e/o destinata al pascolo negli anni precedenti all'impianto e nel bacino territoriale in cui ricade l'impianto non sia realizzata la coltivazione praticata nella superficie interessata dall'impianto.

(4) Dato desk sulla base dell'uso del suolo.

Il sistema di monitoraggio dovrà quindi consentire la rilevazione di questi 3 parametri, consentire il confronto con il benchmark di aziende assimilabili nella zona aderendo al sistema di rilevazione RICA (di CREA) e verificare che tali parametri si mantengano al di sopra di determinati valori soglia:

- PLV aziendale ed agricola (media triennale) > 70% PLV benchmark (media triennale PLV di aziende/culture simili nella zona – entrambi i dati rilevati da RICA);
- PLS azienda ≥ a quella precedente alla realizzazione dell'impianto.

Queste informazioni unitamente al fascicolo aziendale (AGEA) dovranno essere rilevate e messe a disposizione di un professionista abilitato (iscritto ad un ordine) o a un CAA (centro di assistenza agricola) affinché esso possa produrre una **relazione agronomica annuale**¹⁶ ed una **triennale (per la verifica delle rese triennali)**. Queste relazioni costituiscono il primo elemento di monitoraggio messo a disposizione degli enti deputati ai controlli.

Qualora fosse ritenuto necessario dalle autorità competenti l'azienda parteciperà alla rilevazione della Rete di Informazione Contabile Agricola, nel seguito RICA, e che la verifica del rispetto del requisito di monitoraggio in esame sia effettuata confrontando i dati relativi alle PLV registrate nell'ambito degli impianti agrivoltaici realizzati

¹⁶ Il monitoraggio principale della continuità dell'attività agricola sarà effettuato tramite una relazione agronomica annuale asseverata, redatta da un professionista avente competenza in materia o da un CAA, sulla gestione culturale relativa all'anno di riferimento mediante:

- dati inerenti alla produzione (PLV),
- dati reperibili dal fascicolo aziendale,
- dati reperibili dal Quaderno di Campagna
- dati reperibili dai sistemi di rilevazione digital (sensori, ecc.)
- dati relativi alla PLS (RICA) calcolati sulla base delle superfici aziendali coltivate.

con i risultati economici e tecnici di aziende analoghe, presenti nella RICA, che dunque costituiranno il benchmark di riferimento.

Al fine di facilitare la verifica del mantenimento dell'attività agricola, l'esistenza e resa della coltivazione da parte degli enti competenti, verranno utilizzati gli indicatori di resa proposti dalle Linee guida Crea-GSE. I principali parametri utilizzati sono la "PLV aziendale", per quanto concerne il mantenimento dell'attività agricola, per quanto riguarda l'esistenza e la resa della coltivazione, invece, il parametro rilevato è la PLV agricola. Al fine di verificare l'indicatore di "resa" e il suo scostamento dal "benchmark", si utilizzerà l'algoritmo che consente di esternalizzare tutti i fattori estranei alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico, potendo questi incidere sulla PLV aziendale stessa.

Il principale indice prestazionale è l'**indicePLV%**, definito nelle linee guida Crea-GSE che prende in considerazione:

- il valore medio triennale **PLV_μ**.
- Il valore del **PLV_{bench}**, definito per l'attività agricola nel corso della fase di monitoraggio iniziale (o in alternativa da valori ante-progetto).

L'indice è calcolato come segue:

$$indice_{PLV}\% = \frac{PLV_{bench} - PLV_{\mu}}{PLV_{bench}} * 100$$

Sulla base dell'indice prestazionale saranno effettuate le valutazioni riportate nella tabella seguente. In modo da valutare se la resa agricola sia o meno in linea con i valori di riferimento, verificando se sia effettivamente proseguita l'attività agricola e, qualora fosse necessario, condurre aggiustamenti gestionali.

Tabella 8-2 - valutazioni e relativi esiti a seguito dell'applicazione dell'indice prestazionale *indice_{PLV}%*

Condizione	Valutazione	Esito
0% ≤ indice PLV % < 30%	La resa agricola è in linea con i valori di riferimento	La continuità dell'attività agricola è verificata
Indice PLV % ≥ 30%	La resa agricola non è in linea con i valori di riferimento	È necessario condurre ulteriori approfondimenti

Appare evidente che per l'elaborazione di tali relazioni agronomiche, dovrà essere messo a disposizione il quaderno di campagna (**QdC**), in cui vengono annotate tutte le operazioni colturali, acquisti, ecc. In effetti, in base alle linee guida di cui sopra, tali relazioni devono contenere dettagli sulle attività agricole (semina, raccolta, concimazioni, ecc., macchine utilizzate, agricoltura digitale) e quindi è essenziale che oltre al fascicolo aziendale venga messo a disposizione un accurato QdC (peraltro dal 2025 per ottenere i contributi PAC sarà obbligatorio oltre al Piano colturale grafico anche un QdC digitale ad esso integrato).

