

Orosolare S.r.l.

Impianto Agrivoltaico denominato "Argenta 2" da 168.461,3 kWp, opere connesse ed infrastrutture indispensabili

Comuni di Argenta, Comacchio 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

Tommaso Del Signore, ordine dei dottori agronomi e forestali di Viterbo (VT) n. 475

Dino Ortenzi, dottore in scienze agrarie

Giovanni Scola Gagliardi, responsabile divisione agribusiness

Rev. 0 - Novembre 2023

wood.

Indice

1. Introduzione	5
2. Descrizione del sito dell'impianto agrivoltaico	6
2.1 Inquadramento territoriale	6
2.2 Descrizione del sito dell'impianto agrivoltaico	7
2.3 Descrizione dei parametri significativi di progetto	9
2.4 Descrizione dell'area di interesse delle attività agricole	9
2.4.1 Inquadramento urbanistico	9
2.4.2 Identificazione catastale	10
2.4.3 Inquadramento agricolo dell'area	10
2.5 Produzioni agro-alimentari a marchio di qualità ottenibile sul territorio in esame	11
2.6 Prodotti agricoli del ferrarese D.O.P e I.G.P.	12
2.6.1 Aglio di Voghiera Dop	12
2.6.2 Asparago verde di Altedo Igp	13
2.6.3 Melone mantovano Igp	13
2.6.4 Pera dell'Emilia-Romagna Igp	13
2.6.5 Pesca e nettarina di Romagna Igp	13
2.6.6 Riso del Delta del Po Igp	14
2.7 Prodotti alimentari D.O.P. e I.G.P.	14
2.7.1 Cappellacci di zucca ferraresi Igp	14
2.7.2 Coppia ferrarese Igp	14
2.7.3 Grana Padano Dop	15
3. Suolo e sottosuolo	16
3.1 Indicazione dell'uso del suolo	16
3.2 Inquadramento climatico	17
3.3 Inquadramento pedologico	18
3.4 Analisi caratteristiche suolo	19
3.4.1 Salinità del suolo	20
3.4.2 Sostanza organica	22
3.4.3 Tessitura del suolo	23
3.4.4 pH del suolo	24
3.4.5 Capacità di uso del suolo	25
3.5 Considerazioni di massima sulla pedologia del sito	28
3.6 Considerazioni di massima sulla scelta dei cantieri di lavoro e semina	31

4. Benefici, sinergie e mitigazione delle interferenze	32
4.1 Gestione e mitigazione delle potenziali interferenze	32
4.1.1 Tecnologia impiantistica	32
4.1.2 Distanza tra le strutture	32
4.1.3 Altre interferenze	34
4.2 Sinergie	35
4.3 Benefici ambientali	36
5. Definizione del piano colturale nelle varie aree di intervento	38
5.1 La situazione agricola ex ante dell'area di progetto	38
5.2 L'attività di produzione agricola ex post dell'area di progetto	40
5.2.1 Il sistema agrivoltaico: configurazione spaziale, scelte tecnologiche	40
5.2.2 La scelta dell'indirizzo colturale	43
5.2.3 Le fasce di mitigazione	50
5.2.4 La Meccanizzazione	53
6. Valutazioni economiche	68
6.1 Conti colturali dell'indirizzo produttivo prescelto	68
6.2 Costi di impianto e di gestione delle opere di mitigazione	76
6.3 Confronto della redditività tra la situazione ante e post progetto	77
7. Monitoraggio della qualità del suolo e dell'attività agricola	79
7.1 Il monitoraggio delle colture in ambito agrivoltaico	79
7.2 Il sistema di monitoraggio	80
7.2.1 Monitoraggio delle produzioni e della Continuità dell'attività agricola (punto D2 e B delle Linee Guida Ministeriali)	82
7.2.2 Monitoraggio della fertilità del suolo (punto E1 delle Linee Guida Ministeriali)	83
7.2.3 Monitoraggio microclima (punto E2 delle Linee Guida Ministeriali)	84
7.2.4 Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici (punto E3 delle Linee Guida Ministeriali)	84
7.2.5 Monitoraggio del risparmio idrico (punto D1 delle Linee Guida Ministeriali)	85
7.3 Supporto alle attività di verifica	85
7.3.1 Verifica dei requisiti A.1 e A.2 delle Linee Guida Ministeriali	85
7.3.2 Verifica dei requisiti B.1 e D.2 delle Linee Guida Ministeriali	86
7.3.3 Verifica dei requisiti D.1, E.1, E.2, E.3 ed E.4 delle Linee Guida Ministeriali	86
7.3.4 Elaborati, documenti, relazioni ed attività per le attività di verifica	89
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.	89
8. Conclusioni	91

9. Bibliografia	92
10. Sitografia	95

Questo documento è di proprietà di Orosolare 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 Orosolare 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 la conduzione delle consuete pratiche agricole nelle aziende site nell'area di giacenza del sito in oggetto ed aventi gli stessi ordinamenti tecnico-economici.

Gli aspetti agronomici vengono trattati nel presente documento, mentre le specifiche tecnologiche dell'impianto sono esaurientemente descritte nel documento A.01 "Relazione descrittiva" del Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico ed Opere Elettriche di Utenza.

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

- l'esigenza della Società Orosolare S.r.l. di massimizzare la produzione di energia elettrica dell'impianto;
- garantire il prosieguo dell'esercizio dell'attività di coltivazione agricola da parte delle Società Agricola.

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.

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 265 ha ed è situata nella parte orientale della Pianura padana, in provincia di Ferrara, nei comuni di Argenta e Comacchio. Parte delle opere connesse, e quindi non interessate dalla attività agricola, rientrano anche nel comune di Portomaggiore (FE). L'inquadramento dell'impianto agrivoltaico è evidenziato nelle successive figure.

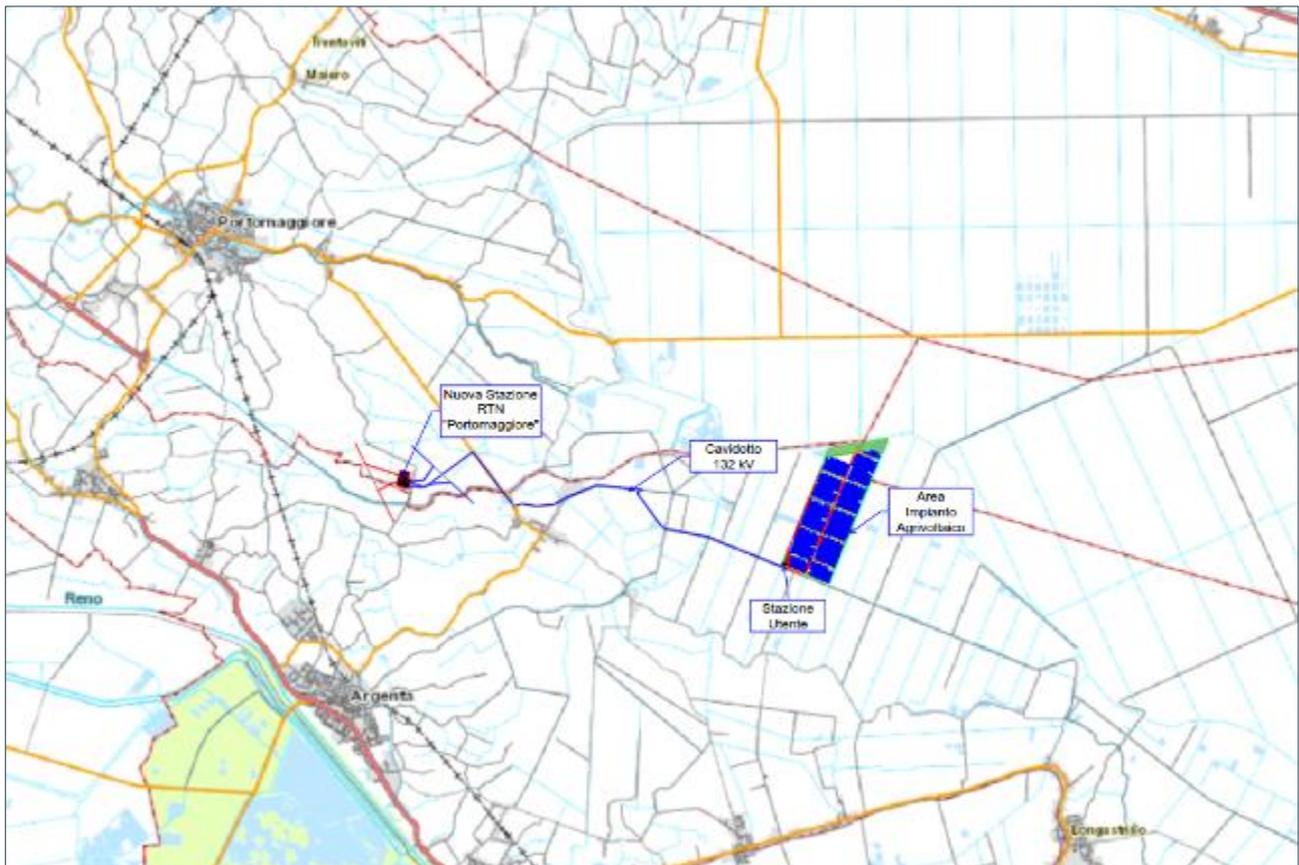


Figura 2.1 - Inquadramento su DBTR – Impianto agrivoltaico e opere di connessione

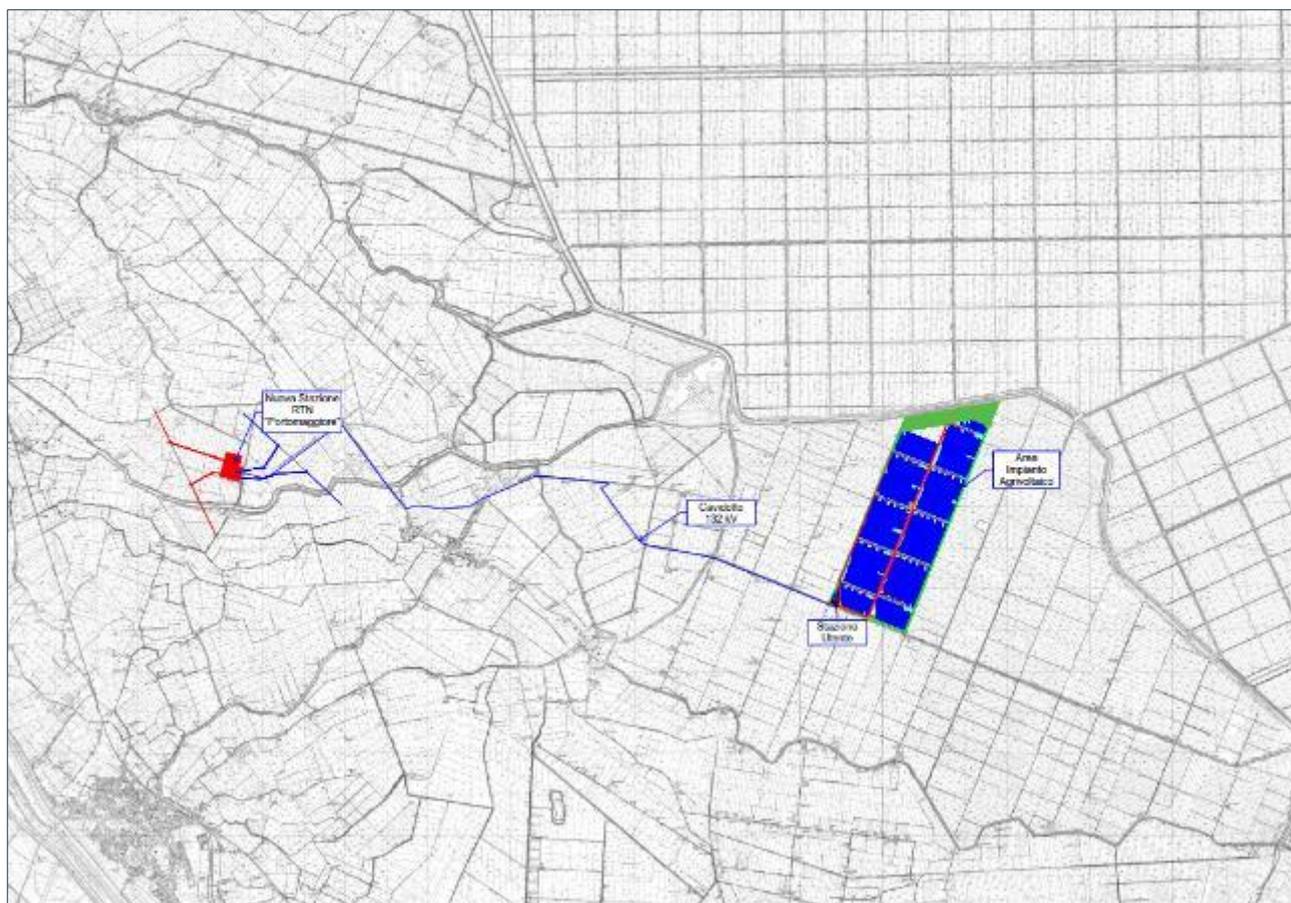


Figura 2.2 – Inquadramento su CTR – Impianto agrivoltaico e opere di connessione

2.2 Descrizione del sito dell'impianto agrivoltaico

La collocazione del sito è in ambiente rurale, scarsamente abitato (vedere oltre), con la presenza di pochi edifici rurali diffusi, per la maggior parte dismessi, e nessun centro abitato posto nelle immediate vicinanze. L'intera area in cui ricadono i settori dell'impianto agrivoltaico viene compresa nell'immagine seguente.



Figura 2.3 – Inquadramento su ortofoto - area dell’impianto agrivoltaico

Il sito è sostanzialmente delimitato:

- a sud, dallo scolo consortile “Gramigne” e dalla via Val Gramigna;
- a nord, dal Canale Circondariale Gramigne Fosse;
- a ovest, dallo scolo consortile “Bigliardo”;
- ad est, dallo scolo consortile “Noè”.

La superficie totale dei suoli agricoli ove verrà collocato l’impianto agri voltaico è di 265,6 ha. Il paesaggio circostante, caratterizzante l’area sede di impianto, è quello tipico dell’ambiente agricolo di pianura, caratterizzato da colture a seminato semplice ed ortive in pieno campo. Le abitazioni presenti, esigue per numero, sono concentrate prevalentemente a Sud e ad Ovest delle aree di realizzazione dell’impianto. Nelle aree restanti sono presenti esclusivamente nuclei ed insediamenti destinati ad attività agricole e/o al ricovero per animali, oltre a numerosi fabbricati dismessi ed in stato di abbandono.

I terreni di progetto sono attualmente coltivati secondo gli ordinamenti colturali tipici della zona da un affittuario che lascerà il fondo fra due anni. Successivamente la conduzione agricola dell’area verrà effettuata direttamente da una società agricola facente capo al proprietario dei terreni e con una storia professionale nel settore di diversi decenni. La società agricola è infatti particolarmente attiva nelle Regioni Emilia-Romagna e Veneto, con circa mille ettari di terreno coltivato e gestito, in gran parte di proprietà e in parte minore attraverso contratti di locazione. Orosolare S.r.l. e la Società Agricola opereranno congiuntamente sull’area conciliando da una parte l’esigenza di massimizzare la produzione elettrica dell’impianto, dall’altra, garantendo il naturale proseguimento dell’attività agricola.

La scelta della tecnologia fotovoltaica, in seguito ad attente valutazioni, è ricaduta sulla soluzione impiantistica con tracker monoassiale, con disposizione delle strutture di sostegno in direzione nord-sud opportunamente distanziate. Particolare attenzione è stata dedicata alla distanza tra le interfile dei pannelli: dopo aver ottimizzato il layout in termini di producibilità energetica, le file sono state ulteriormente distanziate, proprio per favorire maggiormente la coltivazione agricola nell’area di progetto. La fascia coltivata lasciata libera tra le file dei pannelli (quando sono orientati parallelamente al suolo) risulta

essere superiore a 7,7 m, consentendo una metodica di coltivazione che preservi la produzione, anche avvalendosi dell'impiego di mezzi meccanici. In fase progettuale sono state sviluppati diversi scenari, tra cui i primi basati sulla scelta di colture praticabili, irrigue, coltivate nell'areale dell'impianto agrivoltaico in particolare nel 2022. Gli scenari inoltre considerano la pratica della rotazione colturale, richiesta dalla nuova Politica Agricola Comune o PAC. È stato altresì proposto a livello progettuale, in alternativa ad alcune colture tipiche dell'area che potrebbero avere un difficile adattamento in ambiente agrivoltaico, l'inserimento nella gestione agronomica di colture irrigue più adatte alla coltivazione in tale contesto (es. orticole in pieno campo da foglia, potenzialmente più idonee ad essere coltivate in condizioni di parziale ombreggiamento), data la disponibilità di acqua in sede d'impianto. Inoltre, tra gli scenari proposti, sono stati inseriti piani di coltivazione basati su colture in asciutta, più facilmente gestibili, perfettamente compatibili con le qualità dei terreni e comunque in linea con le coltivazioni tipiche della zona.

2.3 Descrizione dei parametri significativi di progetto

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

L'area totale sede dell'impianto consta di 265,6 ha di superficie totale, mentre l'area effettivamente coperta dai moduli (nel caso questi siano orientati parallelamente al suolo) è pari circa a 72,6 ha, quindi il 27,4% circa 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 2,4 ha (circa il 0,9% della superficie totale), mentre altri 3,25 ha sono occupati dalle vasche di laminazione.

Sarà, inoltre, 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 2,1 ha (0,8% circa della superficie contrattualizzata).

La superficie agricola ai sensi della norma CEI PAS 82-93, dedicata all'indirizzo colturale selezionato nella presente relazione, è pari a 185 ha (ossia il 70% circa della superficie totale).

L'area sottostante i pannelli fotovoltaici consta di una larghezza di oltre 4 metri (4,78 m quando il loro orientamento è parallelo al suolo); sebbene tale area non rientri nel calcolo della superficie agricola, ai sensi della norma tecnica CEI PAS 82-93, sarà comunque in buona percentuale coltivata (fino al $\pm 51^\circ$ di inclinazione dei moduli), unitamente alla superficie interfilare, alla superficie nella disponibilità del proponente esterna all'area su cui insiste l'impianto e alla fascia di mitigazione perimetrale. Da evidenziare che nella presente relazione, sebbene le aree interfilari siano potenzialmente coltivabili per una fascia di larghezza pari a 10 m (che si raggiunge con i moduli alla massima inclinazione, ovvero $\pm 60^\circ$), conservativamente consideriamo una fascia effettivamente coltivata pari a 9,5 m, corrispondente ad una inclinazione dei moduli di $\pm 51^\circ$ ¹.

2.4 Descrizione dell'area di interesse delle attività agricole

2.4.1 Inquadramento urbanistico

Dall'analisi del certificato di destinazione urbanistica (CDU) rilasciato dall'Unione dei Comuni Valli e Delizie, i terreni interessati dalla realizzazione dell'Impianto agrivoltaico, ricadono in territorio di rilievo paesaggistico, ai sensi delle norme PUG, mentre, come indicato nel CDU rilasciato dal Comune di Comacchio, le aree destinate all'impianto rientrano nella sottozona "E1 - agricole normali". Una porzione minore delle particelle contrattualizzate ricade in area vincolata, ed il layout dell'impianto agrivoltaico è stato perciò definito escludendo dal progetto tali aree minori vincolate. Si faccia riferimento al documento A.01 "Relazione descrittiva dell'Impianto agrivoltaico" del progetto definitivo per una analisi di dettaglio degli aspetti urbanistici relativi all'iniziativa.

