

22_09_PV_CAN_AU_19_03_RE_00	GENNAIO 2023	RELAZIONE SULLA COERENZA DELL'AGRIVOLTAICO CON LE LINEE GUIDA NAZIONALI	Dott. Agr. Angelo Leggieri	Dott. Agr. Angelo Leggieri	Dott. Agr. Angelo Leggieri
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

**OGGETTO:**

Progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Impianto Agrivoltaico Masseria Argentoni" della potenza di 28.618,94 kWp con storage della potenza di 25.410 kW da realizzarsi nel Comune di Erchie (BR).

**COMMITTENTE:**

**PEONIA SOL S.r.l.**  
**Via Mercato, 3**  
**20121 Milano (MI)**

**TITOLO:**

**I05CQ85\_DocumentazioneSpecialistica\_28\_02**  
**Relazione sulla coerenza dell'Agrivoltaico con le Linee Guida Nazionali**

**PROJETTO engineering s.r.l.**

società d'ingegneria

direttore tecnico

Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO

Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria  
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)  
 tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349.1735914  
 studio@projetto.eu  
 web site: www.projetto.eu



P.IVA: 02658050733

NOME FILE

I05CQ85\_DocumentazioneSpecialistica\_28\_02

SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

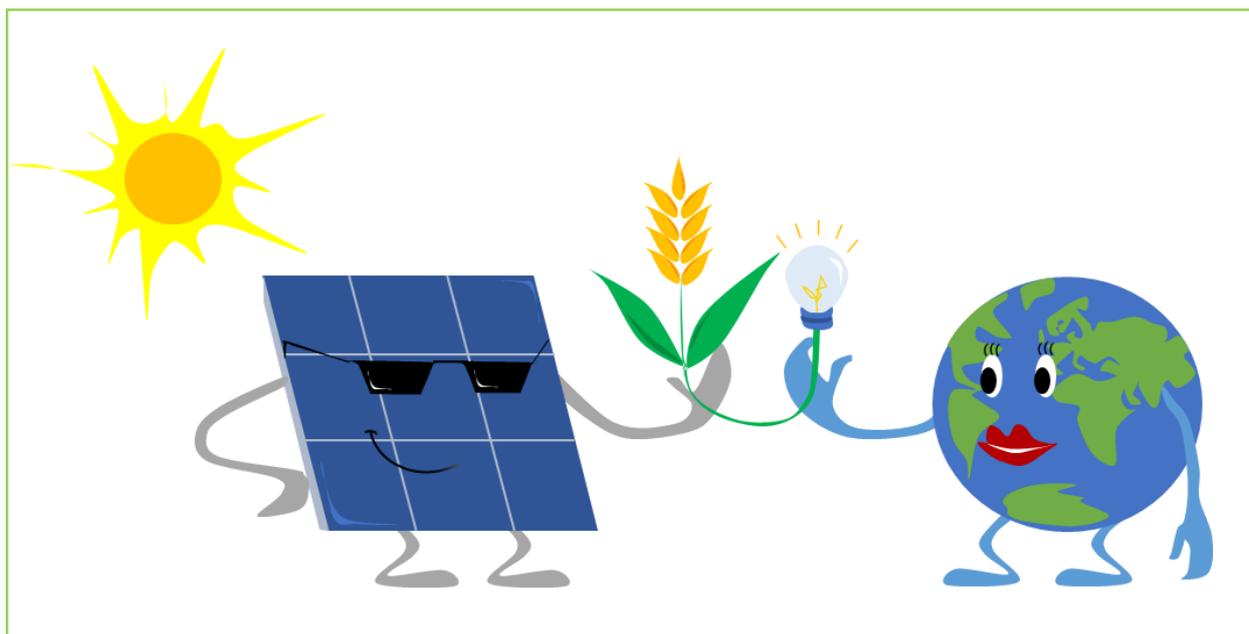
**CARTA:**  
**A4**

**SCALA:**  
 /

**ELAB.**  
**RE.19\_03**

## RELAZIONE SULLA COERENZA DELL'AGRIVOLTAICO CON LE LINEE GUIDA NAZIONALI E STRATEGIE DI SOSTENIBILITÀ ADOTTATE

### “AGRIVOLTAICO MASSERIA ARGENTONI”



Autore:

**Agr. Dott. Angelo Leggieri**

Contatti:

Cell.: +39 3292930942

E-mail: dott.angeloleggieri@gmail.com, angelo.leggieri@pec.it

*Ringrazio il Dott. PhD Teodoro Semeraro per le indicazioni scientifiche*

*Ringrazio la Dott.ssa PhD Aurelia Scarano per l'ideazione e realizzazione del disegno di copertina a cui rimarrà la titolarità del disegno*

Dicembre 2022

## **INDICE**

<b>1.PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. ANALISI SWOT .....</b>	<b>7</b>
<b>2.CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. A. LAND-COVE ED LAND-USE DELL'AGRIVOLTAICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1. A.2 Superficie destinata per l'attività agricola .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.2. A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. B. PRODUZIONE AGRICOLA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.1. B.1 Continuità dell'attività Agricola.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2. B.2 Producibilità elettrica minima .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3. C. STRUTTURA AGRIVOLTAICO .....</b>	<b>33</b>
<b>2.4. D. MONITORAGGIO E RISPARMIO IDRICO.....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.1. D.1 Il Risparmio Idrico .....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.2. D.2 Impatto sulla produttività .....</b>	<b>40</b>
<b>2.5. E. CAMBIAMENTI CLIMATICI E MONITORAGGIO.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.1. E.1 Recupero della fertilità dei suoli e monitoraggio.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.2. E.2 Monitoraggio del Microclima .....</b>	<b>43</b>
<b>2.5.3. E3-Resilienza ai Cambiamenti Climatici .....</b>	<b>44</b>
<b>3.ULTERIORI REQUISITI E CARATTERISTICHE PREMIALI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI.....</b>	<b>62</b>
<b>3.1. CARATTERISTICHE DEL SOGGETTO CHE REALIZZA IL PROGETTO .....</b>	<b>62</b>
<b>3.2. APPLICAZIONE DI AGRICOLTURA DIGITALE E DI PRECISIONE.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3. AUTOCONSUMO .....</b>	<b>65</b>
<b>3.4. MONITORAGGIO DEL MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO E DELLA QUALITÀ DEL SUO SITO DI INSTALLAZIONE .....</b>	<b>69</b>

## 1. PREMESSA

---

Il presente studio rappresenta un'applicazione progettuale sperimentale delle linee guida nazionali sull'agrivoltaico.

L'approccio sperimentale è dettato dalla scarsa conoscenza pratica e dall'esigenza di acquisire informazioni sull'efficacia dell'agrivoltaico nella produzione alimentare. Infatti, tale approccio si è sviluppato di recente (Dupraz et al., 2011; Marrou et al., 2012) e le informazioni che si hanno non coprono una vasta varietà colturale e applicazioni alle differenti latitudini.

Da un'analisi bibliografica sviluppata di recente e pubblicata su *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, su un totale di 62 attività agricole identificate in letteratura, 29 rappresentano orticoltura intensiva, 25 cereali e leguminose estensive, 6 pascoli perenni e solo 2 sono associati al pascolo del bestiame (Mamun et al., 2022). Pertanto, diventa importante acquisire esperienza derivata da sperimentazione in campo al fine di migliorare nel tempo l'efficacia dell'agrivoltaico sia nella produzione di energia che di cibo (Amaducci et al., 2018, Naz et al., 2022).

L'approccio utilizzato nella progettazione dell'agrivoltaico è quella di contestualizzare il progetto di agrivoltaico al contesto territoriale di riferimento e quindi, di stimolare le coltivazioni di piante tipiche della tradizione agricola del luogo. Questo diventa un aspetto fondamentale per garantire una continuità nella produzione agricola aziendale sfruttando il background già acquisito dalle aziende locali che saranno coinvolte nella coltivazione del terreno. Inoltre, l'utilizzo di coltivazione tipiche dei luoghi, consente di sviluppare produzioni agricole già adattate alle caratteristiche ambientali del luogo e soprattutto alle sempre più avverse condizioni climatiche che caratterizzano l'area di progetto, caratterizzate da estate secche e scarsità di acqua.

