

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
Comuni di Codigoro e Fiscaglia (FE)
LOCALITA' "Valle Giralda"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN AVENTE POTENZA NOMINALE PARI A 71 MWp

Sezione 8:
RELAZIONI SPECIALISTICHE

Titolo elaborato:
Relazione sulla compatibilità con il Quadro Normativo per gli impianti Agrivoltaici

N. Elaborato: **8.8**

Scala: -

Proponente

VIRGO ALPHA S.r.l.

Via Piave, 7
CAP 00187 - ROMA (RM)
P.Iva 17296991007

Amministratore Unico
SALVATORE FLORENI

Progettazione



sede legale e operativa
Loc. Chianarile snc Area Industriale - 82010 San Martino Sannita (BN)
sede operativa
Via A.La Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

P.IVA 01465940623

Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Progettista
Dott. Ing. NICOLA FORTE



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	MAGGIO 2024	MMG sigla	MMG sigla	NF sigla	Emissione progetto definitivo
Nome file sorgente	FV.CDG01.PD.8.8.R00.doc	Nome file stampa	FV.CDG01.PD.8.8.R00.pdf	Formato di stampa	A4

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
1.1.	Inquadramento normativo	3
2.	CRITERI PROGETTUALI ALLA BASE DELL'INIZIATIVA AGRIVOLTAICA	5
3.	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI: conformità dell'impianto ai requisiti di cui alle Linee Guida e alle Regole Operative	11
3.1.	REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"	12
3.2.	REQUISITO B: produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli	20
3.3.	REQUISITO C: soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra.....	25
3.4.	REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio.....	29
4.	CONCLUSIONI.....	32

1. PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale installata pari a 71 MWp e potenza nominale di connessione pari a 60 MW da installare in provincia di Ferrara, nel comune di Codigoro in località "Valle Giralda", con opere di connessione ricadenti nei comuni di Codigoro e Fiscaglia.

Proponente dell'iniziativa è la società VIRGO ALPHA S.r.l. con sede in Via Piave, 7 - 00187 Roma (RM).

L'impianto agrivoltaico è costituito da 98.628 moduli in silicio monocristallino, ognuno di potenza pari a 720 Wp. La configurazione dei pannelli, scelta in via preliminare, è costituita da un blocco di 7 file di tracker monoassiali. Ciascuna di esse consta di 24 moduli, ripartiti in n.12 moduli a valle ed a monte rispetto ad una barra di trasmissione tra le file parallele che traslerà in direzione est-ovest facendo ruotare, contemporaneamente, tutte le file ad esso collegate lungo la medesima direzione. Si precisa che la struttura descritta è la dimensione massima prevedibile, ma la stessa è modulabile per numero di moduli. Il limite di 7 file è dato, infatti, dalla massima trazione trasmissibile dalla barra per far scorrere le strutture ad esso collegate.

L'impianto è organizzato in n.6 campi delimitati da una recinzione perimetrale e provvisti di un cancello di accesso. Ogni stringa di moduli fotovoltaici è montata su una struttura metallica in acciaio zincato ancorata al terreno. All'esterno della recinzione, lungo il perimetro visibile dell'impianto, è prevista una fascia a verde di ampiezza pari a 3 m per garantire la mitigazione ambientale e paesaggistica dell'intervento.

L'impianto è organizzato in gruppi di stringhe collegati alle cabine di campo attraverso gli inverter di stringa. In particolare, l'energia elettrica viene prodotta da ogni gruppo di stringhe collegate in parallelo tramite quadri di parallelo DC in corrente continua (denominati "string box") e viene trasmessa agli inverter installati in campo e ancorati ai pali di sostegno di una delle strutture, che provvedono alla conversione in corrente alternata. Gli inverter attraverso linee BT vengono collegati ai trasformatori BT/AT ubicati all'interno delle cabine di campo.

Le linee AT 36 kV in cavo interrato collegano tra loro le cabine di campo, e quindi proseguono alla cabina di smistamento utente, prevista all'interno del campo 5.

Dalla cabina di smistamento utente si sviluppa una linea 36 kV interrata per il trasferimento dell'energia dell'impianto agrivoltaico alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Ravenna Canala – Porto Tolle" e alle linee RTN 132 kV afferenti alla Cabina Primaria Codigoro ricollegata in doppia antenna alla suddetta Stazione Elettrica.

La proposta progettuale presentata è stata sviluppata in modo da ottimizzare al massimo il rapporto tra le opere di progetto ed il territorio, limitare al minimo gli impatti ambientali e paesaggistici e garantire la sostenibilità ambientale dell'intervento.

La presente relazione di compatibilità, nel dettaglio, illustra la rispondenza dell'iniziativa di progetto ai principali requisiti previsti dalle Linee Guida per gli impianti agrivoltaici, al fine di garantire la piena attuazione di un programma efficace ed efficiente per la produzione di energia elettrica senza sottrazione di suolo al settore agricolo.

Per tutti i dettagli del progetto si rimanda alla Relazione Tecnica e alla Relazione Descrittiva (cfr. elab. FV.CDG01.PD.01.R00 e FV.CDG01.PD.02.R00).

1.1. Inquadramento normativo

I progetti agrivoltaici sono regolati dalle seguenti norme:

- Norma CEI Guida 82-25 "Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica";
- Norma CEI PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici";
- Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, pubblicate in giugno 2022, elaborate dal Gruppo di lavoro coordinato dal MITE a cui hanno partecipato: CREA - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, GSE - Gestore dei servizi energetici S.p.A. ed RSE - Ricerca sul sistema energetico S.p.A.;
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, cd. DM Agrivoltaico o Decreto, del 22 dicembre 2023, n. 463;
- Regole operative Agrivoltaico del D.M. n. 233 del 16 maggio 2024 emanato dal MASE.
- Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 199, "Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili";
- D.L. "Disposizioni urgenti per le imprese agricole, della pesca e dell'acquacoltura, nonché per le imprese di interesse strategico nazionale", cd. "DL Agricoltura", del 15 maggio 2024, n. 63;

In particolare, le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici descrivono le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito agrivoltaico, sia per ciò che riguarda gli impianti più avanzati, che possono accedere agli incentivi PNRR, sia per ciò che concerne le altre tipologie di impianti agrivoltaici, che possono comunque garantire un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola.

Le Regole Operative del Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023, n. 436, nel seguito DM Agrivoltaico o Decreto, entrato in vigore in data 14 febbraio 2024, recante disposizioni per l'incentivazione della realizzazione di sistemi agrivoltaici di natura sperimentale in attuazione dell'articolo 14, comma 1, lettera c) del Decreto Legislativo n. 199 del 2021, in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previsti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, nel seguito PNRR.

Le norme CEI di fatto sono state di fatto recepite sia nelle Linee Guida che nelle Regole Operative, pertanto, l'analisi di compatibilità dell'impianto al quadro normativo degli impianti agrivoltaici si è potuta limitare alla rispondenza dello stesso con i sopracitati dispositivi. Infatti, nei successivi paragrafi sono stati verificati i seguenti aspetti:

- Configurazione dell'impianto di progetto (capitolo 2);
- REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico" (paragrafo 3.1);
- REQUISITO B: produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli (paragrafo 3.2);
- REQUISITO C: soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra (paragrafo 3.3);
- REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio (paragrafo 3.4).

In merito al D.L. 199/2021 e al successivo Decreto Agricoltura, nella Relazione Descrittiva (cfr. elab. FV.CDG01.PD.02.R00) al paragrafo 3.4.9 è stata rappresentata la compatibilità dell'impianto con le aree idonee previste da tali norme.

2. CRITERI PROGETTUALI ALLA BASE DELL'INIZIATIVA AGRIVOLTAICA

La transizione energetica verso fonti di generazione di energia pulita rappresenta anche un'occasione per mitigare gli effetti della crisi climatica in agricoltura, preservare la biodiversità e promuovere nuove opportunità di coinvolgimento attivo di cittadini e aziende. È il caso dell'agrivoltaico, una nuova frontiera per le energie rinnovabili.

Come introdotto dalle norme citate nel paragrafo precedente, il sistema agrivoltaico si contraddistingue per la sua capacità di integrare la produzione di energia elettrica con la normale conduzione agricola dei suoli, garantendo la valorizzazione del potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi. In tale ottica, la combinazione di energia solare ed agricoltura è fondamentale nella strategia energetica del Paese potendo mettere a disposizione ampie superfici da occupare e garantendo al contempo la sostenibilità del settore agricolo e la redditività delle aziende.

In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa. Ad esempio, un eccessivo ombreggiamento sulle piante può generare ricadute negative sull'efficienza fotosintetica e, dunque, sulla produzione; o anche le ridotte distanze spaziali tra i moduli e tra i moduli ed il terreno possono interferire con l'impiego di strumenti e mezzi meccanici in genere in uso in agricoltura. Ciò significa che una soluzione che privilegi solo una delle due componenti - fotovoltaico o agricoltura - è passibile di presentare effetti negativi sull'altra. È dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

Molteplici sono i sistemi attualmente in commercio, o in fase di sperimentazione, che si differenziano, principalmente, per il tipo di installazione dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo, coerentemente con le esigenze del piano colturale applicato alla produzione praticata.

In riferimento alla proposta progettuale, sono state previste:

- Una progettazione integrata del parco agrivoltaico con scelta di colture idonee (rif. elab. "Stato di progetto della componente agricola", FV.CDG01.PD.4.10.R00);
- Strutture con fondazioni a palo infisso, che limitano l'uso del calcestruzzo alle fondazioni (rif. elab. "Relazione di calcolo preliminare delle fondazioni delle strutture", FV.CDG01.PD.9.1.R00);
- Garanzia di continuità dell'attività agricola attraverso il calcolo della Resa agricola (Ra), come specificato nella relazione agronomica (rif. elab. "Relazione Agronomica", FV.CDG01.PD.8.7.R00);
- Alto rendimento dell'impianto fotovoltaico che impiega componentistica con alte rese (rif. elab. "Stima di producibilità dell'impianto", FV.CDG01.PD.8.4.R00);

- Integrazione col paesaggio (rif. elab. "Studio di Impatto Ambientale", FV.CDG01.PD.SIA01.R00);
- La possibilità di continuare ad utilizzare i terreni per l'agricoltura con buona redditività (rif. elab. "Stato di progetto della componente agricola", FV.CDG01.PD.4.10.R00);
- La produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile immessa in rete porta ad un risparmio di fonti fossili non rinnovabili ed inquinanti, come carbone, metano, petrolio, ecc (rif. elab. "Analisi del ciclo vita dell'impianto", FV.CDG01.PD.SIA11.02.CA.R00);
- Risparmio idrico con la modifica delle modalità di irrigazione, garantendo l'invarianza idraulica (rif. elab. "Relazione idrologica ed idraulica", FV.CDG01.PD.04.R00);
- Puntuali misurazioni di campo di valori di temperatura, umidità, condizioni del suolo (installazione colonnine agrometeorologiche), (rif. elab. "Piano di monitoraggio ambientale e Cronoprogramma", FV.CDG01.PD.SIA12.PMA.R00).