Inoltre, visto che la relazione agronomica dovrà evidenziare le criticità del posto, con particolare riferimento agli aspetti ambientali (questo anche a favore dell'impresa agricola che si dovesse trovare a dover giustificare forti ed inevitabili cali delle rese delle colture/PLV, al disotto delle soglie previste, connessi a fattori ambientali o fitopatie), sarà molto importante mettere a disposizione del professionista incaricato della relazione un set di dati sui parametri ambientali (provenienti dai sensori ed elaborati dalla piattaforma digitale).

8.3 MONITORAGGIO DEGLI ULTERIORI PARAMETRI PREVISTI DAL DM AGRIVOLTAICO (SECONDARIO)

Come già anticipato, il monitoraggio secondario consiste nella verifica di ulteriori parametri previsti dal DM Agrivoltaico quali: il risparmio idrico, il recupero della fertilità del suolo, il microclima e la resilienza ai cambiamenti climatici. Il sistema di monitoraggio secondario, al momento dell'entrata in esercizio delle iniziative di progetto, costituirà ogni anno un set di dati di supporto, al fine di effettuare ulteriori valutazioni nel caso in cui si rilevino nell'ambito del sistema di monitoraggio principale risultati non in linea con quelli attesi.

In linea con quanto già detto, verrà quindi redatta, ogni tre anni, una relazione tecnica agronomica integrativa dei due sistemi di monitoraggio (primario e secondario). Questa verrà asseverata da un professionista avente competenze in materia che, sulla base dei valori registrati dell'ultimo triennio da entrambi i sistemi, fornirà un quadro generale dell'andamento dell'esercizio dell'attività agricola e, nel caso si verificasse, le motivazioni circa il calo ipotetico di resa registrato.

Per i valori del monitoraggio di resilienza ai cambiamenti climatici, si rimanda alla relazione tecnica del progettista. Invece, per quanto riguarda il monitoraggio del "recupero della fertilità del suolo", non risulta obbligatorio nella fattispecie dell'impianto oggetto della relazione in quanto nell'ante-progetto non sono presenti aree da convertire all'attività agricola in sede di progetto. Escludendo questi due aspetti del monitoraggio secondario verranno monitorati il risparmio idrico e i dati climatici-ambientali. Nonostante quanto appena detto, anche al fine di mantenere i parametri economici (PLV), non si precludono ulteriori analisi di monitoraggio della fertilità del suolo nel corso dell'esercizio di impianto, tramite analisi del terreno puntuali, organizzate per classi omogenee ai fini di un ulteriore controllo, che saranno debitamente inserite nella relazione agronomica annuale.

8.3.1 Risparmio idrico

Ai fini di favorire un efficiente utilizzo della risorsa idrica, limitando al massimo le condizioni di stress idrico per le colture, è necessario gestire al meglio i fattori che determinano il bilancio idrico sia in entrata che in uscita. Per valorizzare la risorsa idrica è necessario adottare strategie per ridurre le perdite (output), gestire e ottimizzare l'utilizzo dell'acqua in entrata nel sistema (input). In generale gli input da gestire e ottimizzare sono l'acqua piovana e l'acqua irrigua; gli output da ridurre (l'acqua persa dal sistema) sono le perdite per evapotraspirazione, ruscellamento e percolazione.

Andando ad analizzare i fattori del bilancio idrico è possibile adottare strategie di risparmio che ottimizzano l'uso dell'acqua. A tale proposito, il sistema di monitoraggio previsto permette di avere un valido strumento di supporto decisionale ed avere inoltre contezza dell'acqua risparmiata.

L'analisi del risparmio idrico prevede due tipi di monitoraggio differenti, che permettono di analizzare e gestire dati inerenti all'acqua risparmiata e quantificarla. Questi prevedono:

1. il monitoraggio degli apporti naturali (piogge) e dell'evapotraspirazione: i dati riguardanti tali parametri verranno raccolti mediante capannine meteorologiche. Fornendo queste ultime di pluviometri sarà consentita la misurazione della quantità di acqua che entra autonomamente nel sistema, questo permette di valutare il momento di intervento irriguo e i deficit idrici durante l'anno. Analogamente, per mezzo di sensori in grado di misurare variabili climatiche quali temperatura, umidità dell'aria, velocità del vento e radiazione solare, verrà stimata l'evapotraspirazione dell'impianto agrivoltaico in esame e confrontata con l'evapotraspirazione in campo aperto o di stazioni meteo limitrofe non influenzate dalla presenza dei pannelli.

2. il monitoraggio dell'acqua apportata nel sistema artificialmente (irrigazione): a tale proposito, nel caso in cui vengano eventualmente previste colture irrigue o irrigazioni di soccorso, saranno installati dei misuratori di portata (l/s) o contatori volumetrici (m³/ha) sulla fonte di adduzione principale. Tale misurazione può essere confrontata e rapportata con un'azienda non agrivoltaica per verificare l'effettivo risparmio idrico del sistema;

Le informazioni raccolte tramite gli approcci di monitoraggio sopraindicati si configurano come la base di dati fondamentale per l'ottimale gestione della risorsa idrica che circola all'interno del sistema agrivoltaico, anche nel caso si preveda di intervenire mediante apporti idrici artificiali.