A tal proposito, il progetto agrivoltaico può essere inteso come sperimentazione in quanto, attraverso campagne di monitoraggio continue sulla produttività agricola, e delle condizioni microclimatiche promosse dalle linee guida nazionali, si potrà effettuare una analisi ex-ante ed ex-post delle rese colturali e valutare l'efficacia dell'agrivoltaico sulla produttività sito-specifica. In molti studi, infatti, sono state messe in evidenza come la coltivazione sotto e tra i pannelli fotovoltaici, che costituisce il sistema agrivoltaico, riesca a garantire una maggiore produttività rispetto alle stesse colture in pieno campo. Tale efficacia è emersa soprattutto in condizioni climatiche avverse con scarsa disponibilità idrica (Amaducci et al., 2018; Bazilian et al., 2011; Barron-Gafford et al., 2019). Naturalmente, tale efficacia deve essere testata per il contesto di riferimento e per le tipologie colturali coltivate, e in caso di insuccesso ed errore, avere la possibilità di porre rimedio. Pertanto, l'approccio utilizzato per settare la parte colturale che andrà a caratterizzare l'agrivoltaico è di tipo *learning by doing* (Carl J. Walters, C. S. Holling, 1990). Il processo di apprendimento deve integrare la sperimentazione in campo con le informazioni acquisite nel monitoraggio e sfruttare diverse tipologie di conoscenze per produrre scenari futuri e adattarsi a possibili incertezze del sistema (Dougill et al., 2006).

Il settaggio delle attività agricole non è trattato in modo rigido come può essere la progettazione delle strutture destinate alla produzione di energia, come l'installazione di pannelli fotovoltaici, perché l'agricoltura ha risposte e capacità di adattamento che non possiamo prevedere con certezza in fase progettuale. Quindi, bisogna lasciare spazio anche alla possibilità di acquisire le giuste informazioni nel tempo e, sulla base di queste, portare le giuste correzioni al fine di rendere l'agrivoltaico sempre più efficace in termini di produzione alimentare, sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo e nell'utilizzo di risorse naturali come l'acqua.

Pertanto, in un sistema agrivoltaico, caratterizzato anche dalla gestione attiva delle componenti biotiche ai fini produttivi, la progettazione non può essere affrontata secondo criteri rigidi basati sul "comando e controllo", cioè l'imposizione di condizioni rigide e la verifica del loro rispetto (Holling & Meffe, 1996) anche perché queste, in un sistema altamente variabili dal punto di vista sociale, economico ed ambientale che viene inquadrato come sistema Socio-Ecologico (Levin, 1999), potrebbero produrre delle trasformazioni inaspettate e socialmente indesiderabili. Quindi, la gestione dell'agrivoltaico deve anche prevedere e fondarsi su criteri che facciano della creatività e della flessibilità il loro punto di forza, che concepiscono la gestione come un esperimento di apprendimento e dove si riconosca l'egemonia della partecipazione dei diversi stakeholder (istituzioni, Aziende che producono energia, coltivatori, etc.) come chiave di una politica vincente (Levin, 1999). Questo consentirà di far leva sulla "adattabilità" del sistema agrivoltaico, cioè sulla capacità degli uomini di gestire la resilienza.

La conoscenza e la consapevolezza dell'evoluzione del sistema agricolo sarà condizione necessaria al perseguimento di un governo e di una gestione sostenibile del sistema agrivoltaico. Quindi, la realizzazione dell'agrivoltaico sarà gestita in termini di processo evolutivo e di adattamento in relazione ai feedback acquisiti dal monitoraggio e considerando le dinamiche ambientali, sociali, ed economiche che possono cambiare nel tempo. Quindi, si vuole ridurre l'effetto progetto che molte volte porta a definire con rigidità le componenti culturali che caratterizzeranno l'agrivoltaico da perseguire indipendentemente dai risultati ottenuti.

A tal proposito, riteniamo che non è sufficiente dire cosa si andrà a piantare e dove, ma individuare anche possibili cambiamenti in funzione di risposte non adeguate in termini di produttività agricola e uso delle risorse. Quindi, partendo da uno scenario iniziale di realizzazione, sulla base delle campagne di monitoraggio, si potranno definire nel tempo nuovi scenari di adattamento delle pratiche agricole al fine di creare un mutualismo tra produzione energetica e produzione alimentare.

Il processo di sviluppo dell'agrivoltaico seguirà un approccio all'evoluzione dei sistemi socio-ecologico definito da Gunderson & Holling Ciclo Adattativo composto da 4 fasi (Gunderson e Holling, 2002) (Figura 1):

Fase r (rappresenta la fase di avvio di un sistema socio-ecologico in funzione delle opportunità sociali-ecologiche ed economiche che si presentano. Questa fase presenta un suo dinamismo per tale motivo viene definita "Growth"): Nell'agrivoltaico, tale fase è rappresentata dalla sua progettazione e realizzazione iniziale. Si ha un primo sviluppo dell'agrivoltaico con individuazione delle colture da coltivare e la loro dislocazione spaziale individuate nella fase di presentazione del progetto.

Fase K (Fase in cui il Sistema Socio-ecologico presenta una sua stabilità definita da interazioni consolidate tra le differenti componenti socio-ecologiche ed economiche. Tale fase è più statica ed è definita "conservation"). Tale fase si raggiungerà nell'agrivoltaico in seguito al monitoraggio che consentirà di individuare la migliore composizione culturale da sviluppare sotto i moduli, partendo da quelle inizialmente programmate, fino ad arrivare al ciclo di fine vita dell'impianto fotovoltaico.

Fase  $\Omega$  (Fase in cui il Sistema Socio-ecologico viene stravolto da una perturbazione che rende il capitale naturale nuovamente disponibile. Tale fase è definita "Release"): tale fase sarà rappresentata dalla dismissione dell'impianto che andrà

a modificare nuovamente le interazioni tra le varie componenti socio-ecologiche ed economiche e rendere il sistema pronto per una nuova evoluzione.

Fase  $\alpha$  (Fase in cui il sistema può ritornare allo stato iniziale per iniziare un nuovo ciclo o essere trasformato in qualcosa di diverso. Tale fase è definita "Reorganization"). Tale fase è rappresentata dal nuovo uso che si vorrà fare dell'area in considerazione dei fattori sociali, ecologici ed economici.

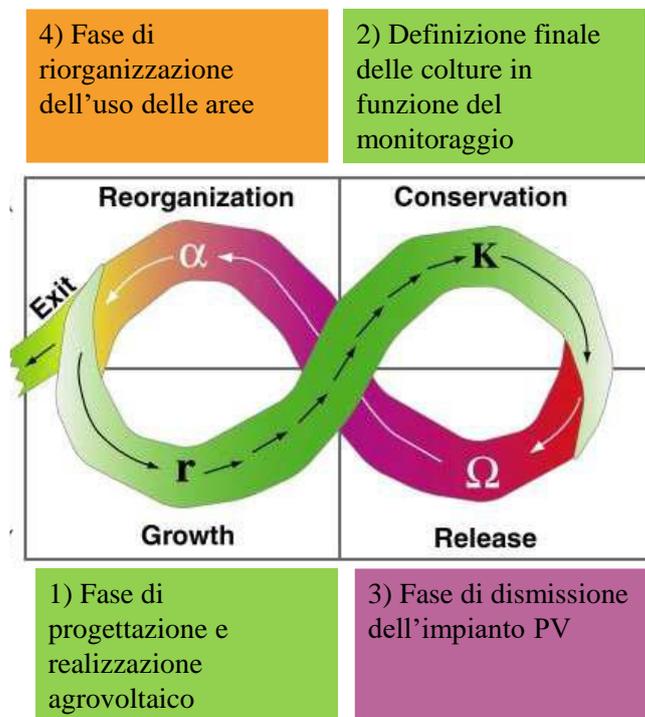


Figura 1. Ciclo adattativo dei sistemi socio-ecologici adattato al processo di realizzazione di un agrivoltaico.

In particolare, nello sviluppo dell'agrivoltaico ci preoccuperemo di definire la "fase r" e le strategie previste per accompagnare l'agrivoltaico nella "fase k".

La "fase  $\Omega$ " e la "fase  $\alpha$ " non rientrano nello scopo di tale elaborato in quanto dipendono principalmente da fattori sociali ed economici che esulano dall'aspetto agronomico e non definibili nella fase attuale.

## **1.1. ANALISI SWOT**

L'analisi SWOT (strengths, weakness, opportunities, threats) consente di identificare le variabili intrinseche ed esterne di cui un'impresa tiene conto prima di avviare un progetto o di prendere una decisione per il raggiungimento di un obiettivo. Tale analisi permette di creare un quadro razionale sistematico e scientifico dei contesti interni ed esterni che possono interagire ed influenzare un progetto o processo aziendale. Tale analisi può facilitare la fruibilità ed interpretazione delle informazioni che potrebbero intervenire per determinare il comportamento di un sistema produttivo.

Le fasi dell'analisi SWOT sono:

- definizione dell'obiettivo da raggiungere;
- definizione di abilità, risorse e vantaggi dei fattori interni;
- definizioni di opportunità e minacce esterne;
- inserimento dei dati all'interno della matrice SWOT;
- selezione delle possibili strategie da intraprendere.