¹ Dati forniti dalla Committenza

2.4.2 Identificazione catastale

I terreni interessati dall'installazione dell'impianto agrivoltaico sono catastalmente identificati al NCT del Comune di Argenta ai fogli 87 e 116 e del Comune di Comacchio al foglio 57. Gli estremi catastali dei terreni interessati dall'impianto agrivoltaico sono elencati nella seguente tabella.

Tabella 2.1 - Estremi catastali dei terreni interessati dall'impianto agrivoltaico

Comune	Sezione	Foglio	Particelle	Tipologia di opera
Argenta (FE)	N.A.	87	4 - 5 - 14 - 15 - 16 - 64 - 80 - 87 - 91 - 132	Impianto agrivoltaico
Argenta (FE)	N.A.	116	2 - 6 - 7 - 8 - 28 - 64 - 66 - 67 - 79 - 80 - 81 - 87	Impianto agrivoltaico
Argenta (FE)	N.A.	116	29	Impianto agrivoltaico
Comacchio (FE)	N.A.	57	9 - 19 - 26 - 27 - 36 - 43 - 44 - 45 - 46 - 47	Impianto agrivoltaico

Per tali terreni, di proprietà della Società Agricola, in data 30/05/2023 è stato stipulato, un contratto preliminare di costituzione di diritto di superficie e di servitù ultratrentennale, già registrato e trascritto.

Per maggiori dettagli sull'inquadramento catastale dell'area si faccia riferimento alle Tav. 04a÷b "Inquadramento su catastale - Impianto agrivoltaico ed opere connesse".

2.4.3 Inquadramento agricolo dell'area

Per descrivere genericamente la tipologia agricola predominante nell'area non è stato fatto ricorso al Censimento Istat dell'Agricoltura 2010, perché i dati ottenibili sarebbero stati viziati dal lungo periodo di tempo intercorso. 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 una scala troppo ampia per i limiti ristretti del lavoro stesso, che richiedono 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'Istat² relativa alla sola provincia interessata.

Tabella 2.2 - Superfici e produzioni delle principali colture in Provincia di Ferrara (biennio 2021-2022)³

Anno	2021		2022		Media biennio		
	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

² 2023 <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=37850>.

³ 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.

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 (1°-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
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. 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, ricopriva superfici ben più ampie, ma il calo dei prezzi, legato a scelte di politica agricola comunitaria, ne hanno ridotto 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 una parte sensibile sia costituita 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 pereto 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.

2.5 Produzioni agro-alimentari a marchio di qualità ottenibile sul territorio in esame

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

L'Emilia-Romagna ha ottenuto il riconoscimento D.O.P. e I.G.P.: per 44 prodotti (figura 1) agro-alimentari (aggiornato all'8 agosto 2023) tra cui: formaggi, carni, prodotti a base di carne, oli, frutta, verdura, cereali, prodotti di panetteria e altri prodotti (es. aceto balsamico). Oltre a tali produzioni sono presenti 19 vini con Denominazione di Origine, 2 D.O.C.G e 17

D.O.C., e 9 vini con Indicazione Geografica Tipica (I.G.T.).



Figura 2.4 - mappa dei prodotti Dop e Igp

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

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

2.6.1 Aglio di Voghiera Dop

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



2.6.2 Asparago verde di Altedo Igp

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



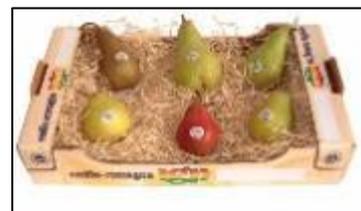
2.6.3 Melone mantovano Igp

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



2.6.4 Pera dell'Emilia-Romagna Igp

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



2.6.5 Pesca e nettarina di Romagna Igp

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



2.6.6 Riso del Delta del Po Igp

Frutto del riso appartenente al tipo Japonica, gruppo superfino nelle varietà Carnaroli, Volano, Baldo e Arborio. Il riso del Delta del Po Igp presenta un chicco grande, cristallino, compatto, con un elevato tenore proteico e può essere bianco o integrale. I terreni di coltura sono caratterizzati da una lenta capacità drenante e da salinità elevata; sono, inoltre, dotati di elevata fertilità minerale, in particolare di potassio. Tali caratteristiche conferiscono al riso aroma e sapidità particolari, maggiore resistenza alla cottura ed elevato tenore proteico del chicco. Il clima che deriva dalla vicinanza del mare permette di mantenere la pianta più asciutta e più sana, favorisce una crescita costante e l'ottenimento di un seme di riso maturato in modo lento, quindi



più resistente alle malattie. La zona geografica di produzione comprende la provincia di Rovigo, con i comuni di Ariano nel Polesine, Porto Viro, Taglio di Po, Porto Tolle, Corbola, Papozze, Rosolina e Loreo; la provincia di Ferrara, con i comuni di Comacchio, Goro, Codigoro, Lagosanto, Massa Fiscaglia, Migliarino, Ostellato, Mesola, Jolanda di Savoia e Berra.

2.7 Prodotti alimentari D.O.P. e I.G.P.

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

2.7.1 Cappellacci di zucca ferraresi Igp

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



2.7.2 Coppia ferrarese Igp

Il pane ferrarese in formato di coppia è un prodotto di panetteria ottenuto con farina di grano tenero tipo 0, acqua, strutto di puro suino, olio extravergine di oliva, lievito naturale madre, sale alimentare, malto. Il disciplinare dell'Igp definisce anche le modalità per l'ottenimento del lievito madre. La coppia ferrarese ha un aspetto molto particolare e per questo molto noto: due pezzi di pasta legati 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.



2.7.3 Grana Padano Dop

Formaggio di latte di vacca, semigrasso, a pasta cotta, a lenta maturazione. Di forma cilindrica a scalzo leggermente convesso o quasi diritto con facce piane leggermente orlate, usato da tavola o da grattugia. La pasta è finemente granulosa, di colore bianco o paglierino. Se tagliato, si divide a scaglie. L'aroma è fragrante e il sapore delicato. Il latte, lasciato riposare e parzialmente scremato per affioramento, viene coagulato con aggiunta di caglio di vitello; la cagliata viene quindi rotta in granuli fini e cotta fino a quando i granuli diventano elastici. Segue



poi l'immissione in stampi per almeno 48 ore e quindi la salamoia. La fase di maturazione naturale in ambienti idonei deve protrarsi per almeno 9 mesi. Il prodotto, in forme di peso da 24 a 40 chilogrammi, è individuato da appositi contrassegni posti sullo scalzo con marchio a fuoco, apposto a conclusione della stagionatura. La zona geografica di produzione comprende il territorio di Piemonte, Lombardia (Mantova a sinistra del fiume Po) e Veneto (ad eccezione della provincia Belluno), le province di Trento, Bologna a destra del fiume Reno, Ferrara, Forlì-Cesena, Piacenza, Ravenna e Rimini.

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

3. Suolo e sottosuolo

3.1 Indicazione dell'uso del suolo

Come è possibile intuire dal seguente stralcio della Carta dell'uso del suolo della Regione Emilia-Romagna, il sito è posto in ambiente rurale, con densità abitativa bassa.

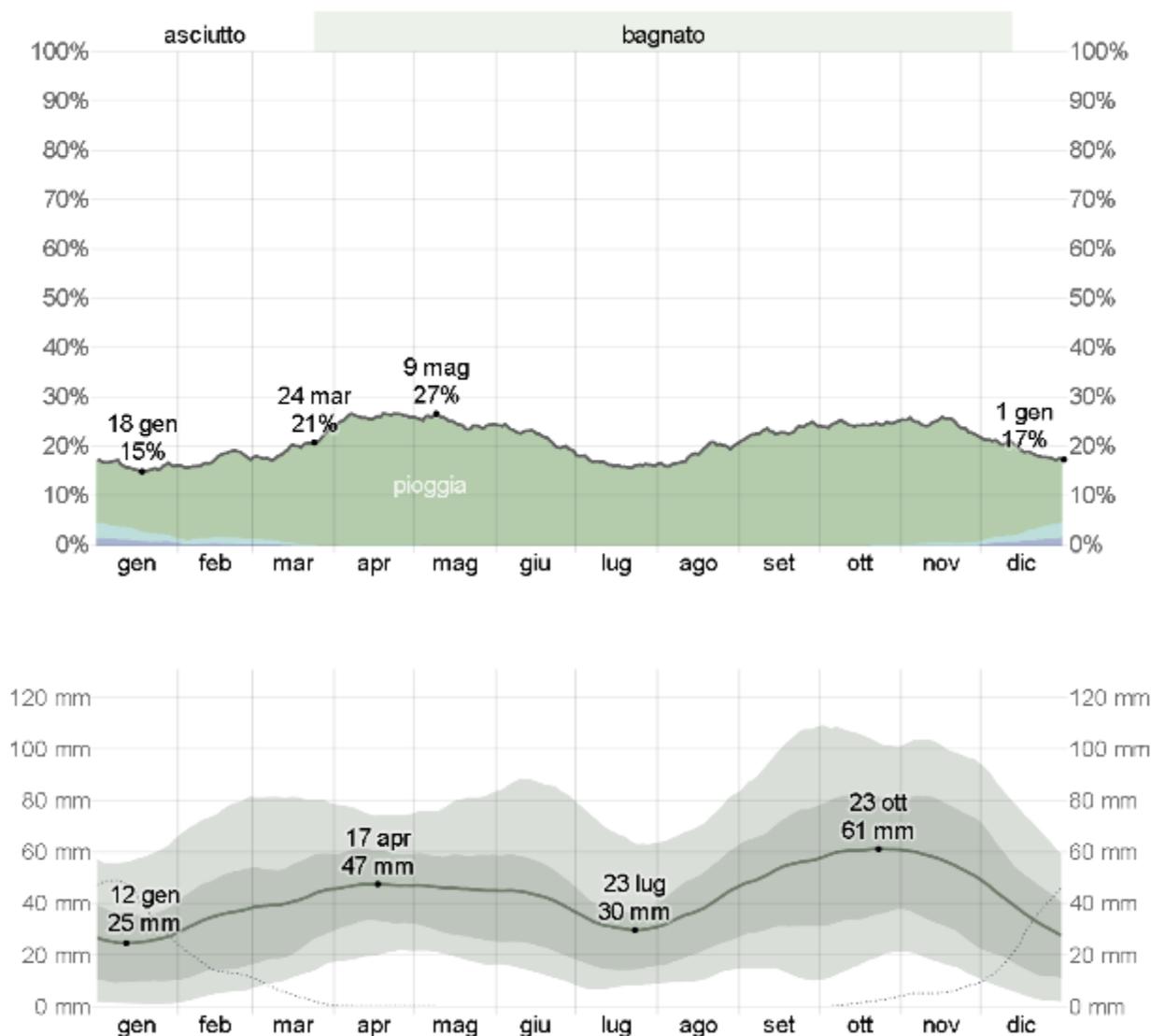


Figura 3.1 – Inquadramento su carta uso suolo 2020 Regione Emilia-Romagna - superficie agricola

3.2 Inquadramento climatico

Per le indagini relative all'inquadramento climatico, non disponendo di informazioni relative ad un territorio più circoscritto ai siti degli impianti agrivoltaici in progetto, sono stati impiegati dati relativi al circondario di Argenta⁴.

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



⁴ Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/69258/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Argenta-Italia-tutto-l'anno#Figures-Summary>

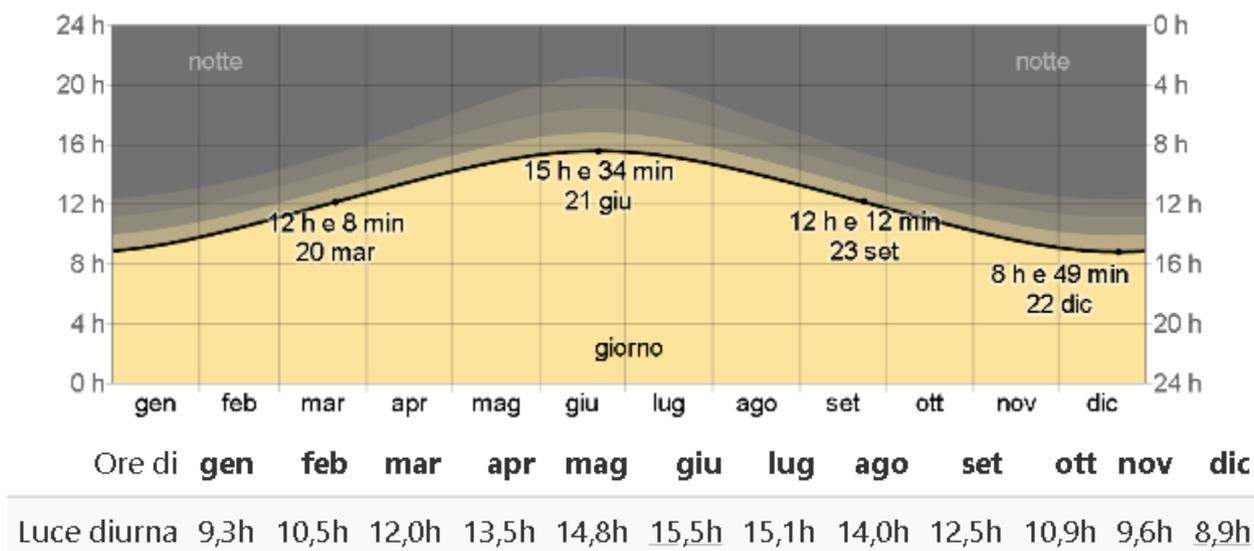


Figura 3.2 - Grafici climatici della zona di Argenta⁵

Note: Il numero di ore in cui il sole è visibile (riga nera). Dal basso (più giallo) all'alto (più grigio), le fasce di colore indicano: piena luce diurna, crepuscolo (civico, nautico e astronomico) e piena notte.

3.3 Inquadramento pedologico

Tutte le informazioni avute sulla pedologia della zona sono state ottenute consultando il Geoportale Regione Emilia Romagna⁶.

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

Nella Carta Geologica 1:250.000 dell'Italia centrale, l'area interessata è classificata con la sigla "Qa6-Conoide alluvionale e depositi terrazzati fluviali".

⁵ Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/69258/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Argenta-Italia-tutto-l'anno#Figures-Summary>

⁶ <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/>

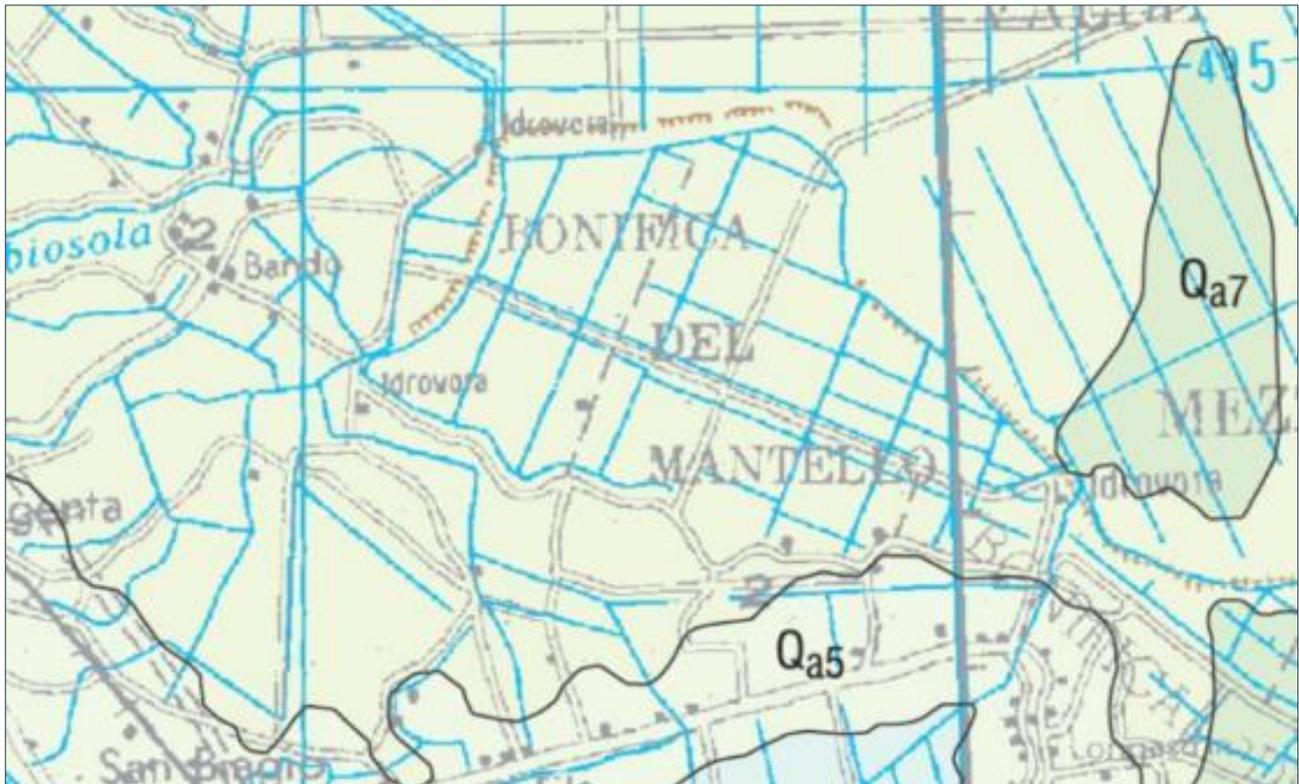


Figura 3.3 - Stralcio della Carta geologica dell'Italia centrale

Per l'area di progetto, si evince quanto segue:

- Le quote del piano di campagna sono variabili, ma frequentemente inferiori ai -1,00 m slm;
- La bonifica, che ha trasformato integralmente il territorio, ha lasciato una superficie omogenea in superficie, con diversificazioni nel sottosuolo;
- I suoli derivano, pertanto, da sedimenti fluviali minerali, intercalati da strati torbosi più o meno profondi. I suoli stessi rientrano nell'Unità 1Ac della carta geologica della Regione Emilia Romagna, caratterizzata da pendenza variabile tra lo 0,01% e lo 0,03%, profondità notevole, tessitura fine in superficie e media in profondità; sono spesso idromorfici con scarsa disponibilità di ossigeno; il pH è variabile, con microaree di salinità presenti.

3.4 Analisi caratteristiche suolo

Per l'analisi delle caratteristiche dei suoli, sono stati estratti dal Geo portale 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 Salinit  del suolo



Figura 3.4 - Inquadramento carta salinit  del suolo 0-50 cm - superficie agricola



Figura 3.5 - Inquadramento carta salinità del suolo 50-100 cm - superficie agricola

Dall'analisi della salinità del suolo si evince che nei terreni in esame potrebbero persistere delle zone con salinità sensibile negli orizzonti sotto i 50 cm. Anche se tale situazione non è probabilmente limitante per la maggior parte delle colture, ciò fornisce un primo elemento di attenzione nella selezione delle specie da seminare.

3.4.2 Sostanza organica



Figura 3.6 - Inquadramento carta sostanza organica - superficie agricola

Dalla figura precedente si osserva che i terreni interessati dall'impianto agrivoltaico presentano un'elevata presenza di sostanza organica, per altro frequente in terre di bonifica più o meno recente, che risulta essere un positivo indicatore di fertilità del terreno.

