

Newagro S.r.l.

**Impianto Agrivoltaico denominato "Consandolo"
da 57.002,4 kWp, opere connesse e infrastrutture
indispensabili**

Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE)

**Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico ed Opere Elettriche di
Utenza**

Allegato C.09 Relazione di progettazione tecnico-agronomica



Niccolò Zucconi, ordine dei dottori agronomi e forestali di Roma (RM) n. 942

Luigi Valente, ordine dei dottori agronomi e forestali di Roma (RM) n. 2025

Dino Ortenzi, dottore in scienze agrarie

Giovanni Scola Gagliardi, responsabile divisione agribusiness

Rev. 0

Maggio 2024

wood.

Indice

1	Introduzione	6
2	Descrizione del sito dell'impianto agrivoltaico	7
2.1	Inquadramento territoriale	7
2.2	Descrizione del sito dell'impianto agrivoltaico	9
2.3	La Società Agricola	11
2.4	Descrizione dei parametri significativi di progetto	12
2.5	Descrizione dell'area di interesse delle attività agricole	13
2.5.1.	Inquadramento urbanistico	13
2.5.2.	Identificazione catastale	14
2.5.3.	Inquadramento agricolo dell'area	15
2.6	Produzioni agro-alimentari a marchio di qualità ottenibile sul territorio in esame	16
2.7	Prodotti agricoli del ferrarese D.O.P e I.G.P.	17
2.5.4.	Aglio di Voghiera DOP	17
2.5.5.	Asparago verde di Altedo IGP	17
2.5.6.	Melone mantovano IGP	18
2.5.7.	Pera dell'Emilia-Romagna IGP	18
2.5.8.	Pesca e nettarina di Romagna IGP	18
2.5.9.	Riso del Delta del Po IGP	18
2.8	Prodotti alimentari D.O.P. e I.G.P.	19
2.5.10.	Cappellacci di zucca ferraresi IGP	19
2.5.11.	Coppia ferrarese IGP	19
2.5.12.	Grana Padano DOP	19
3	Suolo e sottosuolo	20
3.1	Indicazione dell'uso del suolo	20
3.2	Inquadramento climatico	21
3.3	Inquadramento pedologico	22
3.4	Analisi delle caratteristiche del suolo	23
3.4.1.	Salinità del suolo	23
3.4.2.	Sostanza organica	25
3.4.3.	Tessitura del suolo	26
3.4.4.	pH del suolo	27
3.4.5.	Capacità dell'uso del suolo	28
3.5	Considerazioni di massima sulla pedologia del sito	31

3.6	Considerazioni di massima sulla scelta dei cantieri di lavoro e semina	35
3.7	Analisi della risorsa idrica	35
3.8	Zona di impianto e caratteristiche territoriali: l'area di bonifica	36
3.9	Organizzazione consortile della zona	37
3.10	Verifica della presenza della risorsa idrica	37
4	Benefici, sinergie e mitigazione delle interferenze	38
4.1	Gestione e mitigazione delle potenziali interferenze	39
4.1.1.	Tecnologia impiantistica	39
4.1.2.	Distanza tra le strutture	39
4.1.3.	Altre interferenze	41
4.1.4.	Sicurezza dell'operatore agricolo in ambiente agrivoltaico	42
4.2	Sinergie	42
4.3	Benefici ambientali	44
4.4	Miglioramenti fondiari	44
5	Definizione del piano colturale nelle varie aree di intervento	46
5.1	La situazione agricola ex ante nell'area del progetto	46
5.2	Azienda agricola e ordinamento colturale	46
5.3	L'attività di produzione agricola ex post dell'area di progetto	49
5.3.1.	Il sistema agrivoltaico: configurazione spaziale, scelte tecnologiche	49
5.3.2.	Viabilità	53
5.3.3.	La scelta dell'indirizzo colturale	55
5.3.4.	Colture consigliate	56
5.3.5.	Indirizzo produttivo	59
5.3.6.	Pereto	59
5.3.7.	Le fasce di mitigazione	62
5.3.8.	Fabbisogni irrigui in relazione alle colture praticate	70
5.3.9.	Descrizione degli impianti di irrigazione	72
5.4	La Meccanizzazione	74
5.4.1.	La meccanizzazione degli interfilari	74
5.4.2.	Meccanizzazione del pereto	83
5.4.3.	La meccanizzazione per la gestione dell'area sotto i moduli	85
5.4.4.	La meccanizzazione nelle aree esterne	87
5.4.5.	La meccanizzazione nelle fasce di mitigazione	88
5.4.6.	Fabbisogno di lavoro	91
6	Valutazioni economiche	94

6.1 Conti colturali dell'indirizzo produttivo prescelto	94
6.2 Costi di impianto e di gestione delle opere di mitigazione	99
6.3 Confronto della redditività tra la situazione ante e post progetto	104
7 Monitoraggio della qualità del suolo e dell'attività agricola	105
7.1 Il monitoraggio delle colture in ambito agrivoltaico	105
7.2 Il sistema di monitoraggio	106
7.2.1. Monitoraggio delle produzioni e della Continuità dell'attività agricola (punto D2 e B delle Linee Guida Ministeriali)	108
7.2.2. Monitoraggio della fertilità del suolo (punto E1 delle Linee Guida Ministeriali)	109
7.2.3. Monitoraggio microclima (punto E2 delle Linee Guida Ministeriali)	110
7.2.4. Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici (punto E3 delle Linee Guida Ministeriali)	110
7.2.5. Monitoraggio del risparmio idrico (punto D1 delle Linee Guida Ministeriali)	110
7.3 Supporto alle attività di verifica	111
7.3.1. Verifica dei requisiti A.1 e A.2 delle Linee Guida Ministeriali	111
7.3.2. Verifica dei requisiti B.1 e D.2 delle Linee Guida Ministeriali	111
7.3.3. Verifica dei requisiti D.1, E.1, E.2, E.3 ed E.4 delle Linee Guida Ministeriali	112
7.3.4. Elaborati, documenti, relazioni ed attività per le attività di verifica	115
7.3.5. Verifica dei requisiti di cui al punto E delle Linee Guida in materia di Agrivoltaico Monitoraggio delle matrici ambientali di un impianto agrivoltaico.	115
8 Conclusioni	117
9 Bibliografia	118
10 Sitografia	121

Questo documento è di proprietà di Newagro 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 Newagro 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, etc.) 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 alle consuete pratiche agricole, svolte nelle aziende con lo stesso ordinamento tecnico-agronomico, senza componente fotovoltaica.

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 Newagro S.r.l. di massimizzare la produzione di energia elettrica dell'impianto;
- la necessità di garantire il proseguo dell'esercizio dell'attività di coltivazione agricola da parte della Azienda Agricola Il Vallone Società Agricola 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 effettuate sulla 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 verranno adottate, 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.

¹ Direttiva 91/676/CEE

2 Descrizione del sito dell'impianto agrivoltaico

2.1 Inquadramento territoriale

L'area interessata dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico si estende su una superficie di circa 116 ha ed è situata nella parte orientale della Pianura Padana, in provincia di Ferrara, nei comuni di Argenta e Portomaggiore. L'inquadramento dell'impianto agrivoltaico è evidenziato nelle successive figure.

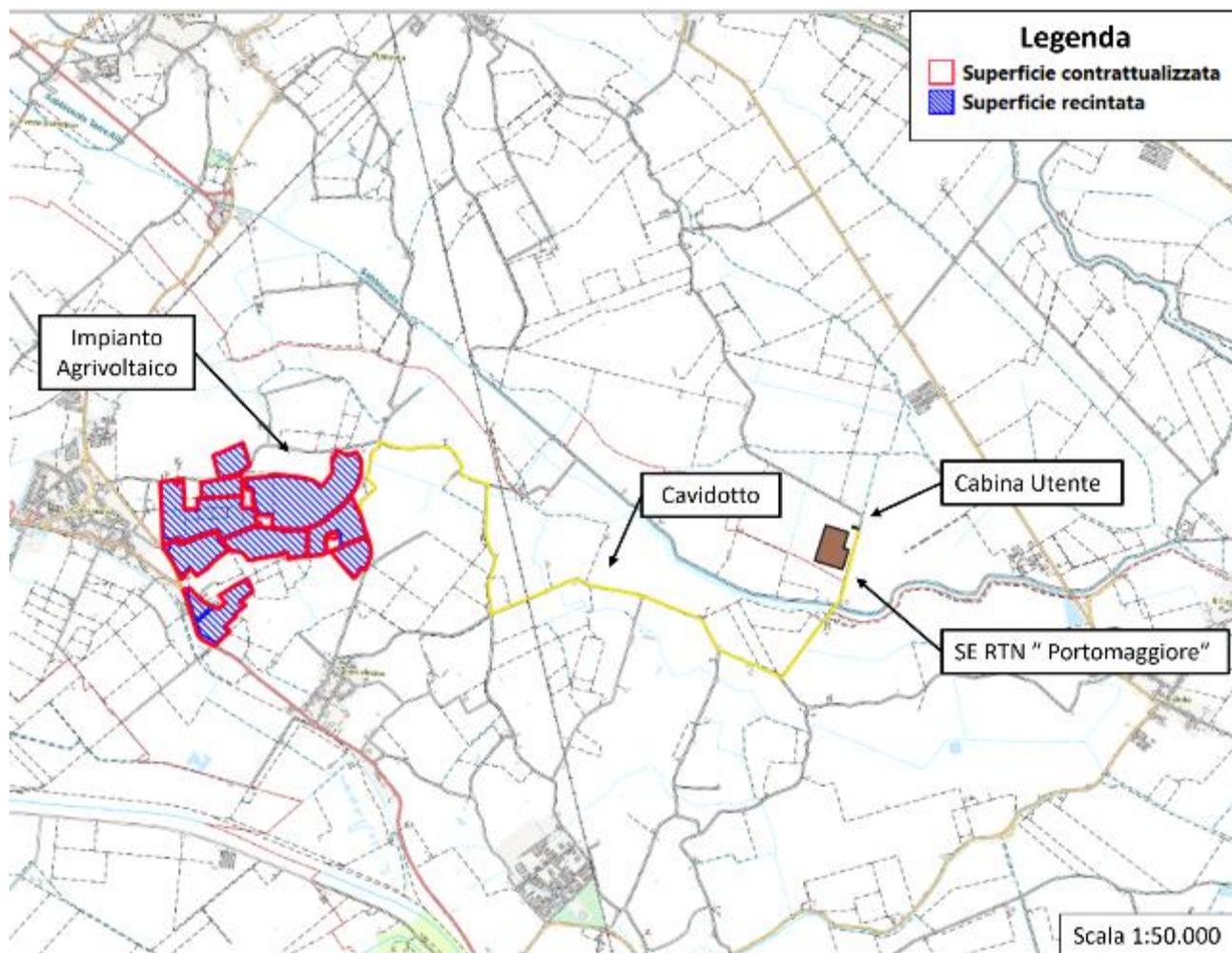


Figura 2-1 - Inquadramento su DBTR – Impianto agrivoltaico e opere di connessione

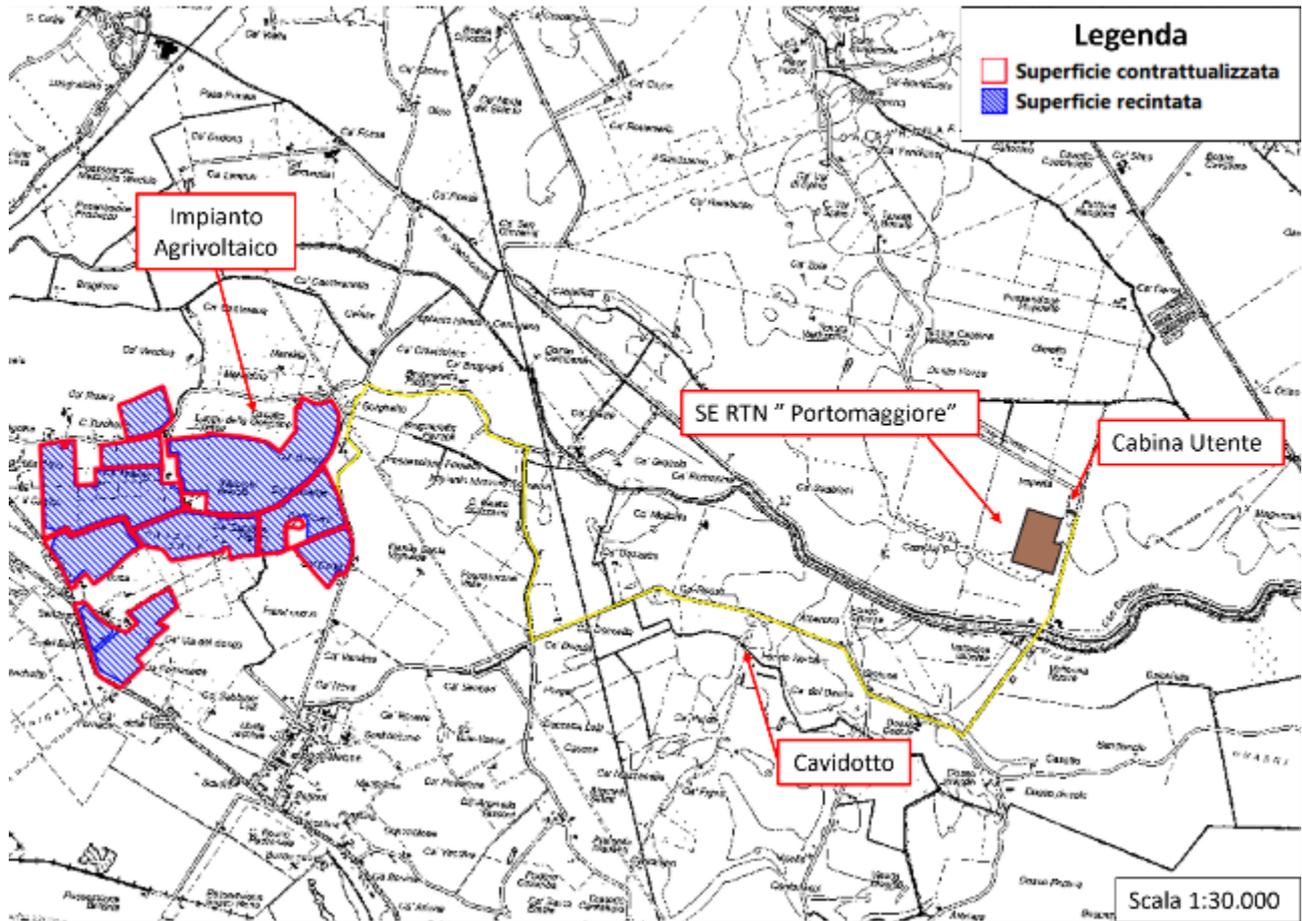


Figura 2-2 – Inquadramento su CTR – Impianto agrivoltaico e opere di connessione

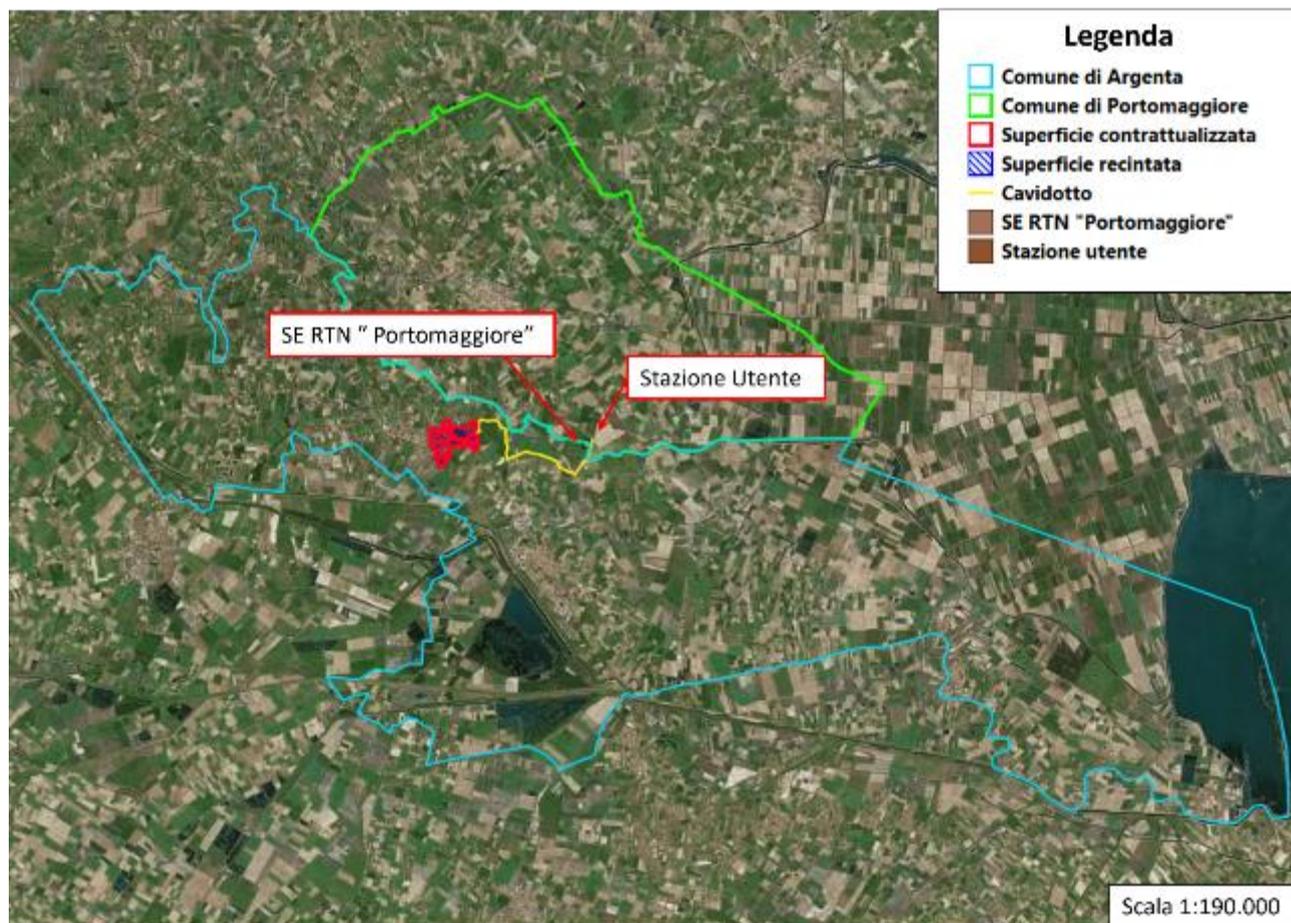


Figura 2-3 – Limiti comunali di Argenta e Portomaggiore

2.2 Descrizione del sito dell'impianto agrivoltaico

La collocazione del sito è in ambiente rurale e risulta essere ripartito in più aree non omogenee. Ad ovest dell'impianto, a circa 200 m di distanza, si trova il centro urbanizzato della frazione di Consandolo (Argenta, FE), a sud, a circa 1 km dall'impianto, la frazione di Boccaleone (Argenta, FE). Ad esclusione di questi centri, l'area limitrofa risulta essere scarsamente abitata, con la presenza di pochi edifici rurali diffusi. L'intera area in cui ricadono i settori dell'impianto agrivoltaico viene compresa nell'immagine seguente.

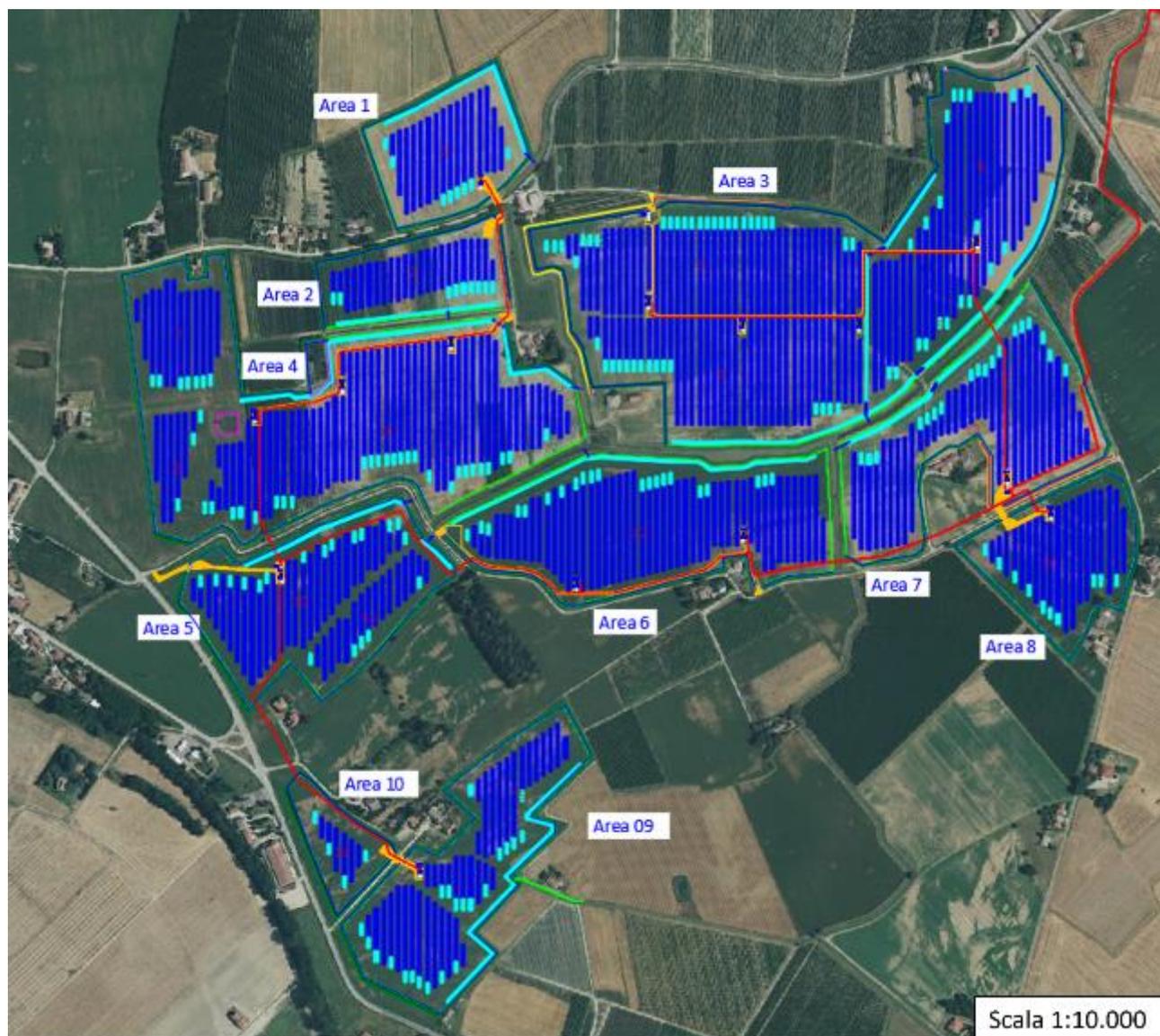


Figura 2-4 – Inquadratura su ortofoto - aree dell’impianto agrivoltaico

In tabella 2.1 vengono riportati i confini delle 10 Aree che compongono l’impianto agrivoltaico.

Tabella 2.1– Confini delle Aree di impianto

Area 1	Area 2
<ul style="list-style-type: none"> nord, particella esterna al progetto; 	<ul style="list-style-type: none"> nord, Via Gresolo;
<ul style="list-style-type: none"> est, particella esterna al progetto; 	<ul style="list-style-type: none"> est, Strada carrozzabile;
<ul style="list-style-type: none"> sud, Via Gresolo; 	<ul style="list-style-type: none"> sud, Strada carrozzabile;
<ul style="list-style-type: none"> ovest, particella esterna al progetto. 	<ul style="list-style-type: none"> ovest, particella esterna al progetto.
Area 3	Area 4
<ul style="list-style-type: none"> nord, Strada carrozzabile 	<ul style="list-style-type: none"> nord, Via Gresolo/Strada carrozzabile;
<ul style="list-style-type: none"> est, Via Pozze Androna/ Condotta Passo Salet; 	<ul style="list-style-type: none"> est, Canale All. Munara;

• sud, Canale All. Munara;	• sud, Via Sabbioni;
• ovest, Canale All. Munara.	• ovest, particella esterna al progetto.
Area 5	Area 6
• nord, Via Sabbioni;	• nord, Canale All. Munara/Condotto Campognolo;
• est, Via Sabbioni.	• est, Canale All. Munara;
• sud, particella esterna al progetto;	• sud, Via Sabbioni;
• ovest, Via Adriatica.	• ovest, Via Sabbioni.
Area 7	Area 8
• nord, Condotto Passo Salet;	• nord, Via Sabbioni;
• est, Via Pozze Androna;	• est, Via Pozze Androna;
• sud, Via Sabbioni;	• sud, particella esterna al progetto;
• ovest, Canale All. Munara.	• ovest, particella esterna al progetto.
Area 9	Area 10
• nord, Strada carrozzabile;	• nord, Via Sabbioncini;
• est, Strada carrozzabile;	• est, Via Sabbioncini;
• sud, Via Adriatica;	• sud, Strada carrozzabile;
• ovest, Via Adriatica.	• ovest, Via Adriatica.

La superficie totale dei suoli agricoli ove verrà collocato l'impianto agrivoltaico è di circa 116 ha. Il paesaggio circostante dell'area sede di impianto, è quello tipico dell'ambiente agricolo di pianura, caratterizzato da colture a seminativo semplice ed ortive. La maggior parte delle costruzioni presenti, sono destinate ad attività agricole e/o al ricovero per animali.

2.3 La Società Agricola

La Società Agricola, che svolgerà le attività di coltivazione e di manutenzione ordinaria/straordinaria della fascia arborea perimetrale e delle aree inerbite, è denominata **Azienda Agricola Il Vallone Società Agricola S.S.** Questa è la stessa società proprietaria di una parte dei terreni, in cui è prevista la realizzazione dell'Impianto Agrivoltaico, ed è afferente al Gruppo Carli.

Il Gruppo Carli è attivo sul territorio emiliano-romagnolo da oltre sessant'anni, ed è leader nella produzione di erba medica e foraggi disidratati a livello nazionale ed internazionale. Il Gruppo ha sempre dimostrato un impegno ecologico ed un'attenzione all'innovazione tecnologica, e ciò trova ulteriore riscontro nella collaborazione con la Società Il Vallone nel progetto dell'impianto agrivoltaico. Il progetto è stato definito con una configurazione tale da consentire lo svolgimento delle attività agricole nelle interfile, tra strutture di supporto dei moduli fotovoltaici.

In previsione della sottoscrizione degli accordi di dettaglio per l'esecuzione delle attività agricole nell'area dell'impianto agrivoltaico, le parti hanno già stabilito dei principi per la gestione di tali attività, elencati nell'Allegato C – "Principi generali di coltivazione" del contratto preliminare di costituzione di diritto di superficie e di servitù, stipulato in data 17 agosto 2023. Secondo tali principi, la Società Agricola svolgerà a propria cura e spese le seguenti attività:

- lo svolgimento delle attività agricole di cui al Piano Agronomico (da predisporre congiuntamente tra le parti);
- l'impiego di manodopera, macchinari e organizzazione e svolgimento delle fasi di coltivazione, secondo standard adeguati, delle specie vegetali individuate;
- la raccolta delle piante o parti di esse e dei frutti e il relativo stoccaggio direttamente nell'area di coltivazione;

- l'esecuzione e la documentazione di tutto quanto necessario ed opportuno per garantire la continuità dell'attività agricola;
- la gestione dei rapporti con i fornitori, i distributori e i clienti relativi alle attività agricole;
- la predisposizione, il mantenimento, il periodico aggiornamento e la consegna alla Società della documentazione agricola e di ogni altra eventuale documentazione e informazione, relativa alle attività agricole, ragionevolmente richiesta dalla Società o da predisporre ai sensi della legge di volta in volta vigente e/o richiesta da qualsivoglia autorità competente, ai fini del monitoraggio dello stato e dello sviluppo delle colture;
- le attività inerenti ad una migliore gestione dell'area di coltivazione ed al funzionamento continuo e sicuro delle attività agricole, comprese quelle al mantenimento della pulizia e dell'ordine dell'area di coltivazione.

Le parti si sono impegnate, inoltre:

- a minimizzare l'impatto delle attività agricole sulla conduzione e manutenzione dell'impianto e viceversa;
- a rispettare il regolamento di accesso al terreno e all'area di coltivazione e le misure di sicurezza;
- ad adottare opportune misure per prevenire ogni sorta di inquinamento del terreno;
- ad adottare misure per il rispetto delle norme in materia di condizionalità agricola, della produzione di piante ornamentali, del Piano di Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (come di volta in volta aggiornato), delle norme sull'uso delle acque irrigue e delle prescrizioni normative comunitarie, nazionali e regionali in ambito agricolo.

2.4 Descrizione dei parametri significativi di progetto

La definizione della soluzione impiantistica del progetto è stata guidata dalla volontà della Società Newagro S.r.l. di perseguire i principi di tutela, salvaguardia e valorizzazione del contesto agricolo, nel quale si inserisce l'impianto agrivoltaico stesso.

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

L'area totale sede dell'impianto consta di 116 ha di superficie totale, mentre l'area effettivamente coperta dai moduli (nel caso questi siano orientati parallelamente al suolo) è pari circa a 24,6 ha, quindi circa il 21,2% della superficie totale. La superficie occupata dalla viabilità nell'area dell'impianto, dai piazzali delle cabine di conversione/ausiliarie/di raccolta, oltre che dall'edificio magazzino/sala di controllo, è di circa 2,1 ha (circa il 1,8 % della superficie totale contrattualizzata).

Sarà realizzata una fascia vegetale di mitigazione, per un mascheramento visivo dell'impianto, lungo l'intero perimetro, avente larghezza di 3 m, esterna alla recinzione, prevedendo una occupazione di circa 3,7 ha (circa il 3,1 % della superficie contrattualizzata). La fascia sarà ampliata a 6 m di larghezza per la porzione di perimetro di impianto, limitrofa alle strade a più alta percorrenza.

La superficie agricola, calcolata ai sensi della norma CEI PAS 82-93 del 2023-12, varia in funzione dell'altezza raggiunta dalle colture praticate, che a sua volta influenza la massima inclinazione raggiungibile dai moduli. Sono state considerate due altezze di riferimento delle colture: 0,7 m per l'erba medica e 1,2 m per il grano, alle quali è stato applicato un franco minimo di 0,2 m dalla base dei moduli FV. La superficie agricola varia quindi tra **91,3 ha (il 78,4% della superficie totale)**, in corrispondenza di un'altezza totale (coltura + franco) pari a 0,9 m, e **87,4 ha (il 75,2% della superficie totale)**, per un'altezza pari a 1,4 m. (rif.: All. C.12 "Relazione di verifica del rispetto dei requisiti di impianto agrivoltaico dalle Linee Guida MiTE e Norme CEI PAS 82-93"). 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.

L'area sottostante i pannelli fotovoltaici consta di una larghezza di oltre 4 m (quando il loro orientamento è parallelo al suolo); tale area rientra, ai sensi della norma tecnica CEI PAS 83-93, nel calcolo della superficie agricola e verrà coltivata (fino al punto di inclinazione dei moduli di 45,5°) unitamente alle fasce interfilari, alle aree esterne (fuori dai moduli) e, sebbene in modalità diversa (colture permanenti), alle aree di mitigazione.

2.5 Descrizione dell'area di interesse delle attività agricole

2.5.1. Inquadramento urbanistico²

Il certificato di destinazione urbanistica (CDU) rilasciato dall'Unione dei Comuni Valli e Delizie (di cui fa parte il Comune di Argenta), fa riferimento a quanto indicato dal Piano Urbanistico Generale (PUG), piano urbanistico attualmente vigente per il territorio interessato dal presente progetto, approvato con delibera di Consiglio Unione n. 36 del 29.09.2022 e vigente dal 26.10.2022.

Dal CDU si evince che i terreni interessati dalla realizzazione dell'Impianto agrivoltaico ricadono in territorio agricolo ad alta vocazione produttiva; l'art. 5.11 delle "Disciplina degli interventi edilizi diretti" del PUG conferma che in tali zone è consentita la realizzazione di impianti di produzione di energia. Una porzione minore delle particelle contrattualizzate ricade in aree vincolate, ed il layout dell'impianto agrivoltaico è stato perciò definito escludendo dal progetto tali aree minori vincolate.

Nello specifico, dal CDU si evince che, in linea con quanto riportato nella Scheda dei Vincoli del PUG dell'Unione Valli e Delizie, i terreni sono soggetti ai seguenti principali vincoli:

- "Tutelati ai fini ambientali e paesaggistici – Dossi o dune di rilevanza storico documentale e paesistica" di cui all' art. 20/a del PTCP – Scheda dei Vincoli del PUG; l'intervento non è in contrasto con questo vincolo;
- "Tutelati quali beni storici, testimoniali e culturali - Macero con componente ambientale di base"; i maceri presenti nell'area sono stati tenuti fuori dall'impianto ed opportunamente salvaguardati;
- "Tutelati quali beni storici, testimoniali e culturali – Viabilità storica" di cui all' Art. 24 del PTCP – Scheda dei Vincoli del PUG; tali aree non sono interessate dalle opere dell'Impianto Agrivoltaico;
- "Tutelati ai fini ambientali e paesaggistici – Fascia di rispetto delle strade panoramiche" di cui all'art. 24 del PTCP – Scheda dei Vincoli del PUG; tali aree non sono interessate dalle opere dell'Impianto Agrivoltaico;
- "Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio - Fascia di rispetto stradale" di cui al D. Lgs.285/1992 – DPR n.445/1992 – Scheda dei Vincoli del PUG; tali aree non sono interessate dalle opere dell'Impianto Agrivoltaico;
- "Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio - Fascia di rispetto degli elettrodotti" di cui al Decreto Ministero Ambiente 28.05.2008 – LR 30/2000 – DGR 197/2001 – Scheda dei Vincoli del PUG; tali aree non sono interessate dalle opere dell'Impianto Agrivoltaico;
- "Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio - Fascia di rispetto dei depuratori" di cui alla Delibera Comitato Interministeriale per la Tutela delle Acque dall'inquinamento CITAI del 04.02.1977 – Scheda dei Vincoli del PUG; l'intervento non è in contrasto con questo vincolo;
- "Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio – Aree soggette a rischio di alluvionamento" di cui al PGRA Piano di gestione del rischio alluvioni – Scheda dei Vincoli del PUG; l'intervento non è in contrasto con questo vincolo;
- "Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio – Territorio soggetto a rischio sismico e a rischio co-sismico per liquefazione" di cui al DPCM 3274/2003 – Microzonazione sismica di terzo livello – Scheda dei Vincoli del PUG; l'intervento non è in contrasto con questo vincolo.

Per una visualizzazione grafica di quanto riportato si faccia riferimento alla Tav. 12a "Inquadramento su Tavola dei Vincoli PUG Unione Valli e Delizie – Impianto agrivoltaico ed Opere Connesse".

Relativamente alla Cabina Utente, anche il CDU rilasciato dal Comune di Portomaggiore fa riferimento al PUG dell'Unione dei Comuni Valli e Delizie, da cui si evince che i terreni interessati dalla realizzazione della Cabina Utente ricadono in territorio agricolo ad alta vocazione produttiva, dove è consentita la realizzazione di nuovi edifici.