Le variabili considerate nella matrice SWOT sono:

- "Punti di forza": riferita all'organizzazione nel suo complesso e alle persone che ne fanno parte;
- "Punti di debolezza": sono riferiti all'organizzazione nel suo complesso e alle persone che ne fanno parte, con particolare attenzione alle qualità dannose per il raggiungimento dell'obiettivo prefissato;
- "Opportunità": le condizioni che potrebbero favorire lo sviluppo di un progetto o processo aziendale;
- "Minacce": Aspetti socio-economici, politici, ambientali e demografici che possono rappresentare dei potenziali pericoli per la buona riuscita del progetto o processo aziendale.

Sulla base di tali aspetti, è stata condotta un'analisi SWOT che ha guidato lo sviluppo progettuale e di processo evolutivo dell'agrivoltaico Masseria Argentoni. In particolare, il progetto agrivoltaico si pone gli obiettivi di:

- Supportare la produzione di cibo e promuovere l'agricoltura sostenibile (Obiettivo 2 del UN 2015, Agenda 2030);
- Supportare la produzione energetica rinnovabile e garantire l'accesso all'energia a prezzi accessibili, affidabile, moderna e a basso impatto ambientale (Obiettivo 7 del UN 2015, Agenda 2030);
- Promuovere una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, la piena occupazione e il lavoro dignitoso per tutti (Obiettivo 8 del UN 2015, Agenda 2030);
- Lotta contro il cambiamento climatico e alle conseguenze dirette in campo agricolo (Obiettivo 13 del UN 2015, Agenda 2030);
- Proteggere, ripristinare e promuovere l'uso sostenibile degli ecosistemi terrestri, gestire in modo sostenibile le foreste, contrastare la desertificazione, arrestare e invertire il degrado dei suoli e fermare la perdita di biodiversità (Obiettivo 15 del UN 2015, Agenda 2030).

L'analisi SWOT del progetto agrivoltaico può fornire un quadro completo delle strategie adottate in relazione a fattori interni (Azienda che investe nella realizzazione dell'impianto) ed esterni all'azienda (sociali, economici ed ecologici) che consentiranno di sviluppare le reali condizioni per la buona riuscita del progetto, all'interno del contesto territoriale in cui opera, al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati.

---

La tabella 1 mostra come il progetto ha saputo affrontare tutte le relazioni sistemiche tra componente Energetica e Agricola in funzione del contesto di riferimento. Le strategie riportate sono state esplicitate nelle relazioni ed elaborati tecnici di progetto per dare concretezza ed efficacia al progetto e agli obiettivi prefissati.

La tabella 1 mostra come il progetto ha affrontare tutte le relazioni sistemiche tra componente Energetica e Agricola al fine di esaltare i punti di forza dell'azienda in relazione alle opportunità che il contesto territoriale offre, riducendo gli aspetti negativi creati dalle potenziali minacce. Inoltre, i punti di debolezza interni, in relazione alla tipologia di progetto, sono stati colmati con strategie quali, acquisizione di conoscenza del territorio, acquisizione di background in riferimento ai processi produttivi agricoli e monitoraggio che sono ritenuti fondamentali per l'evoluzione dell'agrivoltaico nel tempo. Le strategie riportate sono state esplicitate nelle relazioni ed elaborati tecnici di progetto per dare concretezza ed efficacia al progetto e agli obiettivi prefissati.

In particolare, nelle aree di progetto non si rilevano colture di pregio, quindi l'agrivoltaico non va a sottrarre produzione di qualità, tutto ciò che viene proposto può essere ritenuto migliorativo rispetto a quello che attualmente viene coltivato, quindi, l'agrivoltaico rappresenta un'opportunità. Quindi, l'opportunità evidenziata nella tabella 1 è rappresentata dalla possibilità di sostituire coltivazioni non di pregio con coltivazioni di maggiore qualità sia produttive che di sostenibilità ambientale (\*).

**Tabella 1. Analisi SWOT per l'agrivoltaico. L'analisi interna riguarda i punti di forza e debolezza dell'azienda investitrice. L'analisi esterna riguarda il contesto in cui si inserisce il progetto. Le strategie sono sviluppate considerando le interazioni tra "punti di forza & opportunità"; "Punti di forza & minacce"; "Punti di debolezza & opportunità" ed "Punti di debolezza & Minacce".**

Matrice SWOT		ANALISI INTERNA	
		<i>Punti di forza:</i>	<i>Punti di debolezza:</i>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta competitività nella produzione di pannelli ad alta efficienza</li> <li>Capacità finanziaria per lo sviluppo di progetti nel campo delle energie rinnovabili</li> <li>Interesse a sperimentare nuove forme di impianto di energie rinnovabili</li> <li>Capacità di introdurre innovazione tecnologica nel settore energetico ed agricolo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non completa conoscenza diretta in gestione di aziende agricole</li> </ul>
ANALISI ESTERNA	<i>Opportunità:</i>	<i>Strategie:</i>	<i>Strategie:</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenza di aziende agricole sul territorio</li> <li>Attività agricole non di pregio e quindi un contesto da valorizzare in termini di produzione agraria (*)</li> <li>Disponibilità di terreni in cui sperimentare nuove forme di agricoltura</li> <li>Costi dell'energia adeguati allo sviluppo di progetti di energia rinnovabile</li> <li>Esigenze di approvvigionamento energetico</li> <li>Obiettivi europei e nazionali di sviluppo di energie rinnovabili</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizzo di tecnologia di moduli con tecnologia tracker che consentiranno di utilizzare per scopi agricoli i terreni sotto e tra i pannelli</li> <li>Sviluppo di un piano agronomico basato su colture locali e con produzione biologica</li> <li>Investimento dell'azienda energetica in smart-agricoltura e sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque piovane</li> <li>Sviluppo di figure professionali specializzati nella gestione dell'agrivoltaico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stipulare un accordo con il proprietario attuale o con aziende agricole locali per la coltivazione dei terreni interessati dall'impianto agrivoltaico</li> <li>Sviluppo di un piano agronomico basato su cultivar locali e tecniche di agricoltura biologica</li> <li>Sviluppare una convenienza per le aziende agricole locali attraverso un supporto tecnologico ed energetico nella coltivazione dei terreni di pertinenza dell'impianto agrivoltaico</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoraggio</li> </ul>
	<p><i>Minacce:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scarsa economicità delle aziende agricole in conseguenza ai costi energetici</li> <li>• Produzione agricola condizionata dalle condizioni climatiche</li> <li>• Scarsa innovazione tecnologica delle imprese agricole locali</li> <li>• Agricoltura impattante sulla biodiversità locale</li> <li>• Agricoltura impattante sulle matrici aria, acqua, e suolo</li> </ul>	<p><i>Strategie:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornire terreni alle aziende agricole locali per incrementare il loro reddito.</li> <li>• Sviluppo di una struttura dell'impianto fotovoltaico capace di consentire la coltivazione dei terreni sia tra che sotto i pannelli con benefici nel mitigare eventi siccitosi estremi.</li> <li>• Supporto tecnologico da parte dell'impresa energetica nell'incrementare tecnologie di smart-agricoltura</li> <li>• Supporto strutturale dell'impresa energetica nel garantire un sistema di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana</li> <li>• Supporto dell'impresa energetica di attrezzature e macchinari moderni ed elettrici</li> <li>• Supporto energetico della produzione agricola attraverso la corrente prodotta dal fotovoltaico</li> <li>• Sviluppo di un Piano agronomico a basso impatto e basato sulla coltivazione biologica</li> <li>• Sviluppo di vegetazione di macchia mediterranea di tipo mellifera</li> <li>• Potenziale attuazione della strategia PAC 2022</li> <li>• Incremento di area a macchia mediterranea come elementi di "Edge"</li> <li>• Promozione di agricoltura biologica</li> <li>• Monitoraggio della produttività e biodiversità al fine di sviluppare azioni correttive (learning by doing)</li> <li>• Sviluppo di figure professionali specializzati nella gestione dell'agrivoltaico</li> </ul>	<p><i>Strategie:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coinvolgere aziende agricole locali per la coltivazione dei terreni di pertinenza dell'impianto agrivoltaico</li> <li>• Sviluppo di figure professionali specializzati nella gestione dell'agrivoltaico</li> <li>• Monitoraggio della produzione agricola al fine di sviluppare azioni correttive (learning by doing)</li> </ul>

---

## 2. CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO

---

### 2.1. A. LAND-COVE ED LAND-USE DELL'AGRIVOLTAICO

Il primo obiettivo nella progettazione dell'impianto agrivoltaico è senz'altro quello di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica. Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali. In particolare, i parametri spaziali in termini di composizione colturale (porzioni di superficie destinata alla coltivazione o pastorizia) da rispettare per rientrare nella definizione di agrivoltaico sono (Linee Guida in materia di Agrivoltaico 2022):

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione ( $S_{agricola} \geq 0,7 \cdot Stot$ );

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola ( $LAOR \leq 40\%$ ).