L'impianto agrivoltaico, come già detto, è un impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e/o pastorale sul sito di installazione. Esso è, dunque, costituito dall'impianto fotovoltaico e dallo spazio "poro" o volume agrivoltaico, ossia lo spazio libero tra e sotto i moduli fotovoltaici, installati con una configurazione tale da garantire la funzione agricola, o eventuali altre funzioni aggiuntive; secondo lo schema riportato in cui sono evidenziate le componenti di interesse dell'impianto di progetto, così come previsto dalle Linee Guida Agrivoltaici:

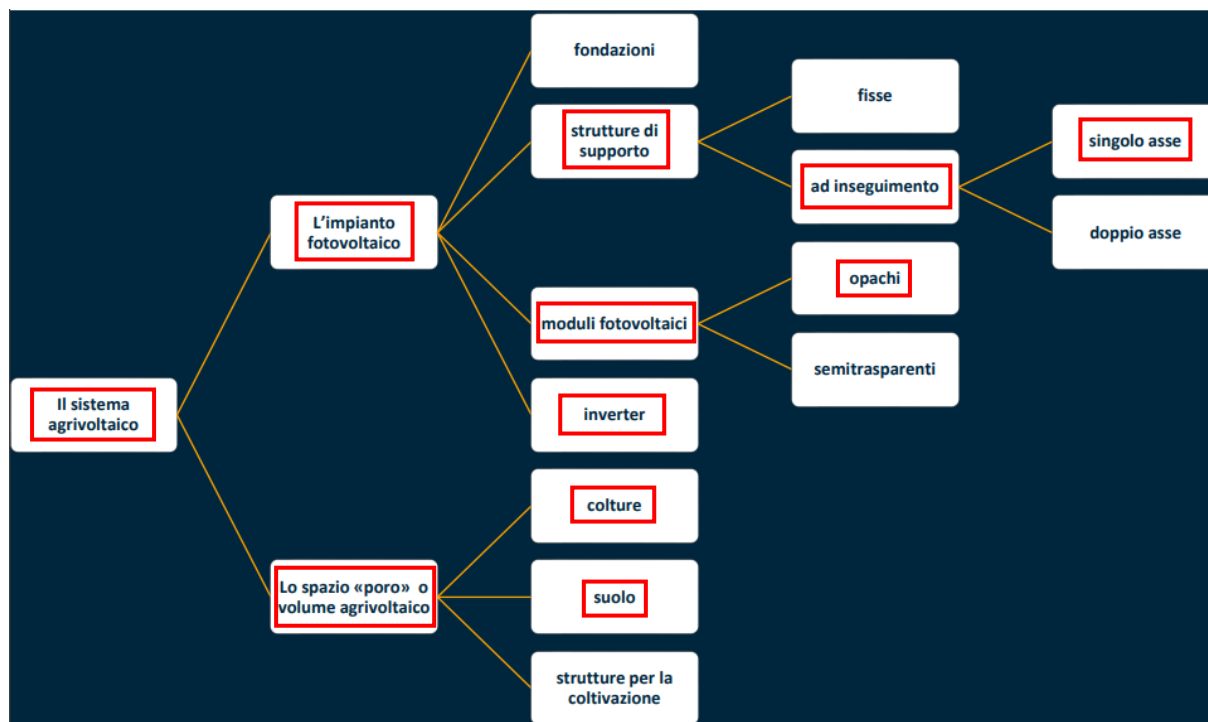


Figura 1: Schema scomposizione subsistemi dell'impianto agrivoltaico

In particolare, nelle Linee Guida Agrivoltaici sono schematicamente distinguibili tre componenti principali:

1. COMPONENTE PRODUTTIVA ENERGETICA

- Sistema di supporto dei moduli fotovoltaici del tipo tracker installati su file parallele disposte lungo la direttrice Nord-Sud ed asse di rotazione dei moduli nel piano Est-Ovest;
- Altezza della barra di trasmissione dei tracker rispetto al piano campagna di 4 m;
- Pitch di 5,5 m (interasse tra i tracker);
- Pannelli sono monofacciali aventi potenza nominale pari a 720 MWp.

2. COMPONENTE PRODUTTIVA AGRICOLA

- Aree produttive interne alle aree recintate, identificate come "tessere agrivoltaiche", destinate alla rotazione di colture di diverso tipo.

3. COMPONENTE MITIGATIVA

- Fascia perimetrale, opportunamente collocata e dimensionata, utile alla mitigazione visiva delle aree di impianto propriamente dette. La soluzione progettuale proposta si configura con una doppia valenza: produttiva e mitigativa. Si prevede, infatti, una mitigazione perimetrale mista costituita da piantumazione con indirizzo produttivo (ulivi) e da colture cespugliose di tipo essenziale (lavanda).

La configurazione ottimale si ottiene tramite la variazione della disposizione in pianta dei moduli, della loro altezza da terra, e della loro specifica giacitura.

Rispetto ai pattern spaziali proposti all'interno delle Linee Guida come rappresentativi, per ottimizzare la prestazione del sistema agrivoltaico in base alla tipologia di coltura scelta, si è optato, per la definizione dello spazio "poro", per il modello interfilare a singolo pannello come rappresentato nel definito **Montpellier half density**, ove le file di tracker sono sopraelevate rispetto a piano campagna e le produzioni agricole si sviluppano sia al di sotto della componente energetica che tra le interfila, come nello schema sotto riportato:

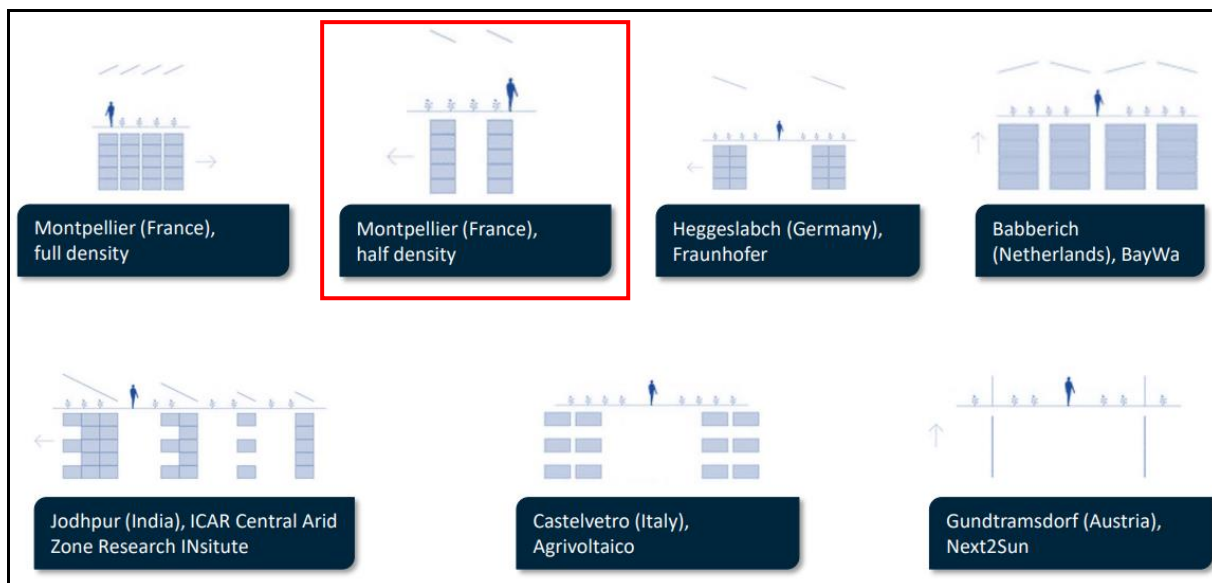


Figura 2: Principali pattern spaziali dei sistemi agrivoltaici

Nell'immagine sottostante si riporta la futura configurazione della sistemazione dei tracker rispetto alle colture previste ed alle attività agricole a farsi:

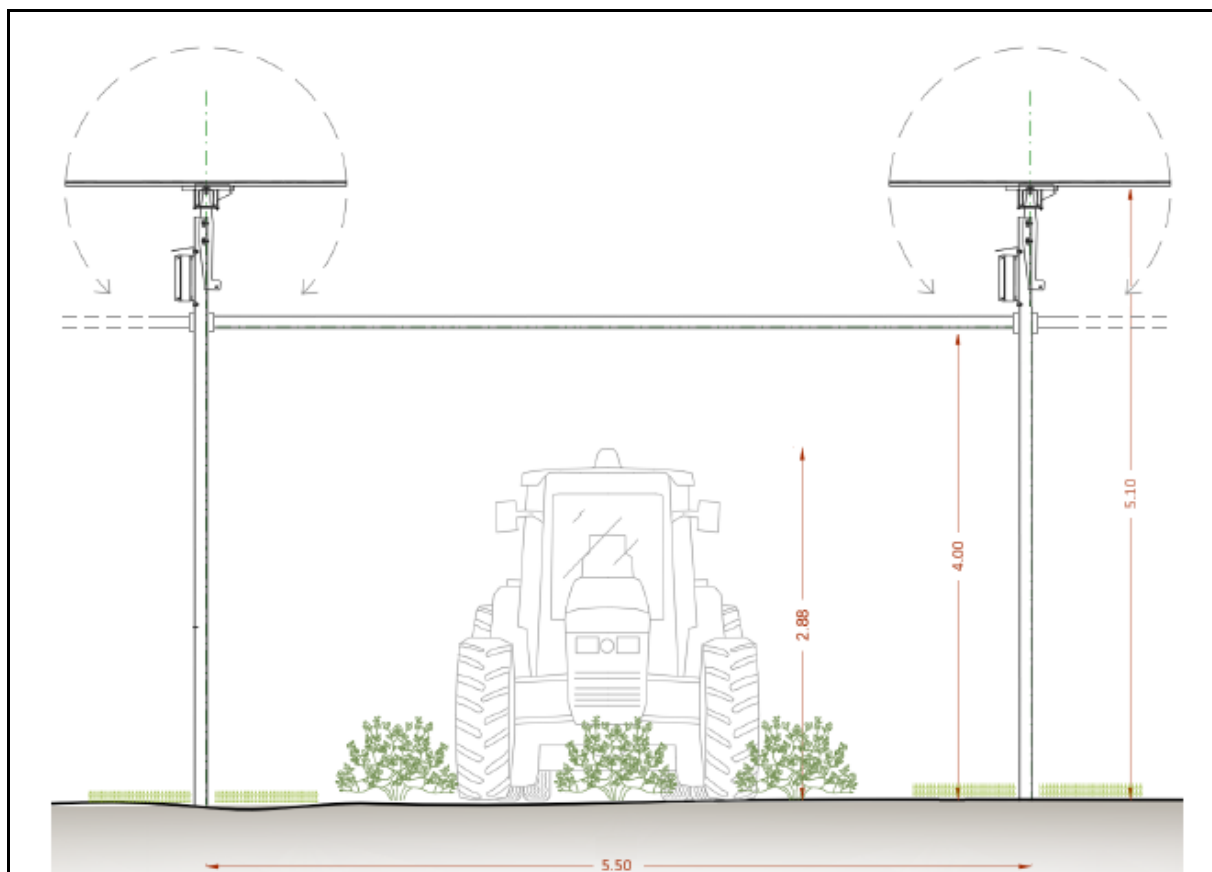


Figura 3: Modello di impianto

Nella configurazione sopraelevata scelta si ha la quasi totale sovrapposizione dei livelli produttivi energetico ed agricolo; ossia la stessa unità di suolo viene impiegata sia per la produzione agricola sia per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, a meno di alcune fasce di interferenza tecnica come le zone interessate dalle fila di supporti ai tracker.

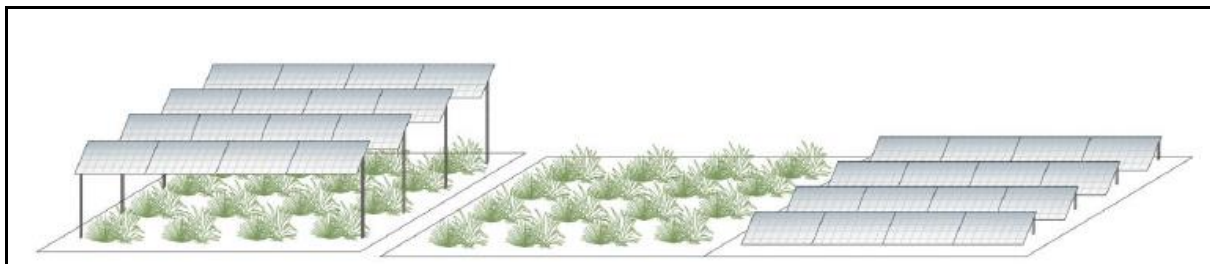


Figura 4: Schema rappresentativo di raffronto tra sistemi fotovoltaici standard e sistemi agrivoltaici

Il riferimento di tutte le grandezze coinvolte nella definizione dell'impianto agrivoltaico è sempre inteso alle possibili configurazioni previste, cosiddette a "tessera" o "insieme di tessere".

Nel caso in esame la conformazione del layout progettuale, per varie restrizioni tecniche legate al sito di impianto (presenza di collettori principali per lo scolo dei canali presenti sulle aree, linea elettrica in media tensione, strada statale, fabbricati adiacenti, ecc) ed alla disponibilità delle aree, può ricondursi al modello a **sistema di tessere**.

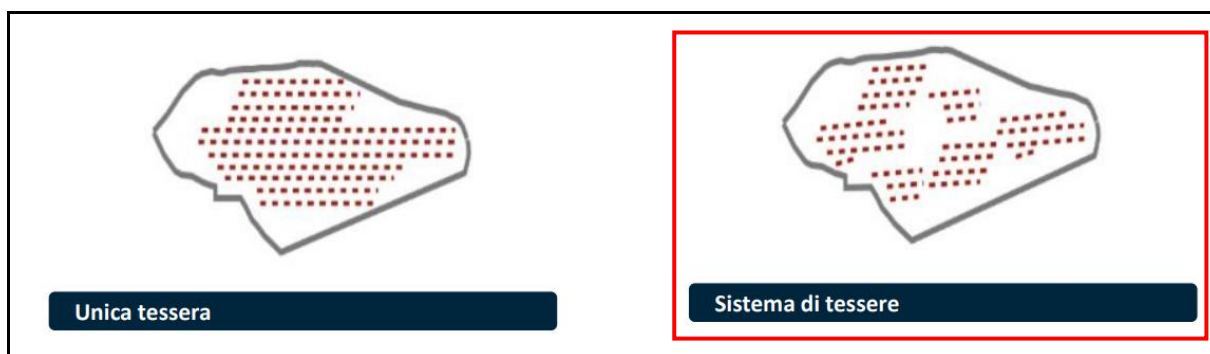


Figura 5: Schematizzazione delle tipologie di sistema agrivoltaico

Per definizione la tessera rappresenta la superficie contenuta nella spezzata di involucro degli elementi che costituiscono l'impianto agrivoltaico, intendendosi la proiezione a terra delle opere che potremmo definire "elettriche" o ad esse propedeutiche come:

- Moduli fotovoltaici
- Ingombro delle strutture di supporto;
- Ingombro delle varie apparecchiature elettriche e di supporto ad esse (cabine di campo, cabine dei servi ausiliari, cabina di smistamento, ecc).

Nel caso in esame, l'impianto agrivoltaico di progetto è costituito da 6 tessere, identificate come: **TI.1, TI.2, TI.3, TI.4, TI.5, TI.6:**

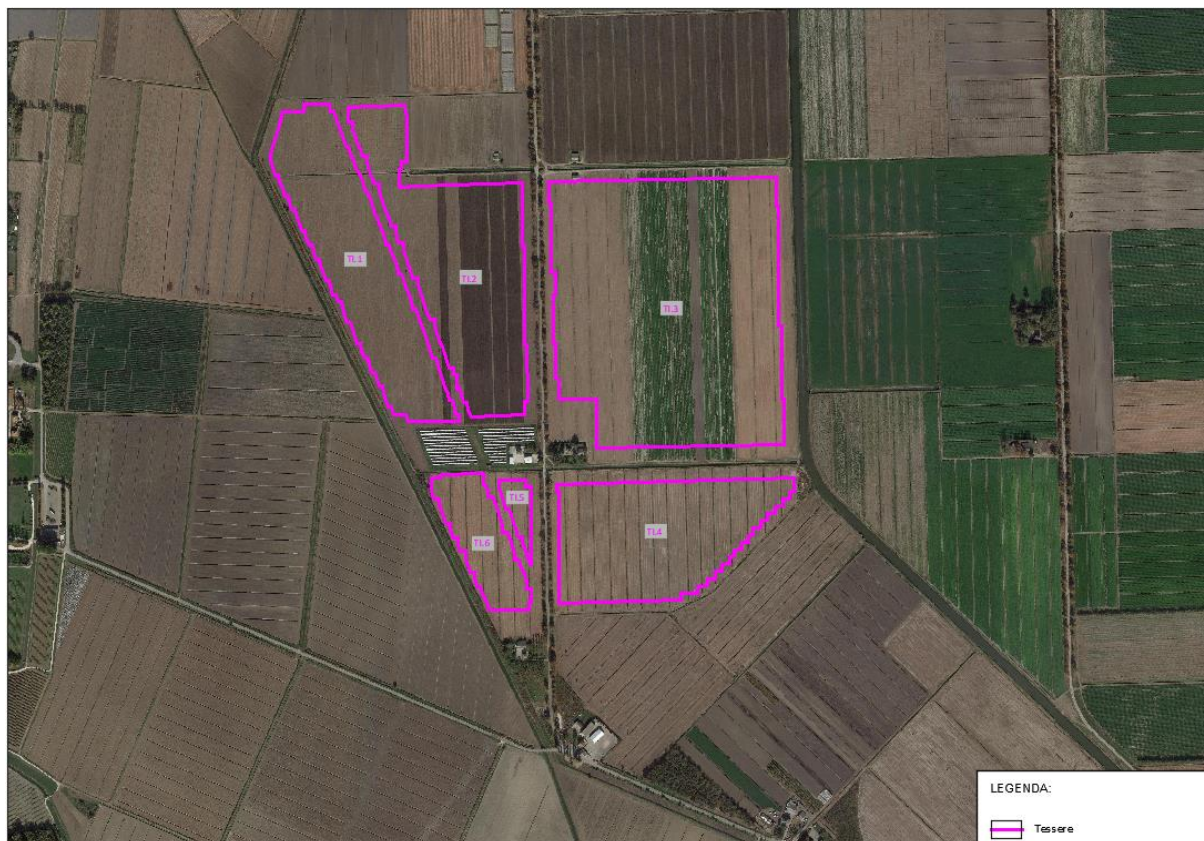


Figura 6: Sistema di tessere costituenti l'impianto agrivoltaico

Pertanto, le verifiche eseguite nel capitolo a seguire faranno riferimento agli elementi dell'impianto di progetto, così come sono stati definiti in questo capitolo.

3. CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI: conformità dell'impianto ai requisiti di cui alle Linee Guida e alle Regole Operative

Il MiTE (Ministero della Transizione Ecologica) ha emesso in data giugno 2022 le "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaico", dove vengono definite caratteristiche e requisiti che i sistemi agrivoltaico devono possedere per definirsi tali e per poter accedere agli incentivi fiscali e ai fondi del PNRR.

Tale documento, posto alla base del presente studio, sarà utilizzato quale indice per la verifica dei requisiti necessari alla definizione di un impianto fotovoltaico come agrivoltaico.