Il CDU certifica anche che i terreni sono soggetti ai seguenti principali vincoli:

- "Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio - Fascia di rispetto stradale" di cui al D.Lgs. n. 285/1992 – DPR n. 445/1992 – Scheda dei Vincoli del PUG; tali aree non sono interessate dalla Cabina Utente;

² Descrizione presente nel documento A.1 "Relazione descrittiva dell'Impianto agrivoltaico"

- “Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio – Zona di particolare protezione dall’inquinamento luminoso” di cui alla L.R. 19/2003 – D.G.R. 1732/2015 - Scheda dei Vincoli del PUG; l’intervento non è in contrasto con questo vincolo;
- “Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio – Aree soggette a rischio di alluvionamento” di cui al PGRA Piano di gestione del rischio alluvioni – Scheda dei Vincoli del PUG; l’intervento non è in contrasto con questo vincolo;
- “Vincoli relativi alla vulnerabilità e sicurezza del territorio – Territorio soggetto a rischio sismico e a rischio co-sismico per liquefazione” di cui al DPCM 3274/2003 – Microzonazione sismica di terzo livello – Scheda dei Vincoli del PUG; l’intervento non è in contrasto con questo vincolo.

La Cabina Utente è stata progettata tenendo conto delle indicazioni del CDU e rispettando la fascia di rispetto indicata.

2.5.2. Identificazione catastale

Presso l’Agenzia delle Entrate della provincia di Ferrara, i terreni coinvolti dalla realizzazione dell’impianto sono iscritti al catasto terreni del Comune di Argenta, come di seguito schematizzato.

Per maggiori dettagli sull’inquadramento catastale dell’area si faccia riferimento alla Tav. 04 “Inquadramento su catastale - Impianto agrivoltaico ed Opere Connesse” di progetto.

Tabella 2.2 – Estremi catastali impianto agrivoltaico³

Comune	Sezione	Foglio	Particelle	Tipologia di opera
Argenta (FE)	N.A.	59	46, 170, 171, 223	Impianto Agrivoltaico
Argenta (FE)	N.A.	68	110, 112, 113, 131, 140, 284, 407, 408, 409, 410, 411, 418, 419, 420, 421, 425, 608, 778, 780, 905, 1140, 1167, 1168, 1169	Impianto Agrivoltaico
Argenta (FE)	N.A.	69	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 28, 30, 33, 37, 110, 112, 113, 131, 140, 283, 284, 407, 408, 409, 410, 411, 418, 419, 420, 421, 425, 608, 778, 780, 905, 1140, 1167, 1168, 38, 40, 41, 47, 48, 55, 56, 58, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 67, 72, 83, 84, 86, 93, 95, 96, 97, 23, 52, 53, 56, 82, 83, 91, 105, 106, 107, 101, 102, 104, 105, 1169, 108, 109, 110, 112, 117, 131, 134, 143, 145, 155, 161, 166, 170, 171, 172, 176, 178, 181, 186, 196, 198, 200, 209, 251, 253, 255, 266, 267	Impianto Agrivoltaico
Argenta (FE)	N.A.	78	23, 52, 53, 56, 82, 83, 91, 105, 106, 107	Impianto Agrivoltaico

La Società ha stipulato con i diversi proprietari dei terreni:

- due contratti preliminari di compravendita, uno in data 10 novembre 2023 e l’altro in data 1° dicembre 2023;
- un contratto preliminare per la costituzione del diritto di superficie e del diritto di servitù, sottoscritto con la Società Agricola (Azienda Agricola Il Vallone Società Agricola S.S.), stipulato in data 17 agosto 2023.

La Società Agricola Il Vallone Società Agricola S.S. si occuperà della coltivazione della totalità dei terreni, una volta realizzato l’impianto agrivoltaico.

Il percorso delle Dorsali a 36 kV si svilupperà essenzialmente su viabilità pubblica, ad eccezione di piccoli tratti che interesseranno terreni di privati, i cui estremi catastali sono elencati nella Tabella 2.

³ Dati forniti dai progettisti

Tabella 2-3 - Estremi catastali dei terreni interessati dalle Dorsali 36 kV

Comune	Sezione	Foglio	Particelle	Tipologia di opera
Portomaggiore (FE)	N.A.	157	23	Cavidotto a 36 kV

2.5.3. Inquadramento agricolo dell'area

I dati del Censimento Istat dell'Agricoltura 2020 sono, al momento della redazione del presente lavoro, disponibili in forma parziale ed aggregati a livello nazionale o, al più, regionale, quindi su di una scala troppo ampia per i limiti ristretti del lavoro stesso che richiede un confronto con la situazione agricola a livello di provincia.

Per rendere attuali gli scenari che caratterizzano l'agricoltura locale, sono state reperite ed elaborate le informazioni dell'Istat⁴, relativa alla sola provincia interessata.

Tabella 2-3 - Superfici e produzioni delle principali colture in Provincia di Ferrara (biennio 2021-2022)⁵

Anno	2021		2022		Media biennio		
Coltura	ettari	q.li	ettari	q.li	ettari	q.li	q.li/ha
grano tenero	34.121	2.797.922	32.764	1.820.768	33.443	2.309.345	69,10
grano duro	20.340	1.444.140	26.916	1.372.716	23.628	1.408.428	59,60
orzo	2.294	146.816	2.431	133.705	2.363	140.261	59,40
avena	54	2.214	80	2.960	67	2.587	38,60
mais	23.812	2.024.020	23.625	1.842.750	23.719	1.933.385	81,50
riso	5.150	281.092	4.061	229.150	4.606	255.121	55,40
sorgo	3.212	179.872	3.416	174.216	3.314	177.044	53,40
pisello proteico	630	22.680	639	19.809	635	21.245	33,50
pisello secco	70	2.520	63	1.953	67	2.237	33,60
fava	84	2.604	178	3.916	131	3.260	24,90
barbabietola	4.406	2.686.225	4.125	1.844.847	4.266	2.265.536	531,10
patata	1.350	661.500	1.286	514.400	1.318	587.950	446,10
colza	1.126	43.914	1.663	56.542	1.395	50.228	36,00
girasole	1.350	51.300	2.242	76.228	1.796	63.764	35,50
soia (I°-II° raccolto)	29.920	1.077.120	28.652	830.908	29.286	954.014	32,60
orzo ceroso	203	51.156	425	108.370	314	79.763	254,00
mais silo	10.773	4.901.715	9.225	4.077.450	9.999	4.489.583	449,00
erbai	820	177.940	751	161.465	786	169.703	216,00
medica	18.120	8.244.600	16.933	6.976.396	17.527	7.610.498	434,20

⁴ 2023 <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=37850>.

⁵ Fonte ISTAT. Si fa presente che una parte delle informazioni ISTAT relative alle produzioni dell'anno 2022, sono valori stimati e, pertanto di scarsa affidabilità

Anno	2021		2022		Media biennio		
Coltura	ettari	q.li	ettari	q.li	ettari	q.li	q.li/ha
pomodoro	7.732	6.301.580	7.265	4.882.080	7.499	5.591.830	745,70
pera	7.169	432.734	6.237	1.015.980	6.703	724.357	108,10
melo	2.477	777.280	2.578	931.770	2.528	854.525	338,10
pesca	208	33.340	214	41.006	211	37.173	176,20
vite da vino	569	75.833	579	75.833	574	75.833	132,10

Sono state prese in esame solo le colture erbacee, arboree ed orticole, di una certa rilevanza, e su tale base sono state calcolate le incidenze delle colture stesse sulla Superficie Agricola Utilizzabile (SAU) provinciale.

Appare eclatante la prevalenza dei seminativi, che impegnano il 94% ca della SAU provinciale. Tra questi, i cereali autunno vernini (grano tenero e duro, orzo) occupano il 34,6% ca della SAU, mentre i cereali estivi da granella (mais, riso e sorgo) impegnano il 18,4% circa; il riso ferrarese un tempo aveva superfici ben più ampie, ma il calo dei prezzi, legato a scelte di politica agricola comunitaria (PAC), ne hanno ridotto, negli anni passati, l'interesse da parte degli agricoltori.

Anche la barbabietola da zucchero ha perso molte superfici, sempre per variazioni della PAC, ed è in parte stata sostituita da orticole irrigue (pomodoro e pisello) ed in parte da mais e soia. Quest'ultima copre una frazione notevole (18% circa) della SAU, ma va sottolineato come sia costituita soprattutto da secondi raccolti, cioè colture praticate dopo la raccolta della coltura principale invernale (grano o orzo).

Le foraggere svolgono un ruolo importante nella rotazione, soprattutto se si considera che il prato di erba medica, a durata pluriennale, copre circa il 10% della SAU, mentre gli erbai annuali (mais silo soprattutto), impegnano più del 6%.

Tra le arboree, solo gli ettari di pero hanno un valore sensibile (3,8%); la vite ha un ettariato ridotto, ma ciò viene compensato dall'alta qualificazione del prodotto enologico, come verrà spiegato nel capitolo relativo ai prodotti tipici.

2.6 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.

L'Emilia-Romagna ha ottenuto il riconoscimento D.O.P. e I.G.P. per 44 prodotti 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.).

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.



Figura 2-5 - Mappa dei prodotti D.O.P. e I.G.P.

2.7 Prodotti agricoli del ferrarese D.O.P e I.G.P.

2.5.4. Aglio di Voghiera DOP

Ortaggio appartenente alla specie *Allium sativum* L., ecotipo locale 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, Fiscaglia e Ferrara.



2.5.5. 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.



2.5.6. 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.



2.5.7. 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 e Ravenna.



2.5.8. 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 e Ravenna.



2.5.9. 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.



2.8 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.

2.5.10. 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.



2.5.11. 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 insieme 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.



2.5.12. 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.



3 Suolo e sottosuolo

3.1 Indicazione dell'uso del suolo

Come è possibile intuire dal seguente dettaglio della Carta dell'uso del suolo della Regione Emilia Romagna, il sito è posto in un ambiente rurale che presenta una densità abitativa bassa, al di fuori dei piccoli centri abitati. La maggior parte delle strutture presenti sono ad uso agricolo, in disuso o stato di abbandono ed annesse, per la maggior parte, alla proprietà aziendale di Consandolo. La distribuzione delle aree che saranno oggetto di impianto è evidenziata dai perimetri riportati in colore rosso.

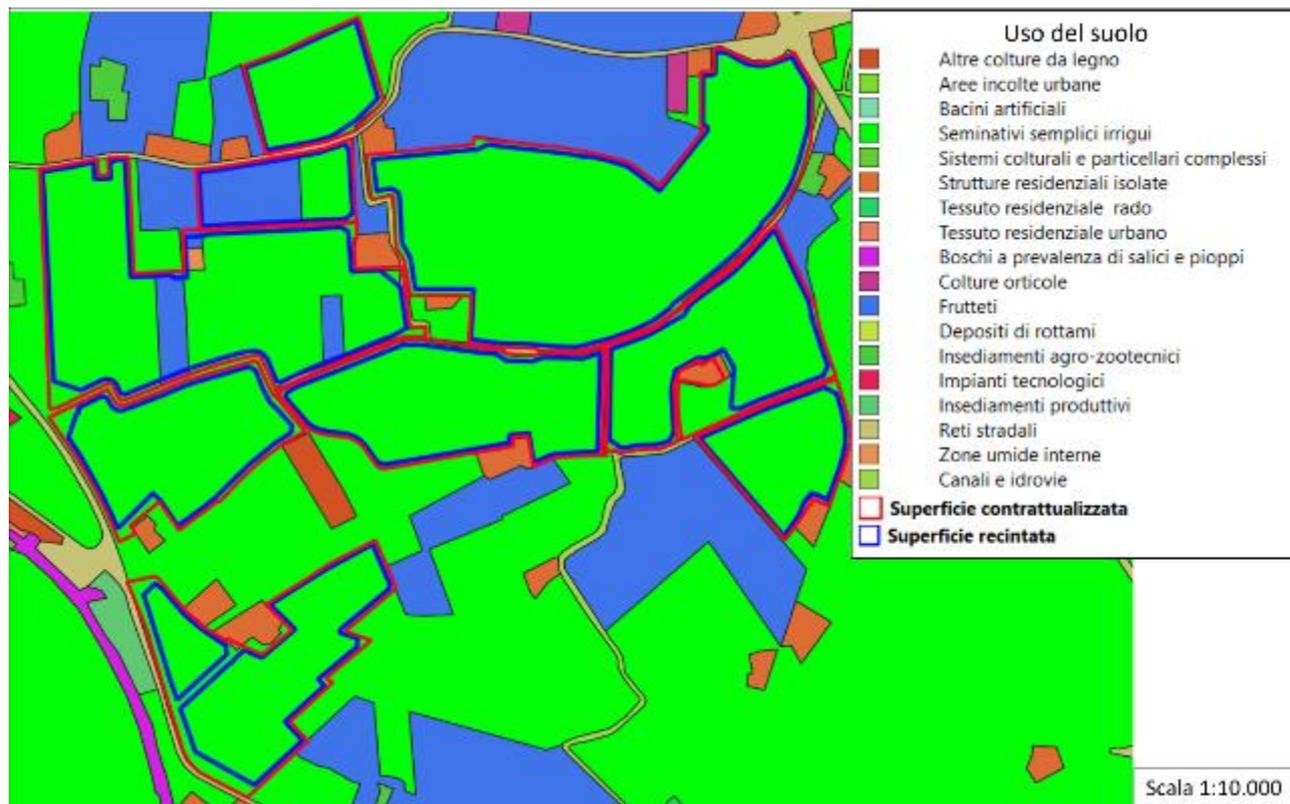


Figura 3-1 – Inquadramento su carta uso suolo 2020 Regione Emilia-Romagna - aree agricole

L'Area 1 è accessibile a sud dalla Strada Comunale Via Gresolo. L'Area 2 è raggiungibile da est da una strada privata, collegata a Via Gresolo. L'Area 3 è raggiungibile a nord da una strada di nuova realizzazione. L'Area 4 è accessibile ad est dalla stessa strada privata con la quale si accede all'Area 2. L'Area 5 comunica a nord-ovest con via Sabbioni. L'Area 6 e l'Area 7 sono accessibili a sud da via Sabbioni, mentre l'Area 8 è raggiungibile a nord da via Sabbioni. All'Area 9 e 10 si arriva, rispettivamente, a nord e a sud per una strada privata, collegata alla via Adriatica.

Sulle strade private, necessarie per l'accesso, saranno costituite delle servitù di passaggio; sono presenti ulteriori accessi secondari, concordati con l'azienda che si occuperà della coltivazione dei siti, per facilitare l'ingresso e l'uscita dei mezzi agricoli ⁶.

⁶ Dati presi dalla "Relazione descrittiva dell'Impianto agrivoltaico" fornita dalla committenza.

3.2 Inquadramento climatico

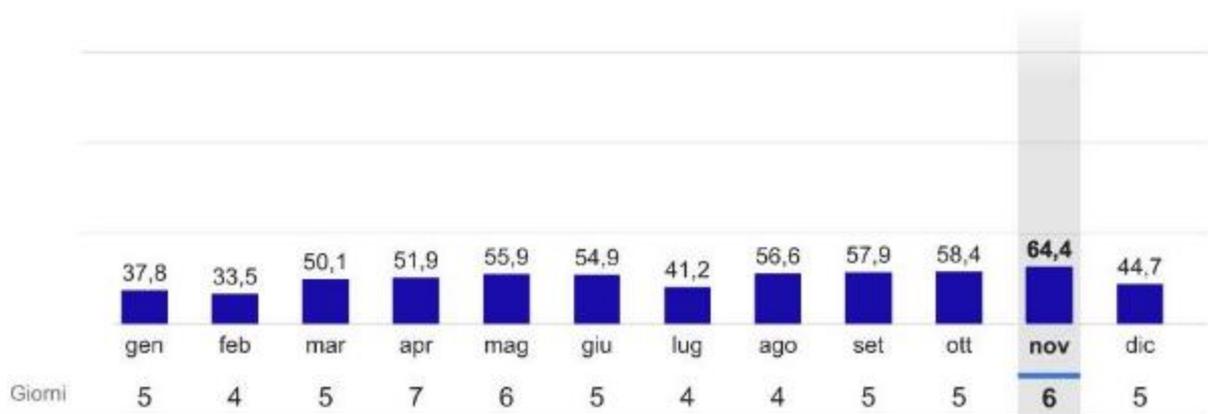
Riguardo l'approfondimento dell'andamento climatico, sono stati impiegati i dati delle medie annuali relativi al comune di Argenta⁷ (informazioni acquisite dalla stazione metereologica di Argenta). Per il clima, la pianura ferrarese è ascrivibile nella categoria "clima sub continentale" della pianura padana, contraddistinto da inverni lunghi e piovosi 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.

a) Temperature e precipitazioni minime e massime mensili

Temperature (°C)



Precipitazioni (millimetri)



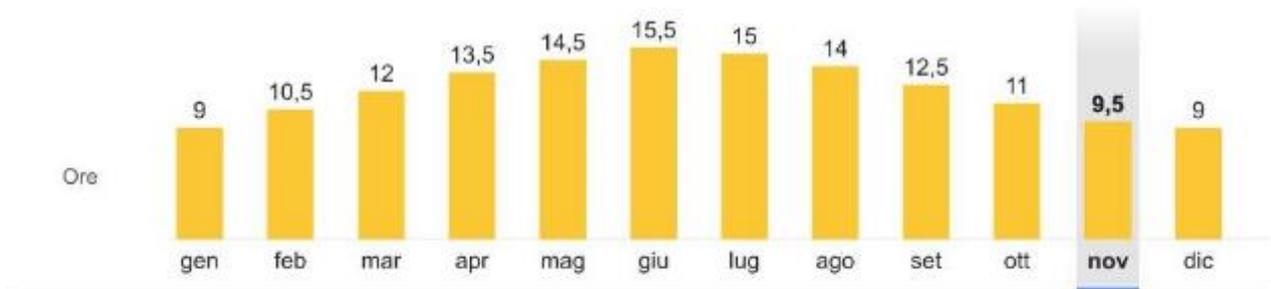
Giorni

5 4 5 7 6 5 4 4 5 5 6 5

⁷ <https://www.ncei.noaa.gov/>

b) Luce diurna media mensile

Luce diurna

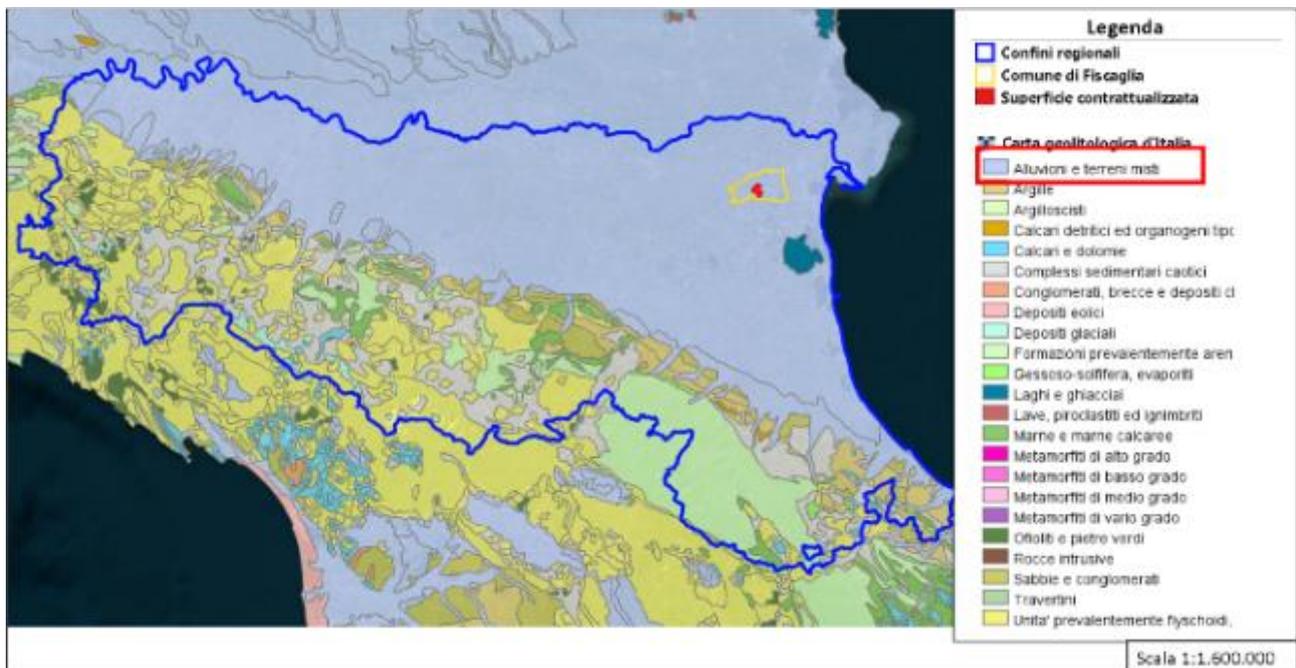


Fonte: NOAA

Figura 3-2 - Grafici climatici della zona di Argenta (FE)

3.3 Inquadramento pedologico

Tutte le informazioni avute sulla pedologia della zona sono state ottenute consultando il Geoportale Regione Emilia Romagna⁸. Nella Carta Geolitologica dell'Italia centrale l'area interessata è classificata con la sigla "Qa6-Conoide alluvionale e depositi terrazzati fluviali".


Figura 3-3- Stralcio della Carta geolitologica dell'Italia centrale

Le campagne d'indagine eseguite nell'area dell'Impianto agrivoltaico, compiutamente descritte nell'Al. C.05 "Relazione Geologica, Idrologica, Idrogeologica, Sismica e di prime considerazioni Geotecniche", redatto conformemente ai contenuti

⁸ <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/>

tecnici delle NTC ed in ottemperanza al D.M. 17/01/2018, hanno permesso di fornire informazioni sulle caratteristiche geologiche-strutturali, idrogeologiche e geotecniche del territorio esaminato.

Dal punto di vista geologico, le litologie presenti nel territorio in esame sono prevalentemente costituite da terreni limoso-sabbiosi con presenze puntuali di terre argillose e argillo-limose⁹ fino alla profondità di 1,20 m dal p.c., seppure localmente si rileva la presenza di orizzonti sabbio-limosi. Tali litotipi sono ascrivibili a depositi di piana inondabile in area interpluviale e depositi di palude.¹⁰

3.4 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 tematiche, è possibile trarre alcune constatazioni preliminari, che andranno eventualmente confermate con l'esecuzione di analisi pedologiche puntuali.

3.4.1. Salinità del suolo

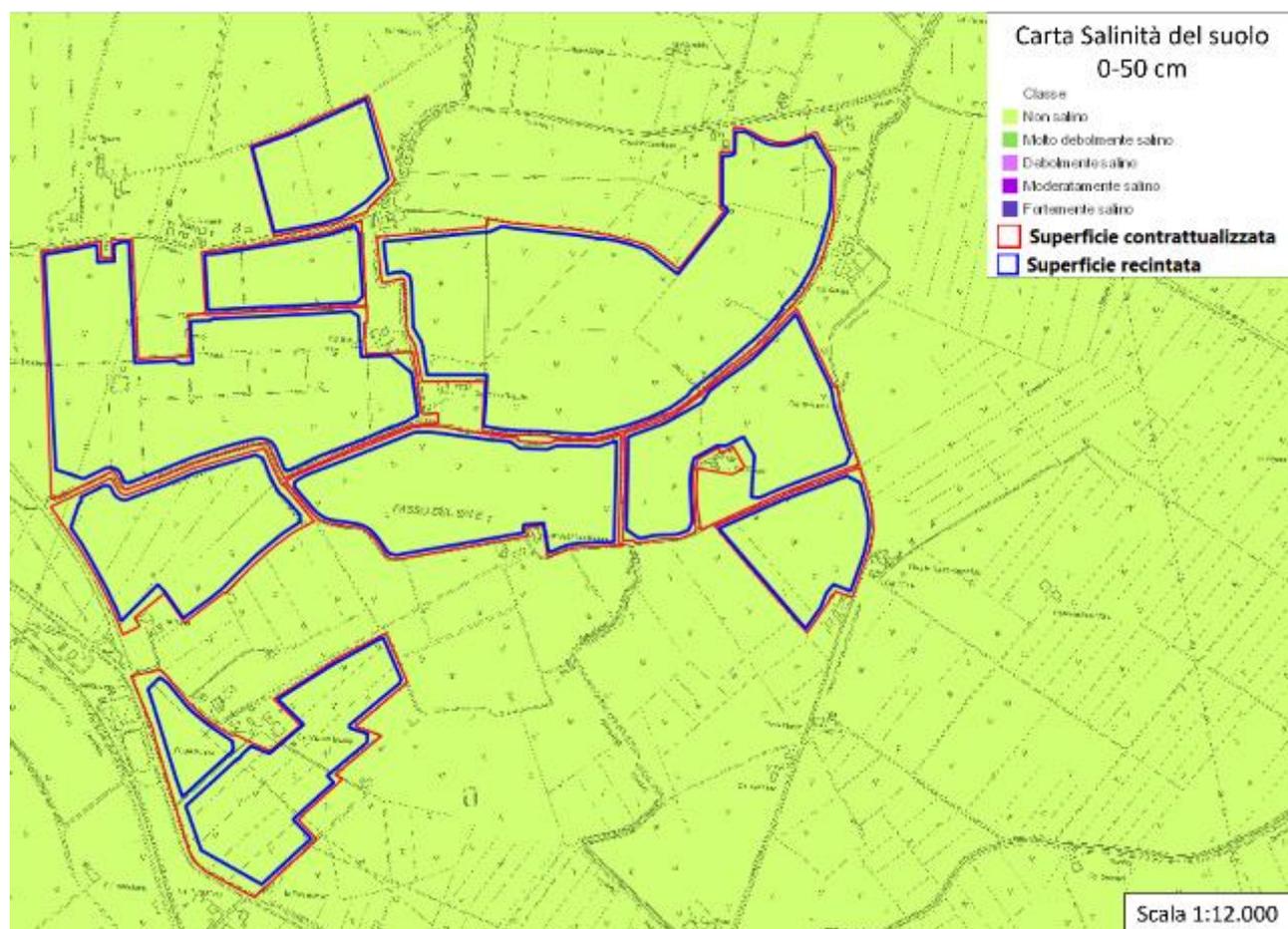


Figura 3-4 - Inquadramento carta salinità del suolo 0-50 cm - aree Agricole

⁹ C.05_Relazione geologica pag 36-39, p. 8.1.2

¹⁰ Dati forniti dalla committenza

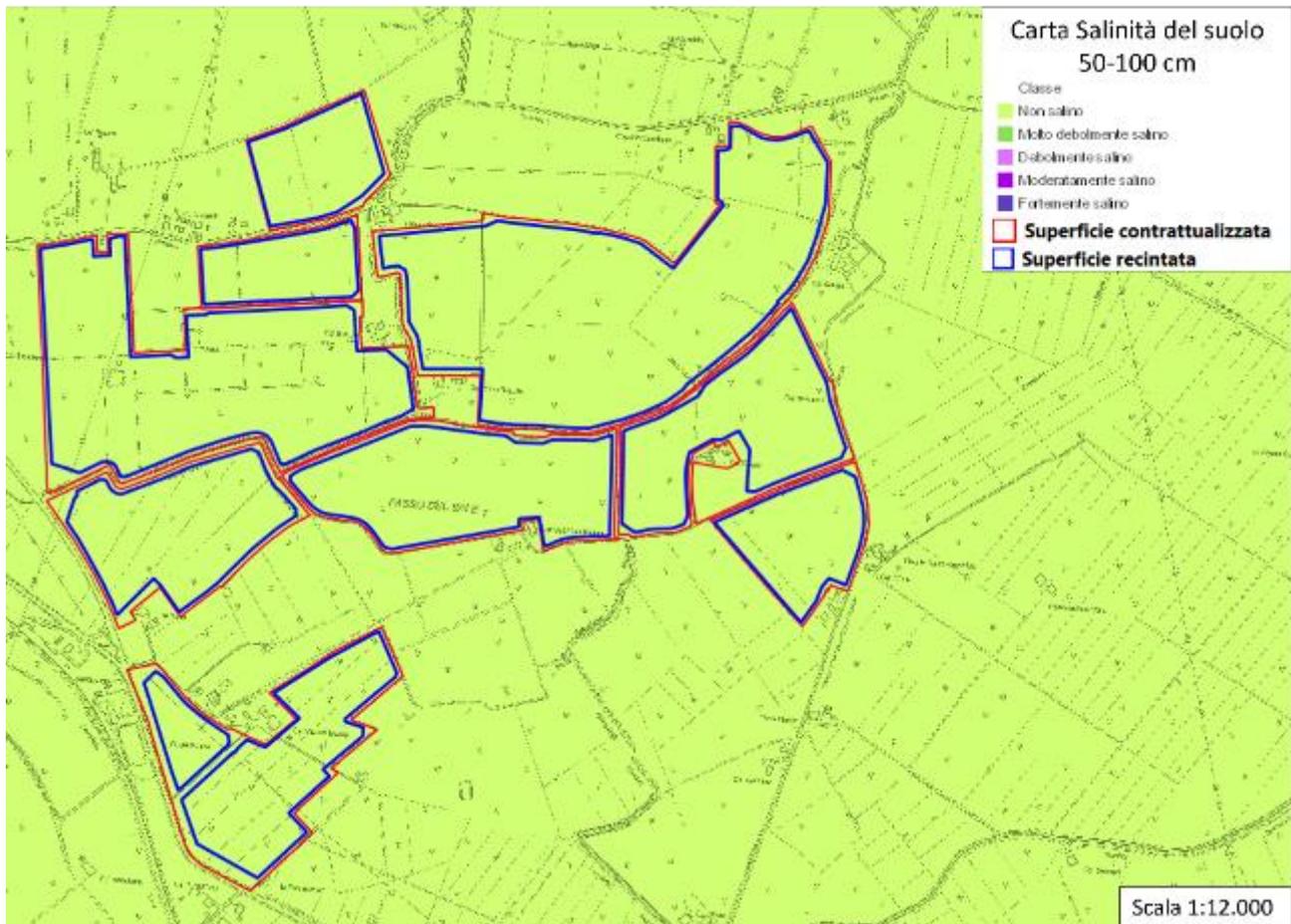


Figura 3-5 - Inquadramento carta salinità del suolo 50-100 cm - aree agricole

Dalle carte della regione Emilia Romagna inerenti, risultano valori della salinità del suolo uniformi per tutta l'estensione della sede di impianto. Emerge che tutte le aree di impianto sono classificate come "non saline" sia nel profilo del suolo 0-50 cm sia in quello 50-100 cm. Dal punto di vista della salinità non si evidenziano limitazioni che potrebbero incidere negativamente sulle colture in campo.

3.4.2. Sostanza organica

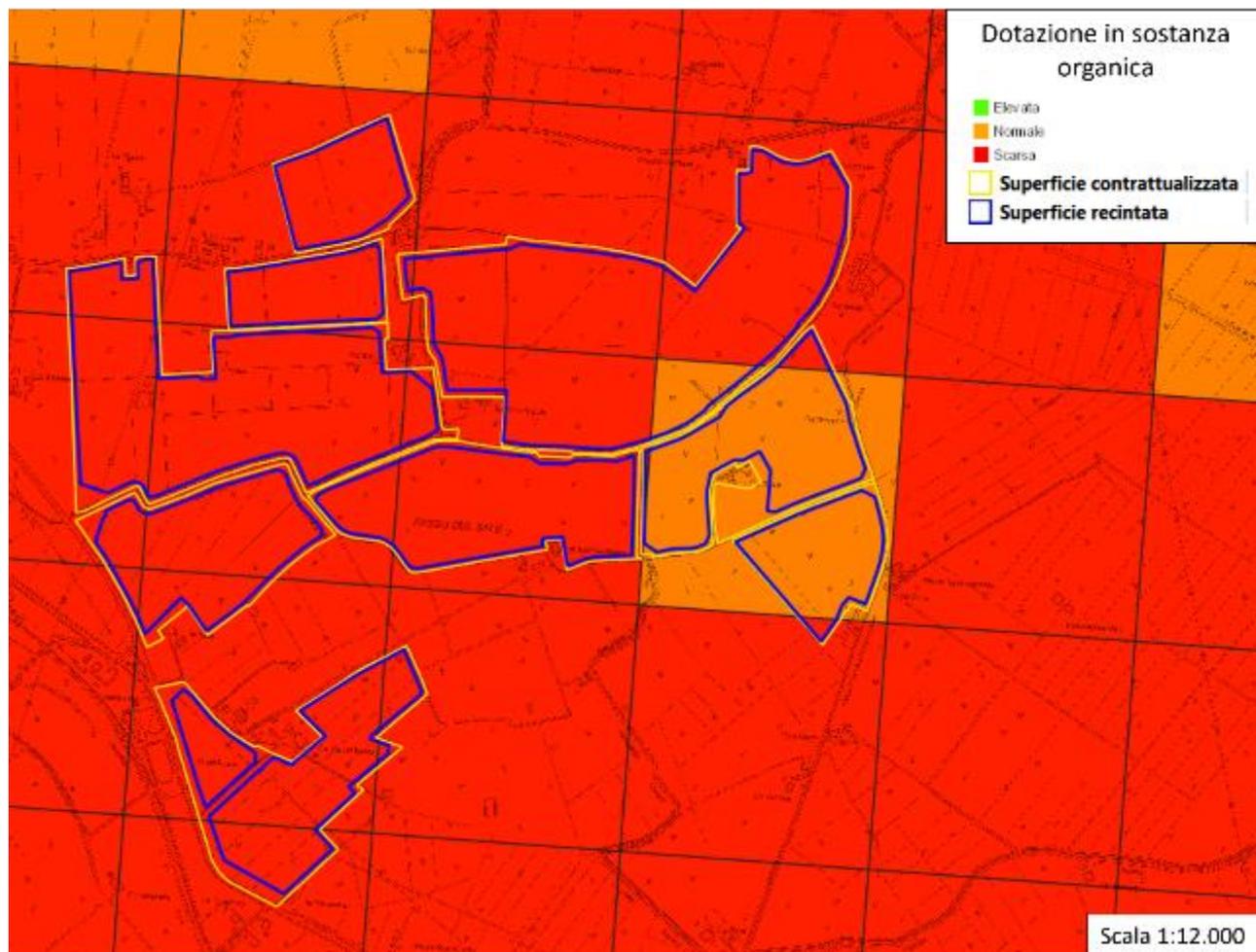


Figura 3-6 - Inquadramento carta sostanza organica - aree agricole

Dalla carta "Dotazione in sostanza organica" (S.O.) dei terreni sede di impianto risulta una dotazione "scarsa", generalizzata in tutto l'appezzamento. Sono presenti limitate aree, in particolare nelle aree 7 ed 8, dove il tenore di sostanza organica rilevato è leggermente più elevato, classificato come valore soglia "normale" (vedi Figura 3-6).