Il fondo agrario interessato dal progetto è costituito allo stato attuale (Scenario T0) da una superficie complessiva di circa 72,9 ha, che può essere classificato in due macro-settori di uso del suolo: terreni utilizzati per produzioni agrarie (prevalentemente cereali o foraggere) con una superficie di 60 ha (Superficie Agricola Utile SAU), e terreni a pascolo per circa 12 ha, cespuglieti ed arbusteti per circa 0,5 ha e reti stradali e spazi accessori per 0,4 ha (Tare per una superficie complessiva di circa 12,9 ha).

La superficie occupata dalla struttura dell'impianto fotovoltaico è di 14,8 ha e sarà costituita da:

- 13,4 ha di superficie sottesa dai moduli fotovoltaici, di cui 12,4 ha in area a SAU e 1,0 ha in area a pascolo dello scenario T0;
- 1,4 ha di superficie occupata dalla viabilità interna, storage, cabine ed altri elementi accessori alla produzione dell'energia elettrica.

La Superficie totale dell'impianto Agrivoltaico di 72,9 ha ( $S_{tot}$ ), considerando che l'area sotto i moduli fotovoltaici ricompresa nella SAU dello scenario T0 (12,4 ha) può essere coltivata con alcune colture erbacee, sarà ripartita in (Figura 2):

- A. SAU libera da moduli fotovoltaici 45,1 ha, ad indirizzo produttivo misto (erbacee ed arboree);
- B. SAU sotto i moduli fotovoltaici 9,9 ha, ad indirizzo produttivo erbaceo (Si è stimato che solo l'80% della superficie sotto i pannelli può essere utilizzata per scopi agricoli, per lasciare un margine di spazio alle operazioni di manutenzione ordinaria);
- C. Tare improduttive di 13,6 ha costituita da pascoli e arbusteti.
- D. La superficie rimanente di 4,3 ha è composta dall'area non coltivabile sotto i moduli per un valore del 20%, dalla viabilità interna di impianto e da strutture come storage e cabine, reti stradali e spazi accessori già presenti nell'area (3,9 ha + 0,4 ha; Rif. Tab. 8-9 Piano Agronomico).

Per cui la Superficie Agricola ( $S_{agricola}$ ) del parco agrivoltaico, sarà costituita dai punti A, B e C, per un valore complessivo di 68,6 ha.

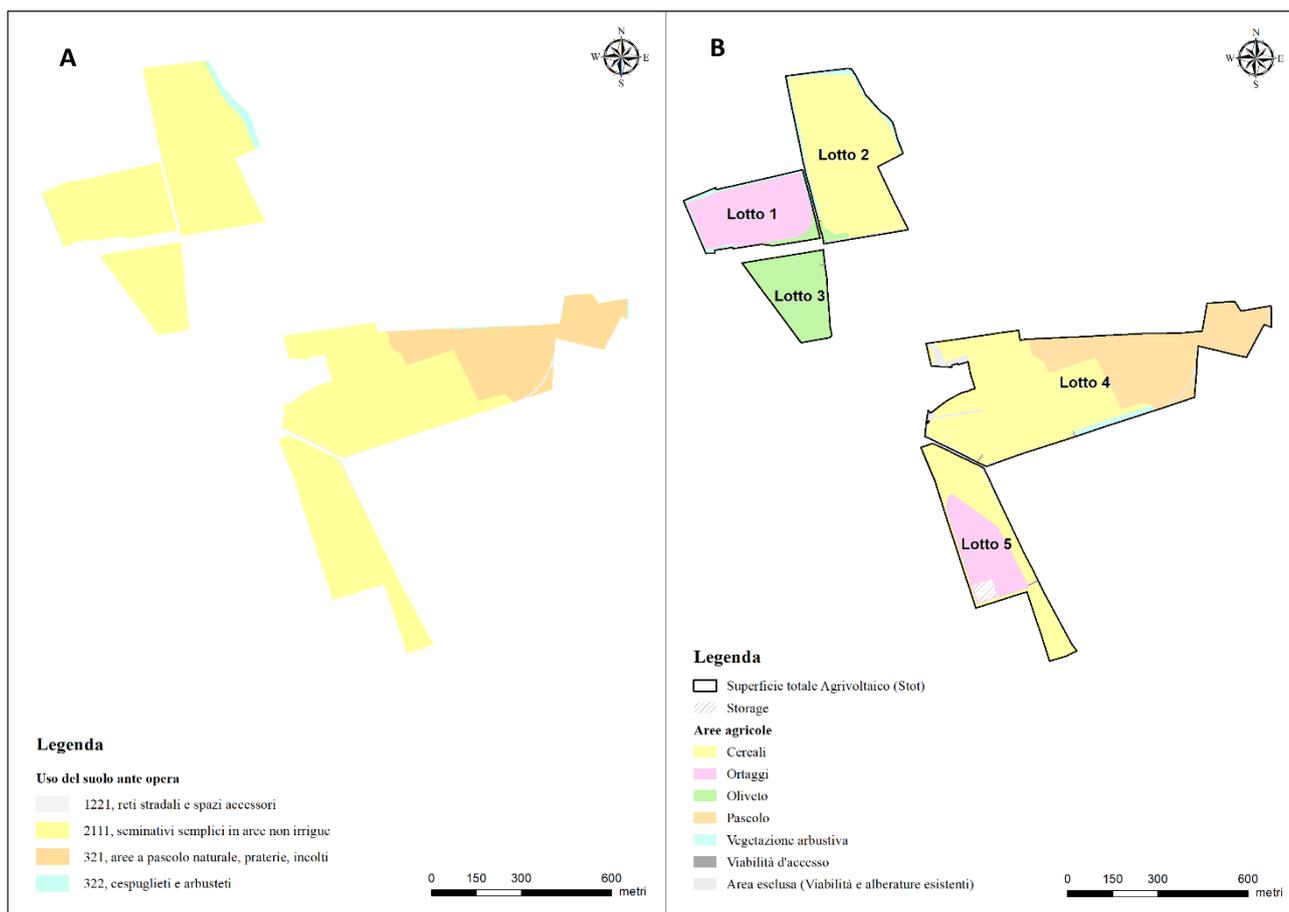


Figura 2. A) Uso del suolo attuale (Scenario T0); B) Uso del suolo scenario Agrivoltaico

### 2.1.1. A.2 Superficie destinata per l'attività agricola

Nelle Linee Guida del Ministero viene specificato che la superficie destinata all'attività agricola deve essere stimata sugli appezzamenti oggetto di intervento. *Pertanto 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).*

In particolare, la Superficie agricola dell'impianto agrivoltaico è di 68,6 ha pari al 94 % della superficie totale.

$$(a) (S_{\text{agricola}}) = \frac{A+B+C}{A+B+C+D} = \frac{68,6}{72,9} \times 100 = 94,1 \%$$

Nello stato attuale (scenario T0), la SAU è pari a 82,3 % della superficie totale, in quanto dei 72,9 ha complessivi della superficie interessata, ben 12,9 ha risultano non coltivate. Nello scenario previsto per la realizzazione dell'agrivoltaico (scenario T1), la SAU (A+B del paragrafo 1.1.) è pari a 75,4 % della superficie totale (A+B+C+D del paragrafo 1.1.).

$$(b) \text{ Scenario T0 } (S_{\text{AU/Stot}}) = \frac{60}{72,9} \times 100 = 82,3 \% \text{ (Stato attuale)}$$

$$(c) \text{ Scenario T1 } (S_{AU/Stot}) = \frac{A+B}{A+B+C+D} = \frac{55,0}{72,9} \times 100 = 75,4 \% \text{ (Agrivoltaico)}$$

**Si può affermare che il valore stimato per la Superficie Agricola è coerente con i valori definiti dalle Linee Guida in Materia di impianti Agrivoltaici del 2022 (equazione a). In particolare, anche escludendo le tare dal calcolo, il valore è soddisfatto (equazione c). Confrontando lo scenario T1 con quello T0, si osserva che la superficie agricola sottratta risulta di minima entità.**

### 2.1.2. A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)

La percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR) deve essere minore o uguale al 40% della superficie totale (*...al fine di non limitare l'adizione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40 %: LAOR ≤40%*)

La superficie coperta dai moduli fotovoltaici, considerando la posizione parallela al terreno e quindi la loro proiezione massima al suolo, è di 13,4 ha che corrisponde al 18,4% della superficie complessiva dell'agrivoltaico pari a 72,9 ha (punti A, B, C, D del paragrafo 1.1).

$$(a) \text{ Scenario T1 (LAOR)} = \frac{\text{Superficie Moduli}}{\text{Superficie Totale}} = \frac{13,4}{72,9} \times 100 = 18,4 \% \text{ (Agrivoltaico)}$$

Se si fa un raffronto della superficie coperta dai moduli fotovoltaici con la SAU dello scenario T0 (pari a 60 ha), si ottiene un LAOR del 22,3 %.

$$(b) S_{\text{moduli}/SAU-t0} = \frac{\text{Superficie moduli}}{SAU_{t0}} = \frac{13,4}{60} \times 100 = 22,3 \% \text{ (Agrivoltaico)}$$

**Si può notare che i valori di LAOR della soluzione adottata è nettamente inferiore ai valori soglia definiti dalle Linee Guida in Materia di Impianti Agrivoltaici del 2022 (equazione a). Anche calcolando il rapporto escludendo le tare dallo scenario iniziale, e quindi considerando solo la Superficie Agricola Utile dello scenario T0 (stato attuale), il valore è ampiamente soddisfatto (equazione b).**

## 2.2. B. PRODUZIONE AGRICOLA

Le linee Guida in materia di impianti Agrivoltaici stabiliscono che Gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

- B1-L'esistenza e la resa della coltivazione ed il mantenimento dell'indirizzo produttivo: (accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici e rispettare il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato).