3.4.3 Tessitura del suolo

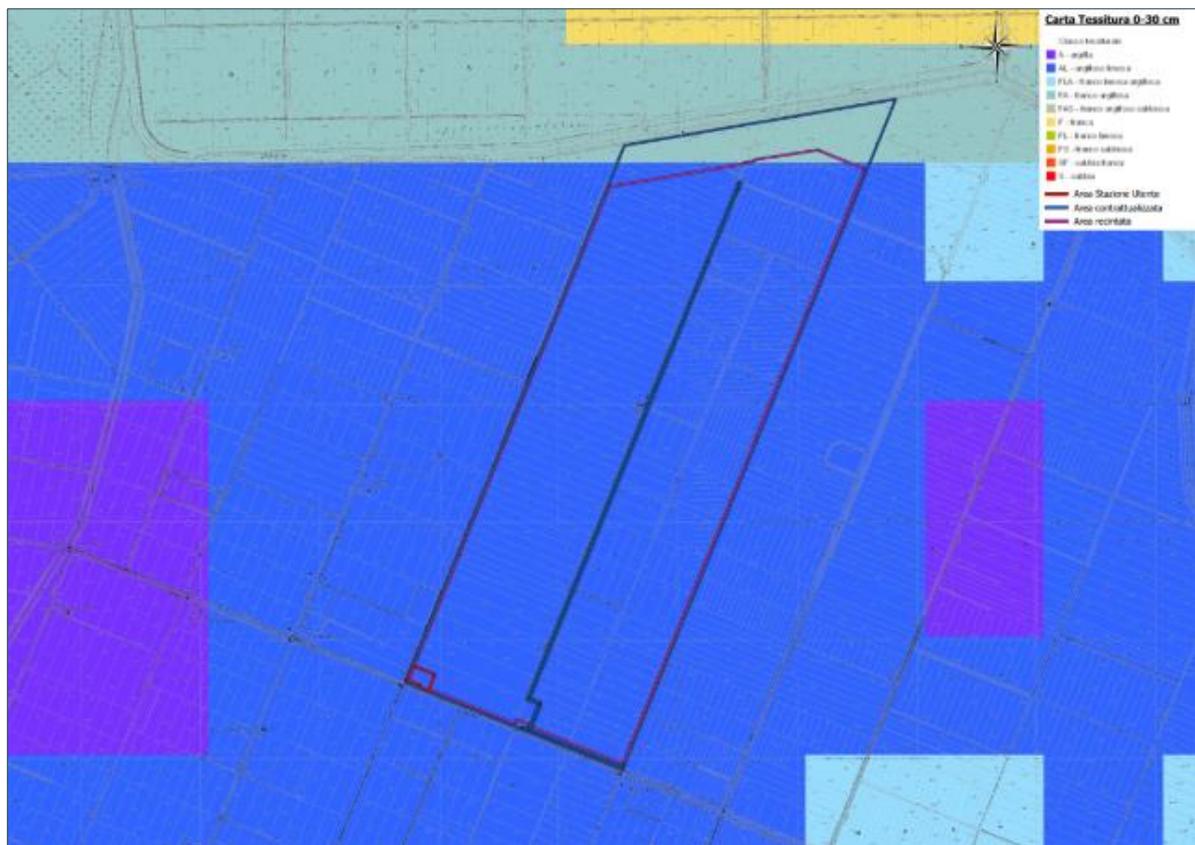


Figura 3.7 - Inquadramento carta Tessitura - superficie agricola

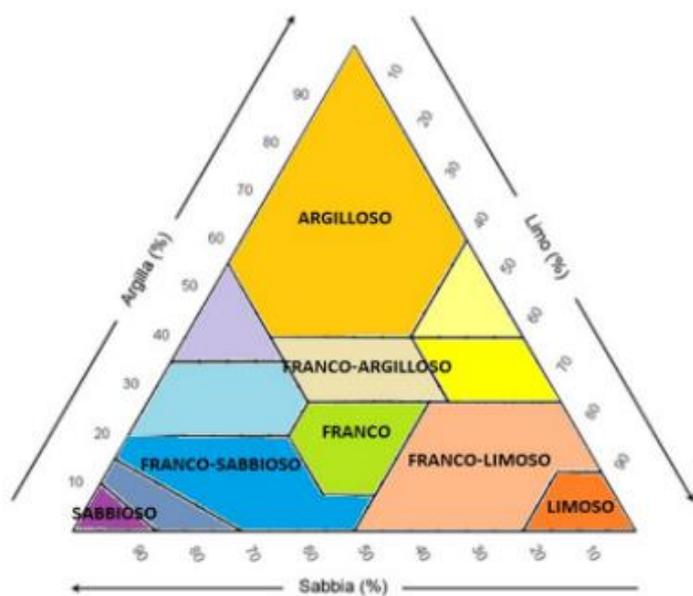


Figura 3.8 - triangolo di tessitura

Dall'inquadramento precedente si evince che l'area interessata dall'impianto agrivoltaico è caratterizzata da una tessitura variabile da argillosa ad argillo-limosa, indicando la presenza di terre 'pesanti', difficili da lavorare (impraticabili con la pioggia ed estremamente tenaci con la siccità). Ciò non toglie che, con le dovute cautele agronomiche e mantenute, come dovrebbero essere, ricche di humus, tali terre siano in grado di dare soddisfazioni all'agricoltore. Sono difatti in grado di garantire una buona ritenzione delle acque meteoriche, aspetto non trascurabile, in tempi di cambiamenti climatici, consentendo la coltivazione di specie a ciclo primaverile-estivo, anche senza il supporto irriguo.

La tessitura dei terreni viene confermata dalle valutazioni litologiche, derivate dalle prove penetrometriche effettuate nel corso delle indagini ingegneristiche preliminari. Di seguito si riassumono i principali risultati:

- Dal punto di vista geologico, le litologie presenti nel territorio in esame sono costituite prevalentemente da terreni argillosi e argillo-limosi caratterizzati da una probabile presenza di sostanza organica/torba fino ad una profondità variabile di -4,00/-7,00 e persino fino a -10,50 m dal p.c. e a seguire la presenza di orizzonti maggiormente limosi e limo-argillosi fino a fine prova e localmente la presenza di litotipi sabbiosi e sabbio-limosi;
- Il livello di falda risulta variabile tra gli 1,50 circa dal p.c. nei periodi maggiormente piovosi ed i 4,00 ml, in periodo estivo.

3.4.4 pH del suolo

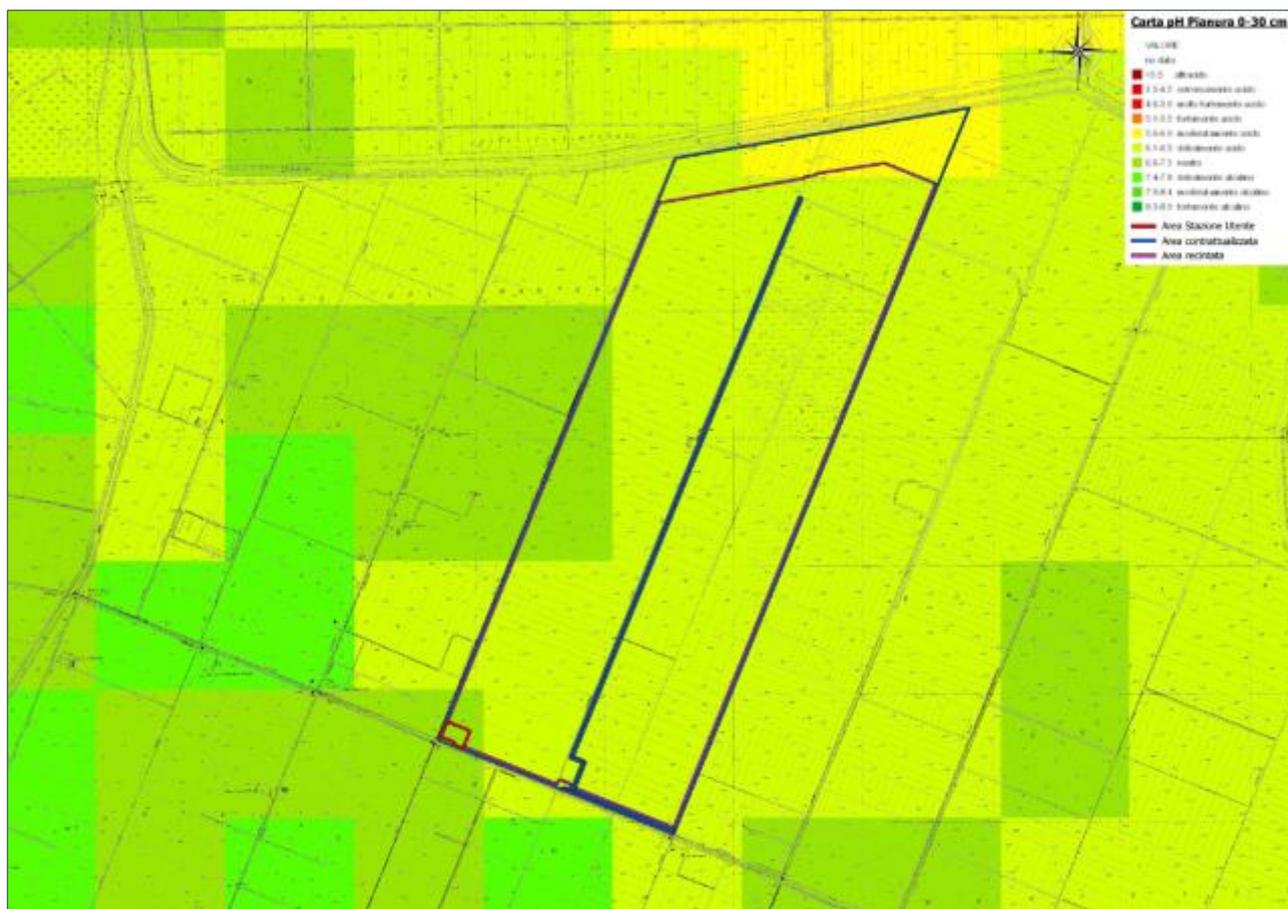


Figura 3.9 - Inquadramento carta pH a 30 cm - superficie agricola

Come evidenziato dalla Figura 3.9, il pH appare compreso entro valori accettabili, prossimi alla neutralità, caratteristiche chimiche adatte alla maggior parte delle colture proponibili.

3.4.5 Capacità di 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.

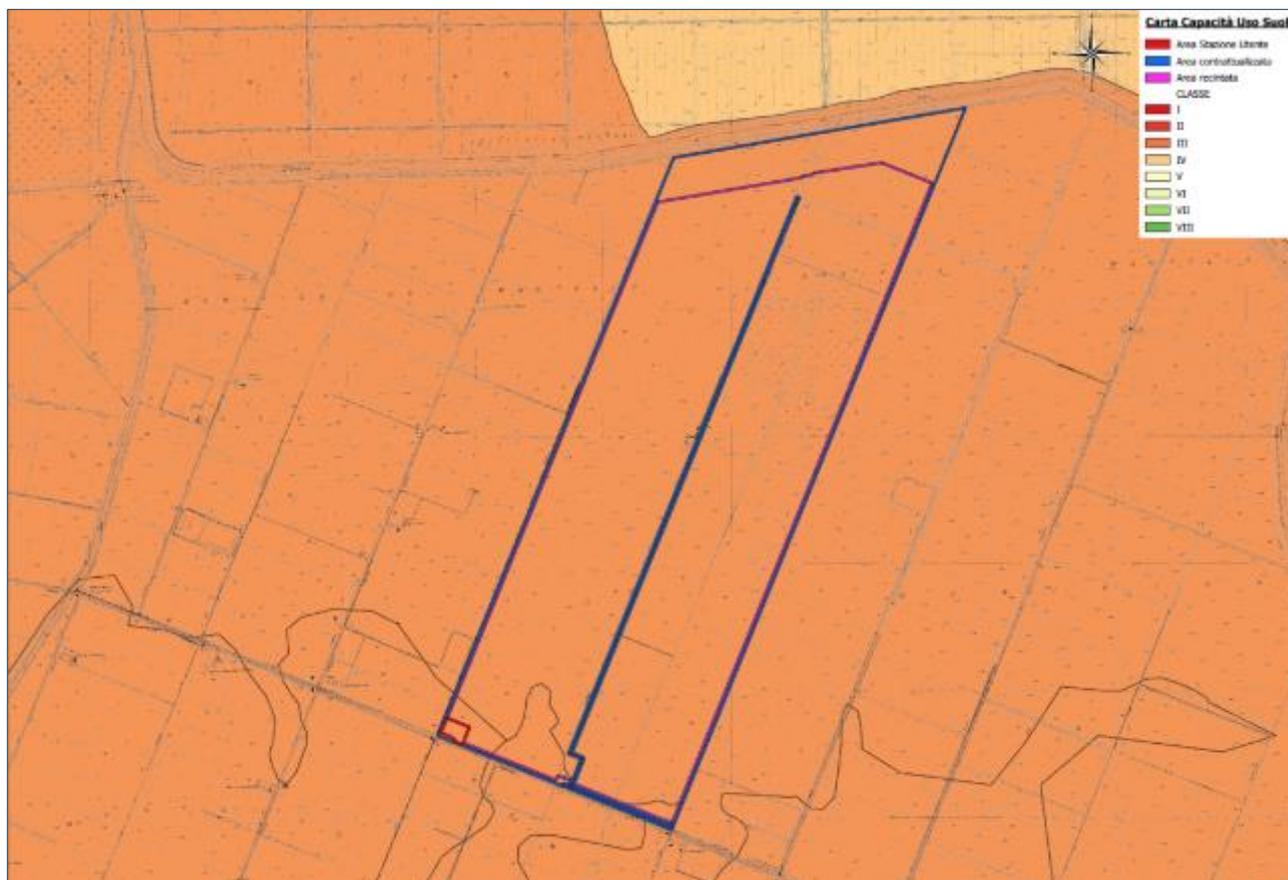


Figura 3.10 - Inquadramento carta capacità di uso del suolo – superficie agricola

Classe	Profondità utile per le radici (cm)	Lavorabilità	Pietrosità superficiale e/o rocciosità	Fertilità	Salinità	Disponibilità di ossigeno	Rischio di inondazione	Pendenza	Rischio di frangibilità	Rischio di erosione	Interferenza climatica
I	>100	facile	<0,1% assente e	buona	<=2 primi 100 cm	buona	nessuno	<10%	assente	assente	nessuna o molto lieve
II	>50	moderata	0,1-3% assente e	parz. buona	2-4 (primi 50 cm) e/o 4-8 (tra 50 e 100 cm)	moderata	raro e/o <=2gg e	<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

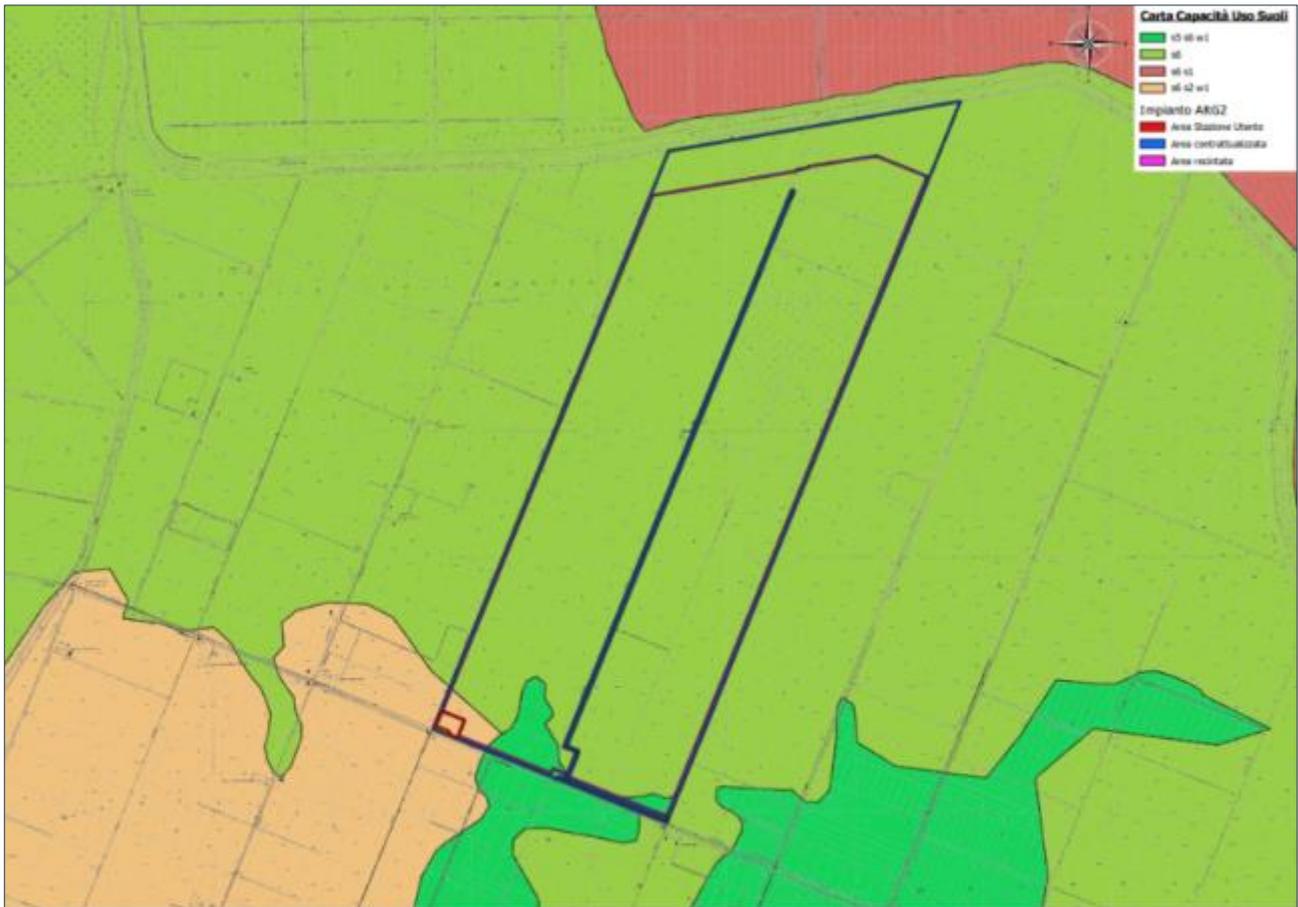


Figura 3.12 - Inquadramento carta capacità di uso del suolo - sottoclassi – superficie agricola

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 III classe, cioè con sensibili limitazioni all'agricoltura ordinaria. La limitazione specifica che caratterizza tutto l'appezzamento è contraddistinta dalla sigla s6 (salinità), a conferma di quanto detto prima.

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

A seguito delle indagini eseguite, sia sulla letteratura e sulle banche dati della regione, sia sui risultati delle prove geognostiche e sui sopralluoghi in sito, è stato possibile inquadrare i suoli in oggetto.

È scritto sopra come i terreni possano definirsi "pesanti", con 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 a massa stessa di ricreare la "struttura" del suolo, come riportato nell'immagine seguente⁷, che schematizza il passaggio, nel terreno agrario, da stato "strutturato" ad "astrutturato", e viceversa.