3.4.3. Tessitura del suolo



Figura 3-7 - Triangolo di tessitura

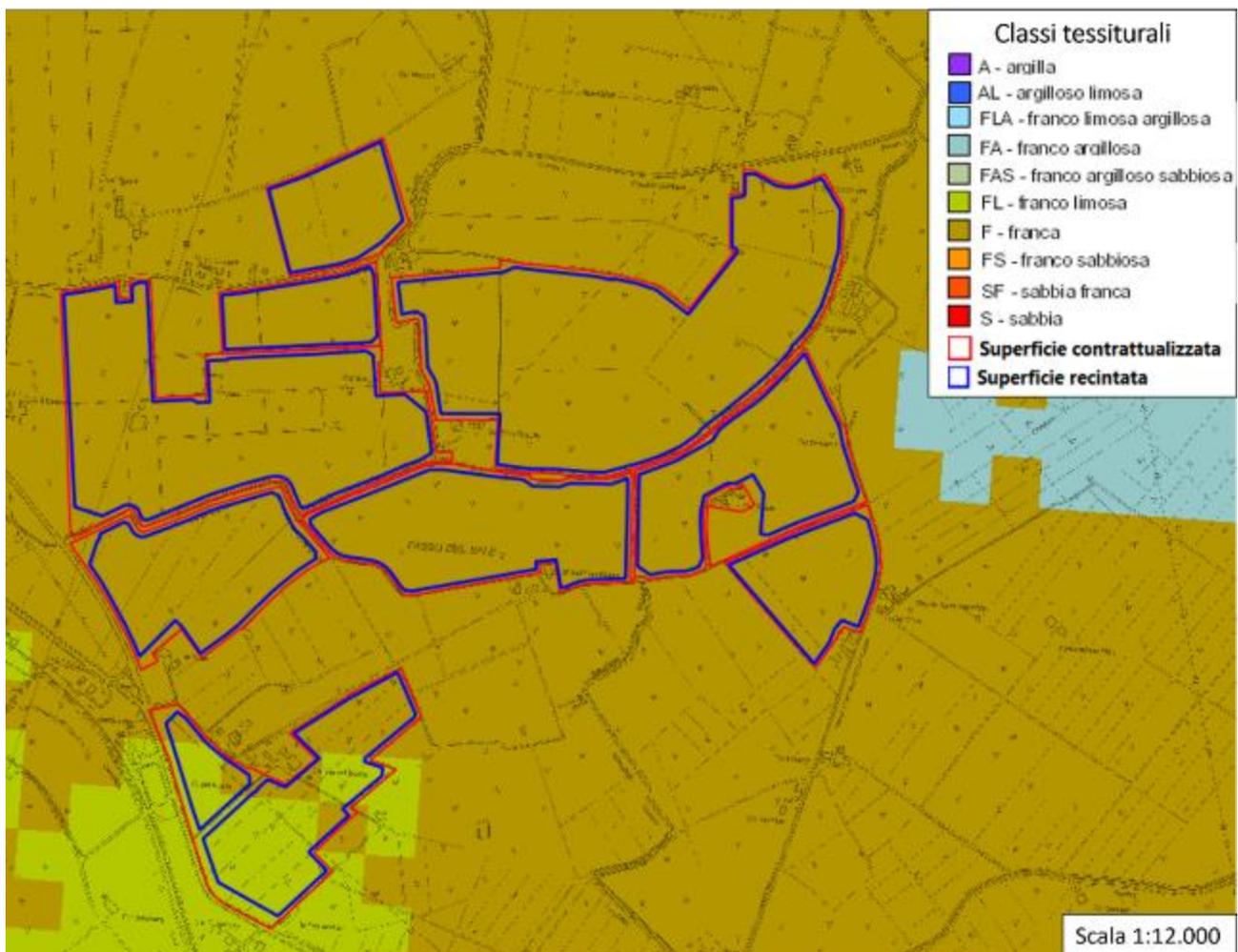


Figura 3-8 - Inquadramento carta Tessitura - aree agricole

Il dettaglio delle classi tessiturali, presenti nelle aree oggetto di impianto, riporta una ripartizione tra le classi di dimensione delle particelle solide del suolo omogenea, classificabile come "franco". Nelle aree 9 e 10 si rileva una percentuale maggiore di limo, trascurabile ai fini dell'attività agricola. Le indicazioni del Geoportale regionale si discostano, parzialmente, dalle risultanze della Relazione geologica, ma va tenuto conto della diversità delle scale di rilievo delle due fonti utilizzate.

3.4.4. pH del suolo

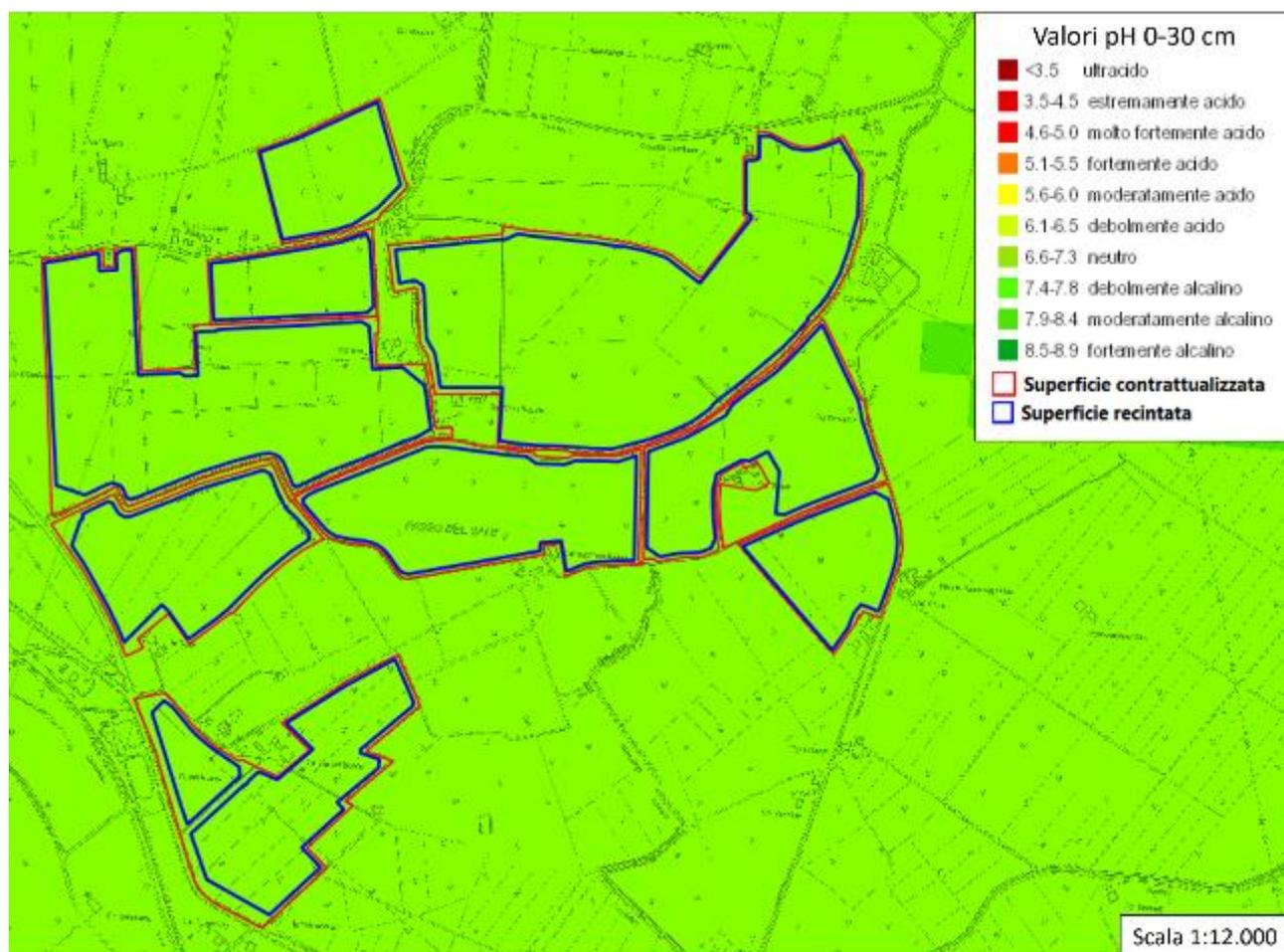


Figura 3-9 - Inquadramento carta pH a 30 cm - aree agricole

Dalla figura precedente si evince che i terreni hanno pH che ricade nella classe debolmente alcalino, con valori compresi tra 7,4 e 7,8. Pur non costituendo un fattore limitante, il pH riscontrato suggerisce un'oculata scelta sia delle colture da praticare, sia dei fertilizzanti da applicare alle stesse.

3.4.5. Capacità dell'uso del suolo

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

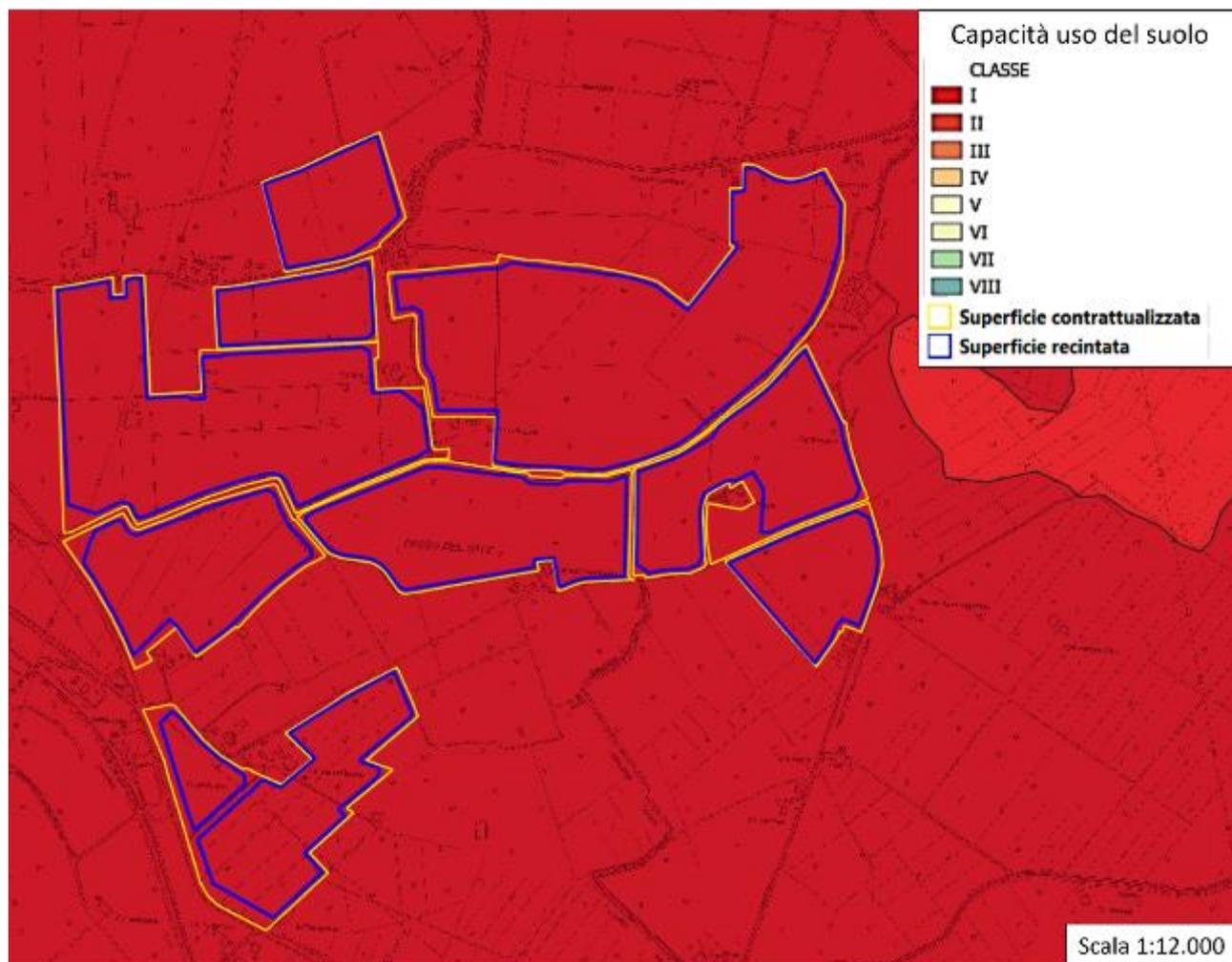


Figura 3-10 - Inquadramento carta capacità di uso del suolo – aree agricole



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% e assente	buona	<=2 primi 100 cm	buona	nessuno	<10%	assente	assente	nessuna o molto lieve
II	>50	moderata	0,1-3% e assente	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 occasionali 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 3-11 - Schema per l'inserimento dei suoli nelle classi di capacità d'uso

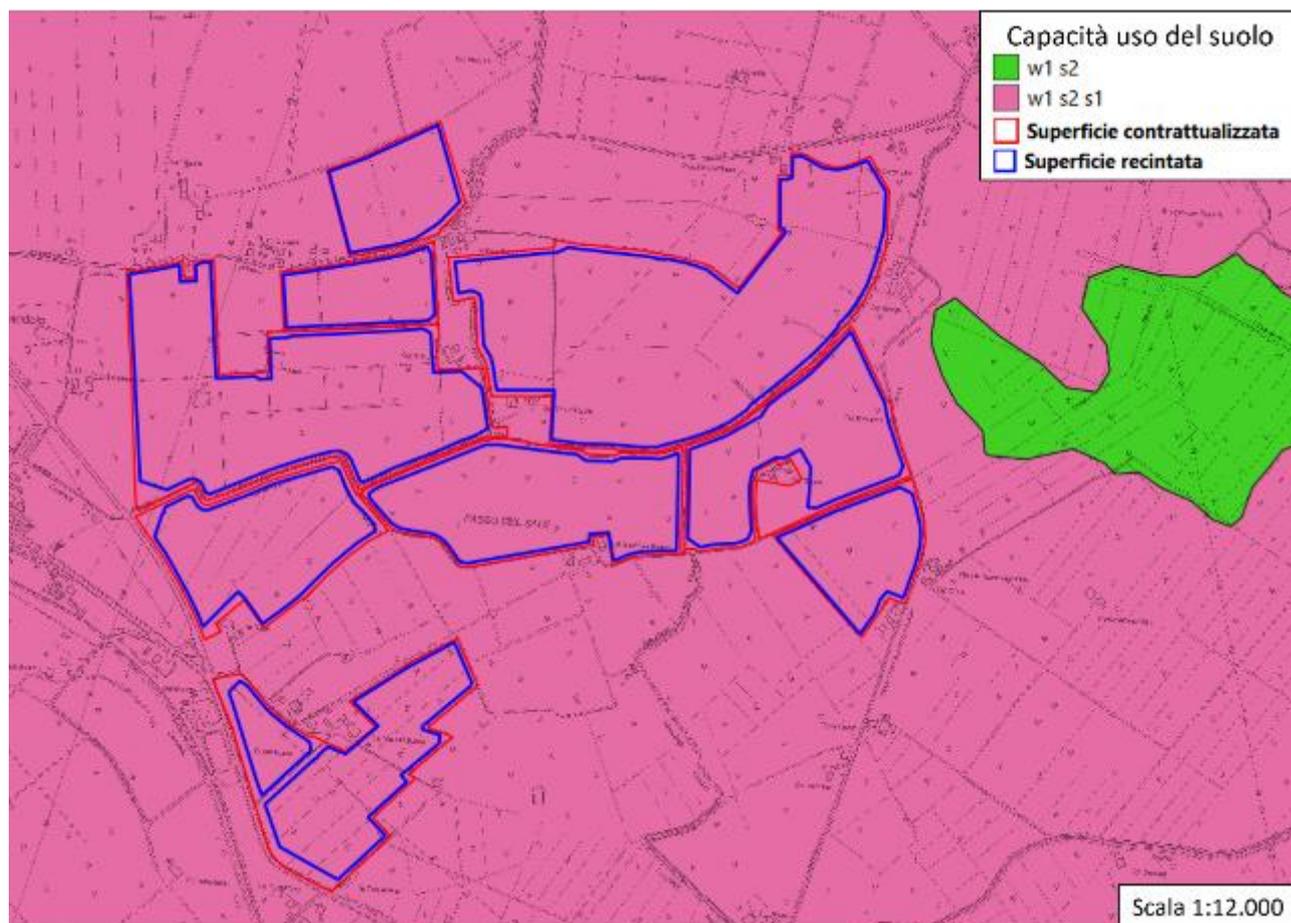


Figura 3-12- Inquadramento carta capacità di uso del suolo - sottoclassi - aree agricole

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

Figura 3-13 - Sottoclassi e unità (U.S., Klingebiel and Montgomery, 1961)

Alla luce delle indagini fatte dai tecnici regionali, il suolo ha caratteristiche omogenee ed è classificato come II classe, cioè con moderate limitazioni all'agricoltura ordinaria. La lavorabilità specifica si evidenzia come limite in tutti gli appezzamenti, contraddistinti dalla sigla s2. Il secondo limite riscontrato è "la profondità utile per le radici (s1)" anch'esso comune a tutti gli appezzamenti, correlato alle altre limitazioni. Il terzo limite riscontrato, come conseguenza del primo, è la tendenza al compattamento del terreno, se non adeguatamente lavorato, che comporta rischi di asfissia radicale (w1) per le colture in campo.

In funzione di quanto sopra riportato, si evince che tali caratteristiche confermano quanto detto in precedenza riguardo le caratteristiche pedologiche. La conduzione delle colture può dare soddisfazioni, a patto di gestire oculatamente l'agrotecnica applicata per le stesse.

3.5 Considerazioni di massima sulla pedologia del sito

Da quanto detto nei paragrafi precedenti, i terreni possono definirsi "lievemente pesanti", per la consistente presenza limosa, con parziali criticità sia per le lavorazioni, sia per la scarsa capacità di deflusso profondo delle acque meteoriche.

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 alla massa stessa di ricreare la "struttura" del suolo, come riportato nell'immagine seguente¹¹, che schematizza il passaggio, del terreno agrario, da stato "strutturato" ad "astrutturato" e viceversa.

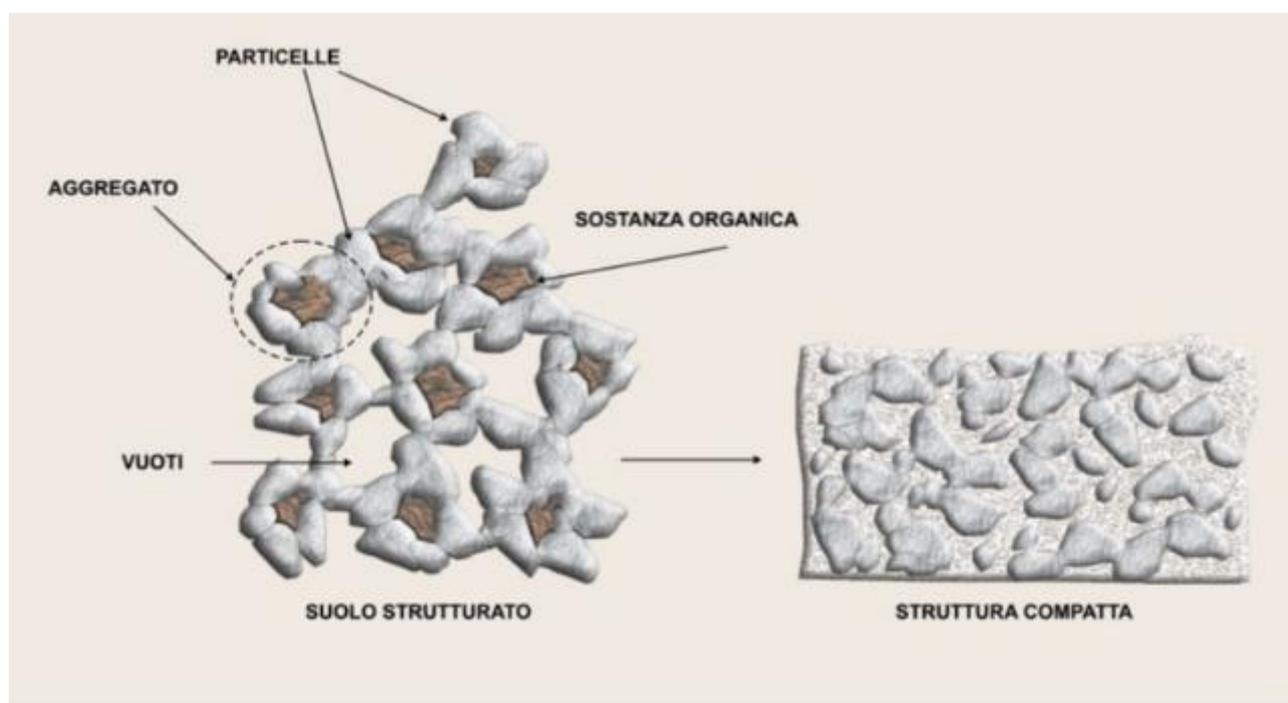


Figura 3.14 - Struttura del terreno

Nel caso in esame, date le caratteristiche pedologiche descritte, appare evidente come 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 però 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 non sempre facili, quali sono quelle di Consandolo, con forte componente di terra fine, appare necessario, almeno ciclicamente, effettuare lavorazioni più profonde, come l'aratura e/o la discissura, condotte oltre il primo strato superficiale del suolo.

¹¹ <https://www.isprambiente.gov.it/it>

Ciò è stato comprovato in sede di sopralluogo, durante il quale è stato constatato *de visu* come una 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 bagnato, il che ha creato delle zolle compatte, la cui disgregazione richiederà ripetuti interventi complementari.

Il particolare decorso meteorologico dei mesi di maggio-giugno ha ridotto sensibilmente le "finestre" temporali nelle quali il giusto contenuto di umidità del suolo porta allo stato di "tempera"; in tale stato 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.



Figura 3-15 - Natura argillo-sabbiosa di alcuni terreni



Figura 3-16 - Aratura del terreno, seguita da parziale sgrassatura



Figura 3-17 - Preparazione del letto di semina

Le colture che richiedono un profondo spessore di suolo ben ristrutturato (barbabietola, pomodoro, girasole, impianto di erba medica, etc.) andrebbero seminate previa aratura o, almeno, discissura a più ancora a 40-50 cm, mentre per le altre (cereali invernali, erbai, soia etc.) sarebbe (probabilmente) possibile, previa verifica in fase operativa, limitarsi a tecniche meno onerose¹².

In questa ultima definizione vengono comprese sia le lavorazioni ridotte (estirpatura, erpicatura etc.), sia quelle combinate, costituite da più attrezzi portati da un'unica macchina e che svolgono dei lavori complementari tra loro. Ad esempio, nelle foto seguenti, il telaio della macchina operatrice porta un erpice rotativo, seguito da un rullo frastagliato, per sminuzzare e livellare le zolle lasciate dall'aratura. I vantaggi delle operazioni combinate ricadono sia nella possibilità di approfittare tempestivamente delle finestre di terreno in tempera, come detto sopra, sia nell'economicità della preparazione del letto di semina.

Infatti, se il cantiere tradizionale (aratura – 1° passaggio di erpice – 2° passaggio – semina con seminatrice classica) ha un costo cumulato e arrotondato di¹³:

€ (240 + 100 + 100 + 90) = 530 €/ha,

con un'estirpatura combinata con erpice rotante e semina tradizionale il costo scende a

€ (310 + 90) = 400 €/ha,

ovviamente con risultati produttivi spesso (ma non sempre), inferiori.



Figura 3-18 -Macchina combinata erpice rotante – rullo frastagliato: visione anteriore e posteriore

Quando le condizioni di terreno, le esigenze della coltura nella rotazione agraria, lo stato di inerbimento del terreno e il clima lo consentono, la soluzione più economica ed ecocompatibile consiste nella semina su sodo, condotta con macchine particolari¹⁴, che comporta un costo totale di € 160/ha.

¹² R. Guidotti: Lavorazioni del terreno su misura, Il Contoterzista, 2018

¹³ A.P.I.M.A.I. Associazione Provinciale Imprese Meccanico Agricole Industriali di Ravenna, 2022

¹⁴ <https://www.deere.it/it/seminatrici/1590-seminatrice-su-sodo/>



Figura 3-19 - Seminatrice da sodo

3.6 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 differenziati a seconda della coltura da seminare (come accennato sopra) 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 empirico.

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 o una semina diretta su sodo.

Nel caso di Consandolo, data l'adozione dei canoni dell'agricoltura biologica, è consolidata (e condivisibile) prassi aziendale il ricorso continuo, 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 compensa il maggior costo di esecuzione.

3.7 Analisi della risorsa idrica

La Pianura Padana è caratterizzata, in generale, da abbondante disponibilità della risorsa idrica, presente copiosamente dal Piemonte al Veneto. La Regione Emilia Romagna è, dal punto di vista idrologico, un territorio complesso;

l'acqua è presente sottoforma di un intreccio di corpi idrici superficiali (fiumi, torrenti, canali) e sotterranei, che modellano e caratterizzano la morfologia e il paesaggio.

La Regione ha predisposto da tempo interventi, controlli e piani, dedicando all'argomento un sito web (<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/acque>) apposito, suddiviso secondo le tipologie delle acque.

La tutela delle acque superficiali e sotterranee viene basata su attività di pianificazione, gestione, controllo e valutazione di questi corpi idrici. La Regione elabora e predispone gli indirizzi e le linee per lo sviluppo delle reti di monitoraggio qualitative, la definizione delle banche dati e la valutazione dei risultati rilevati.

L'approvvigionamento e l'equilibrio di questo apparato idrico è strettamente dipendente dalle interrelazioni tra circolazione idrica superficiale e sotterranea naturale, nonché dalle perdite dai canali in terra e, in particolar modo, dalle tipologie di metodi irrigui (per aspersione, goccia e per scorrimento e sommersione). Attualmente il reticolo irriguo è più disordinato e meno curato che in passato. La rete irrigua è molto cambiata rispetto alla condizione ottimale della prima metà del secolo scorso e, in sostanza, si presenta troppo frammentata per poter ricevere beneficio da estesi e ben coordinati interventi di sistemazione, contro il dissesto idrogeologico (piene, fenomeni erosivi, etc.), interventi che hanno efficacia solo se impostati su scala regionale.

Da quando in questi territori venne introdotta la pratica della risicoltura, ne derivò un notevole progresso economico. Si assistette alla notevole espansione della rete irrigua minore, ad opera dei privati proprietari dei fondi.

A partire dal 1880, la progressiva espansione delle industrie sul territorio, con relativa richiesta di volumi idrici, comportò una riduzione dell'acqua per l'agricoltura. Per equilibrare gli impieghi dei prelievi idrici, vennero regolati gli approvvigionamenti dai laghi esistenti ed impostata una razionalizzazione dell'acqua delle reti irrigue.

Tra gli obiettivi prioritari del miglioramento dello sviluppo economico delle aree di pianura, ha un posto di rilievo una progressiva ottimizzazione dell'utilizzo della risorsa idrica. Questa ottimizzazione consiste, soprattutto, in un maggior coordinamento nella pianificazione e gestione delle derivazioni dai corsi d'acqua principali, per raggiungere gli obiettivi imposti dalla Direttiva Quadro Europea sulle Acque 2000/60/CE. In secondo luogo, andrebbe ricercata una più efficace comunicazione fra enti, associazioni industriali e consorzi irrigui, per la tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento da fonti diffuse. Andrebbe, inoltre, perseguito uno sviluppo delle capacità progettuali e gestionali, ai fini della tutela e della valorizzazione ambientale, tramite possibili soluzioni quali la riqualificazione dei tratti rilevanti delle reti irrigue e la rivitalizzazione del sistema dei fontanili, che sono da inquadrarsi nel contesto della rete ecologica regionale, per conseguire gli obiettivi della Direttiva Europea in relazione ai corpi idrici artificiali.

3.8 Zona di impianto e caratteristiche territoriali: l'area di bonifica

Agli inizi del '900 si avvia, lungo la fascia litoranea, la fase contemporanea della bonifica, mediante la messa in opera degli impianti idrovori che drenavano i terreni paludosi, con le apposite pompe a vite o coclea. Alla bonifica per colmata si sostituì così la "bonifica meccanica", iniziata già a fine '800 in altri territori. Nell'area a nord di Ravenna veri e propri impianti idrovori, il Fagiolo (1900) e Mandriole (1920), asciugarono i terreni con l'ausilio di alcune piccole pompe dislocate sul territorio, pompe che divennero poi nel tempo veri e propri impianti. Oltre 51.000 ettari furono drenati dal gigantesco impianto idrovoro di Codigoro (1872-1874), dove affluivano tutte le acque di scolo dell'immenso bacino.

Sempre con mezzi meccanici, seguirono le bonifiche delle valli Gallare (Marozzo 1873, 12.500 ettari), di Argenta e Filo (1878, 6.840 ettari), di Galavronara e Forcello (Portomaggiore 1888, 2.270 ettari), di Montesanto, Denore, Campocicco, Benvignante, Sabbiosola, Martinella, Tersallo, Bevilacqua, Trava (anno 1891, 13.660 ettari), le Valli Trebbia e Ponti (Comacchio 1923, 4.600 ettari), Sant'Antonino (Ferrara 1925, 2.300 ettari) e molte altre più piccole superfici. Le ultime opere di bonifica hanno riguardato le Valli Pega, Rillo e Zavelea (1951-1957), Giralda (1958-1964), Mezzano (1957-1975). La storia idraulica del territorio sud-occidentale di Ferrara è stata, invece, caratterizzata dal continuo spandimento delle acque del fiume Reno, che concludeva il suo percorso, disalveato, nelle campagne di Marrara, San Martino e Poggio Renatico.

Una volta realizzata l'invalveazione artificiale del fiume nell'antico percorso del Po di Primaro, rettificato con l'inizio dell'Ottocento, si sono potute avviare le opere di bonifica anche di quelle paludi, rimaste intercluse e delimitate dal nuovo corso del Reno.¹⁵

¹⁵ <https://www.bonificaferrara.it/il-consorzio/cenni-storici>

3.9 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 il compito di esercitare 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 e soprintendono alle aree demaniali, mediante il rilascio delle concessioni per gli usi extradomestici e la "presa d'atto" per gli usi domestici.

Dal 1° ottobre 2009 è nato il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, dalla fusione dei quattro Consorzi di Bonifica preesistenti al riordino della legge regionale n.5/2009 del 24 Aprile 2009:

- 1° Circondario Polesine di Ferrara
- 2° Circondario Polesine di San Giorgio
- Valli di Vecchio Reno
- Generale di Bonifica nella Provincia di Ferrara

Il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara è un ente di diritto pubblico, i cui principali compiti sono l'attività idraulica di irrigazione e scolo delle acque, per mezzo della complessa rete di canali e di impianti di bonifica. Il consorzio ha anche una funzione di progettazione, esecuzione e gestione delle opere di irrigazione, per l'approvvigionamento idrico ad usi plurimi, tra cui, principalmente, l'acqua necessaria all'agricoltura.

Lo scorrimento delle acque piovane viene artificialmente regolato da un sistema di canali che convergono verso numerosi impianti idrovori, le cui pompe sollevano le acque di scolo per avviarle al mare. Senza le idrovore, questa pianura, imprigionata fra i bordi rilevati del Po, del Reno e del Panaro e chiusa anche verso il mare, che in parte la sovrasta, ben presto verrebbe in gran parte sommersa. Il preservamento del regime idraulico nella provincia di Ferrara rappresenta un aspetto di fondamentale importanza per la tutela e la valorizzazione del territorio¹⁶.

3.10 Verifica della presenza della risorsa idrica

La rete idraulica esistente nel territorio interessato dall'impianto agrivoltaico è bene articolata e soddisfa efficientemente le necessità di approvvigionamento idrico dei campi agricoli e di regolazione del livello dell'acqua nella pianura. Nell'immagine seguente, le linee in azzurro evidenziano i canali che costituiscono la rete idraulica del territorio, mentre il perimetro delle aree dell'impianto agrivoltaico è rappresentato in rosso (area contrattualizzata) e in blu (area recintata).

Confrontando la rete dei canali con i confini delle aree di progetto, si può facilmente riscontrare come i canali si sviluppino uniformemente lungo i perimetri delle aree d'impianto, garantendo a tutte le aree di progetto, individuate nelle diverse aree, un accesso agevolato alla risorsa idrica.

¹⁶ <https://www.bonificaromagna.it/index.php/consorzio/storia>

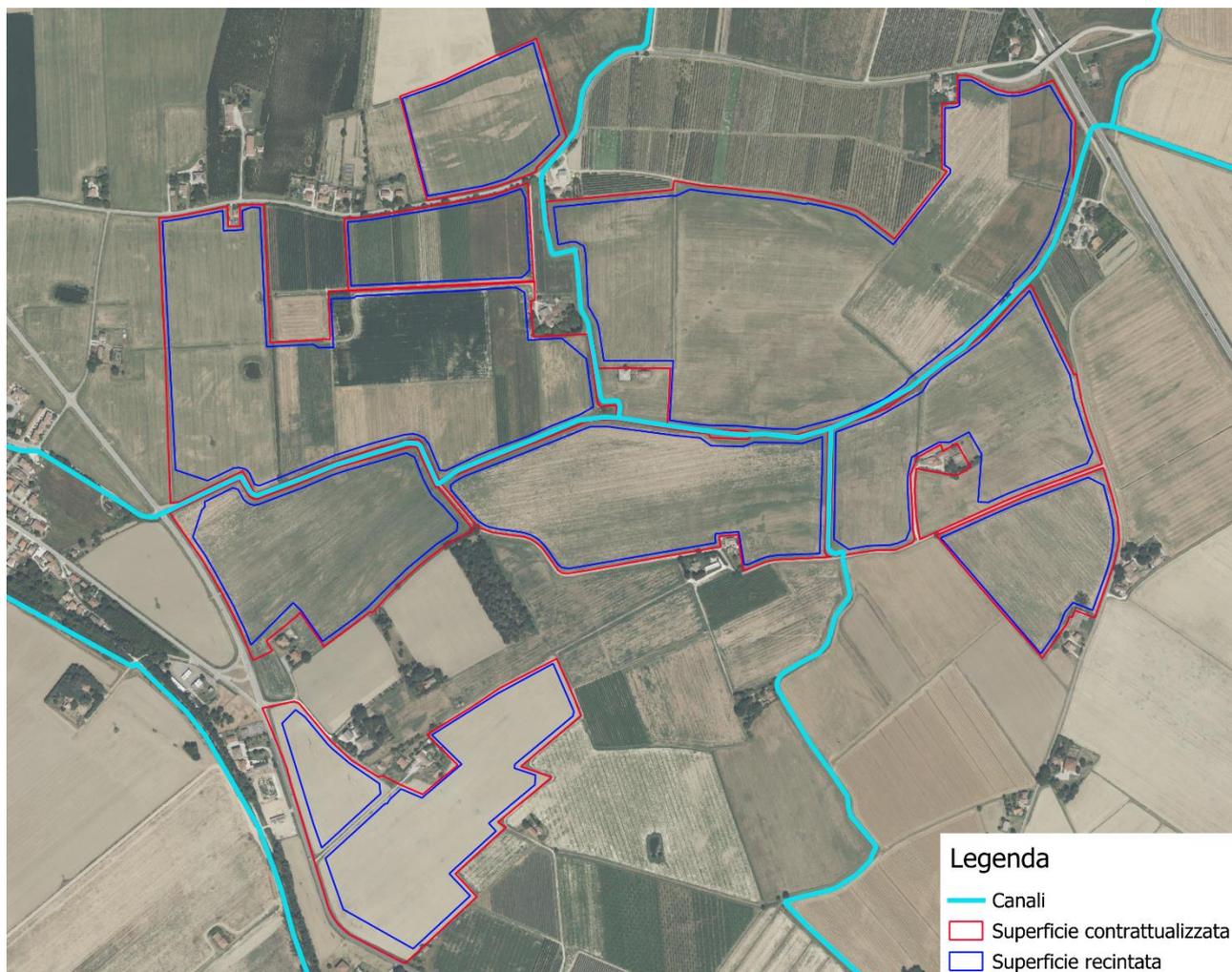


Figura 3-20 - Area impianto e sistema di canali

4 Benefici, sinergie e mitigazione delle interferenze

“Con il termine agri-fotovoltaico (o agrivoltaico) si indica un settore, ancora poco diffuso, caratterizzato da un utilizzo “ibrido” 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”¹⁷.

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.

¹⁷ A. Colantoni, M. Cecchini, D. Monarca, R. Ruggeri, F. Rossini, U. Bernabucci, R. Cortignani, R. Primi, V. Di Stefano, L. Bianchini e R. Alemanno, «Linee guida per l’applicazione dell’agro-fotovoltaico in Italia,» Università degli Studi della Tuscia, 2021.

4.1 Gestione e mitigazione delle potenziali interferenze

In generale, la componente energetica trae vantaggio economico dalla massimizzazione della superficie di pannelli all'interno della superficie totale di impianto (ossia quello che nelle linee guida viene indicato con LAOR); per contro, con riferimento alla componente agricola, una tale massimizzazione limita:

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

Le scelte di progettazione influiscono quindi fortemente su tali aspetti, privilegiando l'una o l'altra componente, generando, mitigando o eliminando le potenziali interferenze.