- B2-Producibilità elettrica minima (la producibilità elettrica di un impianto agrivoltaico non deve essere inferiore al 60% della producibilità specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard).

### 2.2.1. B.1 Continuità dell'attività Agricola

L'impianto agrivoltaico sorgerà su un fondo di 73 ha di superficie in cui il pattern spaziale presenta una composizione caratterizzata attualmente da due elementi, in quanto, attualmente 60 ha sono destinati a seminativo caratterizzato dalla produzione di grano, come emerso dalla relazione agronomica, mentre gli altri 13 ha sono costituiti da tare improduttive costituite da pascolo e cespuglieti a cui si sommano anche la viabilità esistente. Il pascolo non sembra avere un utilizzo produttivo.

Dall'analisi storica effettuata attraverso le ortofoto di Google Earth dal 2011 al 2021, emerge come tale destinazione d'uso sia costante nel tempo. In particolare, la coltivazione prevalente è di tipo cerealicola o foraggera, tranne nel 2017 dove per i lotti 4 e 5 si evince una coltivazione ad ortaggi (Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9).

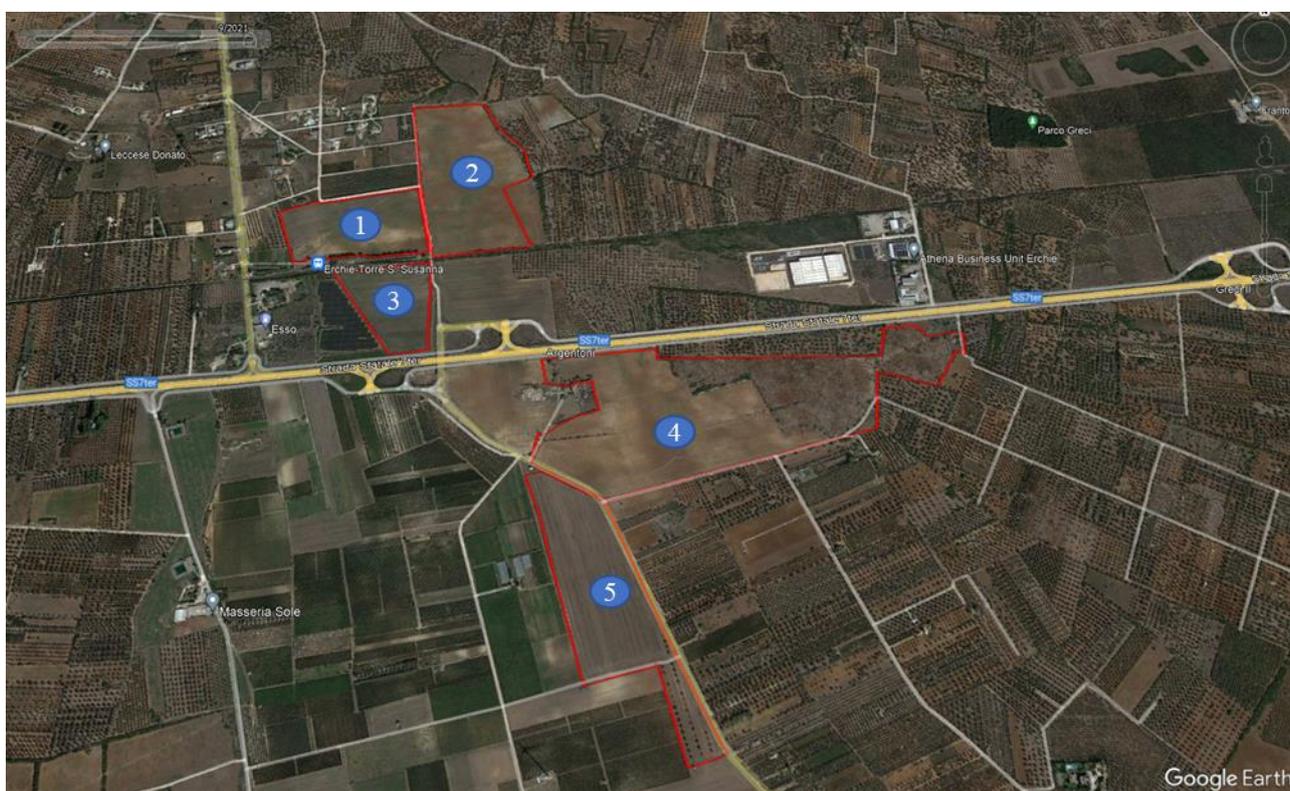


Figura 3. Uso del Suolo per l'anno 2021. In rosso i lotti interessati dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico



Figura 4. Uso del Suolo per l'anno 2020. In rosso i lotti interessati dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico

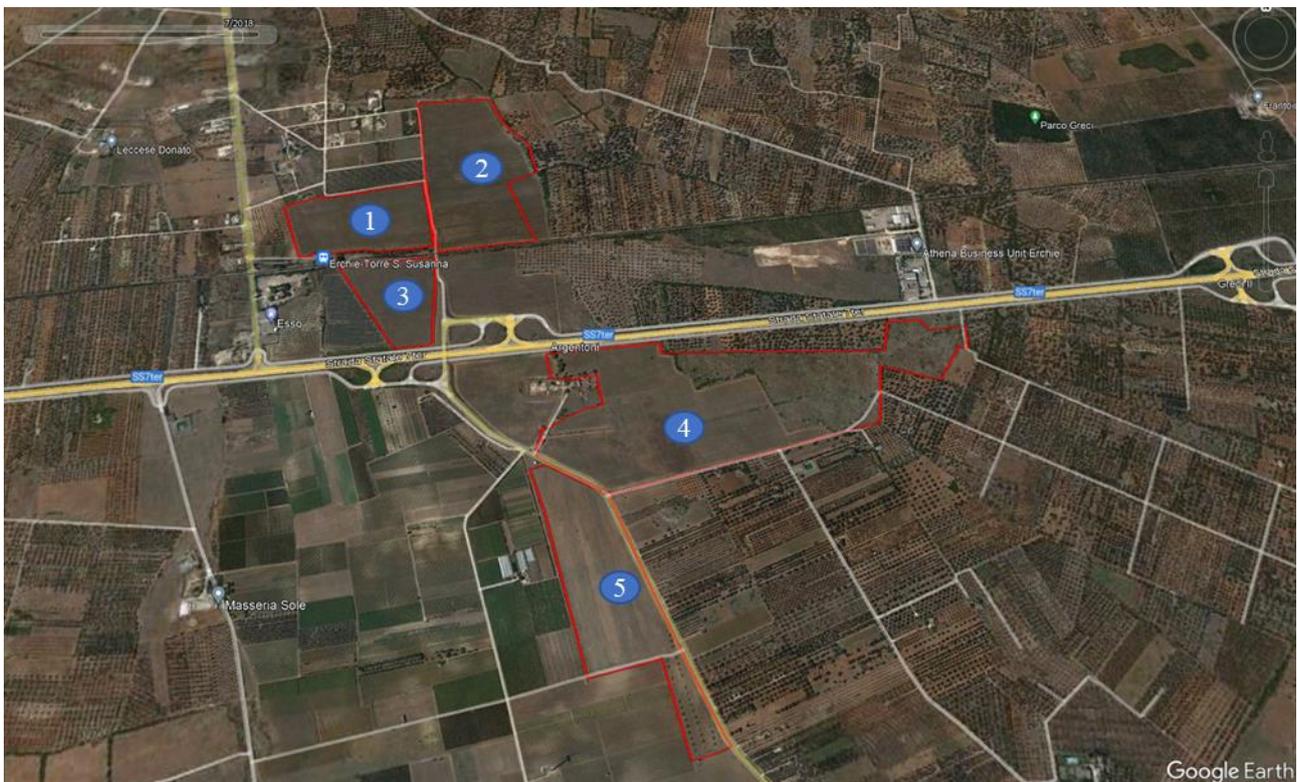


Figura 5. Uso del Suolo per l'anno 2018. In rosso i lotti interessati dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico

Progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Impianto Agrivoltaico Masseria Argentoni" della potenza di 28.618,94 kWp con storage della potenza di 25.410 kW da realizzarsi nel Comune di Erchie (BR).