I dati derivanti dalle capannine meteorologiche si integrano con quelli micro-ambientali raccolti dalla sensoristica descritta nel paragrafo successivo, consentendo l'elaborazione di utili valutazioni riguardanti i gradienti di variabilità dei parametri climatici oggetto di misura. Oltre alle evidenze derivanti dal rilevamento dei dati, utili per una prima analisi, è anche possibile un ulteriore approfondimento di questa, per desumere informazioni aggiuntive (mediante indici e indicatori) ai fini dell'efficientamento dell'uso dell'acqua, ad esempio:

- l'efficienza del sistema di regimazione delle acque in eccesso;
- il deficit di acqua necessaria per soddisfare il fabbisogno della coltura.

Dal momento che la conduzione agricola nell'impianto agrivoltaico potrebbe avvenire interamente in asciutta, a seconda della scelta dello scenario colturale, in base alle disposizioni delle Linee Guida Crea-GSE il monitoraggio del risparmio idrico riguarderebbe esclusivamente l'analisi dell'efficienza d'uso dell'acqua piovana (WUE), specificando sempre il metodo di stima dei consumi idrici colturali. Nel caso in cui si decida di intervenire con l'irrigazione regolarmente o tramite apporti di soccorso, il monitoraggio si fonda sull'utilizzo dei suddetti contatori parziali per la misurazione dei consumi. Inoltre, la scelta della duplice disposizione della sensoristica, sotto pannello e nell'interfila libera da ingombro, si rivela utile per una valutazione dell'impatto della copertura fotovoltaica sull'evapotraspirazione della superficie coltivata sottostante.

Nel caso in cui si decida di inserire colture irrigue, l'utilizzo di acqua sarà misurato attraverso contatori/misuratori fiscali di portata in ingresso all'impianto dell'azienda agricola e sulla derivazione dedicata all'irrigazione del sistema agrivoltaico, o anche tramite i dati presenti nel SIGRIAN (Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura). Il consumo di acqua oggetto di monitoraggio dovrà essere riferito all'irrigazione della superficie totale del sistema agrivoltaico, ove tecnicamente ed economicamente fattibile. Un esempio dei dati e parametri di monitoraggio sono riportati nella seguente tabella estrapolata dalle "Linee guida ministeriali sul monitoraggio della continuità agricola" (non si esclude l'aggiunta di ulteriori indici/indicatori/dati utili):

Tabella 8-3 - Tabella esempio valori monitoraggio della risorsa idrica.

Requisito	Tipologie di fattispecie	Dato da rilevare	Unità di misura	Dato di partenza	Dato da monitorare
Risparmio idrico	Autoapprovvigionamento	Consumi irrigui	m³/ha	Dati aziendali e dati RICA*	Anno n+1 Anno n+2 Anno n+3
	Rete consortile	Consumi irrigui	m3/ha	Dati aziendali e dati SIGRIAN+RICA*	Anno n+1 Anno n+2 Anno n+3
Auto approvvigionamento+ rete consortile	Consumi irrigui	m3/ha	Dati aziendali e dati SIGRIAN+RICA*	Anno n+1 Anno n+2 Anno n+3	

*Dato desk riferito alle condizioni di ordinarietà e riferito all'indirizzo produttivo praticato sulla superficie interessata dall'impianto. In assenza di dati RICA/SIGRIAN si potrà fare riferimento a consumi per medesimi ordinamenti produttivi in condizioni di ordinarietà nell'areale della superficie interessata dall'impianto. Si prevede di riportare nella perizia asseverata annuale eventuali variazioni riguardanti il metodo irriguo, la frequenza di rilevamento dei consumi, nonché il numero e la disposizione dei misuratori installati.

8.3.2 Monitoraggio microclima

Ai fini di efficientare l'attività agricola e monitorare l'impatto sul microclima del sistema agrivoltaico (in particolare, quello derivante dalla presenza dei moduli) e le conseguenze che ne derivano, la normativa inerente agli impianti avanzati ne prevede il monitoraggio. Come detto precedentemente, nell'impianto in oggetto è previsto il monitoraggio secondario, predisponendo un sistema che monitori i parametri ambientali, in linea con quanto proposto per gli impianti incentivati dal bando PNRR. La presenza dei pannelli influisce sul microclima per quanto riguarda la ventosità, l'umidità, la radiazione solare e le precipitazioni, modificando i processi fisiologici, la crescita e lo sviluppo delle piante. Gli aspetti sopracitati possono essere misurati e monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, unitamente a sensori per la misura della radiazione solare. In sintesi, il sistema di monitoraggio del microclima si basa su sensori per la rilevazione dei seguenti parametri:

Secondo la normativa per gli impianti beneficiari del PNRR, per ciascuno dei parametri sopra riportati, la rilevazione deve essere effettuata in campo aperto con l'installazione di un sensore (appunto in campo aperto, nelle immediate vicinanze dell'impianto ma non sotto di esso) e di un sensore installato retro-modulo per ogni ettaro di superficie (Stot dell'impianto). Una tale disposizione della sensoristica risulta essere funzionale allo studio della variabilità climatica sulla superficie destinata alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico, oltre che utile alla valutazione dell'impatto dei moduli fotovoltaici sul microclima dell'area in oggetto.