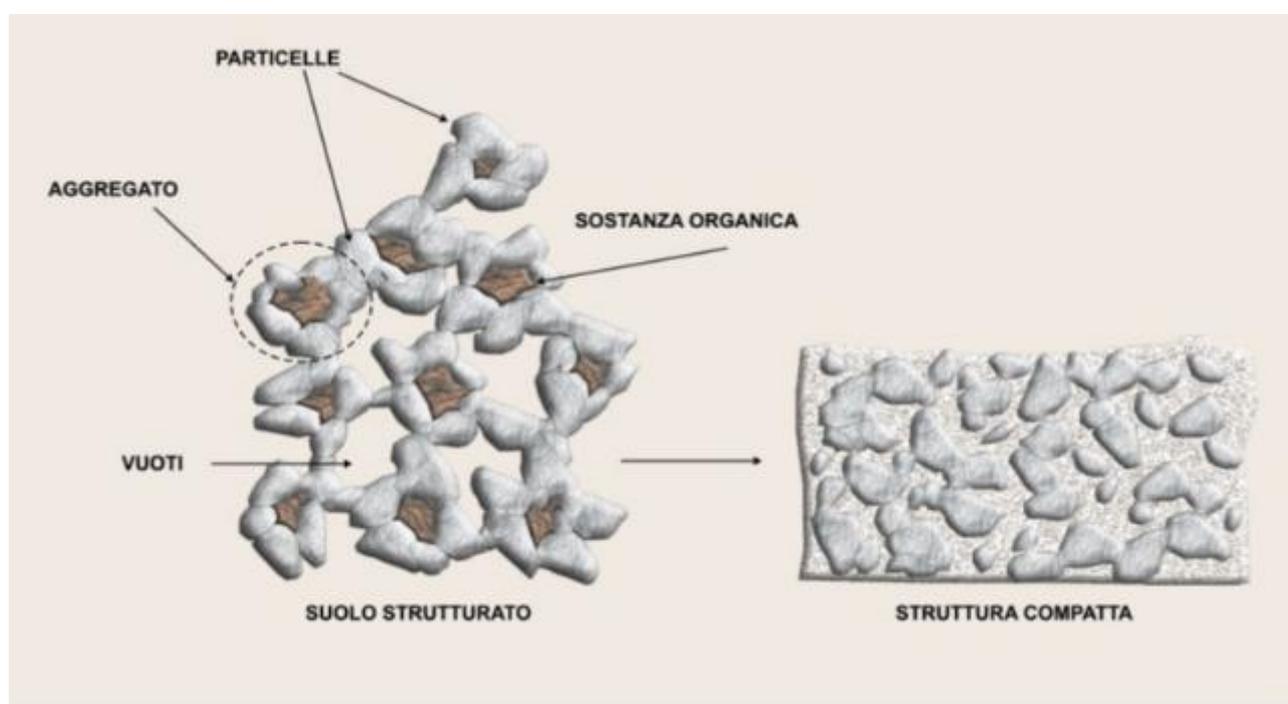


Figura 3.14 - Struttura del terreno

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

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

In terre difficili, quali sono quelle di Argenta 2, con forte componente argillosa e limosa, è necessario, ciclicamente, effettuare lavorazioni più profonde, come l'aratura e/o la discissura, condotte oltre il primo strato superficiale del suolo.

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

L'aratura, peraltro, era stata effettuata, a causa delle particolari condizioni climatiche dell'estate in corso (precipitazioni

⁷ <https://www.isprambiente.gov.it/it>

abbondanti e continue fino al mese di giugno), in condizioni pedologiche non ideali, con suolo bagnato, il che ha creato delle zolle compatte e la cui disgregazione richiederà ripetuti interventi complementari.

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



Figura 3.15- aratura del terreno

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.) potrebbero probabilmente (da verificarsi in fase operativa) essere sufficienti tecniche meno onerose⁸.

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, riprese nel corso del sopralluogo, 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

⁸ R. Guidotti: Lavorazioni del terreno su misura, Il Contoterzista, 2018.

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 di⁹:

- € (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 3.16 - 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 seminatrici particolari¹⁰, che comporta un costo totale di € 160/ha.

⁹ A.P.I.M.A.I. Associazione Provinciale Imprese Meccanico Agricole Industriali di Ravenna, 2022.

¹⁰ <https://www.deere.it/it/seminatrici/1590-seminatrice-su-sodo/>



Figura 3.17 - macchina combinata erpice rotante – rullo frastagliato: visione anteriore e posteriore

3.6 Considerazioni di massima sulla scelta dei cantieri di lavoro e semina

La flessibilità e la capacità di adattare tempestivamente ed opportunamente le tecniche da applicare alla combinazione suolo-clima-esigenze temporali, nonché alle inderogabili soglie di convenienza economica, sono la base dei criteri razionali di gestione agraria.

In quest'ottica, appare consigliabile l'adozione di cantieri 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.

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 e insistenti, nel secondo anno potrebbe esser possibile effettuare con una lavorazione ridotta o una semina diretta su sodo.

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”¹¹.

Si tratta quindi di un sistema di utilizzo dualistico 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.

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: 1) la superficie agricola utile alla coltivazione, 2) la disponibilità di luce diretta per le colture, 3) 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) 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 consentirne 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 rotolito). Questa configurazione è stata scelta poiché rappresenta l’opzione più idonea per promuovere un’agricoltura intensiva nell’area, 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. Ciò 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 strutture

La distanza tra gli assi dei trackers è stata fissata in 12,5 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 7,7 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 oltre 4 metri (ipotesi conservativa

¹¹ 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.

quando i moduli sono disposti parallelamente al suolo), sebbene non rientranti nel calcolo delle superfici agricole ai sensi della definizione fornita dalla norma tecnica CEI PAS 82-93, verranno comunque per buona parte coltivate meccanicamente unitamente alle aree libere interne.

Come indicato dalla figura successiva, quando la struttura si trova inclinata 60°, lo spazio libero tra il modulo e il suolo è di 50 cm. In tali condizioni, l'ordinamento colturale può prevedere colture da seminativi con determinate caratteristiche (piante di altezza di taglia bassa ridotta).

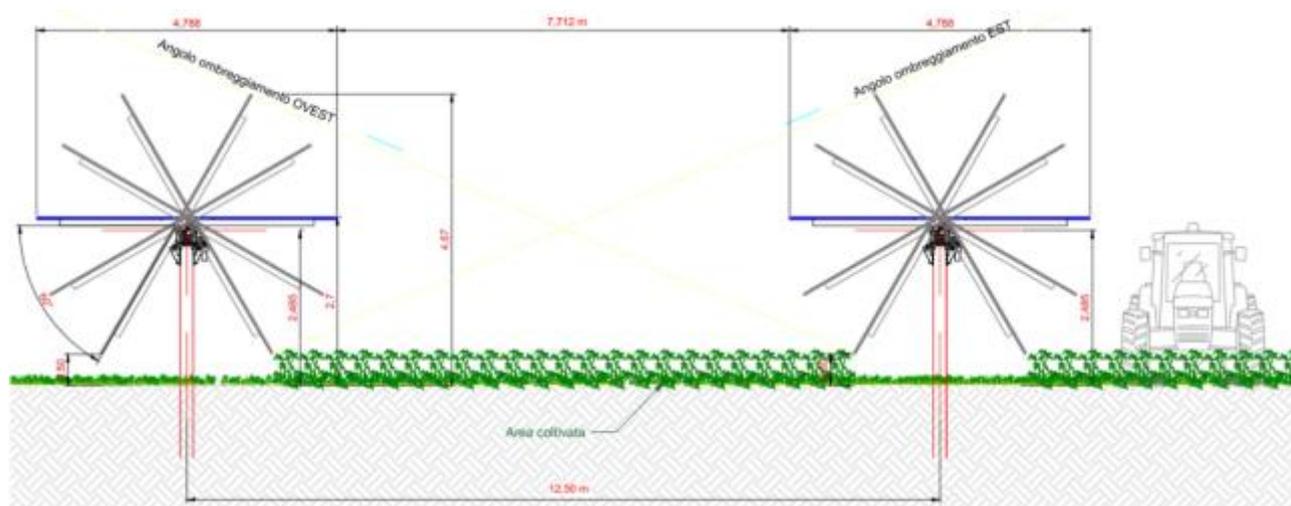


Figura 4.1 – Tipico struttura di sostegno

Con un'interfila così ampia, considerata la latitudine del progetto, si garantiscono diverse ore di irraggiamento diretto. Questo spaziamiento non solo permetterà di ridurre al minimo o annullare le perdite nelle rese produttive delle colture poco esigenti di luce diretta (shade-tolerant¹², 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 30%. Va notato che, considerando l'impianto in oggetto, questo dato è conservativo, poiché una fascia di 12,5 m comporterebbe una riduzione ancora più modesta. 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.

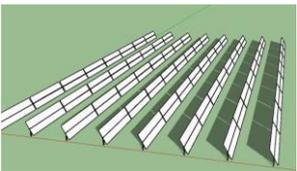
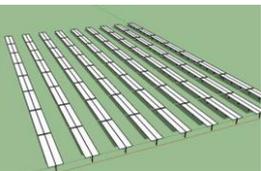
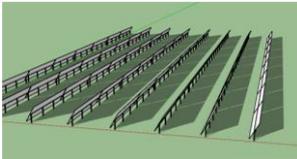
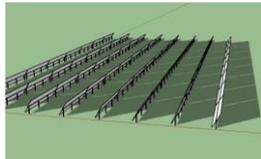
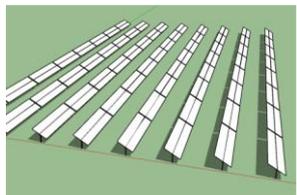
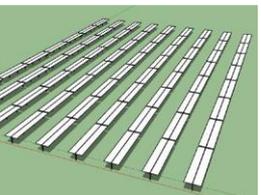
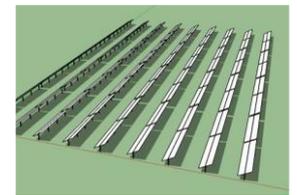
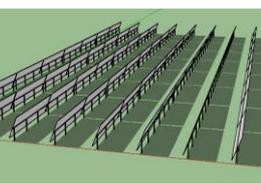
Tabella 4.1 - Riduzione dell'irraggiamento nell'interfila

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

Fonte: Elaborazione dati PVSyst su layout impianto

¹² Le piante dette shade-tolerant, sono le piante che si adattano a condizioni d'ombra mantenendo un'alta efficienza fotosintetica.

Tabella 4.2 - Ricostruzione dell'ombra nelle interfile dell'impianto (Fonte: Elaborazione dati PVSyst su layout impianto)

GENNAIO (massima riduzione irraggiamento: 35%)			
Ore 10	Ore 12	Ore 14	Ore 16
			
LUGLIO (*) (minima riduzione di irraggiamento 30%)			
Ore 10	Ore 12	Ore 14	Ore 16
			
(*) ad Aprile, Maggio, Giugno la situazione è quasi identica			

Gli spazi così ampi di interfila, se unitamente ad altrettanto ampi e adeguati spazi di manovra a bordo campo, non genereranno impedimenti alle normali operazioni meccaniche, necessarie alla coltivazione previste dall'indirizzo colturale selezionato (vedere altri capitoli).

4.1.3 Altre interferenze

Di seguito vengono riportate le principali interferenze dovute all'impianto fotovoltaico 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"¹³, 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 m;
- in merito alla tipologia dell'impianto di irrigazione, ove necessario, si è spinto verso la tecnologia di manichetta e il sistema a sprinkler, 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

¹³ 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.

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 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 fra macchine ed attrezzature con le strutture dell'impianto, mitigabile 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 semiautonoma (sterzata automatica almeno con operatore a bordo) con sistemi RTK (triangolazione delle coordinate da seguire con un punto sul terreno oltre al satellite), sistemi aventi precisione di 2,5 cm sulle traiettorie preimpostate. Tali sistemi sono applicabili tramite dei kit dal costo di circa €10-15.000 su tutti i trattori (verrà valutato se dotare le macchine operatrici di tali sistemi, vista l'ampiezza dell'interfila nel nostro caso 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 quando la loro raccolta avviene ad uno stadio precoce, come foraggio.

4.2 Sinergie

La coesistenza di queste due componenti energetica ed agricola può generare delle forti sinergie sia in termini di produttività agricole (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)¹⁴. 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 fotovoltaici¹⁵;
- alla latitudine del progetto, 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

¹⁴ 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.

¹⁵ 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.

solo un fattore limitante della fotosintesi. In effetti, la riduzione della ventosità ed il parziale ombreggiamento, soprattutto nel periodo estivo, riducono l'evapotraspirazione¹⁶ 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 il quale si affiancano a colture alimentari o pascoli, delle specie arboree per fornire ombra e creare sistemi produttivi sinergici¹⁷. 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 rappresenta 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 eccessi di acqua, allagamenti, 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; tale presenza aumenta inoltre la riflessione della luce (albedo), aspetto rilevante soprattutto nel caso di impiego, come nel nostro caso, 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 dei pannelli con temperature inferiori. Allo stesso tempo alcuni animali da allevamento potrebbero essere una valida soluzione per il controllo delle erbe infestanti sotto pannello. Tali ultime soluzioni non sono state approfondite nel seguente progetto, non essendo considerate nel progetto in esame.

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 sulla stessa area 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 terreno non agricolo. L'impianto in oggetto, prevedendo un'interfila molto ampia (con tracker monoassiale) ed un'estensione dell'area agricola coltivata fino alla massima inclinazione utile possibile 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 sprinkler) e mediante l'uso di agricoltura 4.0 di smart irrigation (irrigo quando serve, quanto serve) 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

¹⁶ Con evapotraspirazione, si intende l'effetto congiunto per il quale l'acqua passa dallo stato liquido a quello di vapore attraverso la traspirazione delle piante e l'evaporazione dal terreno. Con la riduzione dell'evapotraspirazione, si stima che sia possibile un risparmio d'acqua per le coltivazioni irrigate tra il 14% e il 29% a seconda del tipo di coltivazione: in particolare, è stata riscontrata una riduzione del 22% dell'evapotraspirazione in alcuni tipi di lattuga, e tra il 9% e il 14% nei cetrioli, a seconda della densità dei moduli e una riduzione del 63% dello stress idrico per gli alberi di mele, posti al di sotto di moduli dotati di tracking. Il risparmio idrico è particolarmente importante nel caso di climi aridi o durante annate particolarmente calde e secche: è stato dimostrato infatti un aumento della resa nella coltivazione di patate, grano invernale (winter wheat) e sedano rapa, grazie proprio alla protezione fornita dai moduli [S. Schindele, M. Trommsdorff, A. Schlaak, T. Oberfell, 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.].

¹⁷ AIAF, «Agroforestazione,» 2014. [Online]. Available: <http://www.agroforestry.it>.

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 dove 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 ed a ridurre l'inquinamento.

5. Definizione del piano colturale nelle varie aree di intervento

5.1 La situazione agricola ex ante dell'area di progetto

L'intervento dell'impianto interesserà una superficie complessiva contrattualizzata di circa 265,6 ha nell'area di progetto identificata ai paragrafi 2.2, situate nei Comuni di Argenta, Comacchio e Portomaggiore (FE).

Al fine di definire il piano colturale più consono al territorio in esame, è stata effettuata un'analisi delle colture che tradizionalmente vengono praticate in Provincia di Ferrara, per poi approfondire l'analisi delle colture praticate (ante progetto) nei siti di interesse e quelle che meglio si potrebbero adattare alle condizioni pedoclimatiche.

Da quanto riportato nell'inquadramento agricolo dell'area, riportato nel capitolo 2, emerge come l'agricoltura nella provincia di Ferrara sia costituita essenzialmente (94% della SAU) da seminativi. Peraltro, dall'analisi pedologica del sito riportata nel capitolo 3, è emerso come esso sia poco adottato ad altre tipologie di colture di pregio (es. vigneti, frutteti, etc.)

Focalizzando pertanto l'analisi ai soli seminativi, le colture prevalenti sono il frumento tenero, frumento duro, mais (coltivato in mono successione o in rotazione) soia, le foraggere avvicendate come erbai annuali e prati di erba medica della durata di 3-4 anni e le colture orticole, in particolare pisello da industria, carote e pomodoro da industria.

Tabella 5.1 – Superfici e produzione delle colture a seminativo nella provincia di Ferrara

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
Erba medica	16.933	6.976.396	17.450	5.147.750
Pisello in piena area	2.664	127.872		
Pomodoro da trasformazione in piena area	7.265	4.882.080	8.100	4.860.000

Fonte: elaborazione dati ISTAT 2022-2023

Per scendere al livello aziendale, la tabella 5.2 riporta la tipologia di colture, le relative superfici e rese medie per ettaro nell'anno 2022 delle colture seminate nel fondo in tale annata. Dalla tabella si evince l'indirizzo produttivo aziendale misto, composto da seminativi a cereali, colture ortive (pomodoro e ortive da seme). Le ortive necessitano obbligatoriamente di irrigazione, mentre i cereali (grano) vengono coltivati in asciutta. Nonostante la natura del suolo, ad elevato tenore di limo e argilla, le rese delle colture di pregio, quali le ortive, sono nella media.

Tabella 5.2 - colture coltivate nell'ultimo anno (2022)

ARGENTA 2				
Anno 2022				
Coltura	frumento tenero	pomodoro tondo da industria	ravanello da seme	pisello da seme
Rese (q.li/ha)	70	750	15	30



Figura 5.1 – foto del sito di impianto

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

5.2.1 Il sistema agrivoltaico: configurazione spaziale, scelte tecnologiche

La definizione della soluzione impiantistica del progetto è stata guidata dalla volontà della Società Orosolare S.r.l. di perseguire i principi di tutela, salvaguardia e valorizzazione del contesto agricolo nel quale si inserisce l'impianto stesso. Dopo un'attenta e approfondita valutazione, come è già stato detto in precedenza, si è scelto di adottare la soluzione impiantistica con tracker monoassiale, disponendo 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 disponibilità del proponente esterne all'area in cui insiste l'impianto 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 adottata¹⁸, 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.01 "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 (intera asse di 12,5 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti, 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 7,7 m, tale quindi da consentire il passaggio dei mezzi agricoli.

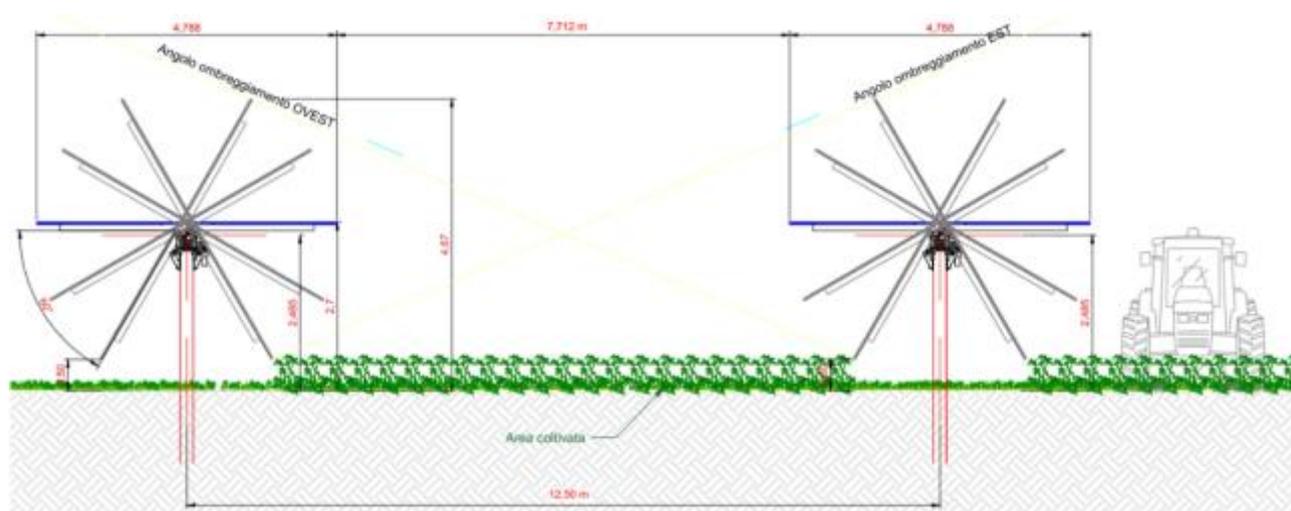


Figura 5.2 - rappresentazione grafica di quella che progettualmente sarà la disposizione dell'impianto precedentemente descritta

L'area totale sede dell'impianto consta di 265,6 ha di superficie totale, mentre l'area effettivamente coperta dai moduli (nel caso questi siano orientati parallelamente al suolo) è pari circa a 72,6 ha, quindi circa il 27,4% 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 2,4 ha (circa l'1% 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, esterna alla recinzione, prevedendo una occupazione di circa 2,1 ha (circa l'1% della superficie

¹⁸ Dati forniti dai progettisti

contrattualizzata).