Nel progetto in esame, pur adottando tutti gli accorgimenti necessari per mantenere elevata la producibilità elettrica è stata ottimizzata l'attività agricola, adottando scelte progettuali che (i) mantenessero un'elevata percentuale di superficie effettivamente coltivabile, (ii) consentissero alle rese (e qualità dei prodotti) di risentire il meno possibile o per niente da carenza di luce diretta e che (iii) gli spazi fra le file e a bordo campo fossero tali da consentire un'adeguata meccanizzazione delle attività agricole.

Dopo un'attenta e approfondita valutazione si è scelto di adottare la soluzione impiantistica con tracker monoassiale, con disposizione delle strutture di sostegno in direzione nord-sud opportunamente distanziate, in quanto si è ritenuta la soluzione più idonea per conciliare le esigenze sopra descritte. Questa tecnologia permette di limitare fortemente o annullare le potenziali interferenze in termini di irraggiamento derivanti dalla presenza dei moduli fotovoltaici.

4.1.1. Tecnologia impiantistica

Considerate le attuali tecnologie disponibili, è stata adottata la soluzione con inseguitori monoassiali (di rollio). Questa configurazione è stata scelta poiché rappresenta l'opzione più idonea per promuovere un'agricoltura intensiva nell'area, essendo particolarmente adatta alla coltivazione delle aree libere tra le file dei moduli. La rotazione delle strutture, oltre a garantire una distribuzione più uniforme dell'irraggiamento al suolo rispetto ad altre tecnologie, offre un vantaggio significativo per la meccanizzazione delle attività agricole all'interno dell'impianto, poiché consente di posizionare i tracker in modo specifico, facilitando le manovre dei mezzi agricoli.

Per un'analisi approfondita delle valutazioni effettuate, si rimanda al capitolo 5 della "Relazione descrittiva del Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico ed Opere Elettriche di Utenza".

4.1.2. Distanza tra le strutture¹⁸

La distanza tra gli assi dei trackers è stata fissata in 12 m, mentre la fascia libera minima tra le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici, nelle condizioni più gravose (ovvero quando i moduli sono disposti parallelamente al suolo), sarà superiore a 7,2 m, consentendo una coltivazione di qualità tra le strutture, con l'impiego di mezzi meccanici.

Si fa presente che le aree al di sotto della proiezione dei moduli, aventi una larghezza di circa 4,7 m (quando i moduli sono disposti parallelamente al suolo), rientreranno parzialmente nel calcolo delle superfici agricole ai sensi della definizione fornita dalla norma tecnica CEI PAS 82-93 e verranno, quindi, per buona parte coltivate meccanicamente unitamente alle aree libere interne.

Come indicato dalla figura successiva, quando i pannelli sono in posizione orizzontale si trovano ad un'altezza dal suolo di 2,48 m; alla massima inclinazione (60°), invece, lo spazio libero tra il modulo e il suolo è di 50 cm.

¹⁸ Tutti i dati numerici sono forniti dai progettisti

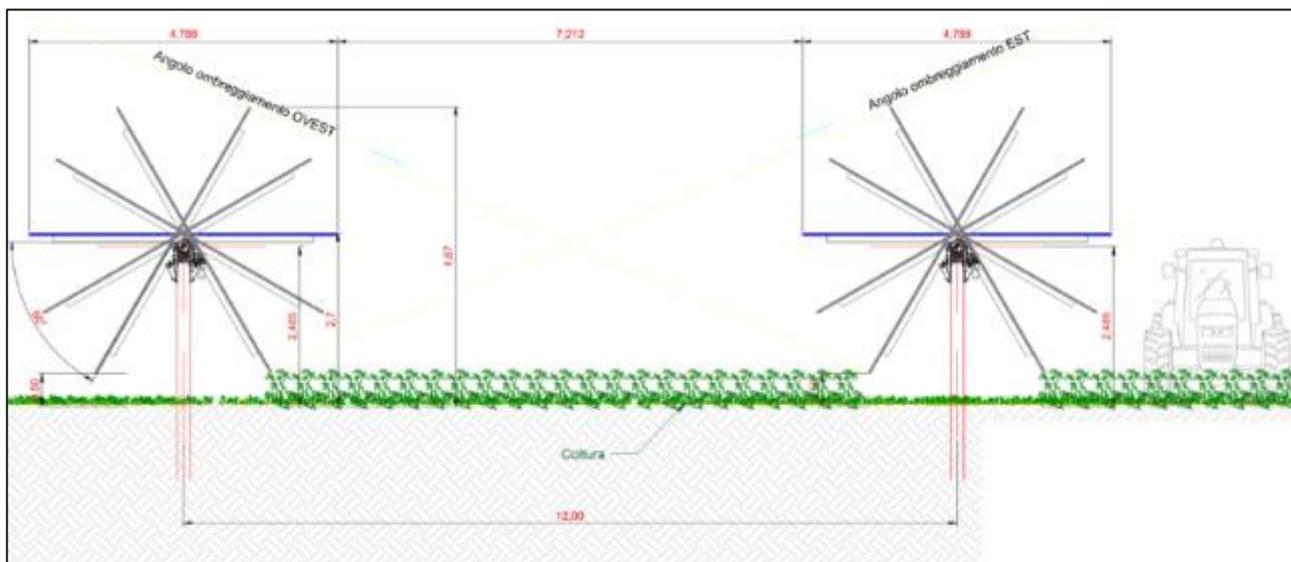


Figura 4-1 – Tipico struttura di sostegno

Con un'interfila così ampia, considerata la latitudine del progetto, si garantiscono diverse ore di irraggiamento diretto. Questo spaziamento non solo permetterà di ridurre al minimo o annullare le perdite nelle rese produttive delle colture poco esigenti di luce diretta (shade-tolerant¹⁹, es. erba medica) ma dovrebbe avere un impatto limitato anche sulle colture più esigenti (shade-intolerant, es. pomodoro).

Da uno studio interno condotto su un impianto con un'interfila di 12 m, emerge che l'irraggiamento, in presenza di interfile così ampie, viene ridotto in modo non significativo. Nei mesi più importanti dal punto di vista agronomico per le performances colturali (tardo primaverili-estivi), la diminuzione dell'irraggiamento risulta essere circa del 30%. Il valore calcolato si allinea perfettamente con il limite indicativo del 25% riportato in letteratura, assicurando l'assenza di impatti sulle rese agricole, anche per colture notoriamente esigenti in termini di illuminazione. Di seguito si riportano i risultati principali dell'analisi condotta.

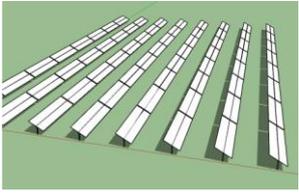
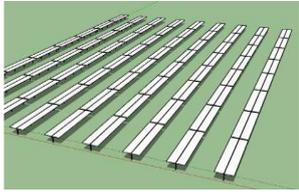
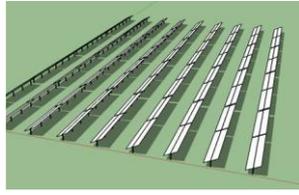
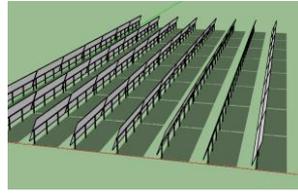
Tabella 4-1 - Riduzione dell'irraggiamento nell'interfila (Fonte: elaborazione dati PV Syst su layout impianto)

Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
35%	32%	33%	31%	30%	30%	30%	32%	34%	33%	32%	33%

Tabella 4-2 - Ricostruzione dell'ombra nelle interfile dell'impianto (Fonte: Elaborazione dati PV Syst su layout impianto)



¹⁹ Le piante dette shade-tolerant, sono le piante che si adattano a condizioni d'ombra mantenendo un'alta efficienza fotosintetica.

Ore 10	Ore 12	Ore 14	Ore 16
			
(*) ad Aprile, Maggio, Giugno la situazione è quasi identica			

Gli spazi così ampi di interfila, prima citati, unitamente ad altrettanto ampi e adeguati spazi di manovra a bordo campo di 20 m (progettati tenendo conto degli ingombri delle macchine operatrici necessarie all'indirizzo produttivo previsto), non genereranno sensibili impedimenti alle normali operazioni meccaniche, necessarie alle coltivazioni previste dall'indirizzo colturale selezionato (vedere capitoli successivi).

4.1.3. Altre interferenze

Di seguito vengono riportate le principali interferenze dovute all'impianto agrivoltaico e le misure adottate per ridurre/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 ad una profondità di circa 1,2 m;
- per prevenire compattamenti del terreno durante la fase di realizzazione dell'impianto, si presterà particolare attenzione a evitare la formazione di aree eccessivamente compatte con il transito dei mezzi pesanti, dando preferenza, quando possibile, all'utilizzo di mezzi cingolati;
- per quanto concerne i potenziali danni alla coltura causati dalla pioggia che batte sotto i bordi inferiori dei pannelli (non se mobili), con conseguente fenomeno chiamato "rain dripping"²⁰, la decisione della Società di impiegare inseguitori annulla tale possibile inconveniente, poiché le strutture ruotano in modo costante. Inoltre, è stata prevista la realizzazione di una rete scolante per l'allontanamento delle acque piovane, essenziale per prevenire l'insorgere di problemi di ristagno idrico e migliorare sia la qualità del suolo sia le condizioni di crescita delle colture. Per evitare interferenze con le lavorazioni, i dreni saranno posati ad una profondità media di 0,8 m²¹;
- in merito alla tipologia dell'impianto di irrigazione, ove necessario, si è spinto verso la tecnologia a goccia (manichetta o micro-gocciolatori) e ala piovana (per irrigazione di soccorso), visto che risultano essere il compromesso migliore con vantaggi economici, di efficienza idrica e sinergia con il sistema fotovoltaico, evitando così possibili fenomeni di incrostazioni sui pannelli causati ad esempio da sistemi di aspersione con irrigatori posti sopra i 150 cm.

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

- operazioni agricole (ad esempio la raccolta) che potrebbero richiedere il cambio di inclinazione dei pannelli;
- imbrattamento dei moduli FV dovuto alle diverse operazioni colturali che possono generare una maggiore polverosità nell'ambiente, che comporterebbe un aumento della frequenza nella pulizia dei pannelli;
- utilizzo di prodotti chimici che potrebbero danneggiare i pannelli.

Al fine di evitare il più possibile questi inconvenienti, il progetto prevede un indirizzo produttivo con la prevalenza di colture autunno-vernine, in cui le principali lavorazioni vengono eseguite durante il periodo autunnale, evitando le specie che per

²⁰ La pioggia scivola sui moduli e sgocciola al suolo, concentrando una grande quantità d'acqua in una piccola area, per un fenomeno chiamato "rain dripping". Per evitare questi effetti negativi, è possibile agire sul design dell'impianto agrivoltaico, come per esempio l'utilizzo di moduli con tracking, che permette di variare la distribuzione delle precipitazioni al suolo.

²¹ Per maggiori dettagli sulle modalità di posa dell'impianto di drenaggio si rimanda alla Tav. 33a "Tipico tubazioni sistema di drenaggio" e Tav 33b "Tipico tubo collettore sistema di drenaggio".

la loro coltivazione generano un eccesso di polverosità. Verranno altresì eseguite, per quanto possibili, operazioni durante il mattino presto, sera/imbrunire, per evitare di generare cali di produzione energetica durante le ore più produttive.

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 semiautonomia (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 €10.000-15.000 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 (cereali da granella, paglia, ecc.); nel nord Italia, al momento, tali rischi sono probabilmente trascurabili (ma comunque da segnalare), mentre sono considerabili invece nelle aree del centro-sud; il rischio è evitabile coltivando prodotti, compresi gli stessi cereali, che a maturazione non sono secchi in campo, poiché la loro raccolta avviene ad uno stadio precoce, come foraggio.

4.1.4. Sicurezza dell'operatore agricolo in ambiente agrivoltaico

Dal punto di vista della sicurezza degli impianti fotovoltaici, realizzati a servizio di un sistema agrivoltaico, si applicano le Sezioni n. 705 e 712 della norma CEI 64-8, seppur siano attesi sviluppi normativi più specifici anche a livello internazionale. Nello specifico, la Sezione n. 705 della suddetta norma si applica a tutte le parti degli impianti elettrici fissi delle strutture agricole o zootecniche, sia all'interno che all'esterno degli edifici, mentre la Sezione n. 712 è relativa alla sicurezza dei circuiti elettrici degli impianti fotovoltaici.

Una valutazione dei rischi dell'impianto, ai sensi del D.Lgs. 81-2008, ha guidato a livello progettuale le scelte specifiche di messa in opera dell'impianto, quali:

- individuazioni interferenze esterne specifiche dell'installazione;
- scelta delle componenti adeguate alle influenze esterne previste;
- scelta della disposizione più opportuna per evitare interferenze con le lavorazioni agricole e l'attività agricola condotta nell'impianto;
- definizione delle caratteristiche di sicurezza dell'impianto, considerando che nel normale esercizio si svolgeranno, in prossimità dello stesso, attività agricole *"in generale con persone non avvertite dei rischi elettrici e in presenza di animali che costituiscono l'allevamento specifico"*.

Alla luce di quanto appena riportato, l'azienda agricola si dovrà dotare di un adeguato piano di sicurezza, in riferimento alle regole di sicurezza interne all'impianto energetico, che tenga conto al contempo sia delle esigenze connesse alle lavorazioni agricole in un ambiente particolare quale quello dell'agrivoltaico, sia della peculiarità legata alle manutenzioni ordinarie e straordinarie delle componenti ingegneristiche dell'impianto stesso, al fine di mantenere degli adeguati standard di sicurezza degli operatori agricoli.

Gli operatori dovranno attenersi alle norme generali, stabilite in campo di sicurezza dell'operatore in agricoltura e previste per il normale svolgimento dell'attività agricola, ed essere in linea con eventuali corsi di aggiornamento. Gli operatori stessi dovranno essere debitamente informati e istruiti in merito al regolamento interno previsto dal piano di sicurezza dell'azienda, e di eventuali ulteriori informazioni fornite dai progettisti e riguardanti i rischi che l'impianto può presentare per lavori non elettrici effettuati in prossimità, come ad esempio le distanze minime di sicurezza, indicate da progetto per le lavorazioni primarie e di raccolta.

4.2 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 dei 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)²². Inoltre, dai pochi dati statistici finora raccolti si è visto 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, che possono danneggiare fortemente i raccolti; questo rischio è fortemente ridotto dalla presenza dei moduli fotovoltaici²³;
- 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'evapotraspirazione²⁴ 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 alimentari o pascoli, delle specie arboree per fornire ombra e creare sistemi produttivi sinergici²⁵. 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 e di invasi prevista all'interno dell'impianto anche per prescrizioni/esigenze della componente energetica, favorisce la gestione dell'acqua all'interno degli appezzamenti agricoli, riducendo rischi quali eccessi di acqua, allagamenti ed asfissia, aspetto particolarmente importante 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.

²² 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 foodenergy-water nexus in drylands» *Nature Sustainability*, vol. 2, pp. 848-855, 2019.

²³ 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.

²⁴ 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'evotraspirazione 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. Oberghell, 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.].

²⁵ AIAF, «Agroforestazione,» 2014. [Online]. Available: <http://www.agroforestry.it>.

4.3 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. L'impianto in oggetto, prevedendo un'interfila molto ampia (con tracker monoassiale) ed un'estensione dell'area agricola coltivata fino alla massima inclinazione dei moduli, contiene particolarmente la riduzione della superficie agricola utilizzata;
- 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, i sistemi di irrigazione previsti (a goccia o con ala auto avvolgente a pioggia a bassa pressione) e mediante l'uso di agricoltura 4.0 di smart irrigation, favoriscono la sostenibilità dell'irrigazione, ottimizzando l'uso di tale risorsa;
- Risparmio energetico in agricoltura: l'ombra dei pannelli fotovoltaici può contribuire a ridurre la temperatura dell'ambiente circostante, il che può essere vantaggioso per alcune colture e ridurre 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;
- Conservazione della biodiversità: gli impianti agrivoltaici, come quello in oggetto, in cui le opere di mitigazione prevedono l'impianto di alberi e arbusti, favoriscono la biodiversità (ad esempio forniscono habitat e nutrimento per la fauna selvatica);
- Produzione di cibo ed energia da una stessa area: gli impianti agrivoltaici consentono di sfruttare la stessa area di terra per coltivare cibo e produrre energia, massimizzando l'uso 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.

4.4 Miglioramenti fondiari

In economia agraria viene definito "miglioramento fondiario" qualunque intervento, in termini da 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.

Come visto nei paragrafi precedenti, 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:

- a) Lo sviluppo di una viabilità interna, ottenuto realizzando strade bianche, piazzole di sosta e diversi punti di accesso alle aree di impianto, avvalendosi in parte della rete stradale comunale, contribuisce a ridurre l'ingombro stradale ipotizzabile della rete medesima da eventuali mezzi agricoli, permettendo uno spostamento agevolato e una comunicazione tra le aree sulle quali si sviluppa l'impianto (paragrafo 5.3.2).
- b) Un sistema di irrigazione previsto lungo la fascia di mitigazione, che insiste sul perimetro intero dell'impianto. Questo assicura alla vegetazione un approvvigionamento idrico continuo e razionalizzato, che permette alle colture presenti nella suddetta fascia di continuare il proprio ciclo, anche nella stagione estiva. Inoltre, la presenza costante di umidità nel suolo andrà a beneficio della microfauna e microflora telluriche, responsabili dei cicli biologici nel terreno e dei processi di umificazione che contribuiscono all'aumento di sostanza organica nel suolo, e di conseguenza all'aumento della fertilità del suolo agrario

- c) La fascia di mitigazione, composta da specie arboree e arbustive alternate di rilevanza forestale, costituisce un miglioramento in senso paesaggistico, interrompendo la monotonia della steppa colturale, tipica della Pianura padana e schermando la visuale dei pannelli fotovoltaici. Nel contempo, questa fascia di alberi e arbusti crea una potenzialità di rifugio per la microfauna ed avifauna, preziosa in ambienti poveri di boschetti e siepi, andando a supporto della biodiversità locale.
- d) Il ricollocamento del frutteto all'interno della superficie contrattualizzata. Realizzato *ex novo* con un'impiantistica di elevato grado di tecnologia. Dotato di impiantistica di irrigazione con gocciolatori, che assicura maggiori garanzie per la sua produzione negli anni.
- e) La realizzazione di una rete drenante e di bacini di raccolta dell'acqua 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 (caso comunque evitato dall'impiego di moduli ad inseguimento monoassiale, come descritto al precedente paragrafo).

5 Definizione del piano colturale nelle varie aree di intervento

5.1 La situazione agricola ex ante nell'area del progetto

L'intervento dell'impianto interesserà una superficie complessiva contrattualizzata di circa 116 ha suddivisa nelle 10 aree di progetto come identificate al paragrafo 2.2, situate nel Comune di Argenta (FE), frazione di Consandolo.

Da quanto riportato nell'inquadramento agricolo dell'area riportata nel capitolo 2, emerge come l'agricoltura nella provincia di Ferrara sia costituita essenzialmente (94% della SAU) da seminativi.

Focalizzando pertanto l'analisi sui soli seminativi, le colture prevalenti sono il frumento tenero, frumento duro, mais (coltivato in mono successione o in rotazione), soia, le colture foraggere avvicendate come erbai annuali e prati di erba medica e le colture orticole, in particolare pisello da industria e pomodoro da industria.

Tabella 5-1 – Superfici e produzione delle colture a seminativo nella provincia di Ferrara²⁶

Periodo	2022		2023	
	Superficie tot. - ha	Produzione totale - q	Superficie tot. - ha	Produzione totale - q
Frumento tenero	32.764	1.820.768	35.698	1.776.940
Frumento duro	26.916	1.372.716	29.200	1.314.000
Orzo	2.431	133.705	2.400	120.000
Mais	23.625	1.842.705	20.500	2.050.000
Riso	4.061	229.150		
Sorgo	3.416	174.216	3.750	243.750
Erba medica	16.933	6.976.396	17.450	5.147.750
Soia	28.652	830.908	29.000	754.000
Pisello in piena area	2.664	127.872		
Pomodoro da trasformazione in piena aria	7.265	4.882.080	8.100	4.860.000

5.2 Azienda agricola e ordinamento colturale

Come accennato in precedenza l'Azienda Agricola Il Vallone Società Agricola S.S. è specializzata nella produzione di foraggio e cereali e l'erba medica è la coltura maggiormente presente.

Appare ben evidente come la coltura principale, attorno cui ruota l'avvicendamento dei terreni aziendali (pre-progetto), sia il prato di erba medica. La scelta è strettamente legata all'attività principale della Società Agricola, che consiste nella coltivazione, raccolta e disidratazione dell'erba medica, commercializzata poi come integratore per l'industria mangimistica. Il prato monofita viene mantenuto per cinque dei sette anni della rotazione applicata, pertanto, nel corso del settennio la medica occupa mediamente oltre il 70% dei terreni disponibili. Da quanto riferito in sede di sopralluogo, la coltura più spesso posta in rotazione tra un prato di medica e l'altro è il grano, coltivato per due anni consecutivamente o, talvolta, intervallato da altre colture. Le nuove politiche agricole comunitarie scoraggiano la coltivazione per due anni consecutivi di piante appartenenti allo stesso genere botanico, ma esistono deroghe per i terreni gestiti in biologico. Questo sarà oggetto di opportune considerazioni in seguito al paragrafo 5.

Per delineare la situazione puntuale dell'azienda in oggetto, la Tabella 5.2 riporta la consistenza delle superfici per le aree che ripartiscono la superficie contrattualizzata, mentre la Tabella 5.3 indica le tipologie di colture e le relative percentuali

²⁶ Fonte: elaborazione dati ISTAT 2022-2023

di ettari impiegate per queste negli anni 2022/23. Dalla tabella si evince un indirizzo produttivo prevalentemente basato su seminativi, investiti a prato quinquennale di erba medica, avvicendato con un biennio di cereale autunno vernino o, in alternativa, un qualunque cereale, seguito da un'altra coltura. Ai seminativi si aggiungono alcuni ettari di frutteto (pereto e meleto), impiantati in lotti di dimensioni ridotte e bene individuabili.

La differenziazione delle colture erbacee è legata alla necessità, per motivi agronomici, della rotazione, per cui ad un prato di leguminose devono seguire almeno due anni di colture sfruttanti o da rinnovo, ma non appartenenti allo stesso genere.

Anche il disciplinare di produzione della Regione Emilia Romagna, funzionale al CoPSR 2023-2027²⁷ esclude la possibilità di seminare medicaio consecutivamente; è quindi necessario pianificare avvicendamenti con altre colture, depauperanti (graminacee) o da rinnovo.

Da quanto riferito dagli attuali conduttori dell'azienda, che perseguiranno a coltivarla anche dopo la messa in opera dell'agrivoltaico, per l'impianto della medica vengono eseguite un'aratura a 35 cm circa, seguita da lavorazioni complementari molto accurate; la preparazione del letto di semina del medicaio richiede molta attenzione, poiché i semi della coltura hanno minime dimensioni e costo elevato, per cui vanno ridotti al minimo gli sprechi. L'azienda è in regime biologico, pertanto non vengono effettuati, durante lo sviluppo della coltura, diserbi selettivi e concimazioni chimiche; lo stesso avviene anche per gli anni successivi.

Le operazioni di raccolta della medica vengono diversificate, in base alla destinazione del prodotto erbaceo, ottenuto dal taglio:

- il primo ed il secondo taglio vengono affienati, ovvero l'erba è tagliata con la falciacondizionatrice, fatta parzialmente essiccare al sole per più giorni, in dipendenza dall'andamento climatico, poi ranghinata (voltata) per esporre al sole l'erba a contatto col suolo, di seguito andanata e pressata con l'imbattrice, raccogliendo infine i rotoli in campo con gli appositi carrelloni e trattori muniti di sollevatore;
- nei quattro tagli successivi l'erba viene falciata, fatta essiccare per 24 h ca, andanata con l'andanatore a nastro orizzontale, con 9,50 ml di fronte e 1,50 ml di altezza, avente lo scarico a destra, poi caricata su un carrellone di 2,50 ml di fronte, per essere condotta all'essiccatore.

²⁷ https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/produzioni-agroalimentari/temi/bio-agro-climambiente/agricoltura-integrata/disciplinari-produzione-integrata-vegetale/Collezione-dpi/dpi_2023



Figura 5-1 – Andanatore a nastro



Figura 5-2- Foto del sito di impianto



Figura 5-3- foto del sito di impianto

Tabella 5-2 - Suddivisione delle superfici in aree operative

Area	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8	Area 9	Area 10	Totale
Superfici e (mq)	51.160	45.504	306.797	228.577	107.005	128.088	115.453	57.153	97.630	26.150	1.163.517

Tabella 5-3 – Percentuale colture praticate negli ultimi 2 anni

Coltura	Superficie media ultimi 3 anni (ha)	%
Medica	74,74	64%
Grano duro	22,27	19%
Sorgo	0,62	1%
Girasole	2,31	2%
Grano tenero	3,28	3%
Mais	5,12	4%
Soia	2,99	3%
Pero	3,67	3%
Melo	0,66	1%
Bosco e maceri	0,32	0%
Alberi misti	0,22	0%
Tare	0,24	0%
Totale	116,43	100%

5.3 L'attività di produzione agricola ex post dell'area di progetto

5.3.1. 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. Dopo un'attenta e approfondita valutazione, come è già stato detto in precedenza,

la scelta è stata l'adozione della soluzione impiantistica con tracker monoassiale. Con tale soluzione vengono disposte le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e le apparecchiature elettriche all'interno dell'area d'impianto, sulla base della combinazione di due criteri: conciliare il massimo sfruttamento dell'energia solare incidente e consentire, al tempo stesso, l'esercizio dell'attività di coltivazione agricola tra le interfile dell'impianto, nelle aree di rispetto e lungo la fascia perimetrale di mitigazione. A tale scopo, una volta stabilita la distanza tra le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici, ottimale per la resa energetica dell'impianto, le file sono state ulteriormente distanziate proprio per favorire la coltivazione agricola nell'area di progetto.

La configurazione spaziale adottata²⁸, infatti, garantisce la continuità dell'attività agricola della situazione ex ante (mantenimento dell'indirizzo produttivo), ottimizzandone l'integrazione con la produzione di energia. Come dettagliatamente descritto nel documento A.1 "Relazione descrittiva dell'Impianto agrivoltaico", le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici sono disposte in direzione Nord-Sud, su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 12 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti e facilitare la meccanizzazione. I moduli ruotano sull'asse da Est a Ovest, seguendo l'andamento giornaliero del sole. L'angolo massimo di rotazione dei moduli di progetto è di +/- 60°. L'altezza dell'asse di rotazione dal suolo è pari a poco meno di 2,5 m (esattamente 2,485 m). Lo spazio libero minimo tra una fila e l'altra di moduli, quando questi sono disposti parallelamente al suolo (ovvero nelle ore centrali della giornata), risulta essere pari a 7,2 m, tale quindi da consentire il passaggio dei mezzi agricoli.

La Figura 5-4 è una rappresentazione grafica di quella che progettualmente sarà la disposizione dell'impianto precedentemente descritta.

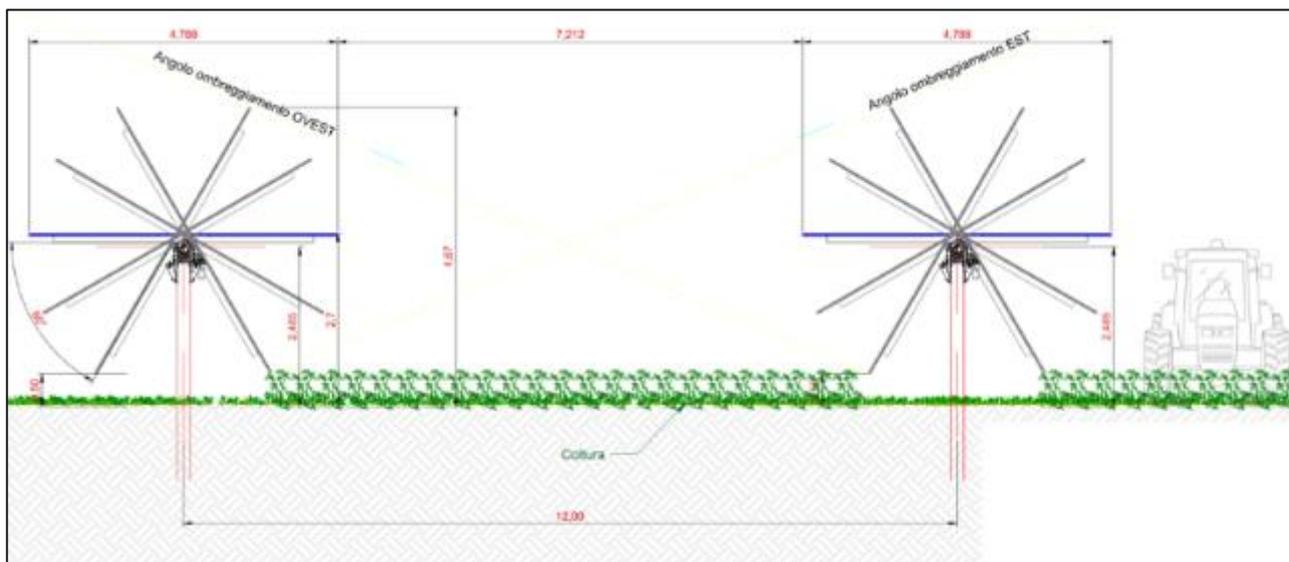


Figura 5-4 - Disposizione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici

L'area totale sede dell'impianto consta di circa 116 ha di superficie totale, mentre l'area effettivamente coperta dai moduli (nel caso questi siano orientati parallelamente al suolo, con interfila di 7,2 m), dai piazzali delle cabine di conversione/ausiliarie/di raccolta oltre che dall'edificio magazzino/sala di controllo, delle vasche ecc. è pari circa a 28,4 ha, quindi circa il 24,4% della superficie totale.

Sarà realizzata una fascia vegetale di mitigazione per un mascheramento visivo dell'impianto lungo l'intero perimetro, avente larghezza di 3 m o 6 m in base all'occorrenza, esterna alla recinzione, prevedendo una occupazione di circa 3,7 ha (circa il 3,1% della superficie contrattualizzata).

²⁸ Dati forniti dai progettisti

Tabella 5-4 - Dettaglio delle superfici agricole dell'impianto con interfila di 7,2 m (con moduli orizzontali) ²⁹

Dettagli superficie	AREA 1	AREA 2	AREA 3	AREA 4	AREA 5	AREA 6
SUPERFICIE CONTRATTUALIZZATA (mq)	51.160	45.504	306.797	228.577	107.005	128.088
SUPERFICIE RECINTATA (mq)	45.244	38.750	281.111	203.694	87.426	113.752
SUPERFICIE AGRICOLA (mq)	36.879	34.736	210.181	164.332	79.596	90.706
superficie agricola interna (mq)	33.472	29.632	190.388	145.260	64.734	78.616
superficie agricola esterna (mq)	3.407	5.104	19.792	19.072	14.862	12.091
SUPERFICIE NON UTILIZZATA PER ATTIVITA' AGRICOLA (mq)	14.281	10.768	96.616	64.245	27.409	37.382
Laghetti (mq)	0	0	0	3.872	0	0
Fascia di mascheramento (mq)	2.509	1.650	5.894	5.811	4.717	2.245
Superficie non utilizzata per attività agricola (SN: nuove strade e piazzole, superficie occupata dai moduli alla massima inclinazione, cabine, vasche di laminazione) (mq)	11.772	9.118	90.723	54.562	22.692	35.136

Dettagli superficie	AREA 7	AREA 8	AREA 9	AREA 10	TOTALE
SUPERFICIE CONTRATTUALIZZATA (mq)	115.453	57.153	97.630	26.150	1.163.517
SUPERFICIE RECINTATA (mq)	91.113	50.276	82.326	18.090	1.011.782
SUPERFICIE AGRICOLA (mq)	86.448	41.252	73.464	21.507	839.101
superficie agricola interna (mq)	65.159	37.179	63.569	15.977	723.986
superficie agricola esterna (mq)	21.288	4.073	9.894	5.530	115.114
SUPERFICIE NON UTILIZZATA PER ATTIVITA' AGRICOLA (mq)	29.005	15.901	24.166	4.643	324.416
Laghetti (mq)	0	0	0	0	3.872
Fascia di mascheramento (mq)	3.052	2.804	5.410	2.530	36.621
Superficie non utilizzata per attività agricola (SN: nuove strade e piazzole, superficie occupata dai moduli alla massima inclinazione, cabine, vasche di laminazione) (mq)	25.954	13.097	18.757	2.113	283.924

Dai più recenti aggiornamenti della norma CEI 82-93: 2023-12 è possibile prevedere una variazione del calcolo della superficie non utilizzata per attività agricola (nella tipologia di impianto interfilare) che si ridurrà non oltre l'inclinazione del pannello a 65°, con una distanza non inferiore 0,5 m dai pali di sostegno e un franco minimo di almeno 20 cm tra l'altezza della coltura sottostante e i moduli. L'area sottostante i pannelli fotovoltaici consta di una larghezza di circa 4,7 metri (quando il loro orientamento è parallelo al suolo); tale area rientrerà parzialmente nel calcolo della superficie agricola ai sensi della norma tecnica CEI PAS 82-93: 2023-12 e verrà coltivata unitamente alle fasce agricole interfilari. Alla luce di quanto detto, la superficie agricola, calcolata ai sensi della norma CEI PAS 82-93 del 2023-12, varia in funzione dell'altezza raggiunta dalle colture praticate, che a sua volta influenza la massima inclinazione raggiungibile dai moduli. Sono state considerate due altezze di riferimento delle colture: 0,7 m per l'erba medica e 1,2 m per il grano, alle quali è stato applicato un franco minimo di 0,2 m dalla base dei moduli FV. La superficie agricola varia quindi tra **91,3 ha (il 78,4% della superficie totale)**, in corrispondenza di un'altezza totale (coltura + franco) pari a 0,9 m, e **87,4 ha (il 75,2% della superficie totale)**, per un'altezza pari a 1,4 m.

²⁹ Dati forniti dalla Committenza

Tabella 5-5- Dettaglio delle superfici agricole dell'impianto (con moduli a 45,5° e interfila di 8,35 m)³⁰

Dettagli superficie	AREA 1	AREA 2	AREA 3	AREA 4	AREA 5	AREA 6
SUPERFICIE CONTRATTUALIZZATA (mq)	51.160	45.504	306.797	228.577	107.005	128.088
SUPERFICIE RECINTATA (mq)	45.244	38.750	281.111	203.694	87.426	113.752
SUPERFICIE AGRICOLA (mq)	39.831	37.035	233.603	178.947	85.524	99.490
superficie agricola interna (mq)	36.424	31.931	213.810	159.874	70.662	87.399
superficie agricola esterna (mq)	3.407	5.104	19.792	19.072	14.862	12.091
SUPERFICIE NON UTILIZZATA PER ATTIVITA' AGRICOLA (mq)	11.329	8.469	73.194	49.630	21.481	28.598
Laghetti (mq)	0	0	0	3.872	0	0
Fascia di mascheramento (mq)	2.509	1.650	5.894	5.811	4.717	2.245
Superficie non utilizzata per attività agricola (SN: nuove strade e piazzole, superficie occupata dai moduli alla massima inclinazione, cabine, vasche di laminazione) (mq)	8.820	6.819	67.301	39.948	16.764	26.353

Dettagli superficie	AREA 7	AREA 8	AREA 9	AREA 10	TOTALE
SUPERFICIE CONTRATTUALIZZATA (mq)	115.453	57.153	97.630	26.150	1.163.517
SUPERFICIE RECINTATA (mq)	91.113	50.276	82.326	18.090	1.011.782
SUPERFICIE AGRICOLA (mq)	92.981	44.930	78.400	22.039	912.778
superficie agricola interna (mq)	71.692	40.857	68.506	16.509	797.664
superficie agricola esterna (mq)	21.288	4.073	9.894	5.530	115.114
SUPERFICIE NON UTILIZZATA PER ATTIVITA' AGRICOLA (mq)	22.472	12.223	19.230	4.111	250.739
Laghetti (mq)	0	0	0	0	3.872
Fascia di mascheramento (mq)	3.052	2.804	5.410	2.530	36.621
Superficie non utilizzata per attività agricola (SN: nuove strade e piazzole, superficie occupata dai moduli alla massima inclinazione, cabine, vasche di laminazione) (mq)	19.421	9.419	13.820	1.581	210.246

L'area sotto i moduli verrà parzialmente coltivata (in continuità con l'area interfilare) fino al punto in cui l'inclinazione del pannello è pari a 45,5° e con una distanza minima dal suolo di 90 cm, rispettando il franco di 20 cm dalla coltura, mediante la scelta di specie e varietà che non superino i 70 cm di altezza. Questa nuova configurazione spaziale permetterà di avere un'interfila coltivata di 8,35 m con una distanza dai pali di sostegno dei moduli di 1,8 m, distanza idonea e sufficiente per permettere il passaggio delle macchine in sicurezza.