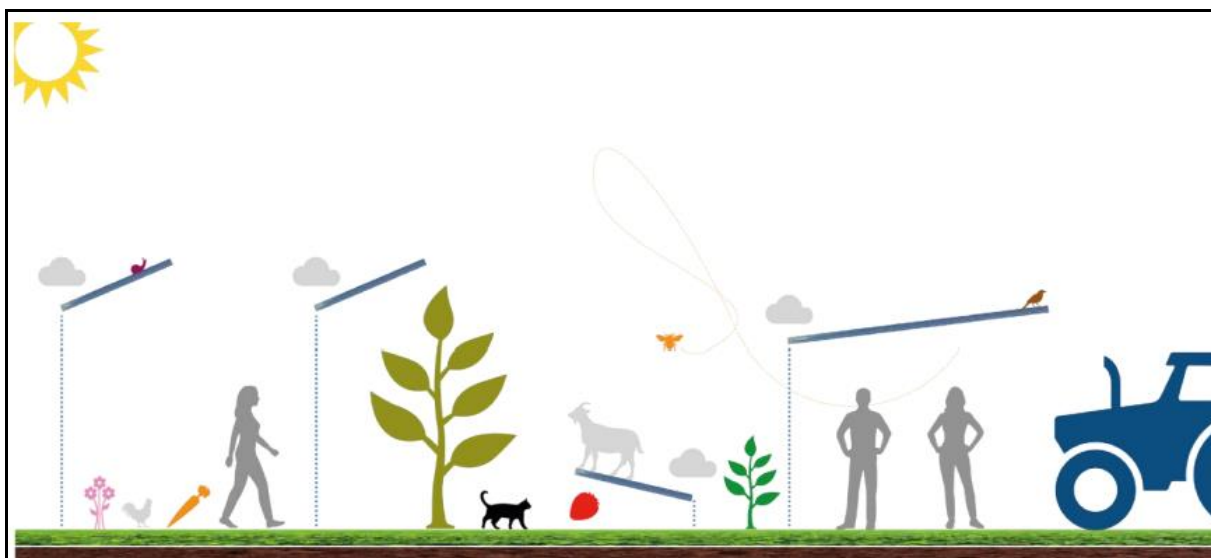


Figura 7: Schematizzazione di un sistema agrivoltaico

Per un impianto agrivoltaico possono essere definiti i seguenti requisiti:

- **REQUISITO A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;
- **REQUISITO B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;
- **REQUISITO C:** L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;
- **REQUISITO D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;

- **REQUISITO E:** L'impianto agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Si ritiene, dunque, che:

- Il rispetto dei requisiti A, B è necessario per definire un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola come "agrivoltaico". Per tali impianti dovrebbe, inoltre, essere previsto il rispetto del requisito D.2;
- Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di "impianto agrivoltaico avanzato" e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1 quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche;
- Il rispetto di tutti e cinque i requisiti (A, B, C, D, E) infine, sono preconditione essenziale per l'accesso ai contributi del PNRR fermo restando che, nell'ambito dell'attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo del sistema agrivoltaico", come previsto dall'articolo 12, comma 1, lettera f) del decreto legislativo n. 199 del 2021, potranno essere definiti ulteriori criteri in termini di requisiti soggettivi o tecnici, fattori premiali o criteri di priorità.

Di seguito si analizza la rispondenza delle caratteristiche dell'impianto di progetto ai requisiti riportati nelle Linee Guida del MiTE e quindi nelle Regole Operative.

3.1. REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"

L'obiettivo principale della progettazione di un impianto agrivoltaico dev'essere volta a creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola e/o pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica, nell'ottica di un equilibrio produttivo che valorizzi entrambe le componenti. Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali.

Al fine di ottenere la preconditione appena esposta verranno utilizzati alcuni parametri dimensionali di riferimento che vanno a valutare la reciproca incidenza spaziale. In particolare, sono identificati i seguenti parametri di riferimento:

- **A.1) superficie minima coltivata: superficie minima dedicata alla coltivazione**

In merito alla superficie minima coltivata, calcolata sulla superficie totale del sistema agrivoltaico, va garantito che almeno il 70% delle terre oggetto d'intervento sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA):

$$S_{agricola} \geq 0,7 \cdot Stot$$

- **A.2) LAOR massimo: rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola**

Per valutare la densità fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la densità di potenza (MW/ha) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

Considerato che la densità di potenza è un parametro variabile e strettamente dipendente dalla potenza dei moduli fotovoltaici (da una media di 0,6 MW/ha nel 2010, si è arrivati oggi a circa 1 MW/ha), per calcolare la densità fotovoltaica è preferibile considerare la percentuale di superficie occupata dai moduli di un impianto agrivoltaico, o LAOR. Tale fattore è variabile in funzione delle diverse configurazioni dei sistemi agrivoltaici.

Al fine di non limitare l'adozione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo:

$$\text{LAOR} \leq 40\%$$

Conformità del progetto al REQUISITO A

In merito al punto A.1, un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dal Decreto-legge 77/2021, è la continuità dell'attività agricola, atteso che la norma circoscrive le installazioni ai terreni a vocazione agricola. Tale condizione si verifica laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021).

Per tanto, si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, Stot) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

In merito al punto A.2, un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità". Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la densità di potenza (MW/ha) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

Tipicamente, considerando lo spazio tra le stringhe necessario per evitare ombreggiamenti e favorire la circolazione d'aria, risulta una percentuale di superficie occupata dai moduli pari a circa il 50%.

L'evoluzione tecnologica ha reso disponibili moduli fino a 350-380 W (a parità di dimensioni), che consentirebbero, a parità di percentuale di occupazione del suolo (circa 50%), una densità di potenza di circa 1 MW/ha. Tuttavia, una ricognizione di un campione di impianti installati a terra (non agrivoltaici) in Italia nel 2019-2020 non ha evidenziato valori di potenza significativamente superiori ai valori medi relativi al Conto Energia.

Una certa variabilità nella densità di potenza, unitamente al fatto che la definizione di una soglia per tale indicatore potrebbe limitare soluzioni tecnologicamente innovative in termini di efficienza dei

moduli, suggerisce di optare per la percentuale di superficie occupata dai moduli di un impianto agrivoltaico.

Al fine di non limitare l'adozione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40%.

Il rispetto dei requisiti A.1 e A.2 è stato soddisfatto progettando il layout dell'impianto agrivoltaico come di seguito riportato.

Come indicato dal DM Agrivoltaico, e dalle relative Regole Operative, la superficie totale del sistema agrivoltaico, Stot, è l'area che comprende la superficie utilizzata per la coltura e/o zootecnica e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico. Essa è, quindi, rappresentata dalla porzione di superficie destinata alla produzione agricola nella disponibilità del soggetto richiedente, prescelta per la realizzazione del sistema agrivoltaico.

Dal punto di vista catastale, le aree dei pannelli fotovoltaici e le cabine di campo ricadono sulle seguenti particelle del comune di Codigoro:

- Foglio 112 p.lle: 159, 158, 96, 52, 167, 53, 102, 54, 151, 104, 55, 103, 148, 3, 98.

Escludendo le interferenze presenti sulle aree di impianto e le relative fasce di rispetto da garantire, è stata ricavata la superficie utile da destinare all'impianto agrivoltaico. L'area utile è interessata dalle opere di progetto interne alla recinzione ed alla fascia arborea perimetrale ai campi.

Operativamente, a partire dalla superficie utile, si determina la superficie totale decurtando, all'intera superficie destinata alla realizzazione del sistema agrivoltaico, le superfici che non interessano direttamente l'attività agricola.

Le strade interne ai campi fotovoltaici si distinguono due casistiche:

- Strade realizzate in modo tale da non impermeabilizzare il suolo: rientrano nel computo della Stot;
- Strade realizzate in modo tale da impermeabilizzare il suolo: non rientrano nel computo della Stot;

Nel caso in esame, le strade interne saranno realizzate in massiciata, ossia composta di pietrisco, sassi o altro materiale incoerente poggiante su terreno naturale e, quindi, non comporteranno l'impermeabilizzazione del suolo agricolo.

Si precisa che della superficie totale fa parte anche la superficie destinata alla fascia di mitigazione perimetrale a filare misto con indirizzo produttivo esterna alla recinzione e di larghezza pari a 3 m poiché, seppur realizzata all'esterno della recinzione che delimita il perimetro della Stot, è di fatto ricompresa nel piano agronomico dell'azienda, come meglio riportato nella relazione specialistica (cfr. elab. "Relazione Agronomica", FV.CDG01.PD.8.7.R00).

A seguire si riporta una tabella riassuntiva per il calcolo di Stot:

Calcolo della Superficie Totale - Stot			
CAMPO	AREA INTERNA ALLA RECINZIONE [mq]	FASCIA DI MITIGAZIONE [mq]	Stot [mq]
1	141 498,09	2 506,79	144 004,87
2	170 917,66		170 917,66
3	351 810,99		351 810,99
4	146 081,88	2 003,67	148 085,55
5	12 627,78		12 627,78
6	46 997,59	1 463,10	48 460,69
TOTALE	869 933,98	5 973,56	875 907,54

La verifica del rispetto dei requisiti previsti dalle Linee Guida si effettua confrontando la superficie totale rispetto alla superficie agricola coltivabile. Essa è rappresentata dalla superficie che continua ad essere utilizzata per le attività agricole, di coltivazione e/o di allevamento. In particolare, Sagri è determinata a partire dalla superficie totale alla quale sono sottratte le superfici non più coltivabili dopo la realizzazione delle iniziative poiché occupate da componenti costituenti l'impianto (strutture di sostegno dei moduli, cabine elettriche, ecc.).

In riferimento all'area di ingombro delle pannellature essa non si ricava dalla mera proiezione a terra dell'ingombro massimo del pannello, Spv. Infatti, in ragione dell'altezza minima dei tracker da terra, si precisa che essa è tale da consentire la coltivazione non solo tra le stringhe, ma anche dei terreni sottostanti i pannelli, come rappresentato in precedenza.

Le coltivazioni previste beneficeranno, infatti, della copertura dei pannelli in quanto la pratica dell'ombreggiamento consente di diminuire l'irraggiamento solare ed incrementare il potenziale d'acqua disponibile nel terreno, soprattutto in stagioni e luoghi particolarmente aridi e caldi, consentendo di minimizzare lo stress idrico delle coltivazioni. Infine, i pannelli possono proteggere da agenti atmosferici violenti come intense piogge, neve, grandine o vento.