La superficie agricola ai sensi della norma CEI PAS 82-93 è pari a 185,6 ha (circa il 70 % della superficie totale).

L'area sottostante i pannelli fotovoltaici consta di una larghezza di oltre 4 metri (quando il loro orientamento è parallelo al suolo); sebbene tale area non rientri nel calcolo della superficie agricola ai sensi della norma tecnica CEI PAS 82-93, l'area stessa verrà comunque, in buona parte, coltivata unitamente alle fasce agricole interne.

Tabella 5.3 - Dettaglio delle superfici agricole dell'impianto con interfila di 7,7 m (con moduli orizzontali, ai sensi della norma tecnica CEI PAS 82-93)¹⁹

ARGENTA 2	
Dettaglio superfici	Totale
Superficie contrattualizzata [mq]	2.656.328
Superficie recintata [mq]	2.436.866
Superficie non utilizzata per attività agricola (moduli in orizz. + PS + vasche di laminazione + strade + altre) [mq]	790.091
Superfici tare (interna recinzione) [mq]	9.330
Superficie agricola [mq]	1.856.907
Superficie agricola interna recinzione (esclusa fascia di mitigazione) [mq]	1.637.445
Fascia di mitigazione [mq]	21.088
Superficie agricola esterna alla recinzione (esclusa fascia di mitigazione) [mq]	198.374

In effetti la superficie interfilare che verrà coltivata è ben superiore a quella di 185,6 ha, in quanto si andrà a coltivare l'area indicativamente fino al punto in cui i moduli raggiungono l'inclinazione di $\pm 51^\circ$.

La Superficie Agricola Utilizzabile, avrà così un interfila coltivabile massima di 9-10 m, in funzione della tipologia di colture, della loro altezza e della relativa meccanizzazione; si è ritenuto di prendere come riferimento una larghezza dell'interfila di circa 9,5 m, per una superficie coltivabile di circa ed è quantificabile in circa 212,6 ha totali.

L'area sotto i moduli nella posizione di inclinazione a $\pm 51^\circ$ (altezza da terra del bordo inferiore di 0,7 m) ha una larghezza di 3 m (1,50 m per ogni lato dell'interfila a partire dal palo di sostentamento dei moduli); la stessa verrà quindi seminata e diserbata in continuità con la coltura, fino a dove è possibile evitare il rischio di interferenza con il palo di sostentamento del modulo (o con il modulo stesso). Quest'area non verrà raccolta (il passaggio delle macchine di raccolta diventa impossibile e/o troppo rischioso), né vi verrà effettuato alcun altro tipo di operazione colturale (fertilizzazione, trattamenti antiparassitari, etc.), se non ulteriori operazioni di diserbo meccanico.

Infine, l'area coltivabile nella superficie di disponibilità del proponente esterna all'area di impianto, quindi non coperta o ombreggiata dai moduli, è di circa 19,8 ha.

¹⁹ Dati forniti dalla committenza



Figura 5.3 - aree di coltivazione esterne

Tabella 5.4 - Dettaglio delle superfici agricole dell'impianto con interfila di 9,5 m (con moduli con inclinazione a $\pm 51^\circ$)

ARGENTA 2	
Dettaglio superfici	Totale
Superficie contrattualizzata [mq]	2.656.328
Superficie recintata [mq]	2.436.866
Superficie non utilizzata per attività agricola (moduli in orizz. + PS + vasche di laminazione + strade + altre) [mq]	520.679
Superfici tare (interna recinzione) [mq]	9.330
Superficie agricola [mq]	2.126.319
Superficie agricola interna recinzione (esclusa fascia di mitigazione) [mq]	1.906.857
Fascia di mitigazione [mq]	21.088
Superficie agricola esterna recinzione (esclusa fascia di mitigazione) [mq]	198.374

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

- superficie interfilare;
- superficie nella disponibilità del proponente, esterna all'area su cui insiste l'impianto;
- fascia di mitigazione perimetrale.

Ciò posto si è proceduto all'individuazione delle colture più idonee ad essere coltivate nelle tipologie di superfici agricole

individuate.

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.

Viene ribadito che quello che verrà praticato sarà il classico indirizzo produttivo dell'area, in continuità con l'ordinamento colturale storicamente preesistente (ante progetto).

Non viene pertanto individuata una singola coltura permanente (fatto salvo per le fasce di mitigazione) o da coltivare in mono successione per un certo numero di anni (pratica che non sarebbe agronomicamente corretta), bensì una rotazione di colture scelte fra cereali (frumento, sorgo, ecc.), foraggere (erbai, erba medica, ecc.), proteiche (pisello, favino, cece, ecc.) ed ortive (pomodoro ed altre orticole da industria, ecc.). 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, nonché (quest'ultimo fattore è particolarmente importante in condizioni agricole di cui si ha poca evidenza storica quali quelle agrivoltaiche) del livello di integrabilità con la produzione fotovoltaica, ecc. In futuro, qualora se ne presentasse l'opportunità, compatibilmente con quanto previsto dalle Linee Guida Ministeriali in termini di PLS, potrà essere valutata anche l'introduzione di produzioni diverse, ma al momento quello descritto è l'indirizzo agricolo previsto.

5.2.2 La scelta dell'indirizzo colturale

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 materia è, ovviamente, ancora molto allo stato embrionale, ma ormai esiste una letteratura abbastanza nutrita in tale campo. La maggior parte degli autori fa rilevare un calo generale di produzione, con diverse specie, in coltura parzialmente ombreggiata dai pannelli. Di contro, altri (tra cui Weselek ed al.²⁰), hanno riscontrato produzioni 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.²¹, 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 sono trascurabili.

Posto che da studi condotti *ad hoc* nella progettazione dell'impianto (veder paragrafo 4.1), l'ombreggiamento alle colture interfilari generato dall'impianto dovrebbe essere vicino al valore di soglia riportato "di trascurabile influenza" per alcune colture dell'ombreggiamento (riduzione dell'irraggiamento nell'interfila di circa il 30%), nelle stime di resa unitarie della presente relazione, per l'indirizzo produttivo prescelto è stato ritenuto di non applicare riduzioni produttività per ettaro rispetto alla situazione precedente.

Infine, di fondamentale importanza per la scelta dell'indirizzo colturale, è stato il mantenimento di quello storicamente condotto nell'area, nel rispetto del 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).

5.2.2.1 Colture consigliate

Riducendo l'analisi ai soli seminativi, nel paragrafo precedente abbiamo visto come le colture prevalenti della zona e praticate dall'azienda agricola sul sito dell'impianto, sono i cereali autunno-vernini (con netta predominanza del grano tenero), le colture foraggere avvicendate (erbai annuali e prati di erba medica della durata di 3 anni), leguminose (pisello, soia, etc.), le oleaginose (colza e girasole, etc.), e le ortive (pomodoro, ravanello, etc.).

²⁰ A. Weselek, A. Bauerle, J. Hartung, S. Zikeli, I. Lewandowski, P. Högy "Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate", *Agronomy for Sustainable Development* (2021).

²¹ S. Touil, A. Richa, M. Fizir, B. Bingwa: Shading effect of photovoltaic panels on horticulture crops production: a mini review *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* volume 20, pages281–296 (2021).

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 9,5 ml circa, una dimensione studiata appositamente sia per limitare (o, come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, quasi ad annullare) le interferenze produttive derivanti dall'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 5.2.4 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 con inclinazione $\pm 51^\circ$ il modulo arriva ad un'altezza di 0,7 metri dal suolo), 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**, tutte le colture individuate sono contraddistinte dalle seguenti caratteristiche:

- 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; molto usata come riferimento è la Borsa Merci della Camera di Commercio di Bologna, oppure stabiliti in contratti di coltivazione dall'industria prima di inizio campagna;
- 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 legati a criticità di politica internazionale.

La superficie realmente coltivabile, oggetto del sistema agrivoltaico²², è di circa 212,6 ettari, dei quali circa 210 ha a seminativo (19,8 ha di superficie nella disponibilità del proponente, esterna all'area su cui insiste l'impianto e 190,7 ha all'interno della recinzione dell'impianto agrivoltaico) e 2,1 ha adibiti a fascia di mitigazione. Le rese, le tariffe ed i costi delle colture individuate nel presente lavoro sono da considerarsi parametri specifici dell'area.

Ciò posto, di seguito si riporta una selezione, non esaustiva (vi possono essere altri cereali, leguminose o altre produzioni che potrebbero essere interessanti e in futuro fare parte della rotazione), delle colture degne di maggior attenzione.

²² Le superfici totali ed agrarie utilizzabili, come le altre misurazioni, inerenti agli elementi dell'impianto fotovoltaico, sono state comunicate dalla Committenza ed applicate tal quali.

Tabella 5.5 - Tabella sinottica delle colture proponibili

Colture	Aspetti positivi	Aspetti negativi
Fumento	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • presenza di varietà a taglia contenuta; • concentrazione delle operazioni colturali in autunno ed inizio estate (nell'ipotesi di lavorazioni ridotte); • copertura estiva delle superfici, trinciando la paglia con la mietitrebbia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coltura sfruttante per il terreno; • necessità di effettuare rotazioni colturali; • moderato rischio di incendio a maturazione.
Erbaio invernale	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • concentrazione delle operazioni colturali in autunno e primavera; • coltura miglioratrice per il terreno; • possibilità di vendita del prodotto in campo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Assenza di copertura vegetale in estate; • bassa redditività. • moderato rischio di incendio dei balloni sul campo.
Prato triennale di erba medica	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • buona presenza di copertura vegetale in estate con fioritura mellifera; • durata poliennale; • coltura miglioratrice per il terreno; • possibilità di vendita del prodotto in campo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevato costo impianto, però ammortizzabile in tre anni; • ripetute operazioni di raccolta in estate; • necessità di effettuare rotazioni colturali lunghe; • Necessità di effettuare l'aratura, costosa e produttrice di polvere.
Girasole	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • operazioni eseguite in primavera – inizio estate; • ottima copertura vegetale in estate (mellifera); • coltura miglioratrice per il terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Taglia superiore ai 160-200 cm; • rese poco costanti; • necessità di rotazioni colturali lunghe.
Colza	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • concentrazione delle operazioni colturali in autunno ed inizio estate; • coltura mellifera; • copertura vegetale delle superfici, trinciando gli steli con la trebbia; • coltura miglioratrice per il terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Taglia spesso superiore ai 120 cm; • rese poco costanti; • necessità di rotazioni colturali lunghe.
Pisello proteico	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • concentrazione delle operazioni colturali in autunno ed inizio estate; • copertura vegetale estiva delle superfici, trinciando gli steli con la mietitrebbia; • coltura miglioratrice per il terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibili oscillazioni delle rese negli anni; • incostanza del prezzo; • necessità di effettuare rotazioni colturali lunghe.
Soia	<ul style="list-style-type: none"> • Facile commercializzazione del prodotto; • concentrazione delle operazioni colturali ad inizio estate; • copertura vegetale estiva delle superfici; • coltura miglioratrice per il terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dipendenza dalle precipitazioni estive; • taglia superiore ai 100 cm; • necessità di effettuare rotazioni colturali lunghe; • incostanza del prezzo.
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.

Spinacio e bietole da industria	<ul style="list-style-type: none"> • Coltura da reddito; • coltura a taglia molto bassa; • contratto di coltivazione che assicura il ritiro del prodotto e l'assistenza tecnica; • vendita all'industria in campo, con raccolta e trasporto a carico dell'acquirente; • miglioratrice del terreno; • ciclo molto breve, con possibilità di effettuare altre coltivazioni nello stesso anno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede investimenti sensibili, anche se, molto inferiori al pomodoro; • necessità di ridotti interventi irrigui; • non va effettuata in rotazione breve (almeno 3 anni tra lo spinacio ed altre orticole); • meccanizzazione della raccolta che potrebbe comportare un meno efficiente sfruttamento dell'interfila.
Pomodoro da industria	<ul style="list-style-type: none"> • Coltura da reddito; • facile commercializzazione, perché sotto contratto con l'industria; • meccanizzazione di gran parte delle operazioni; • presenza di ditte di contoterzisti con parco macchine adeguato; • coltura miglioratrice. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coltura shade intolerant con performance in ambiente agrivoltaico da verificare; • costi colturali elevati; • richiede rotazione lunga, per prevenire fitopatie; • necessità di irrigazione; • gestione della coltura attenta e continua; • possibili esigenze di interventi per controllo delle infestanti; • meccanizzazione della raccolta che potrebbe comportare un meno efficiente sfruttamento dell'interfila.

In ogni ipotesi di avvicendamento, appare insostituibile il frumento (tenero e duro), asse portante di tutte le rotazioni in Italia settentrionale; essendo tuttavia una coltura depauperante per il terreno, richiede un avvicendamento con colture miglioratrici, quali pisello, erbaio invernale, erba medica, colza, etc.

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 lo 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 logistico 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; pertanto, dopo il grano è necessario seminare una coltura da rinnovo.

Appare al momento consigliabile scartare a priori come coltura da rinnovo il girasole che, per motivi di taglia (alcune varietà arrivano a 2 ml di altezza), potrebbe leggermente ombreggiare i pannelli.

Gli altri rinnovi potrebbero essere scelti tra l'erbaio da fieno, con buona presenza di leguminose ed il pisello proteico, che arricchisce il terreno.

Colza e soia sono, più o meno, presenti nell'agricoltura ferrarese, ma la loro praticabilità in agrivoltaico è forse meno scontata.

Il sorgo all'interno dell'avvicendamento funge da rinnovo (migliora la struttura del suolo) a favore della coltura che lo segue. Presenta caratteristiche interessanti, ha un'ottima resistenza agli stress idrici rispetto ad esempio al mais, costi produttivi più ridotti (no irrigazione, -50% di azoto, no trattamenti insetticidi), e ha una maggiore adattabilità a differenti ambienti pedoclimatici. Ibridi da granella a taglia bassa hanno in generale un'altezza che al nord Italia si aggira intorno a 1 m, tale "canopy" risulta essere compatibile con il sistema agrivoltaico. Il sorgo è stato preferito ad altre graminacee anche per un più elevato valore di PLS, rispetto a queste ultime.

Il prato di erba medica, come detto in precedenza, ha la durata di tre-cinque anni e richiede da tre a sei sfalci primaverili estivi, ognuno con ripetuti passaggi di macchine (per ogni sfalcio sono necessari falciatura, ranghinate, pressatura ed imballatura, trasporto del foraggio pressato, 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 tre/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); inoltre da sottolineare, 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, essendo presenti in zona alcuni dei principali trasformatori (mediante disidratazione) dell'erba medica, può venire considerata l'ipotesi di vendita sul campo del prodotto erbaceo, che in un colpo solo taglierebbe i costi ed i tempi della raccolta del fieno.

In parte dell'azienda sono state praticate, negli anni passati, delle colture orticole da rinnovo di pieno campo (pomodoro, da industria) e da seme (pisello e ravanello).

Il prospetto colturale prevede l'inserimento della sperimentazione iniziale della coltivazione del pomodoro sotto pannello che, qualora evidenziasse esiti positivi, potrà essere prevista su una superficie più estesa. Desti qualche incertezza la buona riuscita della produzione dovuta alla diminuzione della luminosità e dell'arieggiamento della coltura per la presenza dei pannelli fotovoltaici, e quindi ipotetiche problematiche fitosanitarie (malattie funginee, parassiti e fisiopatie). Soluzione alternativa per le orticole in campo è l'inserimento di colture maggiormente shade-tollerant, quali ortive a foglia come spinacio e barbabietola. La pratica di queste due colture nell'avvicendamento è già adottata ampiamente nella zona del ferrarese e ci sono studi che fanno pensare la buona riuscita della coltivazione in un sistema agrivoltaico. Si fa presente altresì che sono in atto sperimentazioni da parte di un'importante industria del settore presente nell'area (Orogel) di coltivazione dello spinacio ed altre orticole industriali in sistemi agrivoltaici. In caso di esito positivo (come dovrebbe essere, viste la grande tolleranza di alcune orticole da foglia all'ombreggiamento) si potrebbe beneficiare di tale esperienza fatta dall'industria e prevedere da subito una parziale o totale sostituzione del pomodoro negli interfilari con tale coltura. La commercializzazione potrà avvenire tramite contratti di coltivazione con l'industria stessa, al pari di quanto già avviene con il pomodoro.

Indirizzi produttivi (scenari)

Alla luce di quanto esposto si propongono due scenari di indirizzo produttivo (scenari 2 e 3), che presentano delle varianti a quello preesistente (ante progetto) e indicato come scenario 1. Tali variazioni sono finalizzate alla rimozione delle possibili criticità delle colture orticole in esso contenute (attraverso la sostituzione di alcune orticole con altre). Infine, è stato proposto un quarto scenario (scenario 4), tipico dell'area, costituito da colture in asciutta quali ad esempio frumento ed erba medica (con un minor valore in termini di PLS rispetto alle orticole più redditizie ma a maggior rischio).

Le superfici agricole interessate sono (i) l'area interfilare e (ii) la superficie nella disponibilità del proponente, esterna all'area su cui insiste l'impianto. Resta esclusa quindi la fascia di mitigazione pari a 2,1 ha, che sarà gestita con un impianto di alberi da frutto ed arbusti.

Si fa presente altresì che gli scenari ipotizzati fanno riferimento alla superficie agricola calcolata secondo le linee guida ministeriali (con interfila di 7,7 m e superficie pari a 185,6 ha - 2,1 ha fasce di mitigazione = superficie a seminativi 183,5 ha), ciò al fine di agevolare il calcolo della PLS riportata nei capitoli successivi.

La superficie agricola effettivamente utilizzata risulta essere superiore (interfila 9,5 m, superficie agricola totale di circa 212 ha).

Tabella 5.6 - Scenario 1 – area interfilare e fasce di rispetto con colture benchmark - come da ordinamento colturale ante progetto (scenario indicato perché relativo alla situazione anteprogetto, ma sconsigliato per l'elevato rischio economico)

Colture	Superficie (ha)			Raccolta
	Area interfilare	Area fasce di rispetto	Totale	Epoca
Grano tenero	40,93	4,95	45,88	IIa metà di giugno - luglio
Ravanello da seme	40,93	4,95	45,88	giugno
Pisello da seme	40,93	4,95	45,88	maggio - giugno
Pomodoro da industria	40,93	4,95	45,88	agosto - settembre
Totale	163,72	19,80	183,52	

Tabella 5.7 - Scenario 2 – area interfilare e fasce di rispetto con colture benchmark - ordinamento colturale diversificato con nuove colture (pisello proteico)

Colture	Superficie (ha)			Raccolta
	Area interfilare	Area fasce di rispetto	Totale	Epoca
Grano duro	85,14	6,61	91,75	giugno - luglio
Grano tenero	0	0	0	IIa metà di giugno - luglio
Pomodoro da industria	39,26	6,61	45,88	agosto - settembre
Spinacio da industria	0	0	0	giugno - settembre
Ravanello da seme	0	0	0	giugno
Pisello da seme	0	0	0	agosto - settembre
Pisello proteico	39,26	6,61	45,88	giugno
Totale	163,66	19,84	183,50	

Tabella 5.8 – Scenario 3 – area interfilare e fasce di rispetto con colture benchmark - ordinamento colturale diversificato con nuove colture orticole (pisello proteico e spinacio)

Colture	Superficie (ha)			Raccolta
	Area interfilare	Area fasce di rispetto	Totale	Epoca
Grano duro	85,14	6,61	91,75	giugno - luglio
Grano tenero	0	0	0	IIa metà di giugno - luglio
Pomodoro da industria	0	0	0	agosto - settembre
Spinacio da industria	39,26	6,61	45,875	giugno - settembre
Ravanello da seme	0	0	0	giugno - settembre
Pisello da seme	0	0	0	maggio - giugno
Pisello proteico	39,26	6,61	45,88	aprile - maggio
Totale	163,66	19,84	183,50	

I tre scenari produttivi prevedono l'avvicendamento di colture seminative e ortive, infatti nelle rotazioni scelte sono presenti ortaggi quali pomodoro, ravanello da seme, pisello proteico e spinacio, in concomitanza di cereali (grano). La scelta di queste colture implica necessariamente l'impiego di sistemi di irrigazione (di "sustainable smart irrigation") compatibili con il sistema agrivoltaico (sprinkler bassi o manichetta).