Per queste finalità, i Sistemi IoT rappresentano la soluzione ideale e compatibile con i sistemi agrivoltaici che saranno adoperati nella fattispecie di progetto. Tali sistemi permettono di avere una capannina meteo principale (nella quale vengono misurati tutti i parametri ambientali) e delle unità IoT secondarie che comunicano con la stessa; queste unità monitorano i soli quattro parametri sopra citati. Tale sistema risulta essere particolarmente efficiente nei sistemi agrivoltaici in quanto permette di registrare dati coerenti e puntuali su ampie aree di coltivazione anche distanti l'una dall'altra, senza eccessivo ingombro delle superfici e senza generare difficoltà operative durante le operazioni agricole.

Altri parametri utili nella gestione agricola e nel monitoraggio del risparmio idrico, per un quadro più esaustivo dei parametri micro-ambientali, sono:

- parametri del suolo (temperatura, umidità, pH, etc.);
- bagnatura fogliare.

Nella tabella successiva sono riportate a titolo esemplificativo alcune delle strumentazioni utilizzate nella stazione meteo principale, per rilevare i parametri citati in questo paragrafo.

Tabella 8-4 – Strumenti utilizzati nella stazione meteo principale

Strumento	Descrizione	Parametri
Piranometro	I piranometri sono strumenti che servono a misurare la “radiazione globale” su di una superficie (radiazione diretta e diffusa); il principio di funzionamento è generalmente basato sulla misura di una differenza di temperatura tra una superficie chiara ed una scura. La differenza di potenziale che si genera nella “termopila”, a causa del gradiente di temperatura tra le due superfici, permette di misurare il valore della radiazione solare globale incidente.	Radiazione globale: misurata durante l’arco della giornata e radiazione media giornaliera.
Pluviometro	Il funzionamento del pluviometro è basato su una bilancia che raccoglie acqua finché il peso (equivalente a 0.2 mm di pioggia caduta) non ne provoca il capovolgimento. Ad ogni capovolgimento della bilancia viene generato ed inviato all’unità di acquisizione un impulso elettrico: il numero degli impulsi trasmessi fornisce la misura della quantità d’acqua caduta.	Precipitazioni: misura delle precipitazioni (mm), con attenzione ad eventi abbondanti nel breve periodo (mm/ora – mm/giorno) e giorni senza piogge.
Anemometro	Un anemometro è costituito da tre o quattro coppette emisferiche, ognuna montata all’estremità di bracci orizzontali, che a loro volta sono montati a distanze regolari su un albero verticale. Il flusso d’aria che passa sulle coppette in direzione orizzontale fa girare le coppette proporzionalmente alla velocità del vento.	Velocità del vento: misurata durante l’arco della giornata (in continuo) e media giornaliera.
Sensore misurazione dell’umidità	I sensori per effettuare la misurazione dell’umidità sono costituiti da un polimero che assorbe e rilascia vapore acqueo, modificando la capacità elettrica del sensore. Le variazioni della capacità vengono misurate con i due elettrodi e vengono comunicate a un dispositivo che interpreta e trasmette la lettura.	Umidità dell’aria: umidità relativa (%) in continuo e giornaliera. Umidità del suolo: umidità relativa (%) in continuo e giornaliera.
Sensore misurazione temperatura dell’aria	I sensori per la misurazione della temperatura massima e minima sono costituiti da un magnete permanente che, a seconda della temperatura, genera attrazione oppure repulsione, reggendo magneticamente la tensione della molla oppure azionando un interruttore.	Temperatura: acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti, misurata con sensore con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Oltre al dato in continuo per analizzare l’andamento dei dati durante l’arco della giornata saranno prese in considerazione le temperature medie, minime e massime giornaliere.
Sensore misurazione bagnatura fogliare	Il principio di funzionamento del sensore di bagnatura fogliare si basa sulla misura del valore di resistenza tra due pettini, di rame dorato, riportati su una piastrina in vetronite delle dimensioni di 65,5x80 mm (dimensioni della foglia artificiale).	Bagnatura fogliare: tramite l’analisi della conducibilità elettrica sulla foglietta artificiale. Il risultato della misurazione è espresso in ore (h).

8.3.3 Monitoraggio della fertilità del suolo

La fertilità del suolo è determinata da un insieme di caratteristiche chimiche (presenza di elementi nutritivi NPK e microelementi, pH, salinità, etc.), fisiche (tessitura e struttura) e biologiche (quantità di sostanza organica e la presenza di microrganismi) del terreno molto complesse.