Per tanto, si considera che quota parte della proiezione di tale ingombro sia comunque destinabile alla produzione agricola; di conseguenza, l'area a meccanizzazione limitata è definita da una sorta di cuneo, come da immagine a seguire:

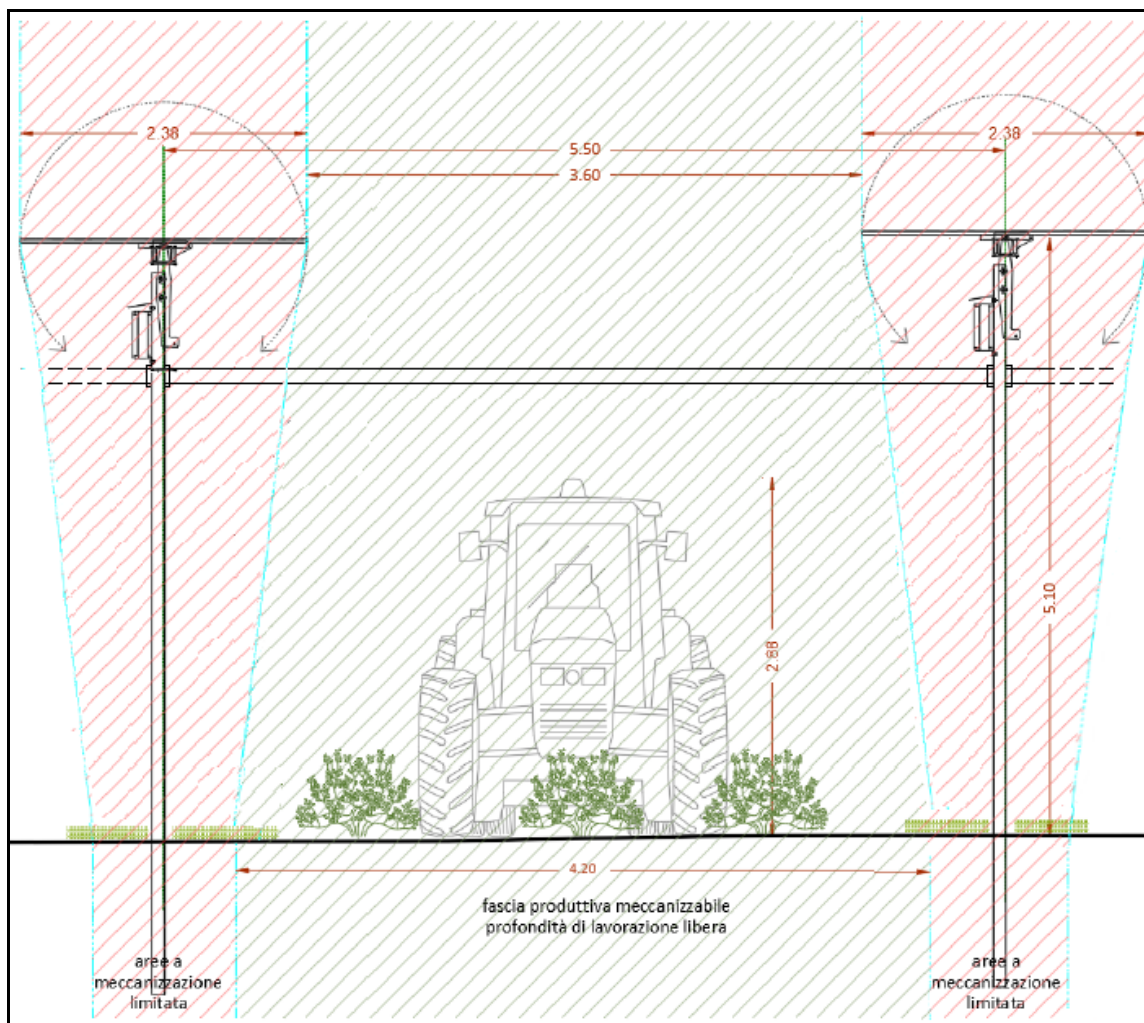


Figura 8: Schema spaziale in sezione

Nel computo di Sagri rientrano, inoltre, anche le superfici occupate dalle opere di mitigazione, a condizione che tali superfici siano coltivate e rientrino nel piano agronomico, come nel caso in esame.

A seguire si riporta una tabella riassuntiva per il calcolo di Sagri:

Calcolo della Superficie Totale - Stot					
Dimensioni modulo FV [mq]	L1 [mm]	2384	Superficie modulo FV [mq]	3,106	
	L2 [mm]	1303			
CAMPO	Stot [mq]	CABINE [mq]	N. MODULI	INGOMBRO TRACKER [mq]	Sagri [mq]
1	144 004,87	62,10	15 870	29 578,68	114 364,09
2	170 917,66	80,30	19 164	35 718,08	135 119,28
3	351 810,99	153,10	41 610	77 553,18	274 104,71
4	148 085,55	62,10	15 972	29 768,79	118 254,66
5	12 627,78	82,50	1 056	1 968,18	10 577,09
6	48 460,69	43,90	4 956	9 237,05	39 179,74
TOTALE	875 907,54	484,00	98 628,00	183 823,97	691 599,57

La rappresentazione grafica delle superfici analizzate per la verifica della compatibilità del progetto alle Linee Guida Ministeriali è riportata nell'elaborato "Layout di progetto con individuazione delle superfici interessate" (cfr. elab. FV.CDG01.PD.3.9.R00), di cui si riporta uno stralcio:

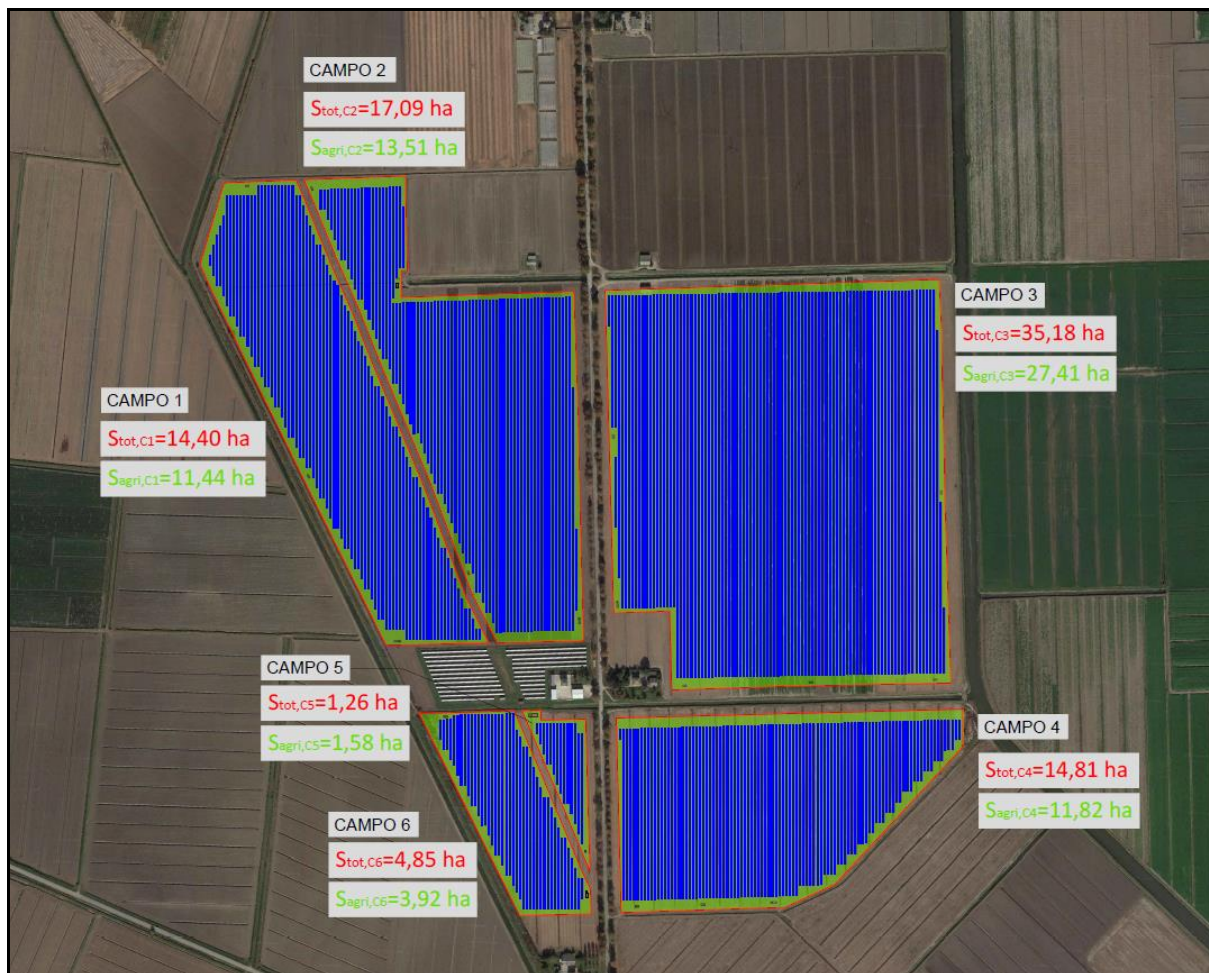


Figura 9: Planimetria delle superfici analizzate per la compatibilità rispetto alle LL.GG.MM.

Si riporta, di seguito, il confronto tra la superficie minima destinata all'attività agricola, nell'ambito del sistema agrivoltaico, rispetto alla superficie totale del sistema agrivoltaico stesso:

REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"			
A.1) superficie minima coltivata: superficie minima dedicata alla coltivazione: Sagricola $\geq 0,7 \times$ Stot			
CAMPO	Stot [mq]	Sagri [mq]	Sagri/Stot
1	144 004,87	114 364,09	0,79
2	170 917,66	135 119,28	0,79
3	351 810,99	274 104,71	0,78
4	148 085,55	118 254,66	0,80
5	12 627,78	10 577,09	0,84
6	48 460,69	39 179,74	0,81
TOTALE	875 907,54	691 599,57	0,80

Come si evince dalla verifica effettuata, ciascun campo fotovoltaico di cui consta l'impianto agrivoltaico garantisce ampiamente il rispetto del requisito A.1) di cui alle Linee Guida Ministeriali. In particolare, volendo far riferimento all'impianto nel suo complesso, si ottiene che il valor medio del rapporto è pari a 0,8, ossia l'80%.

È stata valutata, a partire dalle caratteristiche tecniche del pannello fotovoltaico da installare, la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione.