- Nello scenario 1, come anticipato in precedenza, è stato mantenuto lo stesso ordinamento colturale ante progetto; infatti, la rotazione prevede le colture utilizzate preesistenti, cambiando solo il rapporto tra le superfici, al fine di attenersi alle linee guida nazionali inerenti al mantenimento del PLS; le colture da seme ed il pomodoro, inoltre, non devono succedersi tra loro prima di tre-quattro anni, data la loro sensibilità ai parassiti;
- Lo scenario 2 prevede il mantenimento del pomodoro, la sostituzione del grano tenero col duro, più redditizio (in termini di PLS), del pisello da seme con quello proteico, di più facile conduzione e l'esclusione del ravanello da seme per facilitare la meccanizzazione e la gestione aziendale. Questa ipotesi rimane virtuosa dal punto di vista agronomico, essendo comunque presenti nella rotazione colture depauperanti, miglioratrici e da rinnovo, però presenta alcune pecche: il pomodoro ha un costo di 12-15mila € per ettaro e delle rese aziendali non ottimali (valore comunicatoci dell'ultimo anno pari a circa 750 q.li/ha), parametri che sono già al limite della sostenibilità economica. Rischiare una

superficie notevole dell'ortiva nell'interfilare, senza sapere che risposta avrà la coltura all'ombreggiamento e con una minore ventilazione, appare fortemente sconsigliabile (meglio eventualmente procedere con una piccola superficie test di 2-3 ha e poi eventualmente aumentare le superfici);

- Lo scenario 3 inserisce una coltura shade-tolerant e molto meno costosa, quale lo spinacio, in sostituzione del pomodoro da industria (shade-intolerant, oneroso e con margini al limite); tale scenario produttivo sarà preferito, eventualmente sottraendo una frazione ridotta di ettari allo spinacio, tentando, con minimo rischio, il pomodoro in una parte delle interfile dei moduli (test di 2-3 ha), ed eventualmente nelle aree di disponibilità del proponente, esterne all'impianto (un quarto della superficie di tali aree per poter garantire il necessario avvicendamento quadriennale di tale coltura).

La Società Agricola potrà inoltre considerare introdurre un avvicendamento meno rischioso con colture in asciutta (scenario 4), quale frumento-erba medica. Ancorché questo scenario sia caratterizzato da una PLS inferiore a quella specificamente registrata nel 2022, lo scenario delle colture in asciutta è perfettamente coerente con gli orientamenti culturali della zona, le caratteristiche del terreno nonché quanto probabilmente prevalentemente coltivato nell'area storicamente.

Tale rotazione verrebbe introdotta progressivamente, nel triennio di avviamento, adottando delle colture transitorie nel 1° e 2° anno e pervenendo allo stato di regime al 3°anno, in cui sarebbero presenti i tre anni di medica e quello di grano.

Tabella 5.9 - Scenario 4 (1° anno) - area interfilare e fasce di rispetto con colture benchmark - ordinamento culturale diversificato con colture in asciutta (frumento-erba medica-erbaio)

Colture	Superficie (ha)			Raccolta
	Area interfilare	Area fasce di rispetto	Totale	Epoca
Grano duro	81,86	3,31	85,17	giugno - luglio
Erbaio	40,93	3,31	44,24	maggio; settembre
Prato di medica	40,93	13,23	54,16	marzo - settembre
Totale	163,72	19,84	183,56	

Tabella 5.10 - Scenario 4 (2° anno) - area interfilare e fasce di rispetto con colture benchmark - ordinamento culturale diversificato con colture in asciutta (frumento-erba medica-erbaio)

Colture	Superficie (ha)			Raccolta
	Area interfilare	Area fasce di rispetto	Totale	Epoca
Grano duro	40,93	3,31	44,24	giugno - luglio
Erbaio	40,93	3,31	44,24	maggio; settembre
Prato di medica	81,86	13,23	95,09	marzo - settembre
Totale	163,72	19,84	183,56	

Tabella 5.11 - Scenario 4 (3° anno "a regime") - area interfilare e fasce di rispetto con colture benchmark - ordinamento culturale diversificato con colture in asciutta (frumento-erba medica)

Colture	Superficie (ha)			Raccolta
	Area interfilare	Area fasce di rispetto	Totale	Epoca
Grano duro	40,93	6,61	47,54	giugno - luglio
Erbaio	0	0	0	maggio; settembre
Prato di medica	122,79	13,23	136,02	marzo - settembre
Totale	163,72	19,84	183,56	

5.2.3 Le fasce di mitigazione

È stata prevista la realizzazione di una fascia arborea-arbustiva lungo il perimetro delle aree dove sarà realizzato l'impianto fotovoltaico, il tutto atto a mitigare l'impatto paesaggistico dell'impianto energetico. 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.

Questa sarà composta da piante non classificabili né come arboricoltura da legno né come bosco naturale, selezionate tra quelle elencate dalla Regione Emilia Romagna nella delibera 1461 del 29/08/2022 ("Nuovo Elenco"), riguardo le attività agro-ambientali e proponibili, in questo caso, per latitudine e fascia altimetrica.

La volontà progettuale è stata quella di realizzare un impianto perimetrale che, oltre ad assicurare la funzione di mitigazione paesaggistica, fornisca anche un contributo nella produzione agricola ed una funzione ecologica.

La scelta è ricaduta sull'impianto di un ficheto semintensivo, coltura tradizionale del territorio e tipica delle zone di impianto e della macchia mediterranea, lungo la fascia perimetrale. La coltura si adatta perfettamente alle caratteristiche pedoclimatiche del sito e, ad eccezione del primo anno, può essere condotta perfettamente in asciutta. Ad accrescimento contenuto, la coltivazione di fico (*Ficus carica* L., 1753), svolge la sua funzione di mitigazione raggiungendo una altezza di 3,5-4,5 m, senza necessitare di continui interventi di potatura e assicurando una raccolta facilitata a mano evitando l'ausilio di meccanizzazione.

Per omogenizzare la fascia di mitigazione nella sua funzione, si è previsto l'inserimento di una fascia di vegetazione di specie a carattere cespitoso e di taglia contenuta, il cui sviluppo è previsto entro i 0,50 e 1,20 m dal suolo, a completamento della parte inferiore della fascia di mitigazione. La scelta è sempre stata eseguita tra le specie rinvenute nel territorio dell'impianto, ma in questo caso si è preferito scegliere specie mellifere, per incentivare un altro servizio ecosistemico del progetto. In consociazione ed a completamento dell'opera di mitigazione, verranno messe in opera, con adeguati supporti, siepi di taglia contenuta di Viburno (*Viburnum* L., 1753) e di Edera del Caucaso (*Edera colchica*, Koch), anch'esse rinvenute come piante spontanee nella zona dell'impianto.

Pertanto, la fascia di mitigazione sarà composta dalle specie fico, viburno ed edera, avrà una estensione di a 2,1 ha e seguirà la seguente disposizione:

- a 2,3 m dalla rete verranno messe a dimora le piante di fico;
- a 0,7 m dalle suddette un miscuglio di edera e viburno.

L'impianto di fico presenta un sesto di impianto di 5 m tra le piante, potatura a epsilon longitudinale biennale, orientata verso le file, impalcata a 1 m con altezza massima di 3,5-4 m da terra, la manutenzione è manuale tramite attrezzi elettrici, a motore o manuali da potatura.

La gestione della fascia sarà facilitata dalla presenza di pacciamatura biodegradabile sul suolo e da manichette per irrigazione di soccorso, necessaria solo nel primo periodo dalla messa a dimora. Prevista manutenzione, senza supporto di macchine agricole, con interventi biennali.

Di seguito sono riportate le varietà di *Ficus carica* L. e le varietà di *Hedera helix* e *Viburnum* sp. che maggiormente si adattano alle condizioni climatiche della zona.



Figura 5.4 – hedera colchica



Figura 5.5 – ficus carica



Figura 5.6 – viburnum spp.

Fico salame

È un fico bianco tipico dell'Oltrepò pavese, con un'inconfondibile forma allungata a salamino. Doppia fruttificazione: buonissimi i fioroni ai primi di luglio e insuperabili i forniti ad agosto-settembre. Polpa rossa fine e zuccherina. Raramente inacidisce; grazie alla sua forma stretta e lunga ha quantità limitate di polpa e si raggrinzisce velocemente essiccando anche sulla pianta.

Fico segalin o seccalino

Piccolo fico tipico del Veneto, che può essere coltivato anche nelle zone di pianura ricche di umidità. È piccolo e abbastanza asciutto e non inacidisce mai. La polpa è rosso intenso, la buccia è verde scuro e il frutto, se lasciato sulla pianta nella stagione favorevole, secca diventando marrone chiaro con una polpa di una dolcezza insuperabile. La varietà è generalmente unifera, cioè produce solo forniti, con una scalarità di maturazione da fine agosto a metà ottobre.

Fico brogiotto nero

È una varietà molto antica che di solito produce solo forniti piuttosto tardivi. Il frutto si presenta di grossezza media, con picciolo praticamente assente, la buccia è di colore viola nero, con fenditure chiare a maturità. Polpa liquescente, molto dolce.

Fico brianzolo bianco

Piccolo, cucurbiforme, panciuto, simile a una cipolla; ha buccia verde e polpa color del vino. Matura nel mese di settembre e appassisce sulla pianta: infatti viene chiamato anche passi o passet.

Edera colchica

L'edera del Caucaso è una pianta rampicante sempreverde dalla crescita rapida. Si adatta anche allo sviluppo come alberello. Presenta un fogliame persistente e tappezzante. Produce dei fiori verdi e, successivamente, delle bacche di colore nero. Predilige ambienti ombrosi o semi ombrosi e viene utilizzata come pianta ornamentale, per coprire pareti o recinzioni.

Viburno dentato

Arbusto alto fino a 4,50 m, originario del Nord America, foglie ovate, di colore verde scuro, fiori di colore bianco riuniti in infiorescenze a fine primavera, frutti di colore nero-bluastro.

Viburno lentago

Arbusto o piccolo albero di 4,5–9 m, originario del Nord America, con rami di colore grigio-brunastro, foglie di colore verde scuro brillante, finemente seghettate, infiorescenze primaverili dai minuscoli fiorellini bianchi, i frutti sono drupe ovali di colore rosso.

5.2.4 La Meccanizzazione

5.2.4.1 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.

Procedendo con la sperimentazione delle colture nel sistema agrivoltaico, la scelta verrà calibrata in funzione delle performance di queste ultime, sia in termini agricoli (rese nelle condizioni "agrivoltaiche", criticità varie in termini agronomici e di meccanizzazione), sia dal punto di vista del sistema fotovoltaico (compatibilità delle operazioni agricole con le attività di gestione del campo fotovoltaico, polverosità delle operazioni e calendario delle stesse, etc.) a loro volta modificando anche il parco macchine necessario.

Queste produzioni verranno coltivate su "fasce di coltura" fra i moduli fotovoltaici di larghezza indicativa²³ di 9,5 m, ottimizzandone la raccolta con macchinari di testata compatibile con tale larghezza.

È fondamentale pertanto che, oltre ovviamente agli interfilari produttivi fra moduli (dove si trovano le colture), tutte le strade di accesso e di manovra dove devono passare le macchine per la coltivazione garantiscano un agevole passaggio, anche nelle curve fra una fila e l'altra, di una macchina di raccolta con una testata (ingombro) di circa 6,5-8,5 metri²⁴, per quanto riguarda la raccolta dei cereali e circa 3-4 m per la raccolta delle colture ortive.

²³ 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).

²⁴ 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.



Figura 5.7 - immagini commerciali di mietitrebbie in azione

Qualunque tipo di rotazione venisse prescelta, teoricamente converrebbe seminare una sola coltura sull'intera superficie (monocoltura annuale), ad es. il primo anno verranno coltivati interamente a grano, per seminarli poi l'anno successivo col rinnovo. La monocoltura annuale ha aspetti positivi, quali l'estrema semplificazione delle operazioni meccaniche, che permetterebbe di ridurre i periodi di disturbo per il campo fotovoltaico; di contro, l'azienda per ogni anno avrebbe un risultato economico dipendente da un'unica variabile: se per esempio, in quell'anno, il prezzo del grano e/o la produzione dello stesso risultassero inferiori alla media, il risultato economico andrebbe a risentirne sensibilmente.

La compresenza di due colture (es 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 5.12 - Gantt dei periodi indicativi di effettuazione delle operazioni meccaniche

Coltura	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.
Frumento		7-10 gg				3-5 gg				7-10 gg		12-15 gg
Erbaio	8-12 gg								12-18 gg			
Pisello proteico	5-10 gg		6-8 gg				2-3 gg			4-6 gg		
Sorgo da gran.									4-6 gg	3-4 gg		
Pomodoro da industria	3-4 gg								3-4 gg	3-4 gg	3-4 gg	3-4 gg
Erba medica	8-10 gg								5-6 gg	5-6 gg	5-6 gg	5-6 gg
Spinacio da industria	6-7 gg							5-6 gg	5 gg	5-6 gg		
Bietola da coste	6-7 gg						5-6 gg			5 gg	5-6 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.

Gli spazi di manovra, liberi da ostacoli, sono stati definiti prendendo in considerazioni i seguenti elementi:

- distanza tra la fine delle strutture di sostegno dei moduli, e la recinzione perimetrale del terreno;
- compatibilità con le macchine operatrici utilizzate (trattori e macchine raccogliatrici).

Come descritto nel presente progetto, le strutture di sostegno saranno disposte in filari con direzione nord-sud, su file parallele spaziate tra 12,5 m. Lo spazio utile alla coltivazione del fondo, quando i moduli sono disposti parallelamente al suolo (ovvero nelle ore centrali della giornata) risulta essere pari a 7,7 m, quando essi sono ad una inclinazione di $+51^\circ$ la

larghezza dell'interfila è di 9,5 m e pertanto, la produzione agricola sarà effettuata su fasce di coltura compatibili con tali misure, ottimizzando ove possibile la raccolta con macchinari di testata adatta a tale larghezza. 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 colturali.

Le aree agricole, verranno destinate alla coltivazione di cereali autunno vernini, leguminose e proteoleaginose ortaggi (pomodoro, spinacio, bieta da costa etc.) e prati monofiti e polifiti.

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 le colture ortive e prati di leguminose può essere così riassunto: aratura superficiale (30 cm ca), due o più passaggi di epicoltura, per ridurre l'elevata zollosità provocata dall'aratura, un livellamento del terreno per eliminare il ristagno dell'acqua, successivamente semina o trapianto, rullatura post semina per far aderire le particelle di terreno al seme. Nel caso in cui non sia necessario rimescolare i profili del suolo, come per gli itinerari tecnici delle colture cerealicole, è possibile sostituire l'aratura con una ripuntatura, o evitare totalmente la scelta delle lavorazioni ed effettuare 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.

La scelta delle macchine per la raccolta varierà a seconda della coltura: mietitrebbie per la raccolta di frumento, cereali autunno-vernini in genere, colture da granella varie; falcia-condizionatrici, ranghinatori e presse (es. rotoimballatrici) per la raccolta delle colture foraggere; altre macchine specializzate per la raccolta di colture orticole (es. pomodoro da industria). Tali macchine, sebbene con qualche leggera variazione sull'ampiezza della fascia coltivabile, sono tutte compatibili con il layout del sistema previsto.

Solo per il pomodoro e pisello da industria, la cui raccolta viene effettuata nella maggior parte delle volte direttamente sul campo dal trasformatore con propri macchinari, la parziale coltivazione nell'area al di sotto dei pannelli risulta difficoltosa viste le dimensioni delle macchine semoventi; quindi, la larghezza dell'interfila coltivabile utile passerà dai circa 9,5 m delle altre colture a poco meno di 8 m.



Figura 5.8 - aratura superficiale



Figura 5.9 - erpicatura



Figura: 5.10 - livellamento del terreno



Figura 5.11 – ripuntatura



Figura 5.12 - falcia-condizionatrice



Figura 5.13 - seminatrice da sodo



Figura 5.14- macchina raccogliatrice per la raccolta di cereali autunno-vernini



Figura 5.15 - macchina raccoglitrice per il pisello da industria



Figura 5.16 - macchina raccoglitrice per il pomodoro da industria



Figura 5.17 – macchina raccogliitrice spinacio da industria

Per quanto riguarda le colture orticole come il pomodoro da industria, lo spinacio e la bietola da coste, è stata prevista la coltivazione facendo ricorso all'uso di irrigazione (*sustainable smart irrigation*) con manichette o "sprinkler".

Ciò comporta un ulteriore costo per l'azienda agricola per la messa in opera dell'impianto di irrigazione, ma necessaria per aumentare gli standard qualitativi e quantitativi di tali prodotti.

Solitamente per l'irrigazione del pomodoro da industria viene utilizzata una manichetta pre-forata, stesa o al momento del trapianto o successivamente a questo, post-sarchiatura; il posizionamento sarà effettuato a file binate (distanza della carreggiata di 160-180 cm e delle file binate di 30-50 cm²⁵), questo tipo di irrigazione risulta vantaggioso perché tende a non bagnare la parte apicale della pianta, efficientando e massimizzando l'uso dell'acqua a disposizione.

Tutto ciò si traduce in un maggior vantaggio per l'azienda dal punto di vista fitosanitario con la riduzione di malattie fungine e dei conseguenti trattamenti solitamente previsti, sia di spese di gestione colturale.

Spinacio e bietola da coste vengono solitamente irrigate con un sistema "sprinkler" (microaspersione), che prevede un'erogazione di acqua tramite irrigatori ad alta precisione di distribuzione. L'impianto prevede una corsia di adattamento ogni sei carreggiate, la larghezza di queste è determinata dal raggio di gittata dell'irrigatore e dal cantiere di raccolta.

Questi impianti vengono montati successivamente alla semina/trapianto delle colture, ma diversamente dal sistema a manichetta, devono essere smontati prima della raccolta; questo perché l'impianto viene installato sulla carreggiata non seminata, dove transitano trattori e macchine di raccolta. Con questo sistema di irrigazione le portate irrigue sono maggiori, il che determina un impianto più efficiente, che necessita di meno terminali irrigui e semplifica messa in opera dell'impianto

²⁵ Misure medie usate

(distanza tra gli irrigatori sulla fila 14 m e raggio di azione 12 m²⁶).



Figura 5.18 – irrigazione pomodoro a manichetta



Figura 5.19 – irrigazione Sprinkler

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

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

Tabella 5.13 – 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; 	<ul style="list-style-type: none"> • Non utilizzabile per tutti i tipi di coltura; • raccolta difficoltosa;

²⁶ Misure da catalogo di fornitori

	<ul style="list-style-type: none"> • minori costi d'investimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • difficoltà di lavorazione dell'interfila tra i pali di sostegno; • maggiori costi di gestione.
Pacciamatura	<ul style="list-style-type: none"> • Minori costi di gestione; • copertura costante del suolo che si riflette su minore polverosità; • minori passaggi delle macchine operatrici; • minor impatto ambientale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costi elevati per l'acquisto e la stesura del materiale pacciamante.
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.
Diserbo chimico	<ul style="list-style-type: none"> • Costi minori; • riduzione dei passaggi annuali. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maggiore polverosità a seguito del trattamento dovuto al suolo scoperto; • maggior impatto ambientale; • difficoltà di controllo tra i pali di sostegno; • problematiche relative al calpestio della coltura in campo al momento del trattamento.