Secondo l’Allegato 1 del DM Agrivoltaico, il sistema di monitoraggio del recupero della fertilità è un aspetto che riguarda il recupero dei terreni non coltivati che potrebbero essere restituiti all’attività agricola per la realizzazione di sistemi agrivoltaici. Considerando che le superfici agricole su cui insiste l’impianto agrivoltaico non rientrano in questa casistica, il presente tipo di monitoraggio assume carattere non obbligatorio, anche se

fortemente consigliato per ottenere un utile riscontro dell'effetto della fertilità del suolo sui risultati produttivi. In base alle effettive possibilità di monitoraggio, verranno prese in considerazione le seguenti caratteristiche di fertilità dei suoli: la presenza di carbonio organico (indicatore della sostanza organica), Rapporto C/N, pH del suolo, calcare totale e calcare attivo, azoto totale, fosforo assimilabile e potassio assimilabile, capacità di scambio cationico (CSC), tessitura e salinità. Saranno pertanto previste, pre-progetto e a cadenza di ogni 6 anni post progetto, delle analisi del terreno, mediante campionature ed analisi di laboratorio delle caratteristiche precedentemente elencate, intervallate da analisi della fertilità più speditive a cadenza triennale effettuate secondo modalità estremamente innovative.

Grazie, al sistema di smart farming e, in particolare, attraverso l'interpretazione dei dati derivanti dalle immagini satellitari, è di recente stato reso possibile suddividere l'area di impianto in aree omogenee per caratteristiche di tessitura e per alcuni elementi importanti di fertilità (carbonio organico, ecc.). Si tratta di una nuovissima tecnologia che supera la, seppur molto recente, modalità di individuazione delle aree omogenee dei suoli, effettuata finora in ambito "precision farming" tramite misurazione della conducibilità elettrica (attraverso l'utilizzo di quad trainanti delle slitte con a bordo degli strumenti in grado di misurare la conducibilità elettrica dei terreni).

Secondo quanto appena esplicitato, il monitoraggio della fertilità si concretizza secondo le seguenti modalità:

- monitoraggio livello 1 - da immagini satellitari: un'analisi speditiva a cadenza triennale della fertilità con l'elaborazione delle immagini da satellite;
- monitoraggio livello 2 - da analisi di laboratorio: un'analisi più approfondita a cadenza di ogni sei anni della fertilità attraverso delle analisi di laboratorio con un campionamento del terreno delle sole aree omogenee (n. 1 campione per area omogenea), limitando, così, fortemente il numero dei campioni ed il relativo costo, rispetto al dover fare un piano di campionamento a tappeto dell'intera area (metodo tradizionale).

Tali informazioni di monitoraggio rilevate a cadenza triennale (da mappe) e ogni 6 anni (da analisi di laboratorio) verranno messe a disposizione del tecnico incaricato della relazione periodica triennale di tali aspetti (E.1 fertilità del suolo).

8.3.4 Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici

In questo caso il monitoraggio non è digital e nemmeno un monitoraggio continuo come avviene, invece, per tutti gli altri parametri. Come previsto dalle Linee Guida Ministeriali, il rispetto del requisito viene accertato nell'ambito della comunicazione di entrata in esercizio e, in seguito, per mezzo di una verifica post progetto (tramite acquisizione di documentazione anche fotografica della fase di cantiere e del manufatto finale) delle soluzioni adottate di adattamento climatico rispetto alla situazione pre-progetto.

Il monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici ha l'obiettivo di garantire che la produzione elettrica da moduli fotovoltaici sia realizzata in condizioni che non pregiudichi l'erogazione dei servizi o che non impatti sulla coltivazione agricola in ottica di cambiamenti attuali o futuri.

I principali cambiamenti climatici nell'area sono legati all'incremento delle temperature medie e alla variazione del regime delle precipitazioni, così come alla variazione nella frequenza e nell'intensità di eventi estremi. Questi fattori influenzano la produttività delle colture. Si fa presente, tuttavia, che gli aspetti monitorati in altri punti (D.1 risparmio idrico e D.2 Continuità dell'attività agricola, E.1 Fertilità agricola e E.2 Microclima) hanno effetti sulla resilienza ai cambiamenti climatici; ad esempio, la riduzione del vento e l'ombreggiamento delle colture nei periodi prolungati in assenza di piogge, riducendo l'evapotraspirazione e la temperatura del suolo, e di conseguenza il fabbisogno idrico delle colture, aumentano la resilienza delle colture rispetto agli impatti del cambiamento climatico.

8.4 CALENDARIO E COSTI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Tabella 8-5 - Investimenti delle attività di monitoraggio previste

Descrizione	n. unità	€/unità	Totale (€)
Accesso a piattaforma software di gestione/elaborazione dati (licenza)	1	5.000	5.000
stazioni meteorologiche centrali, complete di sensori (datalogger con trasmissione dati, pluviometro, sensore temperatura e umidità dell'aria, sensore radiazione solare, anemometro, bagnatura fogliare, pannello solare e batteria)	3	5.000	15.000
Unità IOT sensori (datalogger con trasmissione dati, pluviometro, sensore temperatura e umidità dell'aria, sensore radiazione solare, anemometro, bagnatura fogliare, pannello solare e batteria)	36	2.200	79.200
sensori di portata (contaltri)	2	2.500	5.000
digitalizzazione area azienda agricola	1	4.000	4.000
individuazione aree omogenee tessitura terreno (con possibile indicazione di eventuali punti di campionamento per analisi di laboratorio del terreno)	1	4.000	4.000
installazione sensori, formazione sul funzionamento del sistema (gg uomo)	8	900	7.200
relazione iniziale (cad.)	1	10.000	10.000
Investimento iniziale			129.400