Posta la configurazione sopra descritta ne consegue che le attività agricole verranno svolte su tre tipologie di superfici:

- superficie comprendente le corsie tra i pannelli e le capezzagne perimetrali;
- superficie a seminativo, esterna all'area recintata su cui insiste l'impianto;
- fasce di mitigazione.

³⁰ Dati forniti dalla Committenza

Si fa presente che al fine di consentire il confronto fra le performance delle colture coltivate fra i moduli e le colture non ombreggiate dagli stessi (vedere capitolo 7 monitoraggio), nelle superfici non coperte dai moduli saranno poste delle superfici di benchmark (controllo) con la/le stesse colture presenti negli spazi interfilari.

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 (quest'ultimo fattore è particolarmente importante in condizioni agricole di cui si ha poca evidenza storica, quali quelle agrivoltaiche), nonché del livello di integrabilità con la produzione fotovoltaica, etc. In futuro, qualora se ne presentasse l'opportunità, compatibilmente con quanto previsto dalle Linee Guida Ministeriali in termini di PLS e con maggior esperienza in campi agrivoltaici potrà quindi essere valutata anche l'introduzione di produzioni diverse e che meglio si adattano al caso specifico.

Oltre le rotazioni di piante erbacee e alla fascia di mitigazione, composta da specie di interesse forestale ed ornamentale, è prevista la ricollocazione *ex novo* del frutteto. Il frutteto va ricollocato tenendo conto che:

- la superficie minima da ricollocare è fissata a 4,2 ettari, ai fini di rispettare la continuità agricola in ambito di PLS e mantenere la produttività media per ettaro costante rispetto l'ante-progetto;
- seppur gli appezzamenti dedicati a frutteto nell'ante progetto erano di specie differenti, (risultanti da fascicolo aziendale come pereto, meleto e frutteto misto) il nuovo impianto sarà monospecifico e composto esclusivamente da *Pyrus communis*, al più di varietà differenti (si rimanda la scelta varietale alla fase operativa del progetto).

5.3.2. Viabilità

Precedentemente è già stata descritta quale sarà l'organizzazione dell'area di impianto agrivoltaico (layout, struttura, sotto aree, etc.). Più che in qualunque altro sistema agricolo è importante la pianificazione della viabilità all'interno dei campi ai fini di evitare danni all'impianto e agevolare le manovre e il lavoro in sicurezza da parte degli operatori nelle attività agricole. L'organizzazione della viabilità di progetto è stata sviluppata sulla base della rete stradale esistente e tenendo conto delle necessità di intervento operativo di entrambi i sistemi presenti. Tra le strade più significative da cui trae supporto il sistema della viabilità progetto, possiamo trovare a Nord la strada comunale Via Gresolo, a Est Via Pozze Androna collegata da un'asse centrale costituito da Via Sabbioni al lato Ovest con Via Germano Manini. La viabilità delle macchine operatrici è diversa nelle aree interne ed esterne la recinzione. Nelle aree interne è necessario considerare:

- gli spazi per la manovra tra le file dei pannelli, debitamente calcolati nella fase progettuale. Al fine di verificare che tutte le macchine riescano ad avere il giusto spazio di manovra alla fine dell'interfila, sono state eseguite prove in campo dello spazio di manovra con il mezzo di maggiori dimensioni nella disponibilità dell'azienda, ovvero il carro trincia-caricatore; è stata stabilita la distanza di 20 m tra la recinzione e le file di pannelli, in modo tale da non provocare problematiche alla viabilità dei mezzi agricoli;
- lo spazio necessario per il passaggio tra le file di pannelli, ovvero l'area prevista per le operazioni agricole, calcolata in fase progettuale. Per lavorare in sicurezza e per non interferire con l'impianto fotovoltaico che insiste nell'area di progetto, è previsto che le macchine lavorino a una distanza minima dal palo di sostegno del pannello di 1,5 m.

Nelle aree esterne alla recinzione, di ridotte dimensioni, può essere adottata una meccanizzazione differente da quella della fascia di mitigazione produttiva e dell'area interna, coltivata a seminativi tra i pannelli:

- nelle aree esterne alla recinzione (non interessate dalla fascia di mitigazione) è previsto, eventualmente, l'uso di macchine agricole con dimensioni più contenute rispetto a quelle utilizzate all'interno della recinzione, in quanto gli spazi previsti per la coltivazione presentano in alcuni casi un'ampiezza ridotta rispetto all'interfila dei pannelli fotovoltaici; queste macchine saranno opportunamente scelte in ambito di progetto esecutivo e più precisamente in fase operativa;
- la fascia di mitigazione, prevedendo un'organizzazione diversa sia colturale (coltivazione arborea) che spaziale (si estende linearmente intorno al perimetro), presenta una viabilità dei mezzi differente, specificata nel capitolo pertinente (paragrafo 5.3.7).

L'impianto agrivoltaico, come descritto in precedenza, si sviluppa in appezzamenti non contigui tra loro, è opportuno a tale proposito, fare le seguenti osservazioni:

- Seppur gli appezzamenti non siano tutti contigui, gli stessi si trovano, tra loro, comunque a distanze modeste che permettono in breve tempo lo spostamento tra un appezzamento e l'altro. La rete stradale esistente risulta in buono stato di manutenzione e permette spostamenti agevoli tra campi non contigui, non si evidenziano dunque problematiche inerenti alle modalità di spostamento.
- Ove necessario, in particolare dove saranno presenti le cabine, sono previste delle strade bianche interne ai campi, al fine di facilitare le operazioni degli addetti alla componente elettrica dell'impianto. Si ritiene opportuno ricordare che tali aree stradali non sono considerate, da progetto, come aree agricole. Le strade interne oltre che per il passaggio degli operatori per l'impiantistica energetica saranno utilizzabili per il transito dei mezzi agricoli all'interno dell'impianto. Le strade e i piazzali verranno realizzate in seguito al passaggio della macchina posadreni ed alla posa del cavidotto MT.

La sezione tipo delle strade bianche prevede una carreggiata di minimo 3,5 m di larghezza, realizzata allo stesso livello del piano di campagna, per agevolare il passaggio dei mezzi agricoli e non creare ostacolo al deflusso delle acque meteoriche (si faccia riferimento alla Tav. 32 "Tipico strade interne"). Ove necessario vengono quindi effettuati³¹:

- Scotico 30 cm;
- Eventuale spianamento del sottofondo;
- Rullatura del sottofondo;
- Posa di geotessile TNT 200 gr/mq;
- Formazione di fondazione stradale in misto frantumato e detriti di cava per 30 cm e rullatura;
- Finitura superficiale in misto granulare stabilizzato per 10 cm e rullatura;
- Formazione di cunetta in terra laterale per la regimazione delle acque superficiali.

La viabilità esistente per l'accesso alle aree d'impianto non sarà oggetto di interventi o di modifiche, in quanto la larghezza delle strade è adeguata a consentire il transito dei mezzi di cantiere e per il trasporto dei materiali durante i lavori di costruzione (come riportato nel paragrafo 10.2.4 della "Relazione descrittiva generale" dell'impianto).

³¹ I dati tecnici ed i percorsi previsti sono tratti dalla Relazione descrittiva di progetto

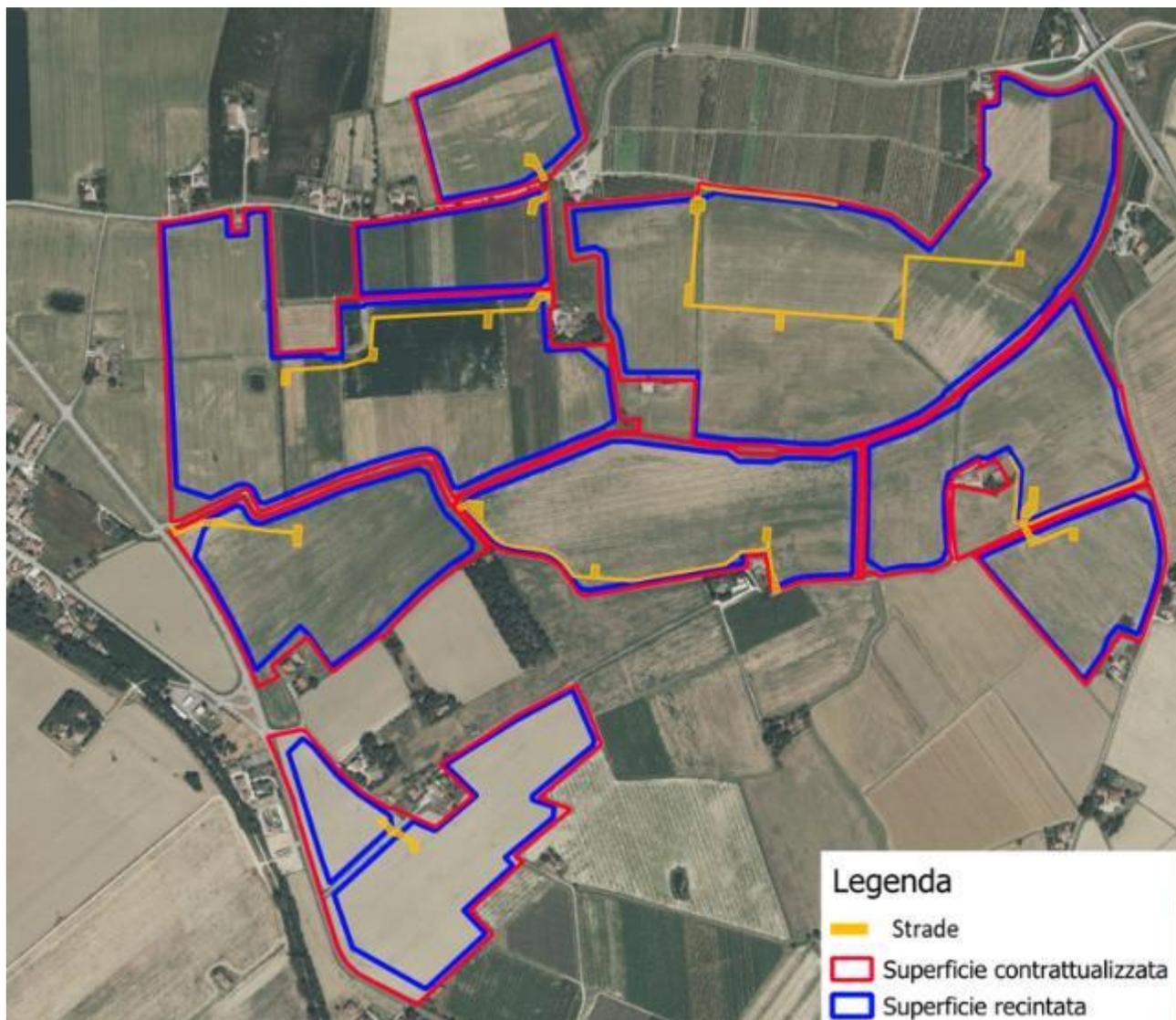


Figura 5.5 – Viabilità interna di nuova costruzione (strade e piazzole) all'interno dell'area di progetto.

5.3.3. La scelta dell'indirizzo culturale

La consociazione, ovvero la coltivazione di due o più colture nello stesso terreno e periodo è una pratica frequente, anche se abbandonata in condizioni di coltivazione intensiva. 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.

La maggior parte degli autori fa rilevare, nelle colture parzialmente ombreggiate dai pannelli, un calo generale di produzione, con diverse specie. Di contro, altri (tra cui Weselek ed al.) hanno riscontrato rese diversificate ma, a seconda del decorso meteorologico dell'annata, in alcuni casi più vantaggiose in agrivoltaico che negli appezzamenti testimone, e tale fenomeno si è verificato, soprattutto, 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, gli impatti sulla produzione agricola, per diverse tipologie di prodotti, sono trascurabili.

Posto che, da studi condotti *ad hoc* nella progettazione dell'impianto (vedere paragrafo 4.1), l'ombreggiamento alle colture interfilari generato dall'impianto dovrebbe essere vicino al valore di soglia riportato come "di trascurabile influenza" per alcune colture (riduzione dell'irraggiamento nell'interfila di circa il 30%) che, nelle stime di resa unitarie della presente

relazione e per l'indirizzo produttivo prescelto, è stato ritenuto di non applicare riduzioni di produttività per ettaro rispetto alla situazione precedente.

Infine, di fondamentale importanza per la scelta dell'indirizzo colturale, è stato il mantenimento di quello precedentemente praticato (pre-progetto). È stato pertanto mantenuto l'indirizzo colturale antecedente, secondo anche le volontà della società agricola a cui sarà affidata la conduzione, laddove possibile; il frutteto, oramai in fase improduttiva verrà reimpiantato in aree esterne al campo fotovoltaico. Verrà rispettato il requisito dettato dalle Linee Guida Ministeriali in termini di Produzione Lorda Standard (PLS), calcolata con i dati RICA del CREA, secondo le quali la PLS dell'indirizzo produttivo post progetto deve essere uguale o superiore a quello ante progetto (vedere paragrafo 6.3).

5.3.4. Colture consigliate

L'azienda in esame, caratterizzata dalla coltivazione in fasce, delimitate dai pannelli fotovoltaici, presenterà delle caratteristiche particolari della conduzione, sintetizzabili come segue:

- ampiezza delle fasce coltivabili fra i moduli fotovoltaici di 8,35 ml circa (7,2 di corsia libera tra i pannelli più 1,15 ml ca di fascia, sottoposta ai pannelli a 180°, ma coltivabile rispettando la distanza tra coltura e pannello inclinato), una dimensione studiata appositamente sia per limitare le interferenze produttive derivanti dell'ombreggiamento, 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 meccanizzazione);
- la presenza di moduli fotovoltaici crea comunque dei fenomeni di ombreggiamento, tollerati in misura diversificata tra le varie colture;
- la resa dei moduli fotovoltaici risente della produzione di polvere dal terreno, inevitabile nella coltivazione delle piante agrarie, ma riducibile in funzione della scelta delle piante stesse e delle operazioni colturali;
- l'altezza delle colture può influire sulla produttività dei pannelli (nella posizione di massima inclinazione il modulo arriva ad un'altezza di 0,5 metri), per cui vanno prescelte le specie vegetali a taglia ridotta; questo comunque non comporta la necessità di stravolgere i piani colturali storici della zona che, in gran parte, sono compatibili con le esigenze dettate dalla presenza dell'impianto agrivoltaico;
- effetto frangivento del fotovoltaico, che, se da una parte riduce i fenomeni di allettamento e contribuisce fortemente a ridurre l'evapotraspirazione, dall'altra produce maggiori rischi di malattie fungine.

Riguardo agli **sbocchi di mercato**, l'Azienda Agricola Il Vallone Società Agricola S.S. è già inserita in una rete commerciale molto sviluppata, in tale sede è opportuno ribadire che le produzioni che saranno consigliate hanno la seguente caratteristiche commerciali:

- gli acquirenti sono essenzialmente costituiti da commercianti/grossisti/industrie di trasformazione/allevatori, di reperibilità abbastanza agevole per chi sta nel settore;
- non vi sono difficoltà di collocazione dei prodotti da vendere in termini di volumi (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 (principale riferimento la Borsa Merci della Camera di Commercio di Bologna), oppure fissati dall'industria prima di inizio campagna in 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 dal contoterzista);
- presentano il vantaggio di un regime di prezzi abbastanza stabile, a parte le recenti impennate, legate a fattori non agricoli ma strategici e di politica internazionale.

Ciò posto, di seguito si riporta una selezione, non esaustiva (vi possono essere altri cereali, leguminose o altre specie che potrebbero essere interessanti e in futuro fare parte della rotazione), delle colture degne di maggior attenzione. L'azienda Agricola Il Vallone Società Agricola S.S. è altamente specializzata nella produzione di foraggi disidratati, sarà quindi necessario adattare le esigenze legate alla produzione di energia senza snaturare l'indirizzo di produzione.

Tabella 5-6- 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; • 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; • rischio di incendio, in fase di maturazione finale.
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; • copertura estiva delle superfici, trinciando la paglia con la mietitrebbia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coltura molto sfruttante per il terreno; • necessità di effettuare rotazioni colturali; • rischio di incendio, in fase di maturazione finale.
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.
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 di impianto, però ammortizzabile in cinque anni; • ripetute operazioni di raccolta in estate; • necessità di effettuare rotazioni colturali lunghe.

Il prato di erba medica, come detto in precedenza, ha la durata di cinque anni e richiede cinque/sei sfalci primaverili-estivi, ognuno con ripetuti passaggi di macchine (per ogni sfalcio sono necessari falciatura, ranghinature, pressatura ed imballatura o, in alternativa raccolta e trasporto del foraggio da disidratare, con tempi, tra un passaggio e l'altro, condizionati dal meteo). Come aspetti positivi, oltre ad essere una pianta mellifera, vanno considerati (i) sotto l'aspetto della meccanizzazione, il fatto che necessiti delle operazioni di preparazione del terreno e di semina una sola volta su cinque anni e (ii), sotto l'aspetto agronomico, la generazione di un accumulo di necromassa ad alto titolo di azoto nel suolo, la rinettatura dalle infestanti (dovuta ai continui sfalci che impediscono la risemina delle erbe selvatiche stesse); il ruolo di coltura miglioratrice del terreno, rivestito dalla medica, è pertanto indiscutibile. Va inoltre sottolineato, dal punto di vista commerciale, l'apprezzamento che il fieno di medica ha sempre, in zone prossime alle aree di massima densità zootecnica d'Italia. Infine, l'eventuale impiego per disidratazione dell'erba medica, oltre ad apportare valore aggiunto alla biomassa prodotta, in un colpo solo riduce i costi ed i tempi della raccolta del fieno.

In ogni ipotesi di avvicendamento, il frumento (tenero e duro) risulta essere asse portante di tutte le rotazioni; essendo tuttavia una coltura depauperante per il terreno, richiede un avvicendamento con colture miglioratrici, ruolo in questo caso ricoperto dalla medica.

Qualora il grano risultasse essere troppo penalizzato dalle condizioni di ombreggiamento degli impianti agrivoltaici, esso potrà essere sostituito da un altro cereale quale ad esempio l'orzo, teoricamente meno esigente in termini di luce diretta.

Di particolare interesse, anche se esistente nelle rotazioni da pochi anni, è la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), amarantacea di origine andina, priva di glutine e che, pertanto costituisce uno pseudo cereale, utilizzabile nelle diete per

celiaci. Costituisce un buon motivo per saggiare tale coltura, in crescita nel nord est, l'esistenza ad Argenta del centro di raccolta più importante d'Italia, il che faciliterebbe i trasporti.

Il grano è, come detto, una coltura sfruttante, che assimila quantità notevoli di elementi minerali, lasciando poca necromassa nel terreno, soprattutto se si asporta la paglia.

Attualmente, come detto prima, la Società Agricola ripete il grano due anni di seguito, dopo il medicaio, per "sgrassare" la terra, rendendola adatta al reimpianto del medicaio. A seguito dell'entrata in vigore delle BCAA7 (Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali) della nuova PAC (Reg. UE n. 2021/2115 del 02/12/2021), dall'annata agraria 2023-2024, esiste il divieto di far succedere due colture appartenenti al genere *Triticum* (grano tenero e duro, farro, etc.) tra loro, pertanto è necessario individuare una coltura che sostituisca il grano del secondo anno. A quanto risulta dalle ultime notizie³², è possibile alternare il grano con l'orzo, il mais (da escludere in agrivoltaico perché di taglia troppo elevata e bisognoso di irrigazione) ed il sorgo, argomento che verrà approfondito più avanti.

Le colture miglioratrici da rinnovo potrebbero essere scelte tra l'erbaio da fieno, con netta prevalenza di leguminose ed il pisello proteico, che arricchisce il terreno. Essendo entrambe leguminose, appare preferibile evitare di porle in rotazione con la medica, con cui condividono alcune fitopatie.

Volendo evitare il ricorso all'irrigazione e, pertanto, non potendo considerare le orticole di pieno campo, la scelta è forzatamente limitata al gruppo merceologico delle oleaginose non leguminose, ovvero del girasole o della colza. Il primo non può essere introdotto nei campi agrivoltaici, per la taglia superiore ai 150 cm, che creerebbe fenomeni di ombreggiamento dei pannelli. La seconda è stata limitata, fino ad epoche recenti, dalla medesima criticità, ovvero una taglia media superiore ai 150 cm; nelle ultimissime annate agrarie però sono apparse sul mercato delle varietà e ibridi, che raggiungono taglie (probabilmente) compatibili con le esigenze di luce solare dei pannelli fotovoltaici. Viene ritenuto, pertanto, di poter ipotizzare una sperimentazione della colza nelle rotazioni in agrivoltaico, per sfruttare le ottime caratteristiche di coltura da rinnovo dell'oleifera che, essendo una brassicacea, non ha problemi di fitopatie in comune con sia il grano, sia la medica. La criticità della colza ricade nel suo basso valore di Produzione Lorda Standard (PLS), indicatore in base al quale viene calcolato il mantenimento o meno della redditività aziendale ante e post realizzazione dell'agrivoltaico.

Una ulteriore scenario potrebbe venire ipotizzato, valorizzando in rotazione la coltura del sorgo da granella, cereale minore, a ciclo primaverile estivo, di cui non risulta certo l'impiego sinora nella rotazione dell'azienda. Considerato da sempre "parente povero" del mais, rispetto ad esso presenta minor produttività e prezzi più bassi (anche se la granella certificata "biologica" raggiunge apprezzamenti non dissimili da quelli del granturco); di contro, i costi di coltivazione sono nettamente inferiori e la rusticità della coltura ne consente l'effettuazione in asciutta ed in suoli poveri, purché dotati di buona ritenzione idrica. Degli ibridi di sorgo da granella a taglia bassa hanno in generale un'altezza che, nel nord Italia, si aggira intorno a 1 m, e tale "canopy" risulta essere compatibile con il sistema agrivoltaico.

Il vantaggio del sorgo, rispetto il grano, adesso coltivato in rotazione con la medica, è che essendo un cereale primaverile, permette di mantenere la copertura vegetale del prato dell'ultimo anno sino alla rottura a fine inverno, prevenendo la lisciviazione dei nitrati che affligge i suoli soggetti dopo la rottura dei prati nei mesi più piovosi. Inoltre, la coltura viene seminata tra aprile e maggio, andando incontro alla buona stagione, periodo in cui le condizioni di temperatura e umidità del terreno agevolano l'opera di umificazione dei residui di medica, con liberazione di elementi chimici, sfruttabili dal sorgo in piena crescita. Il prato lascia da 150 a 200 q.li/ha di radici e colletti³³, fortemente lignificati e di non facile aggressione da parte degli organismi tellurici, addetti alla degradazione ed umificazione dei residui colturali; quindi il cereale si presterebbe, meglio del grano che nasce in autunno, a valorizzare la presenza di materiale organico in via di decomposizione. Ultimo aspetto di cui tener conto, il prato di medica, con i suoi residui, lascia un terreno grossolano, che mal si presta alla coltura del grano, che vuole un letto di semina fine e bene assestato. Ciò obbliga ad arare precocemente il medicaio, consentendo al suolo di degradare in buona parte il materiale organico, per consentire una buona semina del grano. Il sorgo, invece, come detto prima, è coltura rustica ed adattabile a terreni anche ricchi di sostanza organica indecomposta, pertanto si ritiene possa venire testato in una rotazione a prevalenza di medicaio. Il sorgo inoltre ha un più elevato valore di PLS, rispetto i cereali autunnali.

³² A. Frascarelli "Ecco come si applicano le rotazioni della Bcaa7", Terra e vita, 22 settembre 2023

³³ F. Bonciarelli "Coltivazione erbacee di pieno campo", Edagricole 1995

5.3.5. Indirizzo produttivo

La superficie agricola in linea con gli ultimi aggiornamenti delle norme CEI, come scritto in precedenza, è di circa 91 ha, di cui a seminativi 87 ha, i restanti saranno utilizzati per il ricollocamento del frutteto.

Ai fini di non ridurre il pregio della produzione agricola delle aree sedi d'impianto si è optato per il ricollocamento dei frutteti esistenti, in particolare il pereto, in quanto coltura tipica del ferrarese e presente nei registri IGP dell'Emilia Romagna. Il ricollocamento del frutteto sarà nelle aree esterne alla recinzione, lasciando spazio di almeno 3 ha alle colture per Benchmark. L'impianto del frutteto, oltre ad aumentare il pregio delle produzioni (e la PLS), essendo collocato nell'area esterna della recinzione vicino la fascia di mitigazione, contribuirà inoltre a creare ulteriore azione di mitigazione visiva, tipica del paesaggio agricolo della Pianura Padana. A tale proposito il frutteto verrà collocato nelle aree esterne e sviluppato, se possibile, lungo il perimetro; la locazione esatta del pereto verrà stabilita nelle fasi progettuali successive di progetto esecutivo.

Alla luce di quanto esposto, si propone il seguente scenario produttivo.

Tabella 5-7- Scenario produttivo.

Colture	Superficie (ha)	Epoca di raccolta
Prato di erba medica (5 anni)	62,2	fine aprile-ottobre
Grano duro	12,4	giugno-luglio
Orzo	12,4	giugno-luglio
Pero	4,2	agosto-ottobre
Totale	91,28	

Lo scenario proposto prevede il prato di medica, il frumento duro, l'orzo in rotazione e un pereto di 4,2 ha all'esterno della recinzione. La scelta della superficie del frutteto non è casuale in quanto tiene conto dei calcoli sulla PLS che stabiliscono tale superficie minima al fine di mantenere la continuità dell'attività agricola.

Per quanto concerne la rotazione proposta è da specificare che verrà introdotta progressivamente, portando a fine i medicai esistenti, seminando quelli nuovi nei terreni lasciati liberi dal grano, ed applicando le colture depauperanti nelle terre dove verrebbe rotto il prato di medica.

Il ciclo colturale proposto è quello che meglio risponde alle esigenze dell'azienda in quanto rispetta l'attitudine foraggero-cerealicola della stessa senza obbligare chi andrà a condurre l'attività agricola ad acquistare nuovi mezzi, impegnarsi nella ricerca di personale specializzato e di partner commerciali o ancora alla costituzione di una nuova filiera di mercato per prodotti agricoli di nuova introduzione. A tale proposito si ritiene specificare che altri scenari ipotizzabili potrebbero essere, per esempio:

- medica-frumento-frumento e pereto nelle aree esterne, possibile anche con i seminativi in asciutta;
- medica-frumento-sorgo e pereto nelle aree esterne, possibile anche con i seminativi in asciutta;

I due scenari citati risultano entrambi validi, ma il primo è meno virtuoso in quanto prevede la successione di due anni di frumento nello stesso campo, il secondo introduce nelle rotazioni colture non praticate prima dall'azienda con le problematiche sopra citate.

5.3.6. Pereto

Il pero è una coltura tipica del ferrarese, la forma d'allevamento, la scelta della varietà e l'iter tecnico vengono stabiliti a seconda delle caratteristiche pedo-climatiche dell'area d'impianto e dalle caratteristiche qualitative delle produzioni che si vogliono ottenere.

L'iter tecnico per l'impianto del pereto è riassumibile nei seguenti punti:

- scelta di varietà, del portainnesto, della forma di allevamento,

- preparazione del terreno, scasso/discissura profonda, amminutamento del suolo e concimazione organica,
- messa a dimora delle piante innestate,
- sistemazione dei sostegni per il supporto delle piante e degli impianti idrici (irrigazione e antibrina),
- applicazione di trattamenti fitosanitari per prevenire patologie e parassiti,
- controllo delle infestanti attraverso metodi meccanici.

Il pereto in questione, come detto precedentemente, sarà collocato nelle aree perimetrali esterne e organizzato in filari (da 1 a 3 a seconda dello spazio disponibile). Le varietà consigliate sono quelle indicate sul "Disciplinare di produzione della indicazione geografica protetta Pera dell'Emilia Romagna": Abate Fétel, Decana del Comizio, Carmen, Kaiser, Conference, Santa Maria, Williams, Max Red Bartlett. La scelta del portainnesto dipenderà dalla varietà che si andrà a coltivare in quanto si prediligerà quello con maggior affinità d'innesto e in secondo luogo quello che meglio si adatta alle caratteristiche pedoclimatiche dell'area e con maggiore resistenza ai patogeni. Il portainnesto sarà comunque scelto tra quelli presenti nell' "Allegato Lista portinnesti consigliati" e dello "Schema di valutazione delle limitazioni pedologiche alla crescita del Pero su diversi portinnesti" presenti nel "Disciplinare di produzione integrata 2024" della regione Emilia Romagna.

Il sesto di impianto proposto è 3,5 m x 1 m, per un totale di circa 2800 piante per ettaro. La forma di allevamento scelta è il fusetto, caratterizzato da uno sviluppo della pianta assurgente e con rami fruttiferi brevi che si inseriscono sull'asse principale. Tale forma di allevamento, quando le piante sono in produzione, permette di costituire delle pareti (spalliera) facilmente meccanizzabili anche con mezzi di piccole dimensioni (trattori 50 Hp).

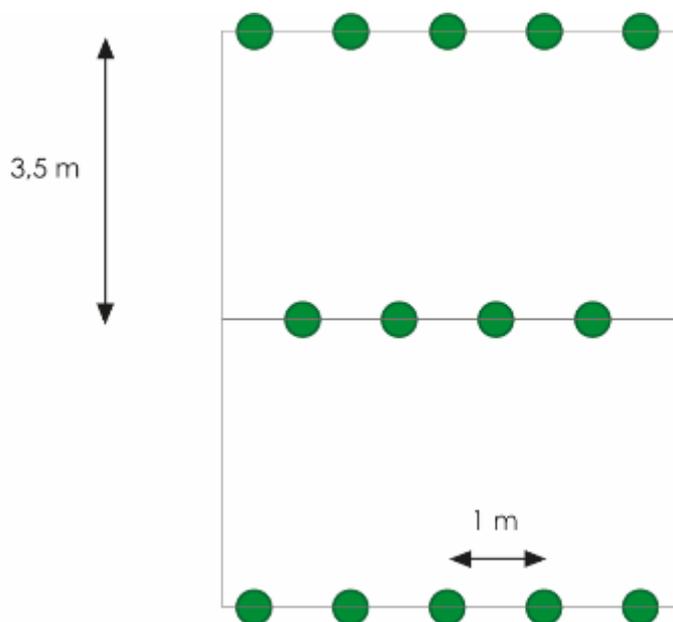


Figura 5-6- Sesto impianto pereto

Le piante nei primi anni dopo l'impianto (prima dell'entrata in produzione) necessitano di cure diverse da quelle della fase produttiva. Per esempio: la potatura d'allevamento, avente lo scopo di formare la struttura della pianta e la sua morfologia; le dosi di concimazione saranno diverse rispetto alla fase produttiva. Tali aspetti tecnici sono dettagliati nei disciplinari di produzione regionali.

Gli interventi di gestione del frutteto nella fase di produzione (dopo il 4° anno) sono strettamente legati alla fase fenologica in cui la pianta si trova, questa a sua volta corrisponde a finestre temporali che si collocano in periodi precisi dell'anno.

La tabella successiva sintetizza le operazioni colturali della pianta in base al ciclo fenologico nei periodi dell'anno.

Tabella 5-8- Fasi fenologiche e operazioni agricole pereto

Periodo dell'anno (mesi)	Fase fenologica	Operazione
Gennaio - febbraio:	Riposo vegetativo	<ul style="list-style-type: none"> • Potatura invernale per rimuovere rami danneggiati o mal posizionati, favorendo una corretta struttura della pianta. • Controllo delle infestanti e applicazione di trattamenti fitosanitari preventivi dopo la potatura
Marzo - aprile:	Ripresa vegetativa con il germogliamento	<ul style="list-style-type: none"> • Applicazione di fertilizzanti (azotati) per favorire la crescita delle nuove ramificazioni. • Controllo delle infestanti e delle malattie primaverili es: (ticchiolatura).
Maggio - giugno:	Fioritura e impollinazione, momento critico per assicurare una buona fruttificazione.	<ul style="list-style-type: none"> • Continuazione dei trattamenti fitosanitari per prevenire malattie fungine e parassiti, • Controllo erbe infestanti • Irrigazione regolare per supportare lo sviluppo dei frutti.
Luglio - agosto:	Crescita e sviluppo dei frutti,	<ul style="list-style-type: none"> • Necessità di diradamento dei frutti per favorire la qualità. • Monitoraggio costante per prevenire problemi legati a stress idrico o eccesso di calore. • Raccolta delle prime varietà a maturazione precoce.
Settembre - ottobre:	Preparazione al periodo di riposo (caduta delle foglie, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Raccolta delle varietà a maturazione tardiva. • Continuazione dei trattamenti fitosanitari per prevenire malattie post-raccolta. • Concimazione fosfato-potassica
Novembre - dicembre:	Riposo vegetativo della pianta.	<ul style="list-style-type: none"> • Lavorazioni di manutenzione del terreno e controllo delle infestanti. • Trattamenti antiparassitari invernali.

5.3.7. Le fasce di mitigazione

È stata prevista la realizzazione di una fascia arborea-arbustiva, posta lungo il perimetro delle aree dove sarà realizzato l'impianto fotovoltaico; la fascia sarà destinata a mitigare l'impatto paesaggistico dell'impianto energetico, integrando la sua presenza nell'ambiente circostante. Dall'analisi preliminare delle specie vegetali più idonee all'impiego, la scelta è stata di realizzare una fascia vegetale mista con piante autoctone, rilevate nelle zone di impianto durante i vari sopralluoghi ed in seguito verificata la presenza nella "Lista delle specie per i nuovi impianti" da Allegato C al Regolamento edilizio, "il Reg. del verde pubblico e privato", art.14 annesso 3, stabilito dall'Ente Unioni di Comuni Valli e Delizie (Argenta, Ostellato e Portomaggiore).

Questa sarà composta da piante non classificabili né come arboricoltura da legno né come bosco naturale e proponibili in questo caso, per latitudine e fascia altimetrica.

Tabella 5-9- Lista essenze selezionate per la fascia di mitigazione

Nome scientifico	Nome comune
<i>Ruscus aculeatus</i>	Pungitopo
<i>Laurus nobilis</i>	Alloro
<i>Ligustrum vulgare</i>	Ligustro europeo
<i>Frangula alnus</i>	Frangula
<i>Prunus spinosa</i>	Prugnolo
<i>Viburnum lantana</i>	Viburno lantana
<i>Acer campestre</i>	Acer campestre
<i>Alnus glutinosa</i>	Ontano nero
<i>Carpinus betulus</i>	Carpino bianco

La volontà progettuale è stata quella di realizzare un impianto perimetrale che, oltre ad assicurare la funzione di mitigazione paesaggistica, espliciti anche una funzione ecologica. Infatti la fascia di mitigazione costituirà un elemento a vantaggio della salvaguardia e per l'aumento della biodiversità. L'obiettivo di fondo è quello 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 essenze, comprendendo varietà autoctone, o naturalizzate da tempo, ed adatte alle condizioni ambientali.