Il diserbo meccanico delle aree sottostante 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, ad esempio un tipo frutteto dotato di arco abbattibile (ROPS) (potenza consigliata 70-80 HP) per il passaggio al di sotto dei pannelli e far in modo di poter entrare in campo in qualunque periodo dell'anno, non danneggiando la coltura presente nelle fasce di coltivazione.



Figura 5.20 - trattore tipo frutteto dotato di arco abbattibile (ROPS)

Tabella 5.14 - misure trattore frutteto 80 HP

Descrizione	Valore
Modello	T 4.80 ROPS (FL bassotto)
Larghezza minima totale [mm]	1.380
Altezza dell'assale posteriore alla sommità della cabina [mm]	1.011
Passo (4 RM) [mm]	2.180
Peso massimo ammissibile [kg]	4.800

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, il diserbo meccanico viene effettuato tre volte all'anno, circa 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 5.21 - trincia-sarmenti per diserbo meccanico con disco interfilare**

Un'altra soluzione analizzata è stata la stesura di un telo pacciamante, facendo riferimento alla tecnica agronomica della pacciamatura, in alternativa al diserbo meccanico e chimico; questa viene eseguita con un'apposita macchina portata dal trattore che stende i film plastici biodegradabili di diversa grandezza e diverso colore.

Questa tecnica permette il facile controllo delle infestanti, che possono crescere tra le strutture di sostegno dei moduli e nello spazio non coltivabile. Uno dei principali problemi che si è evidenziato risiede nell'altezza eccessiva della macchina (trattore) che deve stendere il telo sotto i moduli. I film plastici di colore bianco possono essere un'alternativa a quelli di colore nero; questi tendono a riflettere la luce ed aumentare la resa energetica dei pannelli bifacciali, ma rimane però da capire la vita utile dei teli stessi e la conformità del materiale in pieno campo, visto che la maggior parte di questo tipo di film plastici vengono utilizzati in serra.



Figura 5.22- macchina utilizzata per la stesura dei film



Figura 5.23 - esempio di film plastici biodegradabili di colore nero (sinistra) e bianco utilizzati in serra (destra)

Infine, solo per completezza, l'ultima soluzione analizzata è l'uso del diserbo chimico, lo stesso applicato al resto della coltura coltivata. Nel caso vi fosse un eccesso di infestanti, non controllato dalla presenza della coltura e dai diserbi selettivi utilizzati per la coltura interfilare, potrebbero essere impiegati erbicidi ad azione totale, come per esempio il glifosato. Questa tecnica permette di controllare le specie infestanti effettuando due passaggi durante l'anno, uno nel periodo primaverile e uno nel periodo estivo, mediante una barra dotata di ugelli da cui fuoriesce il prodotto; queste barre sono di diversa lunghezza in base alle esigenze. Questa tecnica può essere utilizzata nel momento in cui non è presente la coltura

in campo; quindi, non riscontra problemi nel periodo estivo, mentre nel periodo primaverile, periodo in cui è presente la coltura in campo, si può usare una barra di diserbo con protezione per interventi localizzati. Tale ipotesi non è stata considerata in virtù degli obiettivi di salvaguardia dell'ambiente propri del presente progetto.



Figura 5.24 - barra per diserbo chimico in pieno campo (sinistra), per interventi localizzati (destra)

A completamento dell'analisi si riporta una tabella di sintesi dei prezzi per ettaro relativi alle varie tipologie di controllo delle infestanti prese in considerazione:

Tabella 5.15 – Prezzi per ettaro relativi ad attività di diserbo al di sotto dei moduli

Operazioni	€/ha	€/m ²	Ha	€
Diserbo meccanico	250 (*)		41,73	10.432,50
Diserbo chimico	112 (**)		41,73	4.673,76
Pacciamatura		1,10	41,73	459.030
(*) considerando 3 passaggi				
(**) considerando 2 passaggi				

5.2.4.3 La meccanizzazione nelle aree nella disponibilità del proponente, esterna all'area di impianto

Per quanto riguarda le colture che vengono coltivate nella superficie nella disponibilità del proponente, esterna all'area su cui insiste l'impianto (ossia aree agricole senza la presenza di moduli) sono state scelte le stesse colture presenti all'interno dell'area recintata, con funzione di comparazione (colture benchmark), oltre ad eventuali colture non praticabili negli interfilari per eventuali problematiche di resa e di meccanizzazione che dovessero insorgere.

La meccanizzazione delle aree esterne all'area dell'impianto risulterà meno complessa, rispetto a quella elencata precedentemente all'interno del campo agrivoltaico, avendo una tipica tipologia da campo aperto, senza ostacoli all'interno e senza limitazioni in termini di ingombri delle macchine scelte per le lavorazioni e per la raccolta. Bisogna sempre far attenzione, però, alle svolte a fine campo, dove sono presenti fossi e scoline e a limitare quanto più possibile lavorazioni generatrici di polvere vicino ai pannelli.

5.2.4.4 La meccanizzazione nelle fasce di mitigazione

Nelle fasce di mitigazione (superficie pari a 2,1 ha), sono state scelte le seguenti specie: fico, viburno ed edera. La fascia di viburno ed edera verrà posta a 0,7 m di distanza dalle piante di fico con un sesto di impianto di 1 m, sarà previsto un supporto in legno di bambù di altezza pari a 1 m, una potatura biennale, o meccanica, con bracci tagliaiepi azionati dal trattore, o manuale, con tagliaiepi elettrici o a motore. Si illustra nelle figure successive, la disposizione delle piante lungo la suddetta fascia e gli attrezzi necessari per la manutenzione.

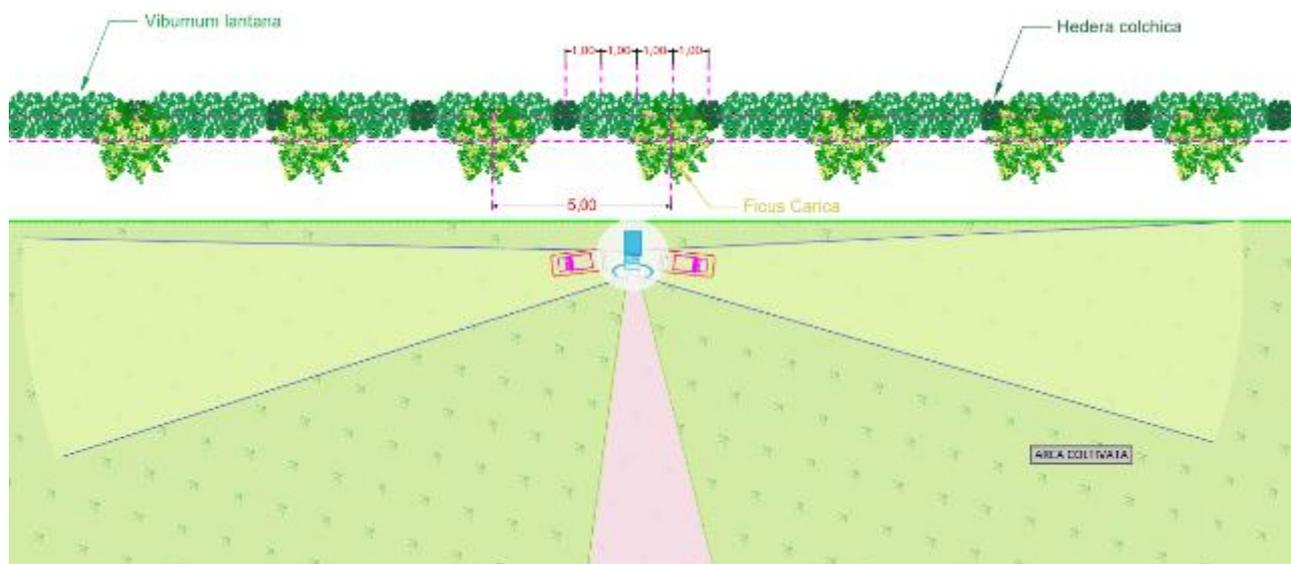


Figura 5.25 - Schema impianto fascia mitigazione



Figura 5.26 - attrezzi elettrici per la manutenzione della fascia di mitigazione



Figura 5.27 - manutenzione siepi meccanica (sinistra), manuale (destra)

Le piante di fico, viburno ed edera saranno messe a dimora, e per aumentare la percentuale di attecchimento, sarà prevista per il primo anno anche l'irrigazione di supporto tramite una manichetta pre-forata.

Tra la rete e la fila di fichi può essere eseguito un diserbo meccanico tramite un trincia-sarmenti, con larghezza utile consigliata di 1,60 m con disco interfilare di 1 m, descritto in precedenza per contenere anche lo spazio interfilare tra ficheto e fila di cespugli. Oppure per quanto riguarda la manutenzione degli spazi interfilari della fascia di mitigazione, può essere previsto un decespugliamento meccanico, tramite bracci decespugliatori (larghezza testata trinciante massima di 0,5 m) o manuale, tramite decespugliatori.



Figura 5.28 - decespugliamento manuale (sinistra), decespugliamento meccanico (destra)

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 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 colturali, con determinazione del Margine Operativo di Contribuzione per ogni coltura.

I costi delle operazioni meccaniche attingono ai prezziari dei contoterzisti della zona e al prezzario 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, a ricorrere ai servizi di un contoterzista.

Tabella 6.1 - Grano tenero con lavorazione del terreno classica

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
discissura 45-50 cm	150,00				
erpatura a dischi	100,00				
erpice rotante	190,00				
rullatura	50,00	seme grano	2,2	45,00	99,00
semina	90,00				
diserbo/trattam.to	70,00	diserbo grano pre-e.	1	50,00	50,00
concimazione	30,00	concime nitr.amm.	2	38,00	76,00
concimazione	30,00	concime urea	2	51,00	102,00
diserbo/trattam.to	70,00	diserbo grano post-e.	1	60,00	60,00
mietitrebbiatura	250,00	trattam. grano	1	40,00	40,00
trasporti	70,00				
Totale	1.100,00				427,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	70	24,50	1.715,00
Costi (€/ha)			1.527,00
Operazioni meccaniche			1.100,00
Materie prime			427,00
Margine della coltura (€/ha)			188,00

Tabella 6.2 - Grano tenero con semina diretta su sodo

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
semina su sodo	170,00	seme grano	2,2	45,00	99,00
diserbo/trattam.to	70,00	diserbo grano pre-e.	1	50,00	50,00
concimazione	30,00	concime nitr.amm.	2	38,00	76,00
concimazione	30,00	concime urea	2	51,00	102,00
diserbo/trattam.to	70,00	diserbo grano post-e.	1	60,00	60,00
diserbo/trattam.to	70,00	trattam. grano	1	40,00	40,00
mietitrebbiatura	250,00				
trasporti	70,00				
Totale	760,00				427,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	70	25,00	1.715
Costi (€/ha)			1.187,00
Operazioni meccaniche			760,00
Materie prime			427,00
Margine (€/ha)			528,00

Tabella 6.3 - Grano duro con lavorazione del terreno classica

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
discissura 45-50 cm	150,00				
erpicoltura a dischi	100,00				
erpice rotante	190,00				
rullatura	50,00	seme grano	2,2	75,00	165,00
semina	90,00				
diserbo/trattam.to	70,00	diserbo grano pre-e.	1	50,00	50,00
concimazione	30,00	concime nitr.amm.	2	38,00	76,00
concimazione	30,00	concime urea	2	51,00	102,00
diserbo/trattam.to	70,00	diserbo grano post-e.	1	60,00	60,00
mietitrebbiatura	250,00	trattam. grano	1	40,00	40,00
trasporti	70,00				
Totale	1.100,00				493,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	60	35,00	2.100,00
Costi (€/ha)			1.593,00
Operazioni meccaniche			1.100,00
Materie prime			493,00
Margine della coltura (€/ha)			507,00

Tabella 6.4 - Grano duro con semina diretta su sodo

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
semina su sodo	170,00	seme grano	2,2	75,00	165,00
diserbo/trattam.to	70,00	diserbo grano pre-e.	0	50,00	-
concimazione	30,00	concime nitr.amm.	1	38,00	38,00
concimazione	30,00	concime urea	2	51,00	102,00
diserbo/trattam.to	70,00	diserbo grano post-e.	2	60,00	120,00
diserbo/trattam.to	70,00	trattam. grano	1	40,00	40,00
mietitrebbiatura	250,00				
trasporti	70,00				
Totale	760,00				465,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	60	35,00	2.100,00
Costi (€/ha)			1.225,00
Operazioni meccaniche			760,00
Materie prime			465,00
Margine della coltura (€/ha)			875,00

Tabella 6.5 - Pisello proteico

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
semina combinata	180,00	seme	2	75,00	150,00
diserbo/trattam.to	70,00	graminocida	1	60,00	60,00
mietitrebbiatura	250,00				
trasporti	70,00				
Totale	570,00				210,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	30	30,00	900,00
Costi (€/ha)			780,00
Operazioni meccaniche			570,00
Materie prime			210,00
Margine della coltura (€/ha)			120,00

Tabella 6.6 - Erbaio fieno

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
erpicazione a dischi	100,00				
erpicazione a dischi	100,00				
semina	90,00	seme loietto	0,3	150,00	45,00
rullatura	50,00	seme trifoglio	0,3	240,00	72,00
concimazione	-	spago, reti etc.			20,00
falciacondizionatura	100,00				
ranghinatura	40,00				
ranghinatura	40,00				
pressatura	140,00				
trasporti fieno	65,00				
Totale	725,00				137,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	85	11,00	956,25
Costi (€/ha)			862,00
Operazioni meccaniche			725,00
Materie prime			137,00
Margine della coltura (€/ha)			94,25

Tabella 6.7 - Prato di medica triennale

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura (/3 anni)	80,00				
erpice rotante (/3)	63,33				
erpicazione (/3)	33,33				
erpicazione (/3)	33,33	seme	0,4	240,00	96,00
semina	30,00				
rullatura	16,67				
diserbo/trattam.to	70,00	graminocida	2	75,00	150,00
concimazione	30,00	fosfato biammonico	2	38,00	76,00
falciacondiz. (4 tagli)	240,00				
ranghinat. (2x4 tagli)	128,00				
pressatura (4 tagli)	224,00	spago, reti etc.			80,00
trasporti (4 tagli)	560,00				
Totale	1.508,67				402,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	140	15,00	2.100,00
Costi (€/ha)			1.910,67
Operazioni meccaniche			1.508,67
Materie prime			402,00

Margine della coltura (€/ha)		189,33
-------------------------------------	--	---------------

Tabella 6.8 - Sorgo da granella

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
semina combinata	180,00	seme	2	60,00	120,00
concimazione	30,00	perfosf.riplo	2	60,00	120,00
diserbo/trattam.to	70,00	pre-emerg.	1	60,00	60,00
sarchiatura con spandiconcime	100,00	urea	2,5	51,00	-
mietitrebbiatura	250,00				
trasporti	70,00				
Totale	700,00				300,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	60	24,00	1.464,00
Costi (€/ha)			1.000,00
Operazioni meccaniche			700,00
Materie prime			300,00
Margine della coltura (€/ha)			464,00

Tabella 6.9 - Pomodoro da industria

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura	240,00				
erpice rotante	190,00				
geodisinfestazione	70,00	geodisinfestante liquido			500,00
erpicoltura	100,00				
concimazione fondo	-				
erpicoltura	100,00				
assolcatura	190,00	piantine	30.000	0,04	1.200,00
montaggio impianto irr.	200,00	amm.to-materiali irrig.			500,00
trapianto/stesura ala	600,00	consorzio irriguo			300,00
sarchiatura con spandiconcime	100,00	urea	3	51,00	153,00
trattamenti/disserbi	350,00	fungicidi/insetticidi			4.000,00
trattamenti/disserbi	210,00	concimi microelementi			750,00
sarchiatura	100,00				
raccolta meccanica	1.800,00				
rimozione irrigazione	300,00				
Totale	4.550,00				7.403,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	800	15,00	12.000,00
Costi (€/ha)			11.953,00
Operazioni meccaniche			4.550,00
Materie prime			7.403,00
Margine della coltura (€/ha)			47,00

Tabella 6.10 - Spinacio da industria

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura	240,00				
livellamento	200,00				
erpice rotante	190,00				
geodisinfestazione	-	geodisinfestante liquido			-
erpicoltura	100,00				
erpicoltura	100,00	solfato potassico	1	98,00	98,00
spandiconcime	30,00	perfosfato triplo	2	60,00	100,00
semina con spandiconcime	130,00	seme dosi	3	190,00	570,00
rullatura	50,00	diserbo pre emergenza	1	50,00	50,00
montaggio impianto irr.	200,00	amm.to-materiali irrig.			500,00
spandiconcime	30,00	nitrate ammonico	2	38,00	76,00
trattamenti/diserbanti n.2	140,00	diserbo post emergenza	1	60,00	60,00
trattamenti/diserbanti n.2	140,00	fungicidi/insetticidi			200,00
rimozione irrigazione	300,00	consorzio irriguo			300,00
Totale	1.850,00				1.954,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	200	22,00	4.300,00
Costi (€/ha)			3.804,00
Operazioni meccaniche			1.850,00
Materie prime			1.954,00
Margine della coltura (€/ha)			496,00

Tabella 6.11 - Bietola da industria

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura	240,00				
livellamento	200,00				
erpice rotante	190,00				
geodisinfestazione	-	geodisinfestante liquido			-
erpicoltura	100,00				
erpicoltura	100,00	solfo potassico	1	98,00	98,00
spandiconcime	30,00	perfosfato triplo	2	60,00	100,00
semina con spandiconcime	130,00	seme	6	25,00	150,00
rullatura	50,00	diserbo pre emergenza	1	50,00	50,00
spandiconcime	30,00	nitrato ammonico	2	38,00	76,00
trattamenti/diserbanti n.2	140,00	diserbo post emergenza	1	60,00	60,00
trattamenti/diserbanti n.1	70,00	fungicidi/insetticidi			200,00
raccolta	407,00				
trasporto	50,00				
Totale	1.737,00				734,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	600	4,5	2.700,00
Costi (€/ha)			2.471,00
Operazioni meccaniche			1.737,00
Materie prime			734,00
Margine della coltura (€/ha)			229,00

Tabella 6.12 – Ravanello da seme (var. rosso)

Operazioni meccaniche	€/ha	Materiali	Quantità (q.li/ha)	Prezzo (€/q.le)	€/ha
aratura	240,00				
livellamento	200,00				
erpice rotante	190,00				
geodisinfestazione	70,00	geodisinfestante liquido			100,00
erpicoltura	100,00				
erpicoltura	100,00				
spandiconcime	30,00	solfo potassico	1	98,00	98,00
semina con spandiconcime	156,00	seme (fornito da ditta)	5	-	-
		perfosfato triplo	2	50,00	100,00
rullatura	50,00				
spandiconcime	140,00	nitrato ammonico	2	60,00	120,00
trattamenti/diserbi n. 1	70,00	diserbo pre emergenza	1	70,00	70,00
trattamenti/diserbi n. 1	70,00	diserbo post emergenza	1	100,00	100,00
trattamenti/diserbi n. 1	70,00	fungicidi/insetticidi			150,00
sarchiatura n.1	200,00				
falciandatura semi minuti	165,00				
mietitrebbiatura " "	343,20				
Totale	2.194,20				738,00

Ricavi	q.li/ha	€/q.le	€/ha
Produzione	8	400,00	3.200,00
Costi (€/ha)			2.932
Operazioni meccaniche			2.194
Materie prime			738
Margine della coltura (€/ha)			268

6.2 Costi di impianto e di gestione delle opere di mitigazione

Tabella 6.13- costi fascia di mitigazione 1°anno

Operazioni meccaniche	€/ha	Ha/tot	Quantità	Prezzo (€/cad)	Prezzo (€/m)	Totale (€)
Lavorazione del terreno eseguita a strisce ad una profondità di m. 0,5-0,7 compresi amminutamento ed ogni altro onere.	530,73	2,11				1.119,84
Picchettatura a corpo						600,00
Pacciamatura a dischi d. 40 cm			7.030	1,59		11.178,23
Apertura Buche (50 cm)			8.436	0,46		3.880,65
Messa a dimora piante			8.436	1,53		12.907,39
Piantine di 1 anno (fico)			1.406	6,00		8.441,20
Pali scortecciati d. 8/10, 1,80 m (per fico)			1.406	6,00		8.441,20
Piantine di 1 anno (edera)			1.757	0,50		878,79
Piantine di 1 anno (viburno)			5.272	0,37		1.950,92
Pali di bambù (1,2 m) (per edera e viburno)			7.030	0,40		2.812,13
Tubi (d.20mm)			7.029		0,72	5.061,12
Gocciolatori (4 l/h)			1.406	0,30		422,06
Ala gocciolante autocompensante			7.029		0,65	4.569,07
Diserbo meccanico (*) (trinciasarmenti con disco interfilare)	250,00	1,62				404,19
Diserbo meccanico (**) (braccio decespugliatore)			7.029		1,00	7.029,33
Potatura manuale (fico)						-
Potatura meccanica (edera-viburno)						-
Totale						69.696,12
(*) area fascia di mitigazione (larghezza fascia 2,30 m)						
(**) solo interfila tra fichi e edera o viburno (larghezza fascia 0,70 m)						

Tabella 6.14 - costi fascia di mitigazione 2°anno

Operazioni meccaniche	€/ha	Ha/tot	m	€/m	€
Diserbo meccanico (trincia-sarmenti con disco interfilare)	250,00	1,62	-	-	404,19
Diserbo meccanico (braccio decespugliatore)	-	-	7.029	1,00	7.029,33
Totale					7.433,52

Tabella 6.15 - costi fascia di mitigazione 3°anno (*)

Operazioni meccaniche	€/ha	Ha/tot	€/h	h/ha	m	€/m	€
Diserbo meccanico (trincia-sarmenti con disco interfilare)	250,00	1,62	-	-	-	-	404,19
Diserbo meccanico (braccio decespugliatore)	-	-	-	-	7.029	1,00	7.029,33
Potatura manuale (fico)	-	-	56,5	40			2.260,00
Potatura meccanica (edera-viburno)	-	-	56,5	30			1.695,00
Totale							11.388,52
(*) Le voci di costo riportate fanno riferimento ai primi anni di impianto, ancora improduttivi per il frutteto. Si potrà parlare di redditività con l'inizio di produzione a pieno regime verso l'ottavo anno di impianto. Per assicurare una							

produzione con valori standard, ai costi sopracitati si aggiungeranno i costi di concimazione, di eventuali trattamenti fitosanitari e di raccolta. Tali costi aggiuntivi tuttavia saranno compensati dalla vendita del prodotto al prezzo di mercato dell'anno di riferimento.