Tabella 8-6 - Costi di gestione delle attività di monitoraggio previste

Descrizione	n. unità	€/unità	Totale (€)	€/anno
Accesso a piattaforma software di gestione/elaborazione dati (canone annuo)	1	5.500	5.500	5.500
Modulo quaderno di campagna (Qdc) all'interno della piattaforma informatica (canone annuo)	1	1.500	1.500	1.500
Manutenzione sensoristica	1	2.000	2.000	2.000
gestione ed elaborazioni dati di monitoraggio da piattaforma/sensori (gg/uomo)	30	550	16.500	16.500
elaborazioni dati monitoraggio variabilità del suolo (indicazioni su fertilità) da elaborazioni immagini satellitari (ogni 3 anni)	1	4.500	4.500	1.500
elaborazioni e spese per il monitoraggio della fertilità da analisi di laboratorio (ogni 6 anni) -prelievo campioni, analisi di laboratorio, elaborazione dati ed immissione nel sistema-	1	-	-	-
relazione agronomica annuale (cad)	1	15.000	15.000	15.000
Costo di gestione				42.000

9. CONCLUSIONI

La creazione di impianti agrivoltaici deve far quadrare le esigenze della produzione energetica con quelle della conduzione della componente agricoltura. L'azienda agricola, che viene condotta nell'ambito dell'impianto, deve avere caratteristiche di autonomia e di produttività sufficienti, se non ottimali.

L'impianto agrivoltaico in oggetto soddisfa i requisiti A, B, C, D, E delle Linee guida degli impianti agrivoltaici (giugno 2022) e delle norme CEI PAS 82-93 (12-2023), nel quale è predisposto un sistema di monitoraggio avanzato, in linea con quanto descritto nelle regole operative del DM Agrivoltaico (maggio 2024). Tale sistema è progettato in modo da garantire e facilitare:

- il reperimento delle informazioni per il tecnico incaricato per la redazione delle relazioni agronomiche di monitoraggio;
- la verifica da parte delle autorità competenti.

Oltre a tali aspetti, il sistema di monitoraggio sarà un valido Decision Support System (DSS) per l'attività agricola e un importante strumento per controllare (in tempo reale) che l'attività agricola sia svolta in linea con quanto previsto dai regolamenti, al fine di rispettare i requisiti di resa e tutti gli altri obblighi previsti dalla legge.

Nel caso in esame, la presenza, nelle rotazioni ante progetto, di cereali come il mais, coltura caratterizzata da PLS abbastanza elevata, unito alla esigenza, mostrata dal conduttore, di voler continuare a coltivare erba medica, ha portato i relatori del presente lavoro alla scelta di inserire alcune colture ortive, sia pure per superfici ridotte, per aumentare la redditività aziendale in linea con la situazione specifica aziendale. Come già precedentemente descritto nella presente relazione, l'indirizzo colturale proposto non è l'unico indirizzo percorribile. Qualora si ritenesse opportuno, e nel rispetto delle norme in vigore, si potrebbero escludere le colture ortive inserendo nel ciclo colturale specie con PLS più elevata dell'erba medica (frumento, sorgo, farro, leguminose da granella, ecc.), o mantenere la medica stessa, a patto che parte della destinazione sia per la produzione di seme. Qualora si volesse optare per le dette soluzioni si dovrà necessariamente adattare la meccanizzazione per le operazioni di raccolta, come suggerito nel paragrafo "Scenari alternativi".

La prima opzione proposta sarà incentrata su colture foraggere, sia poliannuali (medicaio), che annuali (erbai invernali di loietto e triticale); l'esigenza di diversificare le specie da erbaio è legata alla richiesta, nella riforma della Pac, di non ripetere la stessa coltura annuale per due cicli di seguito. Il mantenimento della fertilità del suolo è garantito dal rilascio degli abbondanti residui di medica nel terreno, ad elevato contenuto di azoto.

La seconda rotazione, come detto prima, destinata ad una parte della superficie di impianto, viene incentrata su colture ortive, al fine di incrementare la PLS aziendale.

Le opere di mitigazione prevedono l'impianto di specie arboree e arbustive autoctone, come da regolamento vigente in alcuni enti territoriali di competenza. Incluso nello studio della mitigazione tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'opera.

Infine, la presente relazione agronomica, oltre agli aspetti sopracitati, tiene conto delle ricadute delle pratiche agricole sull'agroambiente, considerando la sua componente pedologica, idrologica e biologica. Nello specifico, è stata data particolare attenzione alla razionalizzazione dell'impiego delle risorse primarie, con particolare riguardo per la risorsa idrica, la fertilità del suolo e l'incremento di biodiversità.