Figura 6. Uso del Suolo per l'anno 2017. In rosso i lotti interessati dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico



Figura 7. Uso del Suolo per l'anno 2015. In rosso i lotti interessati dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico

Progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Impianto Agrivoltaico Masseria Argentoni" della potenza di 28.618,94 kWp con storage della potenza di 25.410 kW da realizzarsi nel Comune di Erchie (BR).



**Figura 8. Uso del Suolo per l'anno 2014. In rosso i lotti interessati dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico**



**Figura 9. Uso del suolo per l'anno 2011. In rosso i lotti interessati dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico.**

Da 2017 in poi, tutti e cinque i lotti presentano una coltivazione omogenea e dal sopralluogo effettuato a giugno 2022 si è riscontrata una coltivazione a grano d'uro su tutti e cinque i lotti. Da un sopralluogo effettuato a dicembre 2022 si può

notare la preparazione del terreno per una nuova coltivazione nei lotti 4 e 5. Si può considerare che l'attuale indirizzo produttivo è caratterizzato dalla produzione di grano duro (*Triticum durum* Desf.).



**Figura 10.** Foto delle colture agrarie rilevate nei cinque lotti nel mese di giugno 2022.



**Figura 11.** Area di impianto lotto 4, foto dicembre 2022.



Figura 12. Area di impianto lotto 5, foto dicembre 2022.

La nuova composizione del pattern agricolo è stata sviluppata considerando i seguenti fattori:

- Garantire alta resilienza del reddito agrario;
- Incrementare la biodiversità agraria e ridurre l'effetto della monocultura;
- Caratteristiche pedo-climatiche dell'area;
- Morfologia del terreno;
- Disponibilità idrica e tutela della risorsa freatica;
- Possibilità di avvalersi di tecniche di coltivazione biologica;
- Preservare il carattere storico del paesaggio agrario;
- Incentivare l'uso di cultivar tradizionali locali;
- Sfruttare il background delle aziende agrarie locali
- Possibilità di monitorare la produzione da un punto di vista quali-quantitativo;
- Possibilità della cultivar di sfruttare le superfici dell'interfilare dei moduli fotovoltaici;
- Possibilità di lavorazione del terreno tramite macchinari (es. aratro, erpice, ecc.);
- Possibilità di usare macchinari per la semina e la raccolta;
- Possibilità di effettuare sistemazioni idrauliche del terreno;
- Possibilità di creare un mutualismo tra produzione agraria e produzione energetica attraverso esperienze analizzate in bibliografia
- Possibilità di adattamento all'ombreggiamento causato dai moduli fotovoltaici in alcuni momenti della giornata;
- Incremento del reddito agrario.

In particolare, la nuova composizione del pattern aziendale è volta ad un incremento della biodiversità agraria e naturale e sarà costituita da 4 elementi:

- Seminativi;
- Colture arboree;
- Pascolo naturale e cespuglieti;
- Elementi di Edge caratterizzate da macchia mediterranea con specie mellifere.

Lo sviluppo delle specie agrarie è stato sviluppato come processo produttivo di tipo evolutivo/adattativo dell'impianto agrivoltaico attraverso un approccio *learning by doing* al fine di garantire un'alta resilienza economica/produttiva sia ai cambiamenti climatici che a fattori ecologici e socio-economici non prevedibili in fase di progettazione dell'impianto.

In particolare, l'approccio utilizzato nello sviluppo dell'agrivoltaico è di "contesto" partendo dall'idea di innovazione proposto da Wail, 2004 che lo definisce come "fare le stesse cose in modo diverso".

Quindi, pur prevedendo coltivazioni tipiche dei luoghi, si utilizzeranno metodologie di coltivazioni e tecnologie che in combinazione con l'impianto fotovoltaico potranno garantire una maggiore sostenibilità:

- economica: riduzione dei costi di produzione;
- sociale: incremento occupazione con nuove professionalità;
- ecologica: incremento della biodiversità agraria e naturale.

### **Fase r**

La prima fase di sviluppo dell'impianto rappresenterà la "Fase r" in cui si avrà un primo indirizzo produttivo dell'agrivoltaico con individuazione delle colture da coltivare e la loro dislocazione spaziale individuate nella fase di presentazione del progetto.

In questa fase, si prevede di impiantare tre tipologie colturali, di mantenere l'area a pascolo (11,7 ha) ed incrementare la superficie a cespuglieto ed arbusteto di 1,4 ha. La composizione del pattern spaziale sarà caratterizzato da (Figura 13):

- Seminativi caratterizzati da cereali (circa 40 ha);
- Seminativo caratterizzato da ortaggi (circa 10 ha);
- Oliveto caratterizzato (circa 5 ha);
- Tare improduttive 13,6 ha (pascolo 11,7 + cespuglieto incrementale 1,4 + cespuglieto attuale 0,5)

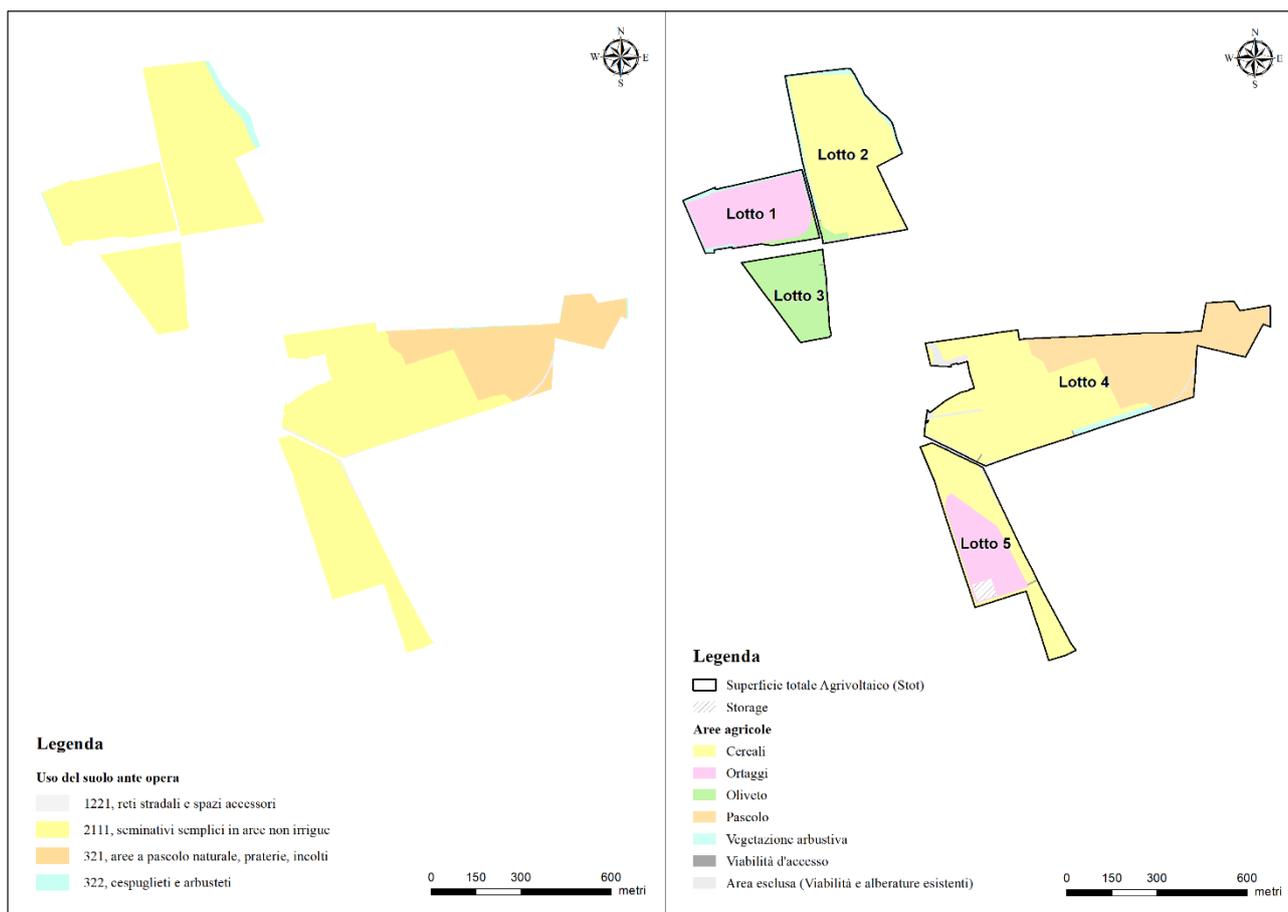


Figura 13. Confronto tra composizione agraria *ex-ante* ed *ex-post* (da sinistra a destra)

Tale configurazione consentirà di preservare il principale indirizzo produttivo dello stato attuale ma, al contempo, integrarlo con altre varietà tipiche del contesto di riferimento che consentiranno anche di incrementare il reddito aziendale e sperimentare nuove combinazioni agrarie compatibili con la produzione energetica.