A seguire si riporta una tabella riassuntiva per il calcolo della LAOR:

REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"					
A.2) LAOR massimo: rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola: LAOR $\leq 40\%$					
CAMPO	POTENZA [MWp]	MW/ha	mq moduli FV/ha	ha/MW	LAOR [%]
1	11,43	0,81	3 483,99	1,24	34,8
2	13,80	0,81	3 482,97	1,24	34,8
3	29,96	0,85	3 674,00	1,17	36,7
4	11,50	0,79	3 396,36	1,27	34,0
5	0,76	0,60	2 597,69	1,66	26,0
6	3,57	0,76	3 275,72	1,32	32,8
TOTALE	71,01	4,61	19 910,73	7,90	33,2

Come si evince dalla verifica effettuata, ciascun campo fotovoltaico di cui consta l'impianto agrivoltaico garantisce ampiamente il rispetto del requisito A.2) di cui alle Linee Guida Ministeriali. In particolare, volendo far riferimento all'impianto nel suo complesso, si ottiene che il valor medio percentuale del 33,2%.

Concludendo, i dati percentuali evidenziano che l'impianto di progetto è conforme a quanto richiesto dal requisito A riportato nelle Linee Guida Ministeriale garantendo, in particolare:

- **Superficie agricola pari all'80% della superficie totale (limite minimo previsto del 70%);**
- **LAOR di 33,2% (limite massimo previsto del 40%).**

Relativamente ai valori utilizzati per la compilazione della precedente tabella, si specifica che:

S _{pv} (Superficie Pannelli Fotovoltaici)	Pari alla somma delle superfici di tutti i pannelli presenti in impianto
Superficie Totale impianto:	Intesa come superficie dell'area recintata e destinata all'impianto
Superficie effettivamente utilizzata	Tale superficie comprende la somma delle superfici occupate da strade, siepi e/o opere di mitigazione, cabine e montanti dei tracker per ciascuno dei quali è stata considerata una superficie di 1 m ² .
Area coltivata	Ottenuta come differenza tra "Superficie Totale Impianto" e "Superficie effettivamente utilizzata"
Superficie captante moduli Fotovoltaici	Trattandosi di moduli fotovoltaici del tipo "Bifacciale", corrisponde al doppio della superficie dei pannelli, al lordo della cornice in alluminio
Perdita di performance	E' stato inserito il valore totale delle perdite con riferimento al BOS (Balance Of System) definito nella relazione PD-R03.
Area viabilità interna	Superficie occupata dalla viabilità interna all'impianto, perimetrale più interna
Area Fascia di mitigazione	Nel caso specifico la fascia di mitigazione corrisponde alla siepe perimetrale presente lungo la recinzione meno che per il tratto occupato dalla fascia di rispetto dell'elemento idrico Strahler presente
Area a verde	Aree non comprese né tra le aree coltivate né tra quelle utilizzate per l'impianto
Indice di occupazione = area Pannelli /area a disposizione	Corrisponde al LAOR indicato nelle "Linee guida in materia di impianti agrivoltaici"

3.2. REQUISITO B: produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli

Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli.

Nel corso della vita tecnica utile di un impianto agrivoltaico devono essere rispettate le condizioni di reale integrazione fra attività agricola e produzione elettrica valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

In particolare, dovrebbero essere verificate:

- **B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento**

Gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

a) L'esistenza e la resa della coltivazione.

Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici. In particolare, tale aspetto può essere valutato tramite il valore della produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA (Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si potrebbe fare riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione. In alternativa è possibile monitorare il dato prevedendo la presenza di una zona di controllo che permetterebbe di produrre una stima della produzione sul terreno sotteso all'impianto.

b) Il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate. A titolo di esempio, un eventuale riconversione dell'attività agricola da un indirizzo intensivo (es. ortofloricoltura) ad uno molto più estensivo (es. seminativi o prati pascoli), o l'abbandono di attività caratterizzate da marchi DOP o DOPG, non soddisfano il criterio di mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Per verificare il rispetto del requisito B.1, l'impianto dovrà inoltre dotarsi di un sistema per il monitoraggio dell'attività agricola rispettando, in parte, le specifiche indicate al requisito D.

- **B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa**

La producibilità elettrica minima di un impianto agrivoltaico, che si ricava dal confronto tra la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico FV_{agri} in GWh/ha/anno correttamente progettato, e la producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard ($FV_{standard}$ in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60% di quest'ultima:

$$FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$$

Conformità del progetto al REQUISITO B

In merito al punto B.1, al fine di garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola, la scelta è stata dettata da considerazioni specifiche, anche in merito ai cambiamenti climatici ed alla sempre minor sostenibilità economica della monocoltura preesistente, riportate più in dettaglio nella Relazione Agronomica (rif. elab. FV.CDG01.PD.8.7.R00).

In particolare, conformemente al punto b), essendo già presente una coltivazione, sarà rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo attuale. Allo stato dei fatti insiste sull'area un seminativo ad indirizzo cerealicolo con rotazione. Nelle annate precedenti, infatti, si prevedevano sempre colture di tipo seminativo, ad esempio: mais-frumento-leguminosa da granella (pisello) e pomodoro da industria. A seguito della valutazione delle aree, i nuovi indirizzi agricoli saranno rappresentati da:

- Frumento duro/tenero;
- Leguminose da granella (soia, pisello);
- Leguminosa da foraggio (erba medica).

Inoltre, al fine di assicurare la rotazione delle colture stesse, sarà seguito il seguente ordine: Frumento, Leguminosa da granella, Leguminosa da Foraggio, Frumento.

In merito al punto B.2 sono state eseguite stime di producibilità con lo scopo di ottenere dati di confronto documentabili tra le prestazioni di un sistema fotovoltaico standard e quelle del sistema agrivoltaico proposto, in linea con le indicazioni normative. Il layout considerato per l'impianto di riferimento, come da "DM Agrivoltaico – Regole operative Allegato 1 al Decreto di approvazione" è stato implementato sulla piattaforma PVGIS in accordo ai seguenti criteri:

- **Posizione:** coordinate geografiche del sito di installazione dell'impianto agrivoltaico
- **Database di radiazione solare:** SARAH 2
- **Tecnologia FV:** tecnologia adottata per l'impianto agrivoltaico

- **Potenza di picco (kW):** somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici dell'impianto agrivoltaico, calcolate alle Standard Test Conditions.
- **Perdite di sistema:** 14%.
- **Posizione di montaggio:** a terra
- **Opzioni di montaggio:** struttura fissa
- **Orientamento:** sud (azimuth 0°)
- **Inclinazione:** angolo pari alla latitudine meno dieci gradi

Inoltre, come indicato nel documento "Appendice 3 Esempio di calcolo del valore di producibilità con software PVGIS" presente nella documentazione del GSE inerente allo sviluppo agrivoltaico, l'impianto di riferimento è stato modellato in accordo ai seguenti punti:

- superficie totale dell'impianto di riferimento = superficie totale del sistema agrivoltaico Stot;
- superficie del singolo modulo su impianto di riferimento = superficie del modulo che si intende installare su impianto agrivoltaico;
- potenza nominale del singolo modulo su impianto di riferimento = potenza nominale del modulo che si intende installare su impianto agrivoltaico;
- LAOR dell'impianto di riferimento pari a 49%;

Partendo dalle simulazioni di producibilità effettuate, come detto, mediante l'ausilio del software PVGIS, sono state calcolate le seguenti energie specifiche:

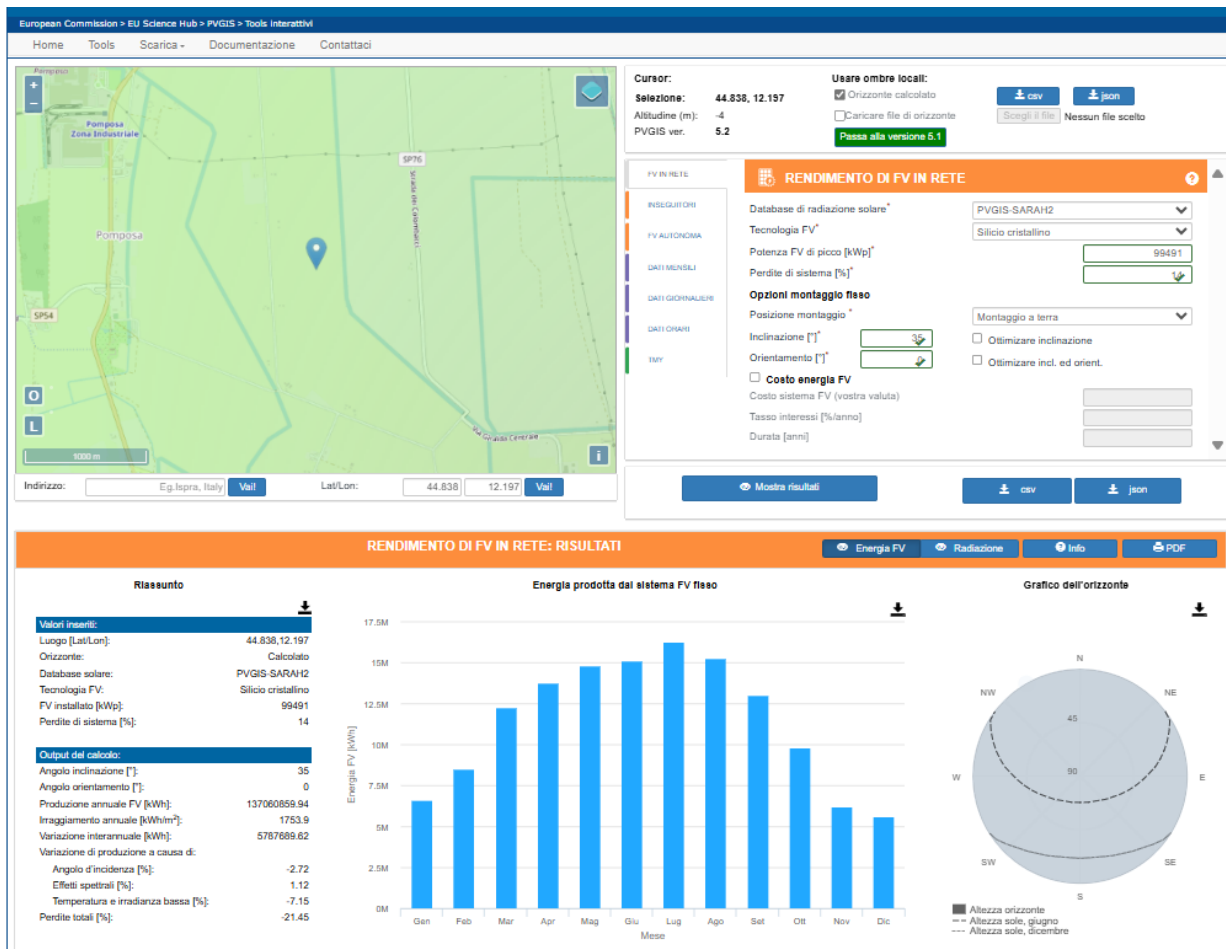
- **FV_standard: 1,56 GWh/ha/anno**
- **FV_agrivoltaico: 1,46 GWh/ha/anno**
- **FV_agrivoltaico = 0,935 FV_standard**