La scelta dell'assortimento delle varietà tenderà al mantenimento degli aspetti naturali, paesaggistici e culturali del territorio, all'insegna della tutela dell'equilibrio dell'ecosistema in cui è intercalato l'impianto. Le piante che saranno messe a dimora sono esclusivamente essenze che già vegetano nella macchia Padana. Si è optato per un assortimento misto di essenze arboree e arbustive, con compresenza di varietà a foglia caduca e sempreverde. Scelta effettuata anche in base ai colori delle essenze, alle loro forme ed epoche di fioritura, cercando la maggior variabilità disponibile.

Tabella 5-10- Principali caratteristiche botaniche delle specie mitiganti

Specie	Tipologia	Epoca di fioritura	Colore fiori	Colore frutti	Altezza (m)
<i>Ruscus aculeatus</i>	Arbusto	gen-feb-mar-apr-ott-nov	NS	rosso	0,2-0,9
<i>Laurus nobilis</i>	Arbusto	feb-mar-apr	bianco/giallo	nero	10-15
<i>Ligustrum vulgare</i>	Arbusto	marz-apr-mag	bianco	nero/blu	0,5-3
<i>Frangula alnus</i>	Arbusto	apr-mag-giu	verde/bianco/ro rosa	verde/blu/nero	1-6
<i>Prunus spinosa</i>	Arbusto	gen-feb-mar-apr	bianco	blu/nero	1-3
<i>Viburnum lantana</i>	Arbusto	mar-apr-mag	bianco	verde/rosso/ nero	1-5
<i>Acer campestre</i>	Arboreo	mar-apr-mag	verde/giallo	NS	10-20
<i>Alnus glutinosa</i>	Arboreo	feb-mar-apr	bruno/viola	verde/ grigio	10-25
<i>Carpinus betulus</i>	Arboreo	apr-mag-giu	NS	verde	15-25

L'estensione delle fasce di mitigazione è pari a 3,6 ha, come evidenziato nella Tabella 5.

Tabella 5.11 – Estensione fascia di mitigazione per le diverse aree

Area 1	Area 2
0,25 ha	0,17 ha
Area 3	Area 4
0,59 ha	0,58 ha
Area 5	Area 6
0,47 ha	0,22 ha
Area 7	Area 8
0,31 ha	0,28 ha
Area 9	Area 10
0,54 ha	0,25 ha

La fascia di mitigazione si estende lungo la totalità del perimetro dell'impianto con larghezza di 3 m. Per accentuare l'effetto di mascheramento visivo, la sola porzione di fascia che si sviluppa lungo la strada statale Via Adriatica (interessante le aree di impianto 4-5-9-10), strada di maggior percorrenza a sud-ovest dell'impianto, sarà ampliata fino ad una larghezza di 6 m.

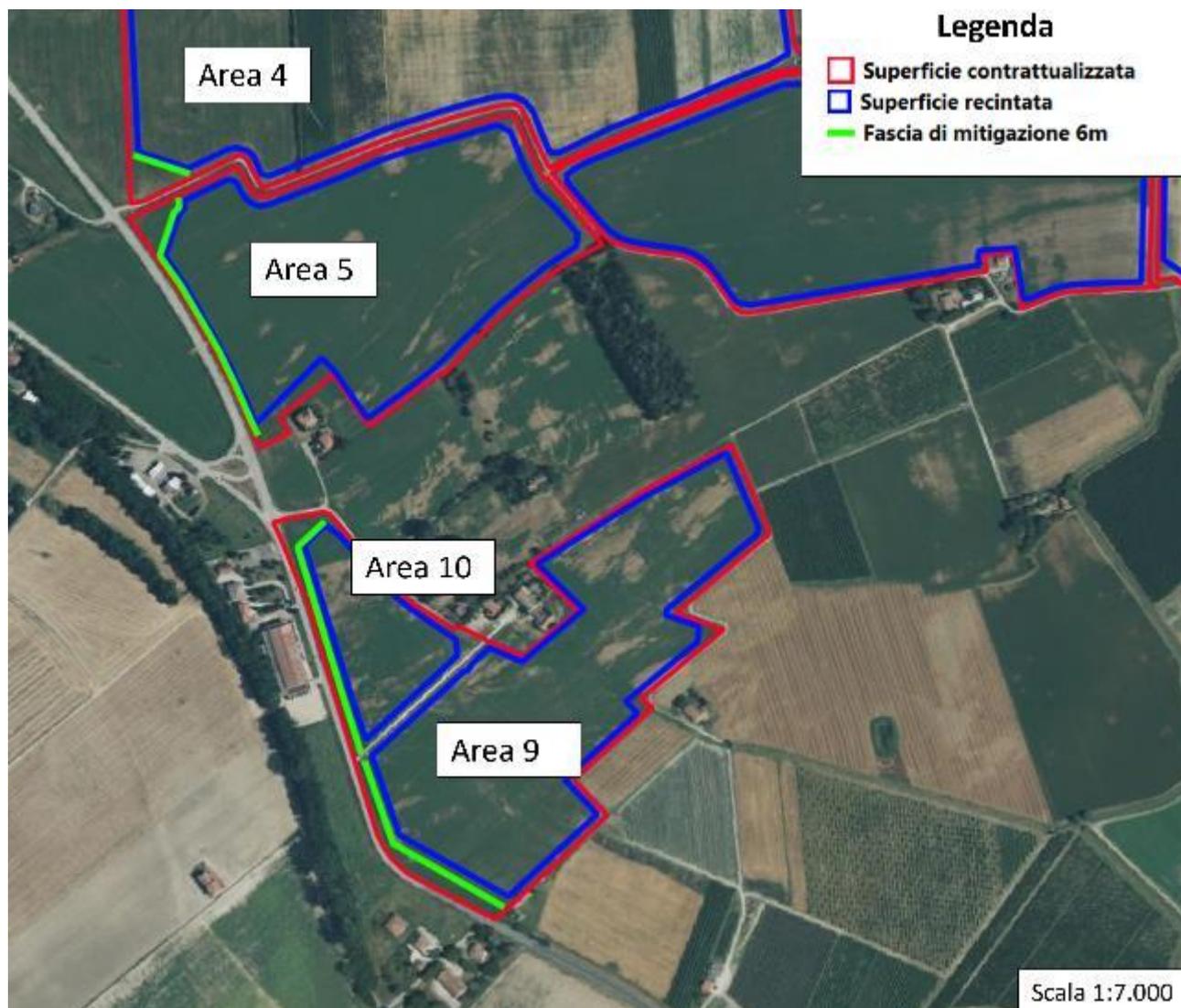


Figura 5-7 – Fascia di mitigazione con ampiezza 6 metri (in verde).

5.3.7 Specie arboree

***Acer campestre* (*Acer campestre*)**

Albero a foglia caduca di piccole o medie dimensioni. Corteccia lievemente suberosa bruno-grigiastra. Foglie opposte di colore verde scuro sulla pagina superiore, più glauche e pubescenti inferiormente, che presentano 5 lobi ottusi (a volte solo 3 lobi). In autunno, con notti fredde, le foglie assumono una decorativa colorazione giallo oro. I fiori sono riuniti in corimbi terminali, spesso poligami, e compaiono contemporaneamente alle foglie in aprile-maggio, di colore verdegiallastro. I frutti sono delle disamare alate e maturano in settembre-ottobre. Diffuso nei boschi meso-termofili, ma non troppo xerici, specie molto adattabile.



Figura 5-8- *Acer campestre*

***Ontano nero* (*Alnus glutinosa*)**

Albero a fusto diritto e slanciato, con chioma densa. Corteccia grigio-verdognola liscia da giovane, grigia e fessurata a maturità, è suddivisa in placche grandi ed irregolari. Foglie semplici, alterne, cuneate od arrotondate alla base, smarginate all'apice, irregolarmente dentate al margine, verdi scure e lucide superiormente, di colore più chiaro al di sotto; rimangono verdi anche in autunno, prima della caduta. Fiori maschili in amenti penduli compaenti prima della fogliazione, bruni-violacei, con antere gialle; amenti femminili, presenti sullo stesso individuo, più brevi ovali-oblungi, color rosso bruno. Frutti riuniti in gruppi di pseudo strobili ovoidali, presentanti piccole squame legnose, peduncolati, dapprima verdi, poi a maturità grigio-scuri. Specie poco sensibile al substrato geolitologico, pur manifestando una certa preferenza per terreni silicei, riesce a vegetare anche in quelli argillosi e compatti, con ritenzione idrica profonda; è una pianta acidofila.



Figura 5-9- *Alnus glutinosa*

Carpino bianco (Carpinus betulus)

Albero con fusto dritto a sezione irregolare con scanalature, la corteccia è liscia, color grigio cenere con macchie biancastre. Foglie alterne distiche oblunگو-ovate, con margine seghettato su ambo i lati. I fiori compaiono assieme alle foglie in aprile-maggio, gli amenti maschili sui rametti laterali, cilindrici, gli amenti femminili sono corti e costituiti da una lunga brattea appuntita e cigliata che, dopo la fecondazione, si trasforma in una brattea trilobata caratteristica. Il frutto è un achenio ovoide duro di color verdognolo, poi tendente al bruno. Specie relativamente sciafila, predilige terreni sciolti, profondi e ben umificati, da subacidi a calcarei. Ha effetti di miglioramento del terreno e quindi è anche preparatoria per specie più esigenti. Ha crescita buona nei primi anni e dopo la ceduzione, poi rallenta notevolmente.



Figura 5-10- *Carpinus betulus*

5.3.8 Specie arbustive

Pungitopo (Ruscus aculeatus)

Piccolo arbusto sempreverde con fusti eretti, che lignificano con la crescita. Le foglie vere sono estremamente ridotte e caduche, ridotte a squame biancastre, inserite sul fusto aereo; la loro funzione è svolta da particolari rami appiattiti, chiamati cladodi. I fiori, poco appariscenti, difficilmente visibili, unisessuali su individui diversi, essendo il *Ruscus* una specie dioica, sono isolati o in piccoli gruppi, privi di peduncolo, si trovano sulla pagina inferiore dei cladodi. I frutti sono bacche, globose, di colore rosso vivo. La maturazione delle bacche avviene nell'inverno successivo alla fioritura e permangono sulla pianta per 2-3 mesi dopo la maturazione. Preferisce le zone calde e soleggiate ed i terreni calcarei, lo si trova facilmente nei luoghi aridi e sassosi, nei boschi, soprattutto nelle leccete e nei querceti; è sensibile al freddo intenso.



Figura 5-11- *Ruscus aculeatus*

Alloro (Laurus nobilis)

Arbusto poco longevo e sempreverde, con chioma tendenzialmente piramidale e, moltodensa, tronco eretto con numerose ramificazioni. Foglie intere, coriacee, persistenti, aromatiche, alterne, con pagina superiore lucida di colore verde scuro e quella inferiore più chiara verde opaco. Pianta dioica con fiori pedunculati, di colore bianco-giallastro, profumati, riuniti in piccole ombrelle. I frutti sono drupe ovoidali, aromatiche, nerastre, che giungono a maturazione ottobre-novembre e rimangono sulla pianta per tutto l'inverno; reperibile soprattutto in zone calde e soleggiate e su terreni calcarei, nei boschi, (leccete e querceti soprattutto), è sensibile al freddo intenso.



Figura 5-12- *Laurus nobilis*

Ligustro (Ligustrum vulgare)

Arbusto a foglia caduca, ha 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, mature assumono colore nero. Preferisce i suoli calcarei; specie eliofila, frequente dall'orizzonte submediterraneo al submontano.



Figura 5-13- *Ligustrum vulgare*

Frangula (Frangula alnus)

Arbusto a foglia caduca, con chioma poco 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 bluastrò; la maturazione avviene, in parte, quando la fioritura non è completa. Pianta adattabile, sia a suoli idromorfi sia a suoli abbastanza aridi e talvolta pietrosi, sempre però carenti di azoto. è una classica specie pioniera, preparatoria all'avvento della vegetazione arborea in situazioni di eccesso di umidità nel suolo.



Figura 5-14-Frangula alnus

Prugnolo (*Prunus spinosa*)

Pianta arbustiva che può evolvere ad alberello, con chioma irregolare e rami spinosi pianta eliofila e pioniera che si insedia nei terreni abbandonati. Le foglie 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 bru 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 soprattutto nella fascia ecotonale ai bordi dei boschi cedui, lungo le scarpate nei terreni incolti e soleggiati, dove grazie alla facilità con cui radica, forma macchie spinose impenetrabili da fornire protezione alla altre piante e agli uccelli.



Figura 5-15- Prunus spinosa

Viburno lantana (*Viburnum lantana*)

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, che virano, maturando, dal verde al rosso vivo, infine nere e lucenti. Racchiudono un nocciolo piatto e marrone. Si trova al limitare dei boschi di caducifoglie. Specie eliofila e termofila, pioniera in grado di formare densi arbusteti, preclimacici all'insediamento del bosco; si consocia con le specie del bosco caducifoglio termofilo.



Figura 5-16 Viburnum lantana

5.3.8. 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"³⁴.

Le colture proposte all'interno del sistema agrivoltaico hanno caratteristiche diverse, ma entrambe sono vocate per la zona di riferimento: le colture seminative (erba medica, frumento e sorgo), come detto precedentemente, sono ampiamente utilizzate nella zona di riferimento, mentre la coltura del pero è più diffusa nel paesaggio naturale della zona e nella piccola agricoltura contadina. Nel ciclo colturale proposto ai fini della pratica irrigua, distinguiamo due diverse situazioni:

- colture non abbisognanti di apporto irriguo: sorgo e frumento;
- colture per le quali si prevedono interventi irrigui di soccorso, cioè irrigate se necessario ed in base all'andamento pluviometrico della stagione: frutteto (pereto) ed erba medica.
- essenze forestali previste nella fascia di mitigazione, irrigate solamente nei primi anni per agevolare la fase di attecchimento.

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

³⁴"Allegato 1 alla delibera n. 1415 del 5 settembre 2016", PSR Regione Emilia Romagna 2014-2020.

Tabella 5-12 - Fabbisogni irrigui colture Emilia Romagna

Fabbisogni irrigui medi al 75esimo percentile m ³ /ettaro									
Culture di riferimento	Piacenza	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 quello che riguarda le nostre colture:

- l'erba medica fa parte delle foraggere irrigue, il volume di fabbisogno irriguo in provincia di Ferrara, è uguale a 2.700 m³/ha/anno; nell'azienda di riferimento la coltura è condotta in asciutta
- il pero rientra nelle colture irrigue che necessitano di irrigazione, soprattutto in presenza di scarsità di precipitazioni, con valori irrigui di 3.950 m³/ettaro.
- Le colture forestali, presenti nella fascia di mitigazione, non sono incluse tra le irrigue, ma potranno necessitare di irrigazioni di soccorso, in presenza di scarsità di precipitazioni, con valori di circa 800 m³/ettaro, fino allo sviluppo di un grado sufficiente dell'apparato radicale.

Il fabbisogno irriguo reale della coltura, oltre che alla specie vegetale, è correlato alla modalità di irrigazione, in quanto le stesse hanno una diversa efficienza irrigua. I valori stabiliti dalla regione Emilia Romagna sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5-13 – Dati da Delibera-n-141 2016-10-28 della regione Emilia Romagna

Modalità di irrigazione	Efficienza
scorrimento	50%
aspersione	75%
goccia	90%

Tabella 5-14 – Calcolo fabbisogno irriguo reale aziendale, irrigazione ante operam

Culture	Fabbisogni irrigui (m ³ /ha)	Indici di efficienza	Superficie (ha)	Tipologia di impianto	Fabbisogno irriguo reale (m ³)
Mais	3.000	50%	5,12	scorrimento	30.724
Soia	2.000	50%	2,99	scorrimento	11.960
Pero	3.950	90%	3,67	goccia	16.114

Melo	4.750	90%	0,66	goccia	3.461
Frutteto misto	3.950	90%	0,22	goccia	952
Totale			12,65		63.211

Tabella 5-15 – calcolo fabbisogno irriguo reale aziendale post operam

Colture	Fabbisogni irrigui (m³/ha)	Indici di efficienza	Superficie (ha)	Tipologia di impianto	Fabbisogno irriguo reale (m³)
Pero	3.950	90%	4,20	goccia	18.433
Fascia di mitigazione	800	90%	3,66	goccia	3.255
Totale			7,86		21.689

Dalle tabelle precedenti risulta come l'avvicendamento proposto, e le scelte delle colture, ridimensioni notevolmente i consumi idrici della conduzione agricola. Il consumo dell'intero impianto risulta ridotto ad un terzo ca del consumo *ante operam*.

Il sistema di irrigazione di soccorso, per scorrimento, comporta notevoli dispendi idrici, presentando percentuali di efficienza bassi. Nonostante l'impiego di colture diverse più idonee ad essere condotte in asciutta, con stagioni sempre più siccitose, e verificata la presenza della risorsa idrica, si è ritenuto opportuno considerare un sistema di irrigazione di soccorso per aspersione, sicuramente più efficiente del metodo per scorrimento, che possa assicurare il successo della coltura in campo.

5.3.9. Descrizione degli impianti di irrigazione

Come detto precedentemente, i metodi irrigui suggeriti nell'impianto agrivoltaico sono l'irrigazione a goccia per il frutteto e, per la fascia di mitigazione, anche l'irrigazione tramite manichetta forata; tali metodi irrigui sono compatibili col sistema di produzione energetica. Altro metodo, esclusivamente citato per interventi di soccorso, è l'irrigazione con metodo per aspersione, eseguita tramite barra nebulizzatrice (ala piovana) nei campi di medica e dopo aver stabilito i fabbisogni irrigui della coltura. Nel presente paragrafo saranno descritti gli impianti di irrigazione.

Anche l'irrigazione a goccia è tra i sistemi più efficienti, questo è solitamente adottato nei frutteti e nelle colture ad alto reddito. L'impianto di irrigazione a goccia del frutteto è costituito da:

- **Centralina per l'irrigazione automatizzata:** grazie alla quale si può stabilire la quantità e la frequenza delle irrigazioni, anche in base all'umidità del suolo o da remoto, se si implementa l'impianto con sistemi di smart farming. È composta da valvole per controllare lo scarico e la pressione nell'intero sistema.
- **Pompa dell'acqua:** che preleva acqua dalla fonte e fornisce la giusta pressione per l'erogazione nel sistema di tubazioni.
- **Condotte adduttrici dell'impianto:** da queste si dipartono tubature secondarie alle quali sono attaccati i gocciolatori
- **Tubi di irrigazione (tubature secondarie):** realizzati in PVC o polietilene con diametro di 12-16 mm che nel caso del frutteto saranno sospesi, nella siepe saranno messi a terra o interrati
- **Sistema di filtrazione:** per eliminare le impurità dell'acqua
- **Gocciolatori autocompensanti:** con portata di 4-8 l/h.

Quando l'impianto entra in funzione, le tubature si riempiono, grazie ai gocciolatori auto compensanti viene erogata acqua a seconda della portata degli stessi, indipendentemente dalla pressione all'interno dei tubi. Dell'impianto irriguo del frutteto è necessario specificare che:

- il sistema di pompaggio e distribuzione dell'acqua sarà dimensionato in base alla lunghezza del perimetro dei singoli appezzamenti e alla possibilità di accedere ai canali degli stessi;

- verranno collocati due gocciolatori per pianta per favorire la crescita e lo sviluppo omogeneo dell'apparato radicale;
- è necessaria la manutenzione e la pulizia dei tubi secondari e dei gocciolatori al fine di evitarne perdite d'acqua e otturazioni;
- l'irrigazione del frutteto sarà eseguita, se necessario, in base all'andamento pluviometrico della stagione al fine di garantire una produttività costante negli anni;
- l'irrigazione della fascia di mitigazione sarà mantenuta nei primi anni di impianto, per favorire l'attecchimento delle specie poste a dimora e renderne più rapido l'accrescimento.



Figura 5-17 – Gocciolatori (a sinistra), Ala gocciolante (a destra)

Per le essenze arbustive è prevista l'irrigazione tramite manichetta fessurata. Il sistema è costituito da un tubo forato flessibile (non auto compensante), di solito in plastica o in gomma, collegata a una tubazione più grande e rigida, a sua volta connessa al sistema di pompaggio dell'acqua, che si rifornirà dai canali irrigui degli appezzamenti. Il sistema a manichetta risulta meno efficiente degli altri, ma più economico; a differenza dell'irrigazione a goccia, presenta un arco di vita inferiore e non costituisce un miglioramento fondiario, bensì una spesa annua costante.

L'irrigazione dei campi dell'azienda, coltivati con erbacee, come evidenziato prima, è maggiore rispetto a quella della fascia di mitigazione. La bassa efficienza del sistema irriguo finora adottato, e la necessità di ottimizzare la risorsa idrica, ai fini di una maggiore sostenibilità economica ed ecologica, suggeriscono di passare da un sistema di irrigazione di soccorso per scorrimento ad uno con ala autoavvolgente (rotolone), dotata di barra nebulizzatrice a bassa pressione (<3,5 atmosfere). Tale sistema, oltre ad essere più sostenibile ed efficiente, comporta minori rischi di erosione del suolo, rispetto al metodo per scorrimento.

Il sistema con la barra nebulizzatrice è composto da:

- il rotolone, dotato di impianto di pescaggio (o comunque di condotte dalle quali arriva l'acqua a pressione) e pompaggio di acqua;
- la barra nebulizzatrice, tirata da un trattore fino al termine della tubazione e poi trainata dal rotolone, con portata regolabile.

L'irrigazione con la barra nebulizzatrice trainata dal trattore è un metodo di irrigazione, utilizzato in agricoltura, per distribuire acqua in modo uniforme sui campi. L'operatività dell'irrigazione è la seguente:

- la barra nebulizzatrice, dotata di ruote, è collegata mediante un tubo di 300-500 ml, del diametro da 70 a 120 mm al rotolone a bobina;

- il rotolone è mosso da un gruppo motore pompa, che pesca da un corso d'acqua (o da un pozzo) e spinge l'acqua a pressione nella bobina di tubo;
- la barra nebulizzatrice viene trainata, stendendo il tubo, per la lunghezza dello stesso, fino alla fine del campo da irrigare;
- attivando il rotolone, il tubo viene ritirato progressivamente, trainando la barra che, grazie alla pressione dell'acqua, bagna il corridoio di terreno che la barra percorre, fino ad arrivare al rotolone, dove il meccanismo si blocca automaticamente.

La pressione dell'acqua influenzerà la dimensione delle goccioline e la portata dell'acqua distribuita. Durante l'irrigazione, è importante monitorare la distribuzione dell'acqua per assicurarsi che sia uniforme e che soddisfi le esigenze delle colture. È possibile regolare la velocità di avanzamento dell'impianto, oltre alla pressione dell'acqua e altri parametri per ottimizzare le attività di irrigazione. Esistono in commercio barre nebulizzatrici di larghezza variabile (anche di 40m), allungabili o pieghevoli, sarà necessario scegliere la macchina più performante nel sistema e che si adatta al pitch dell'impianto agrivoltaico. I vantaggi principali sono:

- Efficienza idrica: consente di utilizzare l'acqua in modo intelligente, riducendo gli sprechi e massimizzando l'uso della risorsa idrica. La distribuzione controllata dell'acqua consente di evitare dispersioni e garantisce la corretta idratazione delle radici delle piante.
- Copertura uniforme del campo: l'acqua è distribuita in modo omogeneo su tutta l'area coltivata. Ciò aiuta a evitare la siccità e le aree eccessivamente inondate, contribuendo a una crescita uniforme delle piante.
- Versatilità: si adattano facilmente a svariate necessità d'uso e possono essere impiegati per diverse colture.
- Risparmio: questi sistemi di irrigazione agricola permettono di economizzare i volumi d'adacquamento, grazie a tutte le opzioni di regolazione dell'acqua.
- Irrigazione sotto pannello: evita problemi di incrostazione dei pannelli da acque torbide rispetto al rotolone con cannone.



Figura 5-19 – Ala piovana (barra nebulizzatrice) con rotolone

5.4 La Meccanizzazione

5.4.1. La meccanizzazione degli interfilari

La scelta delle colture negli avvicendamenti (rotazioni) proposti nei vari scenari, ottimizza l'impiego dei mezzi di produzione e rende agevole la conduzione delle operazioni agricole.

In realtà l'azienda già dispone di gran parte delle macchine per le operazioni colturali; qualunque integrazione di macchinari, può essere ottenuta ricorrendo alle imprese di terzisti locali.

Le produzioni previste coltivate su “fasce di coltura interfilari”, poste tra i moduli fotovoltaici, di larghezza indicativa³⁵ di circa 8,35 m, ottimizzandone la raccolta con macchinari di testata compatibile con tale larghezza.

È fondamentale che, oltre ovviamente agli interfilari produttivi fra moduli (dove si trovano le colture), tutte le strade di accesso garantiscano un agevole passaggio delle macchine per la coltivazione, anche negli spazi di manovra al termine delle file di moduli. Le macchine di raccolta presentano una testata (ingombro) di circa 6,5-8,5 metri³⁶, per quanto riguarda la raccolta dei cereali e circa 4-8 m per la raccolta delle colture foraggere.



Figura 5-20- Immagini di mietitrebbie in azione

La compresenza di due o più colture (es. medica, grano e rinnovo) rende “più complesse” le operazioni di semina e raccolta, da effettuarsi in epoche diverse per grano e rinnovo (vedi grafico di Gantt successivo), però diminuirebbe la dipendenza da una sola coltura, in altre parole la differenziazione colturale ridurrebbe il rischio economico.

Tabella 5-16 - Gantt dei periodi indicativi di effettuazione delle operazioni meccaniche delle specie erbacee

Coltura	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.
Erba medica	8-10 gg								5-6 gg	5-6 gg	5-6 gg	5-6 gg
Frumento	7-10 gg					3-5 gg				7-10 gg		12-15 gg
Orzo		7-10 gg				3-5 gg				7-10 gg		12-15 gg

Ciò posto, la scelta delle operazioni colturali primarie e secondarie è stata dettata da una volontà di contenere il numero degli interventi meccanizzati nel sistema per una maggiore preservazione del profilo del suolo, ove possibile, ma anche per limitare possibili effetti negativi collaterali delle lavorazioni che possano impattare sull’impianto energetico.

È fondamentale che gli spazi di manovra a fine corsa siano:

³⁵ La larghezza delle fasce di coltivazione 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, gli ingombri delle macchine disponibili dai terzisti locali per le varie operazioni colturali (in primis quelle di raccolta che sono le più larghe).

³⁶ Esistono delle macchine di raccolta con testate più piccole (così come di più grandi fino a 10 m ed oltre), ma da indagini condotte in zona, quelle di larghezza attorno ai 6,5-8,5 m o poco di più sono le più diffuse e, quindi, è probabile che i terzisti (soggetti che eseguono il servizio di raccolta) dell’area siano dotate di mezzi con queste misure. Inoltre si fa presente che utilizzando delle testate più piccole rispetto all’ampiezza dell’interfila coltivato, per la raccolta negli spazi interfilari si rendono necessari due passaggi (invece che uno solo), con un conseguente incremento dei costi.

- calcolati tenendo conto della distanza tra la fine delle file di moduli dell'impianto e la recinzione perimetrale del terreno;
- liberi da ostacoli;
- compatibili con le macchine operatrici utilizzate (trattori e macchine raccogliatrici).

La larghezza delle fasce di coltivazione 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, l'ingombro delle macchine che saranno utilizzate per le varie operazioni culturali.

Per quanto riguarda le operazioni meccaniche atte a preservare il profilo del suolo, esse verranno adattate in base alle reali esigenze agronomiche delle varie colture; ad esempio l'itinerario tecnico proposto per il medicaio può essere così riassunto: aratura a 30-40 cm, due o più passaggi di erpicatura, per ridurre l'elevata zollosità provocata dall'aratura, un livellamento del terreno per non favorire il ristagno dell'acqua, successivamente semina, rullatura post semina per far aderire le particelle di terreno al seme. Dopo la coltivazione dell'erba medica, per *"rompere il prato"* è necessario eseguire un'aratura; in successione ad altre colture annuali, in cui non sia necessario rimescolare i profili del suolo, come per le colture cerealicole (nel caso in esame avverrebbe tra il sesto e il settimo anno, quando si susseguirebbero due cereali), è possibile sostituire l'aratura con una ripuntatura, o ricorrere a semine su sodo, tramite apposite seminatrici che riescono a "seminare" anche in presenza di terreno non lavorato. Ciò può risultare molto vantaggioso, portando ad un numero di passaggi ridotto che si traduce in una limitata polverosità. Si ripete quanto detto in precedenza, ovvero che Azienda Agricola Il Vallone Società Agricola S.S, stando in regime biologico, opta per l'aratura per tutte le colture, al fine di controllare efficacemente le infestanti.

La scelta delle macchine per la raccolta varierà a seconda della coltura: mietitrebbie per la raccolta di frumento e cereali autunno-vernini e, in genere, per tutte le colture da granella; falcia-condizionatrici, ranghinatori e presse (es. rotoimballatrici) per la raccolta delle colture foraggere da fieno etc. Abbiamo già visto come tali macchine, sebbene con qualche leggera variazione sull'ampiezza della fascia coltivabile, siano tutte compatibili con il layout del sistema previsto.

Per la raccolta del foraggio va sottolineato come alcuni andanatori (figura 5.1, pag. 41) presentino l'aspetto negativo dello scarico posizionato lateralmente; ciò comporta che l'andana (o striscia di terreno occupata dalla biomassa vegetale falciata e parzialmente essiccata in campo), andrebbe a cadere a ridosso delle file dei pannelli fotovoltaici. Quindi, la raccolta dell'andana, eseguita con presse trainate (per il fieno), o da carri raccoglitori tirati anch'essi dal trattore (per la medica disidratata), comporterebbe forti rischi di urti con i pannelli. È opinione degli scriventi che l'andanatura debba essere effettuata con diversa tipologia di tecnologia, preposta a scaricare l'andana al centro della corsia coltivabile, sita in mezzo alle file di pannelli.



Figura 5-21 - Andanatore con scarico centrale



Figura 5-22 - Aratura superficiale



Figura 5-23 - Eripicatura



Figura 5-24 - Livellamento del terreno



Figura 5-25 - Ripuntatura



Figura 5-26 - Falcia-condizionatrice



Figura 5-27 - Seminatrice combinata



Figura 5-28 - Macchina raccogliitrice per la raccolta di cereali autunno vernini



Figura 5-29 - Voltafieno



Figura 5-30 - Ranghinatura



Figura 5-31 - Pressatura



Figura 5-32 - Carro caricatore per foraggio

5.4.2. Meccanizzazione del pereto

Nel contesto della meccanizzazione della coltura del pero, vengono pianificate e attuate una serie di attività di gestione e manutenzione nel corso del tempo. Le pratiche agricole nel settore della frutticoltura, soprattutto nei sistemi di impianto intensivo e ultra-intensivo, si distinguono per un alto grado di meccanizzazione.



Figura 5-33- Esempi di pereto a fusetto intensivo/ultra-intensivo.

Le cure colturali del pero richiedono una serie di interventi, molti dei quali possono essere automatizzati attraverso l'impiego di macchinari specializzati. Tra questi interventi meccanizzabili troviamo i trattamenti fitosanitari, il controllo delle infestanti e le operazioni di concimazione. Altri processi, come alcune fasi della potatura e della raccolta, sono agevolati grazie dall'ausilio di attrezzature che supportano l'azione umana.

Per una gestione ottimale del pereto, si suggerisce l'impiego di attrezzature e macchinari che tengono conto delle ridotte dimensioni dello spazio interfilare. Si consiglia un trattore di dimensioni contenute, con potenza di 50 HP, per favorire una pratica meccanizzazione e l'adattabilità alle attrezzature specifiche per le operazioni in campo.

Per la concimazione, si consiglia l'utilizzo di spandiconcime per concimi granulari o pellets e atomizzatori (utilizzati anche per i trattamenti fitosanitari) per concimi liquidi o solubili in acqua. La meccanizzazione dei trattamenti fitosanitari consente una maggiore efficienza nell'applicazione dei prodotti, ottimizzando dosaggi e distribuzione sulla coltura. Inoltre, l'utilizzo di macchinari per il diserbo permette di mantenere il terreno libero da infestanti in modo rapido ed efficace, riducendo il rischio di competizione per le risorse con la pianta di pero.



Figura 5-34- A sinistra atomizzatore per trattamenti fitosanitari, a destra spandiconcime, compatibili con trattore 50 HP

Il controllo delle infestanti può essere efficacemente gestito tramite diserbo meccanico, utilizzando un trincia-sarmenti tra le file e una rifinitura con decespugliatore tra le piante della stessa fila. Le operazioni di potatura possono essere agevolate dall'utilizzo di diversi attrezzi, tra cui sveltatoi, forbici, seghe telescopiche (anche a scoppio o elettrici).



Figura 5-35- Trinciasarmenti compatibile con trattore 50 HP

Analogamente, l'impiego di macchinari per la raccolta dei frutti consente di aumentare la produttività e ridurre i tempi di lavoro rispetto alla raccolta manuale. Questo è particolarmente significativo nei frutteti di grandi dimensioni, dove l'agevolazione del processo di raccolta si rende necessario ai fini di ridurre i costi e a ottimizzare le risorse disponibili.

La fase di raccolta e trasporto del prodotto richiede attenzione per mantenere la struttura dei frutti e garantirne la qualità commerciale. Per raccogliere i frutti di piante adulte che hanno raggiunto l'altezza ideale e considerando le dimensioni ridotte dello spazio interfilare, si suggerisce l'utilizzo di carri semoventi di dimensioni ridotte o compatibili con trattori da 50 HP, per garantire un'agevole raccolta e la sicurezza degli operatori agricoli.



Figura 5-36- Carro semovente per raccolta e carrello per il trasporto dei prodotti in bins.

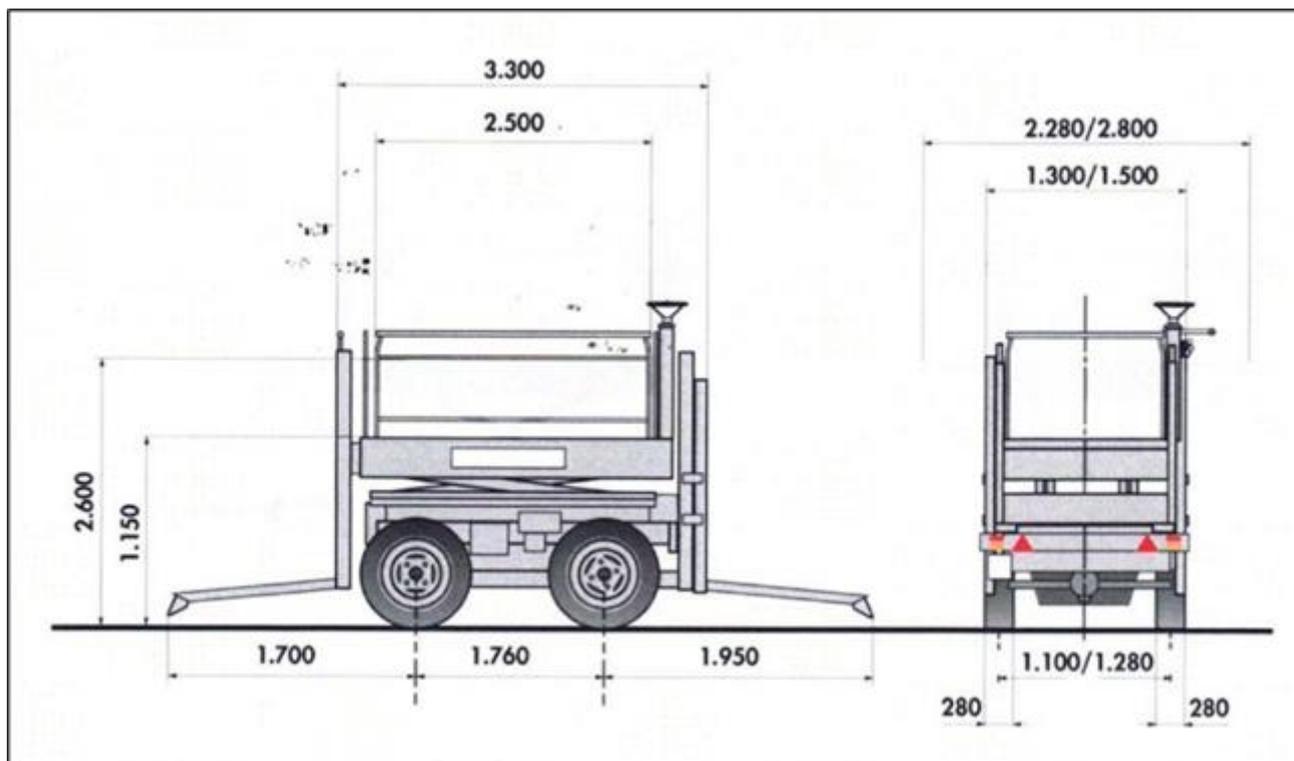


Figura 5-37- Dimensioni carrello per il trasporto dei prodotti.