Inoltre, tale scelta è stata affiancata da una ricerca bibliografica sulle principali sperimentazioni di agrivoltaico in termini di produttività che sarà riportata nello specifico nel paragrafo dei cambiamenti climatici. In Sintesi, tali articoli scientifici mettono in evidenza come i cereali, in condizione di produzione con scarsa presenza di acqua, mostrano rese più alte in impianti agrivoltaici che in campo aperto per fattori legati ad una minore evapotraspirazione e temperature più basse sotto i moduli (Tabella 5) (Amaducci et al., 2018; Mamun et al., 2022). Anche gli ortaggi presentano un vantaggio produttivo in agrivoltaico (Amaducci et al., 2018; Mamun et al., 2022). Non sono state riscontrate indicazioni specifiche invece per l'oliveto per tanto tale combinazione rappresenterà una sperimentazione.

In particolare, la produzione iniziale sarà costituita da grano duro, cicoria di Oria e oliveto caratterizzato da Leccino. Tutte e tre le tipologie colturali sono tipiche dei luoghi ed in particolare la cicoria di Oria è stata individuata dal Progetto "BiodiverSO" della regione Puglia, come specie tipica della provincia brindisina e a rischio di perdita varietale e da tutelare.

Produzione													
Epoca di raccolta	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
Durata del ciclo colturale	4 - 6 mesi												
Parte edule													
Lunghezza dei germogli	3 - 5 cm												
Peso del cespo	200 - 1000 g												
Uniformità	media												
Foto	Territorio												
	 <p>Comune rappresentativo <b>Oria</b></p>												
Risultati del Progetto BiodiverSO													
<p>Caratteri principali sono: a) la lamina fogliare parte già alla fine del primo terzo della lunghezza fogliare; b) i germogli sono piuttosto tozzi e sembrano sullo stesso livello; c) la base dei germogli è piena e mantiene la croccantezza anche a maturazione avanzata.</p>													

Figura 14. Scheda relativa alla cicoria di Oria estratta dall'almanacco BiodiverSO

Il Leccino è stato individuato come cultivar di olivo da utilizzare in seguito alla diffusione del batterio *Xylella fastidiosa* nel Salento che ha prodotto notevoli trasformazioni del paesaggio agrario tipico dei luoghi in seguito al disseccamento di numerosi alberi. Attualmente, il Leccino è considerata una delle varietà tolleranti al batterio e che può essere utilizzato per interventi di recupero del paesaggio agrario olivetato, se non per la bellezza e storicità delle piante, in termini di produzione di olio che è un altro aspetto importante della cultura della Puglia (Semeraro et al., 2019a, Semeraro et al., 2019b; Semeraro et al., 2021). Inoltre, il Leccino, essendo ormai adattato da anni nel territorio, ha dimostrato di crescere ed essere produttivo anche in condizioni idriche scarse, che lo rende idoneo nel contesto di riferimento dove le condizioni climatiche estive sono particolarmente secche e calde caratterizzate da precipitazioni scarse.

L'oliveto sarà condotto in biologico attraverso inerbimento con coltivazione di specie da sovescio, in particolare leguminose capaci di fissare l'azoto (es. *bromus catharticus*, *trifolium subterraneum*, *medicago polymorfa*, *murex o rugosa o rotata*). Questo consentirà di produrre una multifunzionalità delle pratiche agricole attraverso l'arricchire ulteriormente la biodiversità agraria del luogo e sviluppando i servizi ecosistemici<sup>1</sup> connessi alla fertilizzazione dei suoli, riduzione

<sup>1</sup> I servizi ecosistemici possono essere definiti come beni e servizi che la natura, attraverso i processi e funzioni degli ecosistemi, forniscono direttamente ed indirettamente all'uomo per il loro benessere (De Groot et al., 2010)

dell'erosione, incremento dell'assorbimento di CO<sub>2</sub>, supporto alla biodiversità naturale e produzione di biomassa che potrà essere usata in futuro per altri scopi di produzione connessi alla pastorizia (potenziale evoluzione dell'agrivoltaico).

Il pascolo (in Lotto 4) sarà mantenuto come tale e visto che allo stato attuale non è utilizzato per scopi produttivi, si prevede in questa fase di non apportare modifiche e di lasciarlo evolvere naturalmente. Tale area, comunque, potrà essere messa a disposizione di apicoltori al fine di poter posizionare le arnie in modo sicuro. In futuro si potrà anche valutare il suo utilizzo per scopi produttivi in considerazione anche delle esigenze aziendali. Comunque, gran parte del pascolo sarà libero da recinzioni e potrà essere utilizzato anche da pastori locali.

La composizione spaziale del pattern agricolo dell'impianto agrivoltaico sarà arricchito da elementi di Edge lungo i bordi dei lotti e sulle recinzioni dell'impianto per incrementare la biodiversità naturale nei paesaggi agrari monoculturali come quello Pugliese, dove le coltivazioni dominanti sono seminativo, oliveto e vigneto. In particolare, dalla relazione pedo-agronomica, si può evincere come, in un'area a contorno dell'impianto (buffer di 500 metri), tali coltivazioni ricoprono circa 79% dell'area (vigneto 17%, seminativo 27% ed oliveto 35%).

Tali elementi di Edge saranno costituiti da piante della macchia mediterranea di tipo mellifere per incrementare i servizi ecosistemici connessi all'impollinazione, fondamentale per la produttività agraria visto che sostengono circa 80% della produzione agraria mondiale e attualmente risulta fortemente messo in crisi dalla diffusione della monocultura e dall'uso di pesticidi (Semeraro et al., 2018; Semeraro et al., 2022).

Inoltre, si ipotizzerà di lasciare fiorire una parte della produzione di ortaggi e delle colture da sovescio al fine di supportare il processo di impollinazione in coerenza con quanto promosso dalla comunità Europea in termini di agricoltura-biodiversità. In particolare, la cicoria rientra tra le colture erbacee proposte per ECO-scheme 5 (4/11/2022 PAC, eco-schema 5 su piante mellifere). Si valuterà la percentuale in fase di esercizio in funzione delle esigenze agronomiche (es. produrre semi), comunque si stima una superficie pari al 25%.

La composizione del pattern agrario dell'agrivoltaico consentirà di sviluppare fioriture in diversi periodi dell'anno (Tabella 2).

**Tabella 2. Periodi di fioritura delle scelte agronomiche**

Stagione	Specie
Autunno	Corbezzolo, Cicoria
Inverno	Corbezzolo
Primavera	Olivo, Frumento, Lentisco, Fillirea, Biancospino
Estate	Rovo, Cicoria

L'impianto agrivoltaico prevedrà l'installazione di case per gli uccelli e per insetti salvatici al fine di favorire il loro ripopolamento. Tali elementi saranno posizionati sulle recinzioni e sui pali di sostegno dei moduli fotovoltaici (Figura 15). La presenza di impianti di irrigazione per il supporto irriguo nel periodo estivo di tipo a goccia potrà creare un ambiente favorevole per la sopravvivenza della fauna selvatica, molte volte stressata dalla scarsa disponibilità di acqua nel periodo estivo.



**Figura 15. Elementi di arredo del verde che saranno introdotti nell'agrivoltaico per favorire il ripopolamento di uccelli ed insetti impollinatori.**

Tale composizione del pattern spaziale dell'impianto agrivoltaico produrrà un incremento dei servizi ecosistemici e, attraverso alle soluzioni adottate, potrà fungere sa sink e source di biodiversità (Tabella 3). Quindi, l'agrivoltaico integrato con elementi di Edge potrà rappresentare una "green infrastructure" e quindi elementi seminaturali che possono essere messi in interconnessione con altri elementi naturali supportando la biodiversità e la produzione di servizi ecosistemici (European Commission, 2013, Semeraro et al., 2018; Semeraro et al., 2022).