Analizzando i dati riportati si evince che l'energia elettrica specifica prodotta in un anno dall'impianto agrivoltaico (**FV_agrivoltaico**) è pari al 93,5 % di quella prodotta dalla configurazione standard su sistema fisso (**FV_standard**), verificando il requisito normativo che prevede:

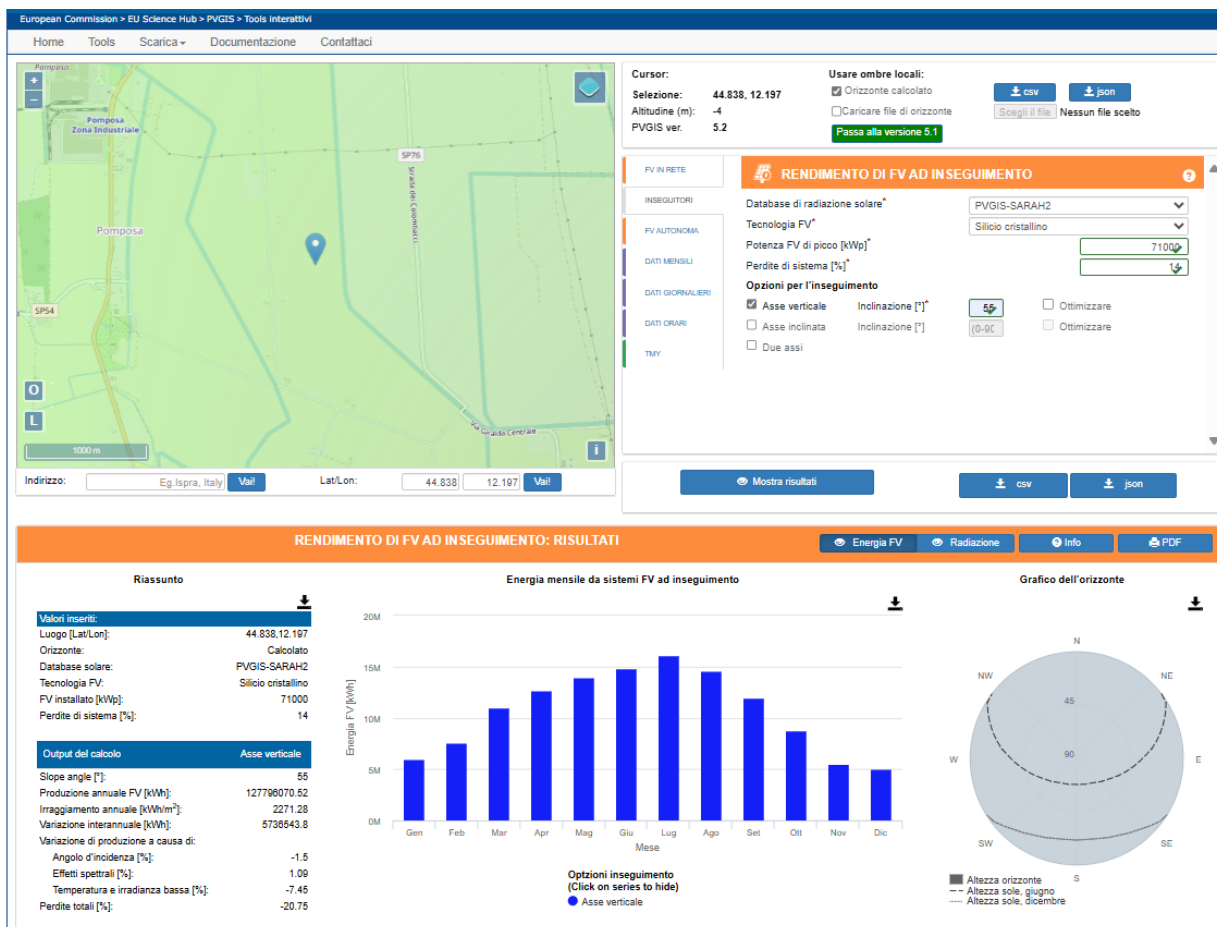
$$FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$$

Nel seguito sono mostrati i dettagli di implementazione dei due sistemi a confronto, nonché i risultati di producibilità ottenuti dal software PVGIS e necessari al calcolo delle energie specifiche oggetto del confronto.

REPORT PRODUCIBILITA' – FV_standard



REPORT PRODUCIBILITA' – FV_agrivoltaico



REQUISITO C: soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra

I fattori che principalmente condizionano la benefica sinergia tra il sistema fotovoltaico e quello agricolo sono riconducibili ad elementi di spazialità, quali:

- L'altezza dei moduli da terra;
- La distanza tra le file di tracker (per i sistemi interfilari).

La configurazione spaziale del sistema agrivoltaico, e segnatamente l'altezza minima di moduli da terra, influenza lo svolgimento delle attività agricole su tutta l'area occupata dall'impianto agrivoltaico o solo sulla porzione che risulti libera dai moduli fotovoltaici. Nel caso delle colture agricole, l'altezza minima dei moduli da terra condiziona la dimensione delle colture che possono essere impiegate (in termini di altezza), la scelta della tipologia di coltura in funzione del grado di compatibilità con l'ombreggiamento generato dai moduli, la possibilità di compiere tutte le attività legate alla coltivazione ed al raccolto. Le stesse considerazioni restano valide nel caso di attività zootecniche, considerato che il passaggio degli animali al di sotto dei moduli è condizionato dall'altezza dei moduli da terra (connettività).

Si possono esemplificare i seguenti casi:

- **TIPO 1:** L'altezza minima dei moduli consente la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura, e cioè i moduli fotovoltaici svolgono una funzione sinergica alla coltura, che si può esplicitare nella prestazione di protezione della coltura (da eccessivo soleggiamento, grandine, ecc) compiuta dai moduli fotovoltaici. In questa condizione la superficie occupata dalle colture e quella del sistema agrivoltaico coincidono, fatti salvi gli elementi costruttivi dell'impianto che poggiano a terra e che inibiscono l'attività in zone circoscritte del suolo



Figura 10: Sistema agrivoltaico di TIPO 1

- **TIPO 2:** L'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un uso combinato del suolo, con un grado di integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la coltura più basso rispetto al precedente (poiché i moduli fotovoltaici non svolgono alcuna funzione sinergica alla coltura)



Figura 11: Sistema agrivoltaico di TIPO 2

- **TIPO 3:** I moduli fotovoltaici sono disposti in posizione verticale. L'altezza minima dei moduli da terra non incide significativamente sulle possibilità di coltivazione (se non per l'ombreggiamento in determinate ore del giorno), ma può influenzare il grado di connessione dell'area, e cioè il possibile passaggio degli animali, con implicazioni sull'uso dell'area per attività legate alla zootecnia. Per contro, l'integrazione tra l'impianto agrivoltaico e la coltura si può esplicitare nella protezione della coltura compiuta dai moduli fotovoltaici che operano come barriere frangivento



Figura 12: Sistema agrivoltaico di TIPO 3

Considerata l'altezza minima dei moduli fotovoltaici su strutture fisse e l'altezza media dei moduli su strutture mobili, limitatamente alle configurazioni suddette, in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi, si possono fissare come valori di riferimento:

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

Si può concludere che:

- Gli impianti di tipo 1) e 3) sono identificabili come impianti agrivoltaici avanzati che rispondono al REQUISITO C;
- Gli impianti agrivoltaici di tipo 2), invece, non comportano alcuna integrazione fra la produzione energetica ed agricola, ma esclusivamente un uso combinato della porzione di suolo interessata.

Conformità del progetto al REQUISITO C

La struttura di fissaggio dei moduli fotovoltaici avrà un'altezza minima da terra tale da consentire l'utilizzo di macchinari funzionali all'attività colturale (rif. elab. FV.CDG01.PD.4.1.R00).

Conseguentemente al tipo di supporto scelto, il volume dello spazio poro è determinato dai seguenti limiti geometrici:

- Altezza dei tracker;
- Pitch.

La definizione di tali parametri è scaturita sia da esigenze legate all'ottimizzazione energetica, al fine di evitare fenomeni di ombreggiamento e di backtracking, che agronomiche, in particolare la stretta correlazione esiste tra le produzioni agricole previste e l'utilizzo di mezzi agricoli di attrezzature più o meno specifici.

In riferimento alle coltivazioni scelte, il tipo di filare ben si presta alla produzione interfilare tra i tracker. L'area destinata alla produzione agricola in un sistema agrivoltaico può coincidere con l'intera area del sistema, oppure corrispondere ad una porzione della stessa, come nel caso in esame, in funzione delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto.

Con particolare riferimento a quanto riportato nelle Linee Guida, la configurazione spaziale proposta non può essere integralmente identificata con alcuna tipologia riportata. Tuttavia, tenuto conto della possibilità di svolgere le attività agricole anche su parte delle superfici al di sotto dei tracker, ai fini esemplificativi, la configurazione in esame può essere equiparata alle definizioni di TIPO 1 e 2.

In particolare, le Linee guida ministeriali hanno definito l'altezza media dei moduli su strutture mobili tale da garantire il continuo dell'attività agricola, attraverso l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione, pari a 2,1 m.

In caso di moduli fotovoltaici installati su strutture di sostegno a inseguimento, come nel caso dell'impianto di progetto, l'altezza minima dei moduli rispetto al piano campagna deve essere misurata dal bordo inferiore del modulo fotovoltaico collocato alla massima inclinazione tecnicamente raggiungibile.