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, il valore della 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. Tale confronto è stato effettuato per tutti e tre gli scenari post progetto ipotizzati.

Tabella 6.16 - Confronto della PLS ante e post progetto mantenendo lo stesso indirizzo produttivo (Scenario 1)

SCENARIO 1 - Mantenendo lo stesso indirizzo produttivo							
Colture	Ante progetto			Post progetto			ΔPLS POST-PLS ANTE
	Superficie (ha)	PLS/ha (€)	PLS (€)	Superficie (ha)	PLS/ha (€)	PLS (€)	
Frumento tenero	125,30	1.404,74	176.013,92	45,88	1.404,74	64.442,45	
Pomodoro tondo da industria	50,10	19.172,74	960.554,27	45,88	19.172,74	879.549,45	
Ravanello da seme	57,30	5.363,10	307.305,63	45,88	5.363,10	246.032,21	
Pisello da seme	18,30	5.363,10	98.144,73	45,88	5.363,10	246.032,21	
Fichi		14.776,74	-	2,10	13.022,10	27.346,41	
Superfici agricole ritirate dalla produzione: 8,2 ha (compreso laghetto) (*)	8,20	-	-	-	-	-	
Totale	259,20		1.542.018,56	185,60		1.463.402,73	
Media			5.949,15			7.922,66	1.935,57

(*) il laghetto e le aree ritirate dalla produzione sono escluse del calcolo della superficie totale ante progetto e saranno incluse nel post progetto

Tabella 6.17 - Confronto della PLS degli indirizzi produttivi ante e post progetto (Scenario 2)

SCENARIO 2 - Semplificazione del piano colturale							
Colture	Ante progetto			Post progetto			ΔPLS POST-PLS ANTE
	Superficie (ha)	PLS/ha (€)	PLS (€)	Superficie (ha)	PLS/ha (€)	PLS (€)	
Frumento tenero	125,30	1.404,74	176.013,92	-	1.404,74	-	
Frumento duro	-	2.047,62	-	91,75	2.047,62	187.869,14	
Pomodoro tondo da industria	50,10	19.172,74	960.554,27	45,88	19.172,74	879.549,45	
Spinacio da industria	-	19.172,74	-		19.172,74	-	
Ravanello da seme	57,30	5.363,10	307.305,63	-	5.363,10	-	
Pisello da seme	18,30	5.363,10	98.144,73	-	5.363,10	-	
Pisello proteico	-	2.133,11	-	45,88	2.133,11	97.856,42	
Fichi		13.022,10		2,10	13.022,10	27.346,41	
Superfici agricole ritirate dalla produzione: 8,2 ha (compreso laghetto) (*)	8,20	-	-	-	-	-	
Totale	259,20		1.542.018,56	185,60		1.192.621,41	

Media			5.949,15			6.456,56	476,62
(*) il laghetto e le aree ritirate dalla produzione sono escluse del calcolo della superficie totale ante progetto e saranno incluse nel post progetto							

Tabella 6.18 - Confronto della PLS degli indirizzi produttivi ante e post progetto (Scenario 3)

SCENARIO 3 - Semplificazione del piano colturale							
	Ante progetto			Post progetto			ΔPLS POST-PLS ANTE
	Superficie (ha)	PLS/ha (€)	PLS (€)	Superficie (ha)	PLS/ha (€)	PLS (€)	
Fruento tenero	125,30	1.404,74	176.013,92	-	1.404,74	-	
Fruento duro	-	2.047,62	-	91,75	2.047,62	187.869,14	
Pomodoro tondo da industria	50,10	19.172,74	960.554,27	-	19.172,74	-	
Spinacio da industria	-	19.172,74	-	45,88	19.172,74	879.549,45	
Ravanello da seme	57,30	5.363,10	307.305,63	-	5.363,10	-	
Pisello da seme	18,30	5.363,10	98.144,73	-	5.363,10	-	
Pisello proteico	-	2.133,11	-	45,88	2.133,11	97.856,42	
Fichi		13.022,10		2,10	13.022,10	27.346,41	
Superfici agricole ritirate dalla produzione: 8,2 ha (compreso laghetto) (*)	8,20	-	-	-	-	-	-
Totale	259,20		1.542.018,56	185,60		1.192.621,41	
Media			5.949,15			6.459,98	476,62
(*) il laghetto e le aree ritirate dalla produzione sono escluse del calcolo della superficie totale ante progetto e saranno incluse nel post progetto							

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.

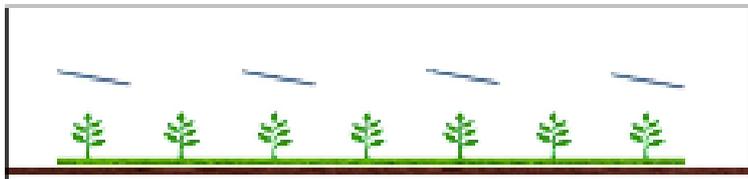
L'attività agricola è strettamente collegata alla fertilità del suolo che non deve essere intaccata dalla presenza della componente energetica e che deve essere quindi mantenuta e se possibile migliorata. Essa costituisce un elemento fondamentale per poterne garantire la continuità agricola (intesa come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

Le linee guida ministeriali prevedono che vengano monitorati gli effetti che la componente energetica dell'impianto avrà sulle colture, al fine di determinarne le influenze (positive o negative); ciò assume in questo momento una particolare rilevanza, visto che le esperienze ed i dati finora in possesso a livello mondiale, sono abbastanza scarsi. Tale normativa prevede sistemi di monitoraggio diversi a seconda del tipo di impianto agrivoltaico, con 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.

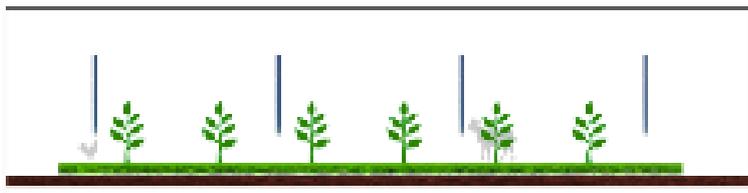
TIPO 1) - impianto agrivoltaico (a coltivazione interfilare)



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



TIPO 3) - impianto agrivoltaico a moduli verticali



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

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 i quali vengano 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, etc.), nonché l'archiviazione dei dati²⁷ ;
- 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, etc.), 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

²⁷ 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.

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:

- 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 (sementi, fertilizzanti, antiparassitari e diserbanti, ecc.), l'eventuale utilizzo dell'acqua (smart irrigation), ecc. con effetti benefici sia sulla fertilità del suolo che del 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, 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;
- 4 (E.3)** resilienza ai cambiamenti climatici, l'effettuazione di quanto richiesto dalla LGM in materia²⁸ 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:

- della relazione periodica (annuale) prevista dalle LGM per comprovare l'esistenza della coltura e Mantenimento dell'indirizzo produttivo (D.2)²⁹ ed utilizzati per valutazioni dei risultati delle colture agrivoltaiche;
- per la relazione triennale prevista per il monitoraggio di tutti gli altri parametri (E.1, E.2, E.3 e D1).

²⁸ 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)."

²⁹ 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).

Potranno inoltre essere eventualmente monitorati e valutati i risultati tecnici ed economici delle coltivazioni agrivoltaiche ed eventualmente confrontate 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.

Tabella 7.1- Investimenti e costi gestione delle attività di monitoraggio previste

Descrizione	n. unità	€/unità	tot €	€/anno
Investimento iniziale			61.000	
Accesso a piattaforma software di gestione/elaborazione dati (licenza)	1,00	5.000	5.000	
stazioni metereologiche, 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)	6,00	2.000	12.000	
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				27.500
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, eleborazione dati ed immissione nel sistema-	1,00	4.800	4.800	800
relazione agronomica annuale	1,00	8.000	8.000	8.000
relazione triennale requisiti E1, E2 ed E3	1,00	9.000	9.000	3.000

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 la presenza e la resa della coltivazione, comparandola 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 catastrofali, malattie, etc.) 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, ad esempio la 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 più ancora 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 System³⁰.

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), prevedono altresì, se esistenti il mantenimento di produzioni DOP o IGP.

Il progetto prevede il mantenimento dell'indirizzo produttivo preesistente; ciò è peraltro favorito e comprovato dal fatto che la stessa Società Agricola, proprietaria 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 Orosolare 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, etc.), 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 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 del trend della fertilità più speditive -a cadenza triennale- effettuata 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, etc.). 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

³⁰ Fraunhofer Institute for solar Energy System "Agrivoltaics: Opportunities for Agri-culture and energy transition, A Guideline for Germany", April 2022.

strumenti in grado di misurare la conducibilità elettrica dei terreni); tale tecnologia può fornire, sebbene indirettamente, indicazioni sulla presenza di sostanza organica e di argilla.

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

- (monitoraggio livello 1 - da immagini satellitari) un'analisi speditiva a cadenza triennale del trend della fertilità con la sola elaborazione delle immagini satellitari (indicazioni desunte dalla variazione dei parametri connessi indirettamente alla presenza di sostanza organica);
- (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 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 così la resilienza delle colture rispetto agli impatti del cambiamento climatico.

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

L'irrigazione verrà effettuata 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 caldeggiando il metodo del confronto fra la situazione all'interno dei moduli ed una stessa coltura dove sia assente il sistema agrivoltaico³¹.

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/misuratori³² 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 il sistema 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 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 che l'impianto che verrà realizzato è rispondente 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.

³¹ 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."

³² 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

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;
- 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 e 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 sugli aspetti quali la fertilità del suolo, del microclima e della 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 punti precedenti, verrà predisposto un sistema di monitoraggio (E.1, E.2, E.3 e D.1) e di valutazione (E.3) già descritti nei rispettivi paragrafi di approfondimento ed i cui risultati verranno descritti 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 documentazione fotografica post progetto delle strutture di drenaggio ed invasi.

7.3.4 Elaborati, documenti, relazioni ed attività per le attività di verifica

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.

7.3.4.1 Verifica dei requisiti A.1 e A.2 delle Linee Guida in materia di Agrivoltaico

Il proponente, una volta realizzato l'impianto agrivoltaico, metterà a disposizione i seguenti elaborati per l'area oggetto di studio:

- 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.

7.3.4.2 Verifica dei requisiti di cui al punto B.1 e D.2 delle Linee Guida in materia di Agrivoltaico

Per consentire la verifica della continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento, verrà predisposta una relazione, con cadenza annuale (annata agraria), in cui saranno 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 a 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.

7.3.5 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 microlima" (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 nelle 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 pensa quindi alla 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 documentazione fotografica post progetto delle strutture di drenaggio ed invasi.

8. Conclusioni

La creazione di impianti agrivoltaici è basata sulla continuità dell'agricoltura all'interno di essi.

La Società che gestirà Argenta 2 intende proseguire le attività agricole preesistenti, basate sulla coltivazione di seminativi, 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 consentano 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 come seminativo, verrà mantenuto fedelmente, integrando le colture preesistenti con foraggiere ed altre colture da rinnovo; l'ottica, con cui verrà impostata la rotazione *post operam*, è 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 alla sostituzione di colture attuali, con altre a migliore redditività. Le colture in asciutta potranno essere integrate, ove ne venisse dimostrata la convenienza, con altre irrigue, che sfrutteranno le risorse idriche consorziali o quelle delle vasche di raccolta delle acque in eccesso. Nel caso di irrigazione, verranno impiegate tecniche ad alto risparmio di acqua (*sustainable smart irrigation*) e basse necessità energetiche, come gli sprinkler o micro irrigatori e le manichette fessurate a goccia. In linea con quanto appena detto, la dotazione di sensoristica ad alta precisione efficienterà il consumo delle risorse naturali e tutela l'utilizzo del suolo agricolo (Agricoltura 4.0).

Le opere di mitigazione prevedono la piantumazione di specie arboree, tradizionalmente coltivate in zona, come il fico, e arbusti autoctoni, come l'edera arborea e il viburno.

Roma, 15/01/2024

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 Adeg, John S. Selker e Chad W. Higgins, 2018. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLOS One*. Department of Biological and Ecological Engineering, Oregon State University (OSU).
- Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker e Chad W. Higgins. *Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency*. *PLOS One*. Department of Biological and Ecological Engineering, Oregon State University (OSU). (2018).
- Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker, Chad W. Higgins. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. (2018).
- [Environmental benefits of co-located photovoltaic and greenery systems: A review on the operational performance and assessment framework across climate zones](#) (2023), *Sustainable Energy Technologies and Assessments*.
- Forst and 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. Guillioni, L. Dufour, C. Dupraz, J. Wery, 2013. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology* 177 (2013) 117–132.
- H. Marrou *et al.* How does a shelter of solar panels influence Water flows in a Soil–crop system? *Eur. J. Agron.* (2013).
- H. Marrou *et al.* Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agric. Forest Meteorol.* (2013).
- H. Marrou, L. Guillioni, L. Dufour, C. Dupraz, J. Wery. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? (2013).
- H.T. Harvey & Associates. Evaluation of potential changes to annual grass lands in response to increased shading by solar panels from the California Valley Solar Ranch project. High Plains Ranch II, LLC. (2010).
- Hadi A. AL-agele, Kyle Proctor , Ganti Murthy and Chad Higgins. A Case Study of Tomato (*Solanum lycopersicon* var. Legend) Production and Water Productivity in Agrivoltaic Systems. (2021).
- Increasing the agricultural sustainability of closed agrivoltaic systems with the integration of vertical farming: A case study on baby-leaf lettuce (2023), *Applied Energy*.
- J. Bota *et al.* Differences among Grapevine cultivars in their stomatal behavior and Water use efficiency under progressive Water stress. (2016).
- J.C. Mailhol *et al.* Analysis of AET and yield predictions under surface and buried drip irrigation systems using the crop model PILOTE and Hydrus-2D *Agric. Water Manage.* (2011).
- Jean Mailhol *et al.* Sorghum and sunflower evapotranspiration and yield from simulated leaf Area index *Agric. Water Manage.* (1997).
- L. Guillioni *et al.* A model to estimate the temperature of a maize Apex from meteorological data *Agric. For. Meteorol.* (2000).
- Legge 24 marzo 2012, n.27, “Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1: Misure urgenti in materia di concorrenza, liberalizzazioni e infrastrutture.” (G.U. del 24 marzo 2012, n.71).
- Legge 29 luglio 2021, n. 108, “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 31 maggio 2021, n. 77, recante governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure”. (G.U. del 30 luglio 2021, n. 181).
- M.R. Khaledian *et al.* Adapting PILOTE model for water and yield management under direct seeding system: the case of corn and durum wheat in a Mediterranean context *Agric. Water Manage.* (2009).
- Meloni E. Agrivoltaico: la sinergia tra agricoltura ed energia rinnovabile. In *Rinnovabili.it*: <https://bit.ly/3buGxTr>
- MISE. Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima (PNIEC): https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf.
- Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR): <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>.
- Pietro Elia Campana, Bengt Stridh, Stefano Amaducci, Michele Colauzzi. Optimisation of vertically mounted agrivoltaic systems. (2021).
- R. Guidotti: Lavorazioni del terreno su misura, *Il Contoterzista*, (2018).
- Redazione, Agro-voltaico: il matrimonio tra agricoltura e solare, 19 Maggio 2021, *RivistaEnergia*.
- Redazione. Agrivoltaico: il connubio tra fotovoltaico e agricoltura. 12 febbraio 2021. In *4 Energy.it*: <https://bit.ly/3GB5VFj>.
- Redazione. Agrovoltaico, nasce una rete coordinata da Enea. 10 maggio 2021. In *QualEnergia*: <https://www.qualenergia.it/articoli/agrovoltaico-nasce-rete-coordinataenea/>.
- Regione Emilia-Romagna servizio geologico, Paola Tarocco e Alessandra Aprea, «CAPACITÀ D’USO DEI SUOLI AI FINI AGRICOLI E FORESTALI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA». (2021).

- S. Martorell *et al.* Differences in Water-use-efficiency between Two Vitis Vinifera cultivars (Grenache and Tempranillo) explained by the combined response of stomata to hydraulic and chemical signals during Water stress Agric. Water Manage. (2015).
- Sami Touil, Amina Richa, Meriem Fizir & Brendon Bingwa. Shading effect of photovoltaic panels on horticulture crops production: a mini review. (2021).

10. Sitografia

- <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=37850>
- <https://agrea.regione.emilia-romagna.it/>
- <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/aiuti-imprese/temi/prezzario/il-prezzario-documento-e-sue-modifiche/testo-coordinato-con-tutte-le-modifiche-formato.doc>
- <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/dop-igp/temi/prodotti-dop-e-igp-emilia-romagna/elenco-prodotti-dop-e-igp-dellemilia-romagna>
- <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.001> Get rights and content
- <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116102> Get rights and content
- <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/applicazioni-gis/regione-emilia-romagna/pianificazione-e-catasto/uso-del-suolo>
- <https://www.fe.camcom.it/>
- <https://www.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.