Roma 26/11/2025

Firma



ZUCCONI NICCOLO'
CONAF
4.11 Dottore
Agronomo
26.11.2025 14:45:28
UTC

10. BIBLIOGRAFIA

- A machine-learning digital-twin for rapid large-scale solar-thermal energy system design (2023), Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering;
- A non-traditional Agrophotovoltaic installation and its impact on cereal crops: A case of the BRRI-33 rice variety in Bangladesh (2023), Heliyon;
- Agostini, M. Colauzzi, S. Amaducci. Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. (2021);
- Amatangelo, 2008. Response of California annual grassland to litter manipulation. Journal of Vegetation Science, 19:605-612;
- Atto del governo sottoposto a parere parlamentare n. 297 (trasmesso alla Presidenza del Senato il 2 agosto 2021): <https://www.senato.it/service/PDF/PDFServer/BGT/1310524.pdf>;
- 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. (2021);
- Cheviron et al. A framework to use crop models for multi-objective constrained optimization of irrigation strategies Environ. Modell. Softw. (2016);
- Dupraz et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising Land use: towards New agrivoltaic schemes Renew. Energy (2011);
- Can synergies in agriculture through an integration of solar energy reduce the cost of agrivoltaics? An economic analysis in apple farming (2023), Applied Energy;
- Cappellina C. Agrivoltaico: la coesistenza tra il fotovoltaico e l'attività agricola è possibile. 5 luglio 2021. In Suncity Italia: <https://bit.ly/2ZFEARq>;
- Ciliberti, S., & Frascarelli, A. (2015). A critical assessment of the implementation of CAP 2014-2020 direct payments in Italy. Bio-Based and Applied Economics, 4(3), 261- 277. (2015) <https://doi.org/10.13128/BAE-16377>;
- Commissione europea, Funding & Tender Opportunities. Novel Agro-Photovoltaic system <https://ec.europa.eu/info/fundingtenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl5-2022-d3-01-06>;
- Commissione europea. Horizon Europe. <https://ec.europa.eu/info/research-andinnovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-opencalls/horizon-europe>;
- Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo, al Comitato delle Regioni e alla Banca europea per gli investimenti. Un pianeta pulito per tutti Visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra. COM/2018/773: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/>;
- Crop-driven optimization of agrivoltaics using a digital-replica framework (2023), Smart Agricultural Technology;
- Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker e Chad W. Higgins, 2018. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PLOS One. Department of Biological and Ecological Engineering, Oregon State University (OSU);

- Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker e Chad W. Higgins. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PLOS One. Department of Biological and Ecological Engineering, Oregon State University (OSU). (2018);
- Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker, Chad W. Higgins. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. (2018);
- Environmental benefits of co-located photovoltaic and greenery systems: A review on the operational performance and assessment framework across climate zones (2023), Sustainable Energy Technologies and Assessments;
- Forst and McDouglass, 1989. Tree canopy effects on herbaceous production of annual rangeland during drought. Journal of Range Management, 42:281-283;
- H. Dinesh, J. M. Pearce, The potential of agrivoltaic systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 54, 2016, Pages 299-308, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>;
- H. Marrou, L. Guillioni, L. Dufour, C. Dupraz, J. Wery, 2013. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? Agricultural and Forest Meteorology 177 (2013) 117–132;
- H. Marrou et al. How does a shelter of solar panels influence Water flows in a Soil–crop system? Eur. J. Agron. (2013);
- H. Marrou et al. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? Agric. Forest Meteorol. (2013);
- H. Marrou, L. Guillioni, L. Dufour, C. Dupraz, J. Wery. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? (2013);
- H.T. Harvey & Associates. Evaluation of potential changes to annual grass lands in response to increased shading by solar panels from the California Valley Solar Ranch project. High Plains Ranch II, LLC. (2010);
- Hadi A. AL-agele, Kyle Proctor, Ganti Murthy and Chad Higgins. A Case Study of Tomato (*Solanum lycopersicon* var. Legend) Production and Water Productivity in Agrivoltaic Systems. (2021);
- Increasing the agricultural sustainability of closed agrivoltaic systems with the integration of vertical farming: A case study on baby-leaf lettuce (2023), Applied Energy;
- J. Bota et al. Differences among Grapevine cultivars in their stomatal behavior and Water use efficiency under progressive Water stress. (2016);
- J.C. Mailhol et al. Analysis of AET and yield predictions under surface and buried drip irrigation systems using the crop model PILOTE and Hydrus-2D Agric. Water Manage. (2011);
- Jean Mailhol et al. Sorghum and sunflower evapotranspiration and yield from simulated leaf Area index Agric. Water Manage. (1997);
- L. Guillioni et al. A model to estimate the temperature of a maize Apex from meteorological data Agric. For. Meteorol. (2000);
- Legge 24 marzo 2012, n.27, “Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1: Misure urgenti in materia di concorrenza, liberalizzazioni e infrastrutture.” (G.U. del 24 marzo 2012, n.71);
- Legge 29 luglio 2021, n. 108, “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 31 maggio 2021, n. 77, recante governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure”. (G.U. del 30 luglio 2021, n. 181);