Considerando i parametri dimensionali della struttura di fissaggio utilizzata, si evidenzia che l'altezza dei tracker scelti, pari a 4 m misurata dal piano campagna rispetto alla barra di trasmissione, è ben maggiore rispetto all'altezza media di 2,1 m.

Nell'immagine a seguire è riportato il prospetto della struttura di fissaggio dei moduli fotovoltaici:

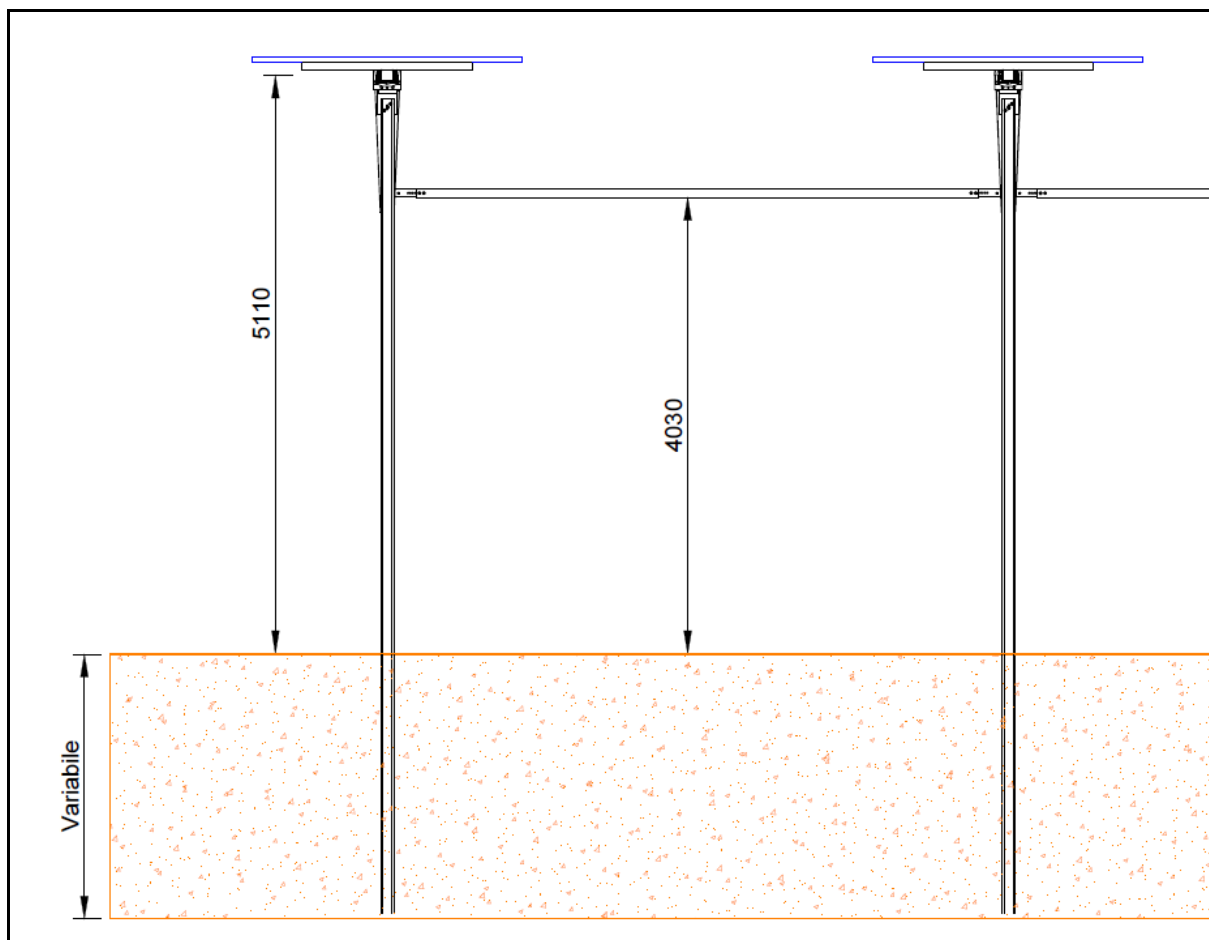


Figura 13: Prospetto della struttura di fissaggio

La distanza tra le file dei moduli fotovoltaici (pitch) è pari a 5,5 m, al fine di lasciare una distanza minima di sicurezza di manovra tra le strutture tracker e le macchine agricole.

In base alla classificazione riportata dalle linee guida ministeriali, essendo le strutture di un'altezza tale da consentire la continuità delle attività agricole anche al di sotto dei moduli fotovoltaici, l'impianto è di TIPO 1 e, per tanto, è definibile come impianto agrivoltaico avanzato.

3.3. REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio

I valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto.

L'attività di monitoraggio è quindi utile sia alla verifica dei parametri fondamentali, quali la continuità dell'attività agricola sull'area sottostante gli impianti, sia di parametri volti a rilevare effetti sui benefici concorrenti.

A tali scopi il DL 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio (REQUISITO D):

- **D.1) monitoraggio del risparmio idrico**

I sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo. L'impianto agrivoltaico, inoltre, può costituire un'efficace infrastruttura di recupero delle acque meteoriche che, se opportunamente dotato di sistemi di raccolta, possono essere riutilizzate immediatamente o successivamente a scopo irriguo, anche ad integrazione del sistema presente. È per tanto importante tenere in considerazione se il sistema agrivoltaico prevede specifiche soluzioni integrative che pongano attenzione all'efficientamento dell'uso dell'acqua (sistemi per il risparmio idrico e gestione acque di ruscellamento)

- **D.2) monitoraggio della continuità dell'attività agricola**

Gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

1. l'esistenza e la resa della coltivazione;
2. il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Tale attività può essere effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).

In aggiunta a quanto sopra, al fine di valutare gli effetti dei sistemi agrivoltaici, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri (REQUISITO E):

- **E.1) monitoraggio del recupero della fertilità del suolo**

Importante aspetto riguarda il recupero dei terreni non coltivati, che potrebbero essere restituiti all'attività agricola grazie alla incrementata redditività garantita dai sistemi agrivoltaici. È pertanto importante monitorare i casi in cui sia ripresa l'attività agricola su superfici agricole

non utilizzate negli ultimi 5 anni. Il monitoraggio di tale aspetto può essere effettuato nell'ambito della relazione di cui al precedente punto, o tramite una dichiarazione del soggetto proponente

- **E.2) monitoraggio del microclima**

Il microclima presente nella zona ove viene svolta l'attività agricola è importante ai fini della sua conduzione efficace. Infatti, l'impatto sulle colture sottostanti e limitrofe è di natura fisica: la sua presenza diminuisce la superficie utile per la coltivazione in ragione della palificazione, intercetta la luce, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell'aria. L'insieme di questi elementi può causare una variazione del microclima locale che può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento). L'impatto cambia da coltura a coltura e in relazione a molteplici parametri, tra cui le condizioni pedoclimatiche del sito. Tali aspetti possono essere monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto

- **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, 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. Dunque:

1. 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;
2. 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).

Conformità del progetto ai REQUISITI D ed E

All'interno del progetto è prevista l'installazione di un sistema di monitoraggio continuo che permetterà il controllo delle prestazioni dell'impianto, al fine di facilitare la formulazione di decisioni funzionali all'organizzazione del lavoro e della produzione nonché al monitoraggio di parametri ambientali.

La continuità dell'attività agricola sull'area di impianto e tutti gli altri parametri relativi ai benefici derivanti dall'esercizio dell'impianto stesso, saranno garantiti dall'attività di monitoraggio, che riguarderà tutta la vita tecnica dell'opera.

In particolare:

- In merito al punto D.1: il sistema agrivoltaico può svolgere un ruolo fondamentale nell'ottimizzazione della risorsa idrica grazie alla riduzione del fabbisogno di acqua per le piante dovuto al maggior ombreggiamento del suolo;
- In merito al punto D.2: gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono: l'esistenza e la resa della coltivazione ed il mantenimento dell'indirizzo produttivo. Al fine di verificare tali punti sarà redatta, con cadenza stabilita, una relazione tecnica asseverata da un agronomo;
- In merito al punto E.2: il microclima presente nella zona ove viene svolta l'attività agricola è importante ai fini della sua conduzione efficace. L'implementazione di un impianto tecnologico fisso o parzialmente in movimento sulle colture sottostanti e limitrofe determina, inevitabilmente, delle ricadute sulle coltivazioni praticate al di sotto. In particolare, la presenza dell'impianto diminuisce la superficie utile per la coltivazione, in ragione della palificazione delle strutture di supporto. Inoltre, esso intercetta la luce solare, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell'aria. L'insieme di questi elementi può causare una variazione del microclima locale che può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie, così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto di adattamento). L'impatto cambia da coltura a coltura ed in relazione a molteplici parametri, tra cui le condizioni pedoclimatiche del sito. Per tanto, risulta necessario monitorare i principali parametri influenzati dalla presenza dell'impianto fotovoltaico che condizionano la crescita e la resa delle colture praticate nel sistema agrivoltaico.

4. CONCLUSIONI

Nel presente studio sono state analizzate le caratteristiche dell'impianto agrivoltaico di progetto rispetto a quanto previsto nelle Linee Guida in Materia di Impianti Agrivoltaici (Giugno 2022) e alle Regole Operative (maggio 2024), in particolare, verificandone la congruenza con i requisiti indicati dalle medesime.

Dalla verifica effettuata è emerso, in particolare, che l'impianto rientra tra gli agrivoltaici di tipo avanzato (Requisito C – Tipo 1 delle Linee Guida), ossia un impianto che garantisce la continuità dell'attività agricola adottando soluzioni integrative e innovative con moduli rotanti, elevati da terra che consentono l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione. Tale tipo di impianto rientrano nei progetti necessari per il conseguimento degli Obiettivi del PNRR e rientrano nella M2C2, Investimento 1.1 (Sviluppo Agrivoltaico).

La progettazione a regola d'arte dell'impianto, conformemente alle Regole operative del DM Agrivoltaico ha garantito, infine, promuovere soluzioni innovative, con moduli ad alta efficienza, al fine di rendere compatibile la generazione energetica con le attività agricole, generando benefici concorrenti, migliorando la redditività, la promozione ed il recupero dei terreni.