5.4.3. 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 5-17 – Soluzioni ipotizzate per la gestione delle aree sottostanti i moduli fotovoltaici

Ipotesi	Vantaggi	Svantaggi
Diserbo meccanico	<ul style="list-style-type: none"> • Minor impatto ambientale • Presenza di copertura vegetale e di pacciamatura naturale a seguito del diserbo meccanico • Migliore gestione dell'interfila tra i pali di sostegno 	<ul style="list-style-type: none"> • Più passaggi durante l'anno • Lavorazioni che provocano l'innalzamento di polvere • Maggiori costi di esecuzione e di investimento
Copertura con la coltura in atto	<ul style="list-style-type: none"> • Minor polverosità derivata dalla copertura vegetale temporanea • Minori costi d'investimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Non utilizzabile per tutti i tipi di coltura • Raccolta difficoltosa • Difficoltà di lavorazione dell'interfila tra i pali di sostegno • Maggiori costi di gestione
Sovescio	<ul style="list-style-type: none"> • Minor impatto ambientale • Minor polverosità derivata dalla copertura vegetale temporanea • Miglioramento della qualità del suolo 	<ul style="list-style-type: none"> • Maggior polverosità nel momento dell'esecuzione del sovescio • Maggiore polverosità dovuta al suolo scoperto durante alcuni periodi dell'anno • Costi elevati • Difficoltà di controllo dell'interfila tra i pali di sostegno

Il diserbo meccanico delle aree sottostanti i pannelli, per alcune delle soluzioni sopra citate, potrebbe risultare laborioso adoperando gli stessi mezzi che vengono utilizzati nelle fasce coltivate. Sarebbe consigliata la scelta di un trattore di taglia contenuta, quale ad esempio un tipo frutteto dotato di arco abbattibile (ROPS) (potenza consigliata 50-60 HP) per il passaggio al di sotto dei pannelli, e fare in modo di poter entrare in campo in qualunque periodo dell'anno, non danneggiando la coltura presente nelle fasce di coltivazione.


Figura 5-38- Trattore tipo frutteto dotato di arco abbattibile (ROPS)

Tabella 5-18 – misure trattore frutteto 50 HP

Descrizione	Valore
Modello	SRX 5800
Larghezza minima totale [mm]	1105÷1195
Passo (4 RM) [mm]	1460

Il diserbo meccanico proposto può essere effettuato mediante un trincia-sarmenti, dotato di un disco con tastatore idraulico e richiamo a molla, per lavorare anche lo spazio tra le strutture di sostegno dei moduli. Questa operazione può essere eseguita più volte durante l'anno, in base all'andamento termo-pluviometrico; in condizioni climatiche "normali", il diserbo meccanico viene effettuato 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, che può provocare una maggior polverosità.


Figura 5-39- Trincia-sarmenti per diserbo meccanico con disco interfilare

A completamento dell'analisi, si riporta una tabella di sintesi dei prezzi per ettaro relativi al controllo delle infestanti:

Tabella 5-19– Prezzi per ettaro relativi ad attività di diserbo al di sotto dei moduli

Operazioni	€/ha	ha	€
Diserbo meccanico	365 (*)	15,48	5.650
(*) considerando 3 passaggi			

5.4.4. La meccanizzazione nelle aree esterne

La **fascia esterna**, esclusa la porzione destinata al ricollocamento del frutteto, può presentare le stesse colture presenti all'interno dei moduli, avendo anche una funzione di comparazione (benchmark) con la coltivazione tra i pannelli.

La meccanizzazione delle aree esterne risulterà meno complessa, rispetto a quella precedentemente descritta all'interno del campo agrivoltico, avendo una tipologia da campo aperto, senza ostacoli e limitazioni in termini di ingombri delle macchine scelte per le lavorazioni e per la raccolta. Bisogna invece sempre far attenzione alle svolte a fine campo, dove

sono presenti fossi e scoline, e alle operazioni nelle aree esterne più sacrificate tra recinzione, fossati e scoline, dove il proseguimento dell'attività agricola potrebbe essere più complesso.

5.4.5. La meccanizzazione nelle fasce di mitigazione

La fascia di mitigazione più larga (6 m), sarà così organizzata: a 2 m dalla rete verranno messe a dimora le piante ad alto fusto, disposte su una fila con una distanza di 8 m tra le piante con forma di allevamento naturale (6 m circa da terra), intervallate da gruppi diversi di sei essenze arbustive, distanti 2 m dalle piante d'alto fusto e 0,8 m di distanza tra le varietà arbustive; a 2 metri una seconda fila di sole essenze arbustive sarà messa a dimora, organizzate sempre in gruppi da sei essenze impiantate a 0,8 m di distanza tra di loro e con distanza sulla fila di 1,6 m tra ciascun gruppo; a 1,5 metri sarà posta una terza fila speculare alla seconda, organizzata con gli stessi criteri, ma disposta con ordine differito per aumentare in prospettiva l'effetto di mitigazione visiva.

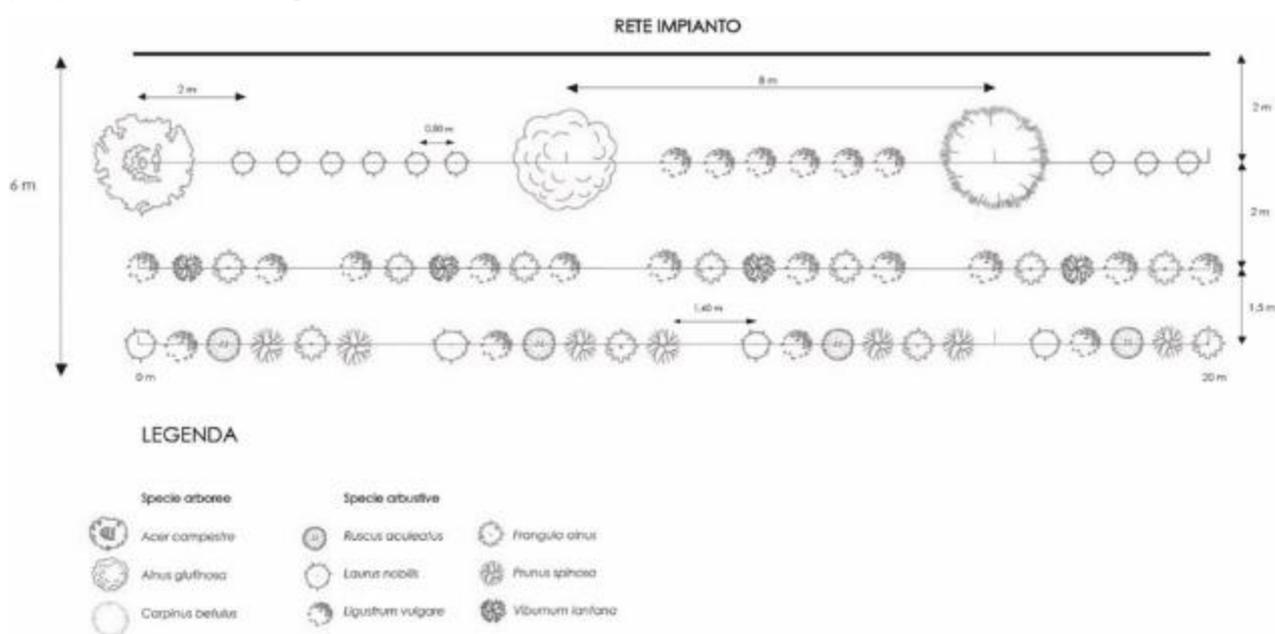


Figura 5-40 - Schema impianto fascia di mitigazione di 6 metri

L'impianto, nella fascia di mitigazione di 3 m è invece così strutturato: a 2 m dalla rete verranno messe a dimora le piante ad alto fusto, a 2 m dalle suddette, intervallate nella fila da gruppi di sei essenze arbustive, a 0,8 m di distanza tra loro, a completamento visivo della parte inferiore della fila. Ad 1 metro di distanza, sarà collocata una seconda fila continua di essenze autoctone arbustive, poste a dimora ad 1 metro nella fila.

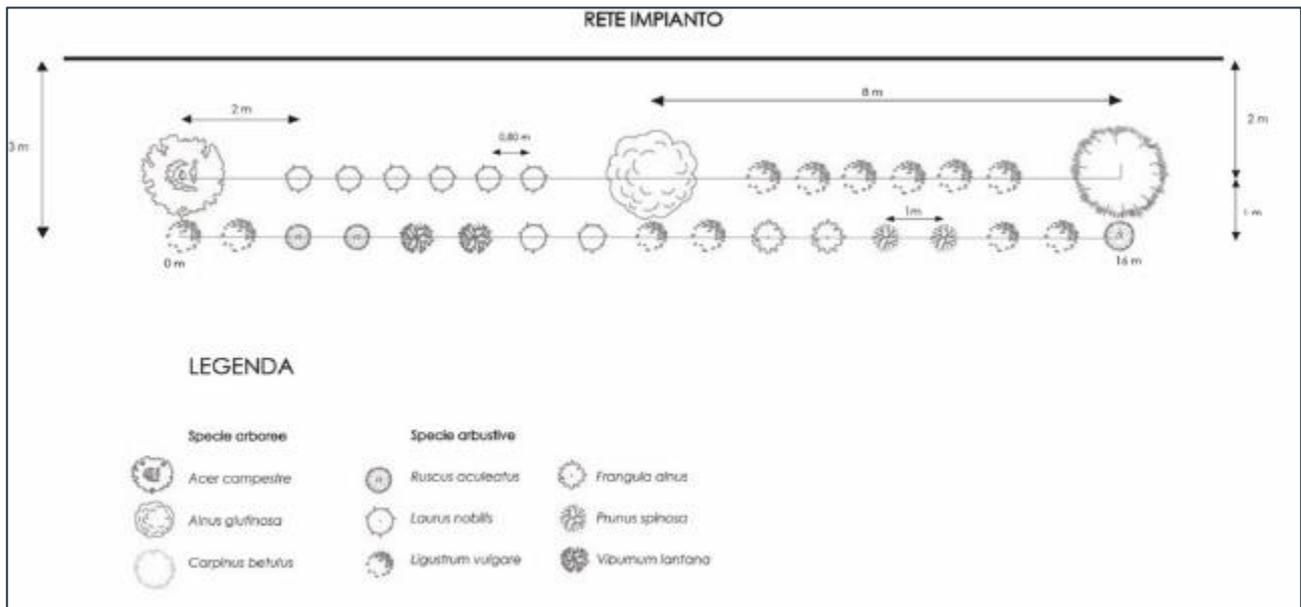


Figura 5-41 - Schema impianto fascia di mitigazione di 3 metri

Dall' articolo 892-893 del codice civile per le distanze degli alberi, il ricollocamento di essenze arboree deve rispettare distanze di sicurezza ben precise da mantenere rispetto ad opere in muratura, fossati, scoline e margini stradali, come nel caso dell'area dell'impianto in questione. Le distanze di sicurezza sono in funzione della taglia della pianta. Per alberature di taglia compresa tra i 6 ed i 10 metri, sono previste distanze minime da rispettare di almeno 6 metri da opere in muratura o di altrui proprietà.

Quindi è stata prevista una variante dell'assortimento di essenze, che prevede un terzo schema di fascia di mitigazione, per le porzioni della fascia stessa (<1% del totale) che non presentino gli spazi minimi per le alberature ad alto fusto e quindi non impiegabili per ragioni di sicurezza. Saranno sostituite da due file continue di essenze arbustive a taglia elevata (2-4 metri), distanti dalla rete di recinzione 2 metri, con un interfila di 1 metro. Questo tipo di essenze svolge una funzione mitigante comunque efficace e priva di vincoli spaziali.

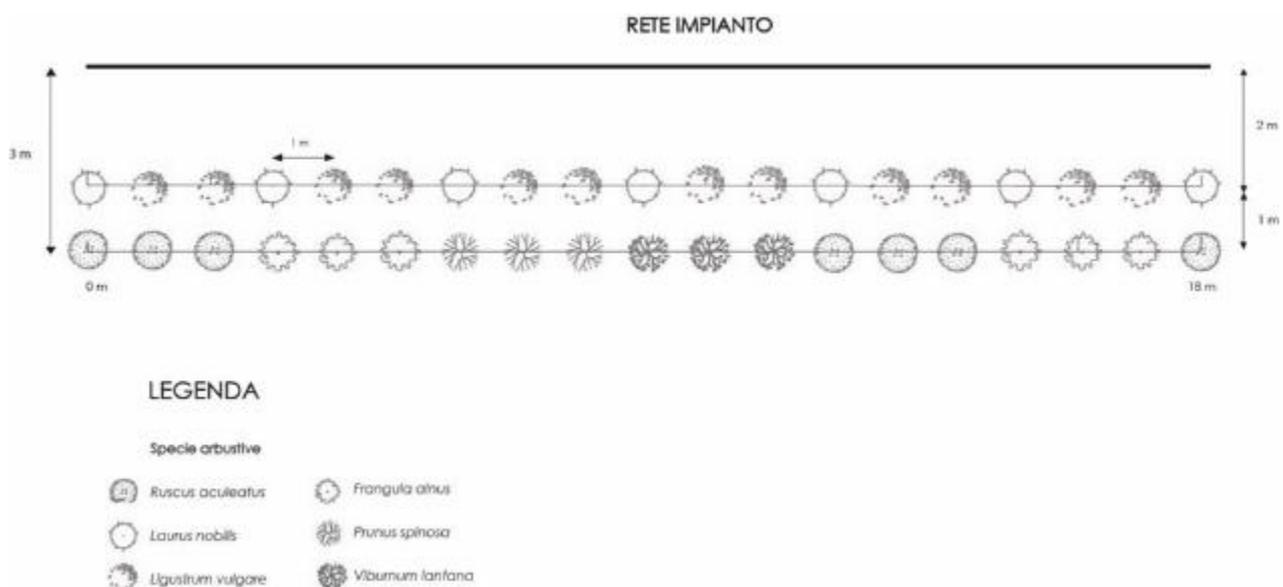


Figura 5-42 - Schema impianto fascia di mitigazione (solo specie arbustive) di 3 metri

La gestione della fascia sarà facilitata dalla presenza della manichetta per irrigazione di soccorso, necessaria solo nel primo periodo dalla messa a dimora. È prevista per quest'ultima una manutenzione con interventi biennali.

Per la gestione della fascia saranno attuati diversi accorgimenti per ottenere la più alta percentuale di garanzia di attecchimento, per i primi tre anni dalla messa a dimora delle alberature. Sono stati previsti piani di concimazioni e interventi fitosanitari, entrambi in linea con le convenzioni del disciplinare biologico, per supportare al meglio le condizioni di sviluppo delle diverse essenze impiegate. Sarà realizzato un impianto di irrigazione tramite gocciolatori per le piante ad alto fusto, e una irrigazione con manichette auto compensanti per le siepi arbustive. La manutenzione delle essenze forestali scelte è manuale tramite attrezzi elettrici, a motore o manuali da potatura; tale manutenzione sarà limitata ad interventi specifici e occasionali atti a mantenere la funzionalità della fascia ed a prevenire le interferenze con l'impianto fotovoltaico (es. ombreggiamento) e con le attività agricole limitrofe, mantenendo le forme naturali dell'habitus delle piante. La restante manutenzione della fascia è totalmente meccanizzata.

La meccanizzazione della fascia sarà realizzata per efficientare il più possibile la manutenzione. Date le contenute misure del trattore da frutteto, le interfile con misura di 2 m di ampiezza saranno interamente diserbate meccanicamente da trinciasarmenti e, quando opportuno, disco interfilare. Le interfile della fascia di mitigazione con misura inferiore, sono destinate ad essere occupate negli anni dalle essenze limitrofe per ottenere un effetto visivo, della macchia vegetale realizzata, più naturalistico. Quindi, il controllo manuale delle infestanti, con decespugliatore, sarà eseguito esclusivamente per i primi anni, durante i quali l'età e la taglia delle essenze poste a dimora non permettono ancora una competitività sufficiente per l'assorbimento di nutrienti e di acqua.



Figura 5-43 - Attrezzi elettrici per la manutenzione della fascia di mitigazione



Figura 5-44 - Decespugliamento manuale

5.4.6. Fabbisogno di lavoro

Definiti i fabbisogni di meccanizzazione del sistema agrivoltaico nel suo complesso, viene calcolato il fabbisogno di lavoro, secondo delle indicazioni di massima, tratte da studi relativi ad aziende simili a quella in oggetto. Tali calcoli sono relativi alla gestione annuale delle colture in condizioni ordinarie; 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 ore di lavoro andrà opportunamente verificata in corso d'opera.

Nelle tabelle seguenti è riportato il fabbisogno di lavoro per l'esecuzione delle operazioni colturali delle specie proposte e per la gestione/manutenzione della fascia di mitigazione; nello specifico, vengono riportate le ore di lavoro/ettaro per tipologia di operazione e per periodo dell'anno e le ore di lavoro totali previste per l'intera superficie occupata dalla coltura in oggetto.

Tabella 5-20 -Fabbisogno di lavoro frumento e orzo

CEREALI AUTUNNO-VERNINI							
Operazioni	Gen-feb (ore/ha)	Mar-apr (ore/ha)	Mag-giu (ore/ha)	Lug-ago (ore/ha)	Set-ott (ore/ha)	Nov-dic (ore/ha)	TOTALE (ore/ha)
Manutenzioni fondiarie					2,0		2,0
Aratura (annuale)				1,0			1,0
Erpiculture						2,0	2,0
Rullatura						0,3	0,3
Semina + spandiconcime						1,0	1,0
Diserbo							0,0
1° Concimazione		0,3					0,3
2° Concimazione		0,3					0,3
Diserbo/erpice strigliatore		1,0					1,0
Raccolta				0,8			0,8
Pressatura - stipa paglia				0,5			0,5
Trasporti vari		1,0		2,0		2,0	5,0
TOTALE ORE/ETTARO	0,0	2,6	0,0	4,3	2,0	5,3	14,2

Tabella 5-21 -Fabbisogno di lavoro per sorgo da granella

SORGO DA GRANELLA							
Operazioni	Gen-feb (ore/ha)	Mar-apr (ore/ha)	Mag-giu (ore/ha)	Lug-ago (ore/ha)	Set-ott (ore/ha)	Nov-dic (ore/ha)	TOTALE (ore/ha)
Manutenzioni fondiarie						2,0	2,0
Aratura					1,0		1,0
Erpiculture			2,0				2,0
Semina + spandiconcime			1,0				1,0

SORGO DA GRANELLA							
Operazioni	Gen-feb (ore/ha)	Mar-apr (ore/ha)	Mag-giu (ore/ha)	Lug-ago (ore/ha)	Set-ott (ore/ha)	Nov-dic (ore/ha)	TOTALE (ore/ha)
Diserbo			0,0				0,0
Irrigazione			0,0				0,0
Trattamenti			0,0				0,0
Concimazione			0,0				0,0
Sarchiatura + concimazione			1,5				1,5
Diserbo			0,0				0,0
Assistenza raccolta					1,0		1,0
Trasporti vari	2,0	1,0			1,0		4,0
TOTALE ORE/ETTARO	2,0	1,0	4,5	0,0	3,0	2,0	12,5

Tabella 5-22 -Fabbisogno di lavoro per prato di erba medica

ERBA MEDICA								
Operazioni	An ni	Gen-feb (ore/ha)	Mar-apr (ore/ha)	Mag-giu (ore/ha)	Lug-ago (ore/ha)	Set-ott (ore/ha)	Nov-dic (ore/ha)	TOTALE (ore/ha)
Manutenzioni fondiarie			2,0					2,0
Aratura	5,0		0,2					0,2
Erpicature	5,0		0,4					0,4
Semina + spandiconcime	5,0		0,2					0,2
Diserbo	5,0		0,0					0,0
Falciatura/ranghinatur a/pressatura				3,5	3,0			6,5
Trasporto balloni				1,0	0,8			1,8
TOTALE ORE/ETTARO		0,0	2,8	4,5	3,8	0,0	0,0	11,1

È opportuno specificare che nelle tabelle seguenti, riguardanti la fascia di mitigazione e per il pereto, il fabbisogno stimato riguarda esclusivamente la gestione annuale, invece, per la messa in opera iniziale sono state stimate 1.000 ore di lavoro per la fascia di mitigazione e 360 ore per il pereto, da organizzare in squadra.

Tabella 5-23 -Fabbisogno di lavoro per la fascia di mitigazione

FASCIA DI MITIGAZIONE							
Operazioni	gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic	TOTALE
Manutenzioni fondiarie						2,0	2,0
1° Trattamento			1,5				1,5
2° Trattamento				1,5			1,5
Potature	20						20,0

Sfalci		3,0	5,0		3,0		11,0
Concimazioni		2,0					2,0
Trasporti			10,0		10,0	2,0	22,0
TOTALE	20	5,0	16,5	1,5	13,0	4,0	60,0

Tabella 5-24 - Fabbisogno di lavoro per il pereto

PERO							
Operazioni	gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic	TOTALE
Manutenzioni fondiarie						2,0	2,0
1° Trattamento			3,0				3,0
2° Trattamento				6,0			6,0
3° Trattamento					3,0		3,0
Potature	250						250,0
Diserbo meccanico		3,0	5,0		3,0		11,0
Concimazioni		2,0					2,0
Raccolta					222,2		222,2
Trasporti			2,0		10,0	2,0	14,0
TOTALE	250	5,0	10,0	6,0	238,2	4,0	513,2

La tabella successiva racchiude un quadro sinottico del fabbisogno di manodopera aziendale.

Tabella 5-25- Quadro sinottico fabbisogno di personale

Coltura	gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic	Fabbisogno per ettaro (ore/ettaro)	Superfici e (ha)	Fabbisogno totale lavoro (ore)
Erba medica	0	2,8	3,2	4,0	1,1	0,0	11,1	62,2	688,67
Frumento-Orzo	0,0	2,6	0,0	4,3	2,0	5,3	14,2	24,9	352,04
Pereto	250,0	5,0	10,0	6,0	238,2	4,0	513,2	4,2	2.155,53
Fascia di mitigazione	20,0	5,0	16,5	1,5	13,0	4,0	60,0	3,7	219,72
TOTALE	270	15,4	29,7	15,7	254,3	13,3	\\	94,9	3.416

6 Valutazioni economiche

I conti colturali degli indirizzi produttivi prescelti per le aree di coltivazione dell'impianto (sia negli spazi interfilari che negli spazi senza la presenza di moduli) che seguono 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 delle materie prime da listini merci Borsa Ravenna;
- prezzi lavorazioni da AIPIMAI-Ravenna 2022.

6.1 Conti colturali 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.

Tabella 6-1 - Grano tenero biologico

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura 35 cm	240,00				
erpatura a dischi	100,00				
erpice rotante	190,00				
rullatura	50,00	seme grano	2,2	49,50	108,90
semina	90,00				
diserbo/trattamento	0,00	diserbo grano pre-emerg.	0,0	50,00	0,00
1° concimazione	30,00	concime azotato biolog.	2,0	51,00	102,00
2° concimazione	30,00	concime azotato biolog.	2,0	51,00	102,00
erpice strigliatore	160,00				
diserbo/trattamento	0,00	diserbo grano post-emerg.	0,0	60,00	0,00
diserbo/trattamento	0,00	trattam. grano	0,0	40,00	0,00
mietitrebbiatura	250,00				
trasporti	70,00				
Totale	1.210,00				312,90

Grano tenero (€/ha/anno)	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Ricavi			1.887
Produzione	70	26,95	1.887
Costi			1.523
Operazioni Meccaniche			1.210

Grano tenero (€/ha/anno)	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Materie prime			313
Margine della coltura			364

Tabella 6-2 - Grano duro biologico

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura 35 cm	240,00				
erpicoltura a dischi	100,00				
erpice rotante	190,00				
Rullatura	50,00	seme grano	2,2	82,50	181,50
semina	90,00				
diserbo/trattamento	0,00	diserbo grano pre-emerg.	0,0	50,00	0,00
1° Concimazione	30,00	concime azotato biolog.	2,0	51,00	102,00
2° Concimazione	30,00	concime azotato biolog.	2,0	51,00	102,00
erpice strigliatore	160,00				
diserbo/trattamento	0,00	diserbo grano post-emerg.	0,0	60,00	0,00
diserbo/trattamento	0,00	trattam. grano	0,0	40,00	0,00
Mietitrebbiatura	250,00				
Trasporti	70,00				
Totale	1.210,00	Totale			385,50

Grano duro (€/ha/anno)	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Ricavi			2.310
Produzione	60	38,50	2.310
Costi			1.596
Operazioni Meccaniche			1.210
Materie prime			386
Margine della coltura			715

Tabella 6-3 - Orzo con lavorazione biologica

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
Aratura 35 cm	240,00				
Erpicatura a dischi	100,00				
Erpice rotante	190,00				
Rullatura	50,00	seme orzo	2,0	47,25	94,50
Semina	90,00				
Diserbo/trattamento	0,00	diserbo pre-emergenza	0,0	50,00	0,00
1° Concimazione	30,00	concime azotato biologico	2,0	51,00	102,00
2° Concimazione	0,00	concime azotato biologico	0,0	51,00	0,00
Erpice strigliatore	160,00				
Diserbo/trattamento	0,00	diserbo post-emergenza	0,0	60,00	0,00
Diserbo/trattamento	0,00	trattamento	0,0	40,00	0,00
Mietitrebbiatura	250,00				
Trasporti	70,00				
Totale	1.180,00	Totale			196,50

Orzo (€/ha/anno)	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Ricavi			1.489
Produzione	65	22,91	1.489
Costi			1.377
Operazioni Meccaniche			1.180
Materie prime			197
Margine della coltura			112

Tabella 6-4 - Erbaio fieno biologico

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
1ª erpicatura a dischi	100				
2ª erpicatura a dischi	100				
semina	90	seme loietto	0,3	150,00	45,00
rullatura	50	seme trifoglio	0,3	245,00	73,50
falciaccondizionatura	100	spago, reti etc.			20,00
1ª ranghinatura	40				
2ª ranghinatura	40				
pressatura	140				
trasporti fieno	130				
Totale	790,00				138,50

Erbaio fieno (€/ha/anno)	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Ricavi			945
Produzione	90	10,5	945
Costi			929
Operazioni Meccaniche			790
Materie prime			139
Margine della coltura			16

Tabella 6-2 - Prato di erba medica biologico (durata 5 anni, 6 taglia all'anno)

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura (1 in 5 anni)	48,00				
erpice rotante (1 in 5 anni)	38,00				
erpicatura (1 in 5 anni)	20,00				
erpicatura (1 in 5 anni)	20,00	seme	0,4	350,00	28,00
semina (1 in 5 anni)	18,00				
rullatura (1 in 5 anni)	10,00				
diserbo/trattamento	0,00	graminicida	0,0	60,00	0,00
concimazione	0,00	fosfato biammonico	0,0	38,00	0,00
falciaccondizionatrice	300,00				
ranghinatura	120,00				
andanatura	150,00				
pressatura	420,00	spago, reti etc.			80,00
trasporti	420,00				
Totale	1.564,00				108,00

Prato quinquennale di erba medica (€/ha/anno)	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Ricavi			2.145
Produzione	130	16,5	2.145
Costi			1.672
Operazioni Meccaniche			1.564
Materie prime			108
Margine della coltura			473

Tabella 6-6 - Sorgo da granella biologico

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura 35 cm	240,00				
erpicoltura	100,00				
semina	90,00	seme	2	60,00	120,00
rullatura	50,00				
concimazione	0	perfosfato triplo	0	60,00	0,00
diserbo/trattamento	0	pre-emergenza	0	60,00	0,00
sarchiatura/concimazione	100	concime azotato biologico	2,5	51,00	372,50
mietitrebbiatura	250				
essiccazione	250				
trasporti	70				
Totale	1.150,00				247,50

Sorgo da granella (€/ha/anno)	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Ricavi			1830
Produzione	75	24,4	1.830
Costi			2 1.398
Operazioni Meccaniche			1.150
Materie prime			248
Margine della coltura			433

Tabella 6-3: Pereto

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità	Prezzo	€/ha
Trinciatura cotico erboso	540				
Trattamenti antiparassitari	1050	antiparassitari			3.000,0
Concimazioni	90	concimi biologici	6,0	98,0	588,0
Potatura	3000				
Raccolta manuale	2666,67				

Trasporti	1950			
Ammortamento impianto	3333,33	assicurazione prodotto		100,0
Totale	12.630			3.688,0

Sorgo da granella (€/ha/anno)	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Ricavi			17.600,0
Produzione	160	110,0	17.600,0
Costi			16.318,0
Operazioni meccaniche			12.630,0
Materie prime			3.688,0
Margine della coltura			1.282,0

6.2 Costi di impianto e di gestione delle opere di mitigazione³⁷

Tabella 6-4 - Costi fascia di mitigazione di larghezza 6 m, primo 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	48,00	0,05	2,55
Concimazione biologica	m2	48,00	0,07	3,21
Apertura buche (50 cm)	cad.	25,00	2,18	54,50
Messa a dimora piante	cad.	25,00	1,53	38,25
Pali scortecciati d. 8/10, altezza 1.80 m (per alberi)	cad.	1,00	6,00	6,00
Pali di bambù (h 1,2) (per arbusti)	cad.	24,00	0,40	9,60
Piantine di specie forestali				
<i>Ruscus aculeatus</i>	cad.	4,00	12,90	51,60
<i>Laurus nobilis</i>	cad.	4,00	9,00	36,00
<i>Ligustrum vulgare</i>	cad.	4,00	4,40	17,60
<i>Frangula alnus</i>	cad.	4,00	2,50	10,00
<i>Prunus spinosa</i>	cad.	4,00	2,99	11,96
<i>Viburnum lantana</i>	cad.	4,00	2,50	10,00
Alberi (Acer campestre, Alnus glutinosa, Carpinus betulus)	cad.	1,00	5,00	5,00
Tubi (d.20mm)	m	8,00	0,72	5,76
Gocciolatori (4 l/h)	cad.	8,00	0,49	3,92
Ala gocciolante autocompensante	m	16,00	0,60	9,60
Diserbo meccanico	m2	32,00	0,30	9,60
Diserbo meccanico finitura con decespugliatore (mq)	m2	48,00	0,12	5,76

³⁷ I prezzi indicati sono relativi ai prezzi di medi di mercato per l'anno 2023, potrebbero subire variazioni future

Costo totale modulo da 8 m				290,90
€/ml				36,36

Tabella 6-5- Costi fascia di mitigazione larghezza 6 m, secondo anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (25% costi impianto 1° anno)	%	25%		58,73
Diserbo meccanico	m2	32,00	0,30	9,60
Diserbo meccanico: finitura con decespugliatore (mq)	m2	48,00	0,12	5,76
Concimazione biologica	m2	32,00	0,07	2,14
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	32,00	0,02	0,77
Costo totale modulo da 8 m				76,99
€/ml				9,62

Tabella 6-6 - Costi fascia di mitigazione larghezza 6 m, terzo anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (15% costi impianto 1° anno)	%	15%		35,24
Diserbo meccanico	m2	32,00	0,30	9,60
Diserbo meccanico: finitura con decespugliatore (mq)	m2	48,00	0,12	5,76
Concimazione biologica	m2	32,00	0,07	2,14
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	32,00	0,02	0,77
Potatura meccanica/manuale	h.	0,05	20,00	1,06
Costo totale modulo da 8 m				54,56
€/ml				6,82

Tabella 6-11 - Costi fascia di mitigazione larghezza 6 m, dal quarto anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (2% costi impianto 1° anno)	%	2%		4,70
Diserbo meccanico	m2	32,00	0,05	1,52
Potatura meccanica/manuale	h.	0,05	20,00	1,06
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	32,00	0,02	0,77
Costo totale modulo da 8 m				8,04
€/ml				1,01

Tabella 6-12 - Costi fascia di mitigazione larghezza 3 m, con alberi e arbusti, primo 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	24,00	0,05	1,27
Concimazione biologica	m2	24,00	0,07	1,60
Apertura buche (50 cm)	cad.	15,00	2,18	32,70
Messa a dimora piante	cad.	15,00	1,53	22,95
Pali scortecciati d. 8/10, altezza 1.80 m (per alberi)	cad.	1,00	6,00	6,00
Pali di bambù (1,2) (per arbusti)	cad.	14,00	0,40	5,60
Piantine di specie forestali				
<i>Ruscus aculeatus</i>	cad.	2,33	12,90	30,10
<i>Laurus nobilis</i>	cad.	2,33	9,00	21,00
<i>Ligustrum vulgare</i>	cad.	2,33	4,40	10,27
<i>Frangula alnus</i>	cad.	2,33	2,50	5,83
<i>Prunus spinosa</i>	cad.	2,33	2,99	6,98
<i>Viburnum lantana</i>	cad.	2,33	2,50	5,83
Alberi (Acer campestre, Alnus glutinosa, Carpinus betulus)	cad.	1,00	5,00	5,00
Tubi (d.20mm)	m	8,00	0,72	5,76
Gocciolatori (4 l/h)	cad.	8,00	0,49	3,92
Ala gocciolante autocompensante	m	8,00	0,60	4,80
Diserbo meccanico	m2	16,00	0,30	4,80
Diserbo meccanico finitura con decespugliatore (mq)	m2	8,00	0,12	0,96
Costo totale modulo da 8 m				175,38
€/ml				21,92

Tabella 6-13 - Costi fascia di mitigazione larghezza 3 m, con alberi e arbusti, secondo anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (20% costi impianto 1° anno)	%	25%		35,17
Diserbo meccanico	m2	16,00	0,30	4,80
Diserbo meccanico: finitura con decespugliatore (mq)	m2	8,00	0,12	0,96
Concimazione biologica	m2	8,00	0,07	0,53
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	8,00	0,02	0,19
Costo totale modulo da 8 m				41,65
€/ml				5,21

Tabella 6-14 - Costi fascia di mitigazione larghezza 3 m, con alberi e arbusti, terzo anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (15% costi impianto 1° anno)	%	15%		21,10
Diserbo meccanico	m2	16,00	0,30	4,80
Diserbo meccanico: finitura con decespugliatore (mq)	m2	8,00	0,12	0,96
Concimazione biologica	m2	8,00	0,07	0,53
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	8,00	0,02	0,19
Potatura meccanica/manuale	h.	0,01	20,00	0,18
Costo totale modulo da 8 m				27,76
€/ml				3,47

Tabella 6-15 - Costi fascia di mitigazione larghezza 3 m, con alberi e arbusti, dal quarto anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (2% costi impianto 1° anno)	%	2%		2,81
Diserbo meccanico	m2	16,00	0,30	4,80
Potatura meccanica/manuale	h.	0,01	20,00	0,18
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	8,00	0,02	0,19
Costo totale modulo da 8 m				7,98
€/ml				1,00

Tabella 6-16 – Costi fascia di mitigazione larghezza 3 m, con soli arbusti, primo 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	24,00	0,05	1,27
Concimazione biologica	m2	8,00	0,07	0,53
Apertura buche (50 cm)	cad.	16,00	2,18	34,88
Messa a dimora piante	cad.	16,00	1,53	24,48
Pali di bambù (1,2) (per arbusti)	cad.	16,00	0,40	6,40
Piantine di specie forestali			0,00	
<i>Ruscus aculeatus</i>	cad.	2,67	12,90	34,40
<i>Laurus nobilis</i>	cad.	2,67	9,00	24,00

<i>Ligustrum vulgare</i>	cad.	2,67	4,40	11,73
<i>Frangula alnus</i>	cad.	2,67	2,50	6,67
<i>Prunus spinosa</i>	cad.	2,67	2,99	7,97
<i>Viburnum lantana</i>	cad.	2,67	2,50	6,67
Ala gocciolante autocompensante	m	16,00	0,60	9,60
Diserbo meccanico	m2	16,00	0,30	4,80
Diserbo meccanico finitura con decespugliatore (mq)	m2	8,00	0,12	0,96
Costo totale modulo da 8 m				174,37
€/ml				21,80

Tabella 6-17 - Costi fascia di mitigazione larghezza 3 m, con soli arbusti, secondo anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (20% costi impianto 1° anno)	%	25%		37,70
Diserbo meccanico	m2	16,00	0,30	4,80
Diserbo meccanico: finitura con decespugliatore (mq)	m2	8,00	0,12	0,96
Concimazione biologica	m2	8,00	0,07	0,53
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	8,00	0,02	0,19
Costo totale modulo da 8 m				44,19
€/ml				5,52

Tabella 6-18 - Costi fascia di mitigazione larghezza 3 m, con soli arbusti, terzo anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (15% costi impianto 1° anno)	%	15%		22,62
Diserbo meccanico	m2	16,00	0,30	4,80
Diserbo meccanico: finitura con decespugliatore (mq)	m2	8,00	0,12	0,96
Concimazione biologica	m2	8,00	0,07	0,53
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	8,00	0,02	0,19
Potatura meccanica/manuale	h.	0,01	20,0	0,18
Costo totale modulo da 8 m				29,28
€/ml				3,66

Tabella 6-19 - Costi fascia di mitigazione larghezza 3 m, con soli arbusti, dal quarto anno

Operazioni	U.d.m	Quantità	Costo (€)	Costo per lavorazione (€)
Risarcimenti fallanze (2% costi impianto 1° anno)	%	2%		3,02

Diserbo meccanico	m2	16,00	0,30	4,80
Potatura meccanica/manuale	h.	0,01	20,00	0,18
Trattamenti fitosanitari (rameici o comunque permessi in biologico)	m2	8,00	0,02	0,19
Costo totale modulo da 8 m				8,18
€/ml				1,02

6.3 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.