- M.R. Khaledian et al. Adapting PILOTE model for water and yield management under direct seeding system: the case of corn and durum wheat in a Mediterranean context Agric. Water Manage. (2009);
- Meloni E. Agrivoltaico: la sinergia tra agricoltura ed energia rinnovabile. In Rinnovabili.it: <https://bit.ly/3buGxTr>;
- MISE. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC): https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf;
- Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR): <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>;
- Pietro Elia Campana, Bengt Stridh, Stefano Amaducci, Michele Colauzzi. Optimisation of vertically mounted agrivoltaic systems. (2021);
- R. Guidotti: Lavorazioni del terreno su misura, Il Contoterzista, (2018);
- Redazione, Agro-voltaico: il matrimonio tra agricoltura e solare, 19 Maggio 2021, RivistaEnergia;
- Redazione. Agrivoltaico: il connubio tra fotovoltaico e agricoltura. 12 febbraio 2021. In 4 Energy.it: <https://bit.ly/3GB5VFj>;
- Redazione. Agrovoltaico, nasce una rete coordinata da Enea. 10 maggio 2021. In Qual Energia: <https://www.qualenergia.it/articoli/agrovoltaico-nasce-rete-coordinataenea/>;
- Regione Emilia-Romagna servizio geologico, Paola Tarocco e Alessandra Aprea, «CAPACITÀ D'USO DEI SUOLI AI FINI AGRICOLI E FORESTALI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA,». (2021);
- S. Martorell et al. Differences in Water-use-efficiency between Two Vitis Vinifera cultivars (Grenache and Tempranillo) explained by the combined response of stomata to hydraulic and chemical signals during Water stress Agric. Water Manage. (2015);
- Sami Touil, Amina Richa, Meriem Fizir & Brendon Bingwa. Shading effect of photovoltaic panels on horticulture crops production: a mini review. (2021);
- PGRA Piano di Gestione Rischio Alluvioni-Emilia Romagna;
- Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE)- Comuni di Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme e Solarolo (Tavola 7);
- REGOLAMENTO URBANISTICO EDILIZIO L.R. 20/2000 (RUE)-allegato D REGOLAMENTAZIONE DEL VERDE PUBBLICO E PRIVATO- comuni di Argenta-Migliarino-Ostellato-Portomaggiore-Voghiera;

11. SITOGRAFIA

- [http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=37850;](http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=37850)
- [https://agrea.regione.emilia-romagna.it/;](https://agrea.regione.emilia-romagna.it/)
- <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/aiuti-imprese/temi/prezzario/il-prezzario-documento-e-sue-modifiche/testo-coordinato-con-tutte-le-modifiche-formato.doc;>
- <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/dop-igp/temi/prodotti-dop-e-igp-emilia-romagna/elenco-prodotti-dop-e-igp-dellemilia-romagna;>
- <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.001>Get rights and content;
- <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116102>Get rights and content;
- <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/applicazioni-gis/regione-emilia-romagna/pianificazione-e-catasto/uso-del-suolo;>
- [https://www.fe.camcom.it/;](https://www.fe.camcom.it/)
- <https://www.isprambiente.gov.it/it;>
- [https://www.ncei.noaa.gov/themes/custom/ncei/logo.svg;](https://www.ncei.noaa.gov/themes/custom/ncei/logo.svg)
- ISPRA. 2021. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici: <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/il-consumo-di-suolo/idati-sul-consumo-di-suolo>;
- [https://www.regione.emilia-romagna.it/;](https://www.regione.emilia-romagna.it/)
- <https://www.romagnafaentina.it/L-Unione-dei-comuni/Statuto-e-regolamenti/Regolamenti;>
- [https://webgis.adbpo.it/;](https://webgis.adbpo.it/)
- [https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/;](https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/)
- <https://geoportale.incendiboschivi.it/portal/apps/dashboards/28bf7093952a47349feab3f2ef98b0c7;>
- [https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/FORESTEHTM5/index.html;](https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/FORESTEHTM5/index.html)
- <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/rete-natura-2000-in-emilia-romagna;>
- [http://www.pcn.minambiente.it/viewer/;](http://www.pcn.minambiente.it/viewer/)
- <https://www.romagnafaentina.it/L-Unione-dei-comuni/Servizi-online/Edilizia-e-Urbanistica/SIT-Sistema-Informativo-Territoriale;>
- [https://apps.romagnafaentina.it/geonext-ctw/;](https://apps.romagnafaentina.it/geonext-ctw/)
- [https://dpdepietri.it/raccoglitrice-ortaggi/raccoglitrice-spinaci/#gamma-prodotti;](https://dpdepietri.it/raccoglitrice-ortaggi/raccoglitrice-spinaci/#gamma-prodotti)
- <https://www.romagnaoccidentale.it/territorio/#;>
- [www.gamplastic.com;](http://www.gamplastic.com)
- [www.mondoirrigazione.it;](http://www.mondoirrigazione.it)
- [https://www.actaplantarum.org/;](https://www.actaplantarum.org/)
- [https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/;](https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/)

- <https://www.comune.ferrara.it/geoportale;>
- <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/psr-2014-2020;>
- [https://www.rbsementi.com/it/.](https://www.rbsementi.com/it/)