Tabella 6-20 - Confronto della PLS ante e post progetto

COLTURE	Ante progetto (media 2021-2023)			Post progetto			ΔPLS POST-PLS ANTE
	Superficie (ha)	PLS/ha (€)	PLS (€)	Superficie (ha)	PLS/ha (€)	PLS (€)	
Prato di erba medica 5 anni	74,74	1.263,31	94.417,81	62,20	1.263,31	78.575,94	
Grano duro	22,27	2.047,62	45.595,58	12,44	2.047,62	25.471,76	
Grano tenero	3,28	1.404,74	4.608,45	0,00	1.404,74	0,00	
Orzo	0,00	1.138,39	0,00	12,44	1.138,39	14.161,22	
Sorgo	0,62	2.129,67	1.321,82	0,00	2.129,67	0,00	
Girasole	2,31	861,80	1.989,32	0,00	861,80	0,00	
Mais	5,12	1.697,40	8.691,93	0,00	1.697,40	0,00	
Soia	2,99	1.127,75	3.371,97	0,00	1.127,75	0,00	
Spinacio da industria	0,00	19.172,74	0,00	0,00	19.172,74	0,00	
Pero	3,67	18.477,90	67.842,23	4,20	18.477,90	77.607,18	
Melo	0,66	18.477,90	12.115,96	0,00	18.477,90	0,00	
Frutteto misto	0,22	18.477,90	4.007,86	0,00	18.477,90	0,00	
Totale	115,87		243.962,93	91,28		195.816,10	
Media (€/ha)			2.105,48			2.145,28	39,80

7 Monitoraggio della qualità del suolo e dell'attività agricola

7.1 Il monitoraggio delle colture in ambito agrivoltaico

L'agrivoltaico è un sistema complesso, dove si integrano in uno stesso 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 ed 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.).

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.

Inoltre, dai pochi dati statistici finora raccolti, è riscontrabile che la presenza dei pannelli garantisce una mitigazione del clima al suolo, con una riduzione delle temperature estreme rispetto all'ambiente circostante, mitigando il picco delle temperature massime (colpi di calore) e minime (gelate).

La presenza della componente energetica modifica, pertanto, il microclima dell'area interessata dall'impianto secondo modalità da verificare e monitorare.

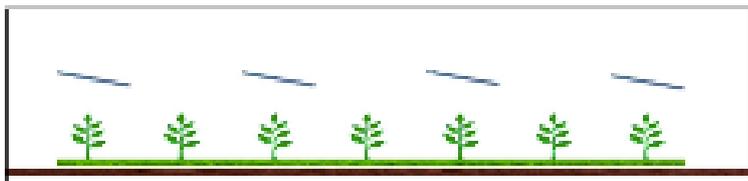
L'attività agricola è strettamente collegata alla fertilità del suolo, che non deve essere intaccata dalla presenza della componente energetica e che deve essere quindi mantenuta e, se possibile, migliorata. Essa costituisce un elemento fondamentale per poter garantire la continuità agricola (intesa 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 un minimo di parametri da monitorare per gli impianti agrivoltaici "interfilari" come quello in oggetto, fino ad un massimo di parametri per gli impianti agrivoltaici avanzati che intendono attingere ai fondi PNRR.

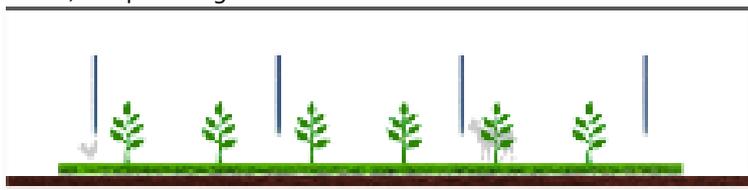
TIPO 1) - impianto agrivoltaico (a coltivazione interfilare)



TIPO 2) - impianto agrivoltaico avanzato (a coltivazione interfilare e sotto i pannelli)



TIPO 3) - impianto agrivoltaico a moduli verticali



La normativa impone che vengano predisposte delle relazioni periodiche da agronomi e che vengano utilizzati dei sensori (per gli impianti avanzati) e caldeggia indirettamente l'utilizzo di sistemi *digital farming*.

7.2 Il sistema di monitoraggio

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: fertilità (E1), microclima (E2), resilienza (E3) e risparmio idrico (D1), andando quindi ben oltre a quanto richiesto dalle Linee Guida MiTE (LGM) per la tipologia di impianto in oggetto, per la quale sarebbe richiesto il solo monitoraggio della continuità agricola (punto D.2);
- 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 che 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 dati³⁸ ;
- è concepito (metodologia e sistema di data base), per facilitare le attività di verifica da parte delle autorità competenti dei parametri da monitorare (cogenti o meno).

Il sistema di monitoraggio agricolo del progetto sarà supportato da un innovativo sistema di smart farming (piattaforma, sensori, centralina meteo, immagini satellitari, utilizzo di mappe di vigore, stress idrico, superficie fogliare, etc. ed eventuali mappe/dati di raccolta, ecc.), con il quale non solo verrà registrata e monitorata l'esistenza delle colture e l'indirizzo produttivo, ma saranno anche confrontati lo status e le performance delle colture all'interno dei moduli con un'area di controllo (di benchmark) della/e stessa/e coltura/e collocata all'esterno dei moduli; verrà inoltre monitorato il livello di fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici ed il risparmio idrico.

Si prevede, quindi, la realizzazione di un sistema di monitoraggio digitale, integrato al sistema di agricoltura digitale (la stessa piattaforma software), che consenta di osservare:

³⁸ 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 finalizzati al monitoraggio puntuale e costante del ciclo produttivo con funzione di agevolare la pianificazione, la tempestività e la precisione delle operazioni.

- 1 (D.2)** la presenza della coltura ed il relativo status in varie fasi del ciclo produttivo (ad esempio tramite mappe di vigore o di stress idrico, ecc.), le tecniche colturali (inserite manualmente) e le rese produttive (inserite manualmente e se disponibili mappe di raccolta), e di allegare il fascicolo colturale/quaderno di campagna (compilabile anche direttamente all'interno della stessa piattaforma) e di confrontare tutti questi elementi con quelli di un'area benchmark all'interno dell'impianto, ma al di fuori dei moduli, ossia di gestire tutti gli elementi necessari a verificare la continuità produttiva. Sarà altresì possibile monitorare ed ottimizzare l'utilizzo (dove e quando serve) di altri elementi della gestione agricola, quali utilizzo di input (semi, fertilizzanti, antiparassitari e diserbanti, ecc.), l'eventuale utilizzo dell'acqua (smart irrigation), ecc. con effetti benefici sia sulla fertilità del suolo che sul risparmio idrico;
- 2 (D.1)** il risparmio idrico, tramite sensori e centraline meteo, elaborazione di indici da mappe satellitari; sarà possibile misurare differenze di evapotraspirazione e stress idrico con l'area benchmark; nel caso di eventuali colture irrigue, il sistema consentirà misurazioni automatiche del consumo di acqua per ciascuna coltura e la comparazione con il benchmark;
- 3 (E.1)** la fertilità del suolo, attraverso l'elaborazione di immagini satellitari da dove è possibile individuare delle aree omogenee per diverse caratteristiche del terreno fra le quali, indirettamente, la fertilità del suolo (presenza di Carbonio organico ed altri elementi della fertilità). Su tali aree omogenee sarà poi possibile procedere ad approfondimenti con analisi del terreno di laboratorio;
- 4 (E.2)** parametri del microclima, acquisizione di dati tramite i sensori e centraline meteo;
- 5 (E.3)** resilienza ai cambiamenti climatici, l'effettuazione di quanto richiesto dalla LGM in materia³⁹ 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 per i seguenti elaborati:

- relazione periodica (annuale) prevista dalle LGM per comprovare l'esistenza della coltura e Mantenimento dell'indirizzo produttivo (D.2)⁴⁰ ed utilizzati per valutazioni dei risultati delle colture agrivoltache;
- relazione triennale prevista per il monitoraggio di tutti gli altri parametri (E.1, E.2, E.3 e D1).

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

Si riportano i costi indicativi di investimento e di gestione delle attività di monitoraggio sopra descritte.

³⁹ Le Linee Guida MiTE riportano a pagina 28: "E.3 Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici- La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici deve essere realizzata in condizioni che non pregiudichino l'erogazione dei servizi o le attività impattate da essi in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri.

Come stabilito nella circolare del 30 dicembre 2021, n. 32 recante " Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente (DNSH)", dovrà essere prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione ad alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. per individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea. Dunque:

- in fase di progettazione: il progettista dovrebbe produrre una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;
- in fase di monitoraggio: il soggetto erogatore degli eventuali incentivi verificherà l'attuazione delle soluzioni di adattamento climatico eventualmente individuate nella relazione di cui al punto precedente (ad esempio tramite la richiesta di documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale)."

⁴⁰ Verrà predisposta a cadenza prestabilita una relazione tecnica asseverata di un agronomo con caratteristiche di terzietà rispetto al soggetto titolare dell'impianto agrivoltaico. Alla relazione potranno essere allegati:

- il piano annuale di coltivazione (specie coltivata, superficie);
- le condizioni di crescita delle piante (status delle colture);
- le tecniche di coltivazione (densità di semina -o sesto di impianto-, impiego di concimi e trattamenti fitosanitari).

Queste operazioni sono in parte contenute e desumibili del fascicolo aziendale AGEA ed in parte dal quaderno di campagna.

Importante conservare le fatture di acquisto dei mezzi di produzione e di vendita dei prodotti (che comprovano l'esistenza e la tipologia delle attività agricole).

Tabella 7-1 - Investimenti e costi di gestione delle attività di monitoraggio previste

Descrizione	n. unità	€/unità	tot €	€/anno
Investimento iniziale			67.000	
Accesso a piattaforma software di gestione/elaborazione dati (licenza)	1,00	5.000	5.000	
stazioni meteorologiche, complete di sensori (datalogger con trasmissione dati, pluviometro, sensore temperatura e umidità dell'aria, sensore radiazione solare, anemometro, bagnatura fogliare, pannello solare e batteria)	3,00	5.000	15.000	
sensori di umidità del terreno (con datalogger per trasmissione dati)	9,00	2.000	18.000	
sensori di portata	6,00	2.000	12.000	
digitalizzazione area azienda agricola	1,00	4.500	4.500	
individuazione aree omogenee e punti di campionamento per analisi di laboratorio del terreno	1,00	4.000	4.000	
analisi di laboratorio dei campioni di terreno prelevati	20,00	150	3.000	
installazione sensori, prelievo campioni terreno ed elaborazione risultati analisi, formazione sul funzionamento del sistema (gg uomo)	11,00	500	5.500	
			-	
Costo di gestione				29.000
Accesso a piattaforma software di gestione/elaborazione dati (canone annuo)	1,00	1.500	1.500	1.500
Quaderno di campagna all'interno della piattaforma informatica (canone annuo)	1,00	1.200	1.200	1.200
gestione ed elaborazioni dati di monitoraggio da piattaforma/sensori (gg/uomo)	24,00	500	12.000	12.000
elaborazioni il monitoraggio della fertilità da elaborazioni immagini satellitari (ogni 3 anni)	1,00	3.000	3.000	1.000
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-	1,00	4.800	4.800	800
relazione agronomica annuale	1,00	9.000	9.000	9.000
relazione triennale requisiti E1, E2 ed E3	1,00	10.500	10.500	3.500

7.2.1. Monitoraggio delle produzioni e della Continuità dell'attività agricola (punto D2 e B delle Linee Guida Ministeriali)

Le Linee Guida Ministeriali richiedono di monitorare i parametri/elementi di seguito sintetizzati.

La presenza e la resa della coltivazione, quest'ultima comparata al valore medio della produzione agricola dell'area di impianto negli anni solari antecedenti (€/ha) o, in alternativa prevedendo una zona di controllo (benchmark).

Sarà quest'ultima la modalità ad essere utilizzata nel progetto, in quanto molto più attendibile del confronto con le rese ante progetto, non essendo condizionata dalle variabili tipiche dell'agricoltura (clima ed eventi catastrofici, malattie, ecc.) che falsano la comparazione fra annualità diverse, sebbene su media triennale.

Verranno, quindi, confrontate le performance delle colture all'interno dei moduli con un'area di controllo (di benchmark) della/e stessa/e coltura/e all'esterno dei moduli di una superficie che, generalmente (normative di altre nazioni quali ad esempio la Francia), viene indicata in 2.000 mq, ma che nel nostro caso sarà superiore e quindi più attendibile, pari a 5.000 mq o 1 ettaro o più ettari, in funzione delle rotazioni, del numero di colture presenti e degli spazi disponibili.

Non sono state stabilite dalla normativa nazionale delle rese minime da rispettare in ambito agrivoltaico; per avere dei riferimenti di quanto fatto da altre nazioni che hanno previsto una resa minima, in Francia e Giappone il livello è stato fissato all'80%, in Germania al 66%.

Riguardo al progetto, poiché esso prevede:

- delle interfile molto ampie, proprio per agevolare il passaggio della luce diretta e la meccanizzazione (verrà così fortemente limitato l'effetto negativo del fattore ombra, addirittura trasformandolo in un plus di protezione rispetto all'eccesso di irraggiamento (scottature, evapotraspirazione, etc., vedere punti seguenti), fattore che, con i cambiamenti climatici in atto, sta diventando sempre più problematico);
- delle colture in asciutta, le quali potranno beneficiare in termini di resa, ancora più di quelle irrigue, della minor evapotraspirazione derivante dalla presenza dei pannelli (minore ventosità e minore temperatura);
- opere di drenaggio e realizzazione di invasi che mitigheranno problematiche derivanti da eccessi e ristagni di acqua, una problematica anche in questo caso crescente con i cambiamenti climatici in atto;
- una progettazione oculata dell'indirizzo produttivo e delle rotazioni colturali, nonché, grazie anche al sistema di agricoltura digitale utilizzato (vedere oltre), una gestione attenta ed ottimizzata delle attività agricole, che consentirà il mantenimento e/o il miglioramento della fertilità del suolo;

è lecito supporre che le rese saranno nettamente superiori ai limiti minimi imposti da alcune altre nazioni, e si avvicineranno molto a quelle del benchmark di riferimento al di fuori dai moduli, se non, in alcuni casi (in funzione della tipologia di coltura e delle caratteristiche climatiche stagionali), arrivando addirittura a superarle, come registrato da alcune esperienze dal Fraunhofer Institute for solar Energy System⁴¹.

Inoltre, secondo quanto specificato dalle Linee Guide Ministeriali, dovrà essere monitorato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, se modificato, il passaggio ad uno di valore economico superiore (misurato in termini di coefficienti Produzione Standard da indagini RICA) Le LGM prevedono altresì il mantenimento di produzioni DOP o IGP, se esistenti.

Il presente progetto prevede il mantenimento dell'indirizzo produttivo preesistente; ciò è peraltro favorito e comprovato dal fatto che la stessa Società Agricola, che è proprietaria della maggior parte dei terreni e che li coltiva attualmente, continuerà a coltivarli una volta che l'impianto agrivoltaico sarà realizzato, in virtù del contratto per l'esecuzione delle attività agricole stipulato tra Newagro S.r.l. e la Società Agricola. Nel caso in cui, nel corso della vita del progetto, dovessero essere effettuate delle modifiche dell'ordinamento colturale, esse verranno comunque fatte passando ad un indirizzo produttivo dal valore economico superiore.

7.2.2. Monitoraggio della fertilità del suolo (punto E1 delle Linee Guida Ministeriali)

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

Semplificando, anche 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, infatti, 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).

In particolare, verrà effettuato un monitoraggio della fertilità secondo le seguenti modalità:

⁴¹ Fraunhofer Institute for solar Energy System "Agrivoltaics: Opportunities for Agri-culture and energy transition, A Guideline for Germany", April 2022.

- **(monitoraggio livello 1 - da immagini satellitari)** un'analisi speditiva a cadenza triennale della fertilità con la sola elaborazione delle immagini satellitari;
- **(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 (E1 fertilità del suolo).

7.2.3. Monitoraggio microclima (punto E2 delle Linee Guida Ministeriali)

In generale il sistema di smart/digital farming citato prevede l'installazione di almeno due centraline meteo (posizionate in mezzo ai moduli ed all'esterno di questi ultimi per il confronto) che monitori temperatura, umidità relativa, velocità dell'aria e pioggia. Con l'aggiunta al sistema di sensori di misura della radiazione solare e dei parametri del suolo sotto e tra i moduli -e per comparazione in una zona limitrofa ma non all'ombra-, sarà possibile monitorare i vari aspetti citati e confrontarli con la situazione ordinaria. È prevista, quindi, l'installazione di un sistema di sensori con funzionamento in continuo nel tempo che possano monitorare i seguenti parametri:

- temperatura ambiente esterno e sotto/fra i moduli;
- umidità ambiente esterno e sotto/fra i moduli;
- velocità dell'aria sotto/fra i moduli e ambiente esterno;
- radiazione solare sotto/fra i moduli e ambiente esterno;
- parametri del suolo (temperatura, umidità, pH, etc.);
- quantità di pioggia;
- bagnatura fogliare.

7.2.4. Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici (punto E3 delle Linee Guida Ministeriali)

In questo caso il monitoraggio non è digital e nemmeno un monitoraggio continuo, come avviene, invece, per tutti gli altri parametri; si tratta, infatti, come previsto dalle Linee Guida Ministeriali, 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.

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 prevede quindi di effettuare dei sistemi di drenaggio e di invasi, che consentiranno di mitigare o prevenire gli effetti delle piogge troppo intense (allagamenti e ristagni di acqua).

Si fa presente, tuttavia, che 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.

7.2.5. Monitoraggio del risparmio idrico (punto D1 delle Linee Guida Ministeriali)

Le colture previste sono colture in asciutta, in continuità con quanto coltivato fino ad oggi. Non è esclusa la possibilità di introdurre colture irrigue, sfruttando laddove possibile l'acqua raccolta nei bacini idrici esistenti o dai sistemi di adduzione

presenti garantiti dal Canale Emiliano Romagnolo (CER), considerata “acqua ad uso irriguo sostenibile”. Le tecniche distributive adottate in tal caso saranno del tipo a media efficienza (es. sprinkler) o ad alta efficienza (es a goccia o manichetta). Sono esclusi i sistemi a bassa efficienza.

Le LGM prevedono il monitoraggio del risparmio idrico solo per le aziende irrigue e caldeggiano il metodo del confronto fra la situazione all’interno dei moduli ed una stessa coltura dove sia assente il sistema agrivoltaico⁴².

Ciò posto, ed in linea con le modalità di monitoraggio previste per tutti gli altri parametri, si farà affidamento al sistema di smart farming, che consentirà di monitorare sia il livello di stress idrico della pianta sotto/tra i pannelli, comparandolo con un benchmark costituito dalla stessa coltura praticata in un’altra area dell’impianto senza ombreggiamenti (tramite sensori di evapotraspirazione, ovvero mappe di stress idrico -es. NDMI- e/o mappe di vigore NDVI-), sia gli eventuali (al momento l’indirizzo produttivo prevede colture solo in asciutta) reali utilizzi di acqua (tramite contatori/misuratori⁴³ previsti dal sistema), e conservando i dati rilevanti in un apposito data base. Sempre nel caso più o meno remoto di un eventuale inserimento nell’indirizzo di colture irrigue, verrà impiegata un’irrigazione sostenibile effettuata tramite “smart irrigation”, ossia irrigazione quanto serve e quando serve, con sistemi a sprinkler o a goccia.

7.3 Supporto alle attività di verifica

Il sistema di monitoraggio è stato predisposto per facilitare e rendere disponibili la documentazione e le informazioni utili alle attività di verifica relative alle attività agricole. Tale predisposizione è stata approfondita e sintetizzata nei successivi paragrafi.

7.3.1. Verifica dei requisiti A.1 e A.2 delle Linee Guida Ministeriali

Al fine di consentire la verifica della rispondenza dell’impianto che verrà realizzato al progetto presentato ed approvato, verranno messi a disposizione i seguenti elaborati:

- ortofoto dell’area;
- modello digitale della superficie;
- vettoriale dell’area oggetto di studio;
- vettoriali del perimetro dei pannelli in condizioni di massimo ingombro di proiezione al suolo;
- vettoriale della viabilità di servizio;
- report di Elaborazione Dati.

7.3.2. Verifica dei requisiti B.1 e D.2 delle Linee Guida Ministeriali

Come già descritto nei punti precedenti, verrà predisposta una relazione a cadenza periodica (annuale) contenente, oltre a quanto già descritto nel relativo paragrafo di approfondimento, le seguenti informazioni:

- indicazioni circa l’attuazione degli eventuali accordi di collaborazione con le aziende agricole che operano nell’impianto agrivoltaico, fascicolo aziendale e quaderno di campagna;

⁴² Le Linee Guida MITe riportano a pagina 27 al Punto D.1 “Si ritiene quindi possibile fare riferimento a tale normativa per il monitoraggio del risparmio idrico, prevedendo aree dove sia effettuata la medesima coltura in assenza di un sistema agrivoltaico, al fine di poter effettuare una comparazione. Tali valutazioni possono essere svolte, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.”

⁴³ La misurazione di apporti di idrici alle colture dell’impianto può avvenire secondo le seguenti modalità:

1 approvvigionamento: misurazione dei volumi di acqua prelevati attraverso pompe in discontinuo o tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi di acqua o bacini idrici o da autobotti/serbatoi

2 servizio di irrigazione: l’utilizzo di acqua può essere misurato attraverso contatori/misuratori di portata in ingresso all’impianto dell’azienda agricola e sul by-pass dedicato all’irrigazione del sistema agrivoltaico (e/o all’ingresso degli eventuali settori in cui è suddiviso il sistema di irrigazione), o anche tramite i dati presenti nel SIGRIAN

- descrizione dell'ordinamento colturale con indicazione delle rotazioni e/o avvicendamenti, ove previsti, e delle particelle sottoposte a coltura, con le rese attese e/o ottenute, produzione agricola ottenuta (t/ha), Indicazione della destinazione della produzione agricola ottenuta e documentazione probante la vendita (fatture di vendita dei prodotti agricoli). Indicazione dei mezzi tecnici utilizzati, con particolare riferimento alla meccanizzazione adottata, rispetto all'ordinamento colturale, utilizzando a titolo esemplificativo l'allegata "scheda attività colturali e monitoraggio per agrivoltaico", lo status delle colture e il confronto con il benchmark.

Come già accennato in precedenza, eventuali variazioni del piano colturale verranno tempestivamente comunicate al fine di valutare il mantenimento del requisito B.1b (e D.2) delle LGM.

Verrà opportunamente segnalato e descritto un eventuale utilizzo di biomasse a scopo di fertilizzazione (es. compost, reflui zootecnici, digestati, etc.).

7.3.3. Verifica dei requisiti D.1, E.1, E.2, E.3 ed E.4 delle Linee Guida Ministeriali

Sebbene non obbligatori per l'impianto in oggetto, si intende comunque fornire delle indicazioni sull'effetto dell'impianto su aspetti quali la fertilità del suolo, il microclima e la resilienza ai cambiamenti climatici (requisiti E.1, E.2, E.3), nonché sul risparmio idrico (D.1) durante l'esercizio del sistema agrivoltaico.

Come già descritto nei paragrafi precedenti, verrà predisposto un sistema di monitoraggio (E.1, E.2, E.3 e D.1) e di valutazione (E.3), i cui risultati verranno presentati in una relazione a cadenza periodica (triennale) contenente:

- risultati sul monitoraggio della fertilità dei suoli (E.1), del microclima (E.2) e del risparmio idrico (D.1) e di comparazione con i risultati dell'area benchmark esterna ai moduli;
- considerazioni di sintesi sui risultati del monitoraggio di cui agli aspetti precedenti (E.1, E.2 e D.1) che hanno attinenza con aspetti di resilienza ai cambiamenti climatici (E.3), quali ad esempio: la riduzione del vento, dello stress idrico/evapotraspirazione, effetto su irraggiamento, temperature, vigore e rese.

Infine, riguardo alla verifica degli aspetti di resilienza climatica (E.3), verrà messa a disposizione una documentazione fotografica post progetto delle strutture di drenaggio ed invasi.

Allegato 1 - Scheda delle attività colturali e del monitoraggio.

		COLTURA																							
		Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov
a) Operazioni colturali																									
a.1) Lavorazione del terreno																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
a.2) Gestione erbe infestanti																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
a.3) Concimazione																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									
a.4) Trattamenti fitosanitari																									
descrizione (tipo operazione e macchine)																									

7.4 Verifica dei requisiti delle Linee Guida MiTE in materia di Agrivoltaico

Per gli impianti agrivoltaici potrebbero essere/saranno effettuate verifiche relative alla progettazione esecutiva o successive alla realizzazione dell'opera stessa durante l'esercizio dell'impianto; a tal fine si riporta quanto verrà effettuato dal proponente per consentire ed agevolare tali attività di verifica da parte degli Enti preposti.

7.3.4. Verifica dei requisiti A.1 e A.2

Il proponente, una volta realizzato l'impianto agrivoltaico, metterà a disposizione per l'area oggetto di studio gli elaborati di cui al Paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** dai quali potranno essere desunte le informazioni per la verifica dei requisiti in questione.

7.3.5. Verifica dei requisiti di cui al punto B.1 e D.2

Controlli di verifica della continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento.

Verrà predisposta una relazione, con cadenza annuale (annata agraria), in cui sono riportate le seguenti informazioni:

- Attuazione degli eventuali accordi di collaborazione con aziende agricole che operano nell'impianto agrivoltaico. Qualora fossero stati previsti acquisti di macchine e/o attrezzi agricoli necessari allo svolgimento delle operazioni colturali all'interno del campo agrivoltaico, saranno consegnati i documenti probanti di acquisto. Verifica della presenza dei fascicoli aziendali e dell'iscrizione ad albi/registri previsti dalle norme di settore (codice ASL; alveari iscritti nella "Banda Dati Apistica Regionale").
- Descrizione dell'ordinamento colturale con indicazione delle rotazioni e/o avvicendamenti, ove previsti, e delle particelle sottoposte a coltura (grafica oppure fotografica con geotag) con rese attese e/o ottenute, produzione agricola ottenuta (t/ha). Le rese del campo agrivoltaico non dovranno essere inferiori al 70% delle rese statistiche dell'ultimo triennio del comprensorio di riferimento o a quelle prodotte in un campo test (di controllo), di ampiezza compresa tra i 1.000 e i 2.000 mq, posto a lato del campo agrivoltaico.
- Indicazione dei mezzi tecnici utilizzati, con particolare riferimento alla meccanizzazione adottata, nonché delle ore/uomo di lavoro, rispetto all'ordinamento colturale utilizzando la "scheda attività colturali e monitoraggio per agrivoltaico";
- Indicazione della destinazione della produzione agricola ottenuta; a tal scopo, la relazione dovrà contenere documenti probanti di vendita;
- Descrizione dell'eventuale utilizzo di biomasse a scopo di fertilizzazione (es. compost, reflui zootecnici, digestati, etc.). Eventuali variazioni del piano colturale dovranno essere tempestivamente comunicate al fine di valutare il mantenimento del requisito B.1b delle LGM.

7.3.6. Verifica dei requisiti di cui al punto E delle Linee Guida in materia di Agrivoltaico Monitoraggio delle matrici ambientali di un impianto agrivoltaico.

Le LGM pongono attenzione anche al "Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo" (requisito E.1), al Monitoraggio del microclima" (requisito E.2) e al "Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici" (requisito E.3).

I suddetti requisiti non sono oggetto di valutazione da parte delle presenti Linee Guida Ministeriali, in quanto afferenti agli impianti agrivoltaici avanzati; tuttavia, nel presente progetto si intendono comunque fornire ulteriori elementi di valutazione di tali requisiti durante l'esercizio del sistema agrivoltaico.

- Si prevede, quindi, l'installazione di un sistema di sensori con funzionamento in continuo nel tempo che possano monitorare i seguenti parametri (requisiti E.1 e E.2):
- temperatura ambiente esterno e sotto/fra i moduli;
- umidità ambiente esterno e sotto/fra i moduli;

- velocità dell'aria sotto/fra i moduli ed ambiente esterno;
- radiazione solare sotto/fra i moduli e ambiente esterno;
- parametri del suolo (temperatura, pH, umidità...);
- quantità di pioggia;
- bagnatura fogliare.

Infine, riguardo alla verifica degli aspetti di resilienza climatica (E.3), verrà messa a disposizione una documentazione fotografica post progetto delle strutture di drenaggio ed invasi.

8 Conclusioni

La creazione di impianti agrivoltaici deve temperare, insieme alla produzione energetica, la continuità dell'agricoltura all'interno degli stessi; tale continuità non deve consistere nel mero mantenimento in vita di attività agricole, vestigia della precedente destinazione dei terreni, ma anche, e soprattutto, nella ricostituzione di un'azienda agraria autonoma, che riesca ad operare anche in condizioni molto particolari, come quelle esistenti nei campi agrivoltaici.

La Società che gestirà le attività agricole, Azienda Agricola Il Vallone Società Agricola S.S., intende proseguire le attività agricole preesistenti, basate sulla coltivazione di seminativi, con alcuni frutteti, coniugando la produzione di energia rinnovabile con la semina e raccolta di cereali ed altri prodotti, tipici del ferrarese.

La parte dei terreni, rimanente libera dall'ingombro dei pannelli fotovoltaici, verrà coltivata per intero, anche a seguito dell'esecuzione delle previste opere di miglioramento fondiario, quali spianamenti delle superfici, creazione di drenaggi e di bacini di raccolta delle acque in eccesso, etc. Viene previsto che tali opere consentiranno una migliore praticabilità dell'intera area ed un controllo puntuale della falda freatica, la cui presenza in superficie limita, nello stato ante progetto, la produzione vegetale.

L'ordinamento tecnico economico attuale, classificabile principalmente come seminativo semplice, verrà mantenuto fedelmente, eventualmente integrandolo con la realizzazione di nuovi piccoli frutteti che sostituiscano il precedente impianto, estirpato nel 2023 perché ormai obsoleto. Ciò significa che la rotazione dei seminativi stessi verrà basata, come nello stato *ante operam*, sulla coltura del medicaio. È noto ai cultori della materia che il prato di medica deve essere avvicendato, cioè dopo di esso devono venire seminate altre colture, per almeno un biennio, possibilmente non appartenenti alla famiglia delle leguminose.

Prima dell'impianto agrivoltaico, i conduttori di Azienda Agricola Il Vallone Società Agricola S.S., razionalmente, facevano seguire ai cinque anni di medica due anni consecutivi di grano, sfruttante da reddito, che valorizzava la "forza vecchia" lasciata dall'accumulo di sostanza organica nel suolo dalla leguminosa pratense. Tuttavia, a partire dall'annata agraria 2023-2024, l'entrata a regime della nuova PAC 2022-2027 (Reg. UE n. 2021/2115 del 02/12/2021-Bcaa 7) tende a scoraggiare la successione di due piante appartenenti allo stesso genere; pertanto, il vecchio schema non potrà venire riproposto tal quale.

Sarà, quindi, necessario, nella previsione a medio-lungo termine, diversificare le colture nella rotazione aziendale, sempre basata sul quinquennio di erba medica, al quale dovranno seguire due colture, una appartenente al genere *Triticum*, mentre l'altra dovrà fare parte di un genere diverso dal *Triticum* e, possibilmente, dalle leguminose.

In tale ottica, nella presente relazione sono state suggerite delle colture atte ad integrare o sostituire quelle attualmente praticate e poste in rotazione dopo il medicaio.

La rotazione *post operam* è comunque basata sulla preservazione e, con buona probabilità, l'aumento della sostanza organica del suolo e delle altre caratteristiche agronomiche del terreno stesso.

La Produzione Lorda Standard (PLS) per ettaro di SAU verrà mantenuta o aumentata, anche grazie all'introduzione di superfici coltivate con produzioni di qualità ed a maggiore redditività.

Le opere di mitigazione prevedono la piantumazione di specie arboree e arbustive tradizionalmente presenti spontaneamente nella flora locale.

Roma (RM), 13/05/2024

9 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).
- A.P.I.M.A.I. Associazione Provinciale Imprese Meccanico Agricole Industriali di Ravenna, (2022)
- 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 Adeh, 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 Adeh, 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 Adeh, 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 McDouglad, 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. Guilioni, 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. Guilioni, 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. Guilioni 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. Agrovoltaiico, nasce una rete coordinata da Enea. 10 maggio 2021. In Qual Energia: <https://www.qualenergia.it/articoli/agrovoltaiico-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).

10 Sitografia

- <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=37850>
- <https://agrea.regione.emilia-romagna.it/>
- <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/aiuti-impresetemi/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.isprambiente.gov.it/it>
- <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>

Nota: Tutte le immagini di mezzi meccanici e le tabelle con le relative caratteristiche tecniche utilizzate per redigere il presente studio, sono state estratte direttamente da materiale informativo messo a disposizione del pubblico dalle varie case costruttrici mediante i siti web ufficiali, e sono state impiegate solo ed esclusivamente a titolo esemplificativo.