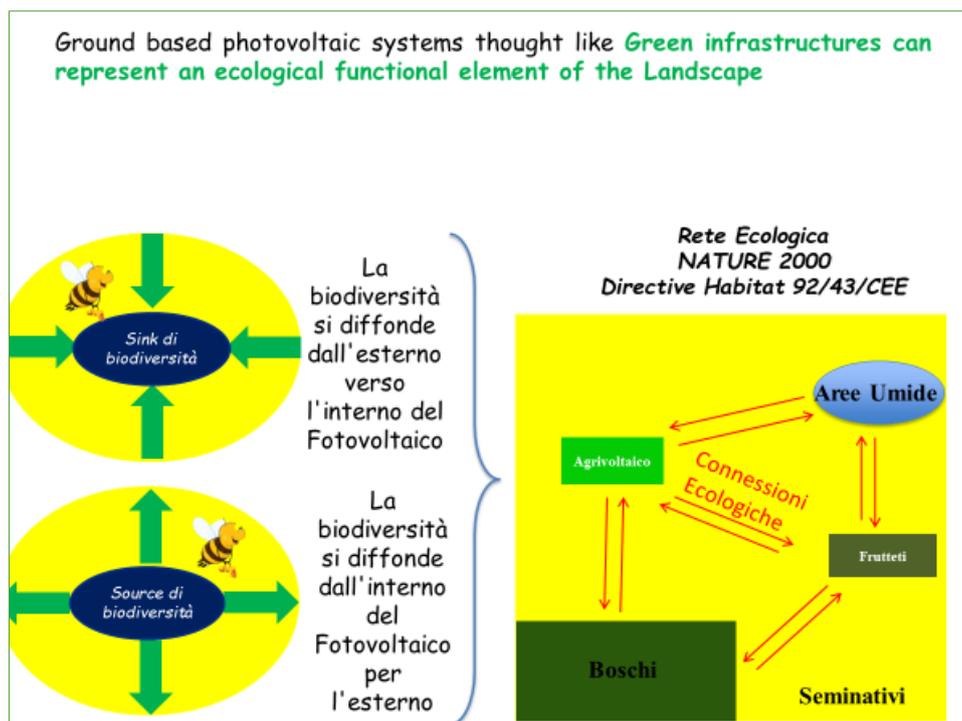


Figura 16. Schema concettuale estratto da Semeraro et al., 2018; 2022 in cui si mette in evidenza il ruolo degli impianti fotovoltaici adeguatamente progettati nel fungere da infrastrutture verdi (Green infrastructure<sup>2</sup>) per lo sviluppo della biodiversità rispetto al contesto di riferimento.

<sup>2</sup> Elementi seminaturali che possono essere messi in interconnessione con altri elementi naturali supportando la biodiversità e la produzione di servizi ecosistemici. [strategically planned network of natural and semi-natural areas with other environmental features designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services..."] (European Commission, 2013)].

**Tabella 3. Analisi dell'incremento dei servizi ecosistemici connessi alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico considerando la conversione da monocultura che caratterizza lo stato attuale (scenario T0) ad un incremento della biodiversità agraria caratterizzata dall'impianto Agrivoltaico (De Groot, et al., 2010; Semeraro et al., 2018; Semeraro et al., 2019; Semeraro et al., 2021; Semeraro et al., 2022).**

Functions	Ecosystem Services	Incremento di servizi ecosistemici scenario T0	Giudizio
"Regulation functions"	<i>Gas regulation</i>	"UVB-protection by O <sub>3</sub> (preventing disease). Maintenance of (good) air quality Influence on climate."	☺☺☺ Incremento della biodiversità agraria attraverso anche l'utilizzo di piante arboree come l'olivo ed elementi di macchia di tipo arbustivi. Utilizzo di energia pulita per la produzione agricola
	<i>Climate regulation</i>	"Maintenance of a favorable climate (temp., precipitation, etc.) for human habitation, health, cultivation."	☺☺☺ Incremento della biodiversità agraria attraverso anche a piante arbustive, come l'olivo abbinata a sistemi di produzione di energia pulita che potrà in parte essere utilizzata in loco per le attività agricole. In particolare, ci sono evidenze scientifiche che fanno emergere come le strutture dei moduli fotovoltaici possono influire positivamente a mitigare le temperature sotto i moduli rendendola più idonea alla produzione agricola
	<i>Disturbance prevention</i>	"Storm protection (e.g., by coral reefs) Flood prevention (e.g., by wetlands and forests)"	☺☺☺ Protezione delle colture posizionate sotto i moduli da eventi climatici estremi
	<i>Water regulation</i>	"Drainage and natural irrigation."	☺☺ Riduzione delle temperature sotto i moduli e del processo di evapotraspirazione con benefici diretti sullo stress idrico delle piante.

<i>Water supply</i>	"Provision of water quality (e.g., drinking, irrigation, and industrial use)"	😊😊	In particolare, nel progetto agrivoltaico è previsto un sistema di riutilizzo di acqua piovana che ridurrà l'apporto esterno di acqua e il prelievo da pozzi. Inoltre, tecniche di agricoltura di precisione consentiranno di gestire in modo ottimale gli input nutritivi con riduzione anche dei costi.
<i>Soil retention</i>	"Maintenance of arable land Prevention of damage from erosion/siltation."	😊	Nel caso dell'oliveto si potrà sperimentare un tipo di coltivazione abbinata alla produzione di energia che può massimizzare la multifunzionalità di uso del suolo nel rispetto della conservazione dei parametri nutritivi del suolo.  Utilizzo di metodi di coltivazioni con tecniche non troppo invasive
<i>Soil formation</i>	"Maintenance of productivity on arable land. Maintenance of natural productive soils."	Non valutabile	
<i>Nutrient regulation</i>	"Maintenance of healthy soils and productive ecosystems."	😊	Nel caso dell'oliveto, si potrà sperimentare un tipo di coltivazione abbinata alla produzione di energia che può massimizzare la multifunzionalità di uso del suolo nel rispetto della conservazione dei parametri nutritivi del suolo.  Utilizzo del sovescio per fertilizzare il terreno
<i>Waste treatment</i>	"Pollution control/detoxification; Filtering of dust particles (air quality) Abatement of noise pollution."	Non valutabile	

	<i>Pollination</i>	"Pollination of wild plant species Pollination of crops."	☺	Incremento della biodiversità agraria e delle specie naturali come elementi di Edge dei campi e delle recinzioni
	<i>Biological control</i>	"Control of pests and diseases Reduction of herbivory (crop damage)"	☺	Incremento della biodiversità agraria e delle specie naturali come elementi di Edge dei campi e delle recinzioni
"Habitat functions"	<i>Refugium function</i>	"Maintenance of biological and genetic diversity "	☺ ☺	Incremento della biodiversità agraria e delle specie naturali come elementi di Edge dei campi e delle recinzioni
	<i>Nursery function</i>	"Maintenance of commercially harvested species"	☺	Incremento della biodiversità agraria e delle specie naturali come elementi di Edge dei campi e delle recinzioni
	<i>Food</i>	"Hunting, game, fruits, etc. Small-scale subsistence"	☺ ☺	Incremento della biodiversità agraria
	<i>Raw materials</i>	"Building and Manufacturing (e.g., lumber) Fuel and energy (e.g., fuelwood)"	☺ ☺	Incremento della biodiversità agraria
"Production functions"	<i>Genetic resources</i>	"Improve crop resistance to pathogens and pests. Other applications (e.g., health care)"	☺	Utilizzo di cultivar tipiche dei luoghi ed adattate a sopportare i patogeni come nel caso dell'oliveto
	<i>Medicinal resources</i>	"Drugs and pharmaceuticals; Chemical models and tools; Test and essay organisms."	Non valutabile	Allo stato attuale, tale aspetto non è valutabile perché non si prevedono la coltivazione di piante utili a tale scopo. Nel tempo tale aspetto non può essere escluso in seguito all'evoluzione produttiva che potrà caratterizzare l'impianto agrivoltaico

	<i>Aesthetic information</i>	"Enjoyment of scenery (scenic roads, housing, etc.)"	=	Il contesto in cui si inserisce l'impianto è prevalentemente caratterizzato da monoculture a seminativo ed oliveto. In particolare, gli oliveti presentano caratteri di disseccamento causato dalla <i>Xylella fastidiosa</i> che porterà nel tempo alla morte della pianta e a produrre uno scenario paesaggistico di scarso valore. Pertanto tale aspetto non presenta variazioni rilevanti rispetto allo stato attuale.
"Information functions"	<i>Re-creation</i>	"Travel to agroecosystems for eco-tourism and (recreational) nature study."	😊	Il piano di monitoraggio consentirà di sviluppare degli studi sugli effetti dell'agrivoltaico. Possibilità di sviluppare un nuovo tipo di paesaggio agrario e ambienti fruibili che possono essere valorizzati in attività di guide turistiche.
	<i>Cultural and artistic information</i>	"Use of nature as motive in books, landscape symbol and arts."	😊	Si sviluppano nuove tipologie di paesaggi agrari di tipo socio-ecologici che in future potranno rappresentare nuove ispirazioni artistiche come lo sono stati in passato i mulini a vento, residui di attività industriali, etc.
	<i>Spiritual and historical information</i>	"Use of nature for religious or historical purposes (i.e., the heritage value of natural ecosystems and features)."	😊	Sviluppo di soluzioni agronomiche in combinazione con la produzione di energia che possono garantire nel tempo il mantenimento della produzione di olivo nel territorio colpito drasticamente dalla <i>Xylella fastidiosa</i> . Sviluppo di nuovi paesaggi agrari che potranno combinare produzione agrarie con sostenibilità ambientale.

	<i>Science and education</i>	"Use of natural systems for education. Use of nature for research."	😊😊😊	Sperimentazione di nuove pratiche agronomiche in combinazione con la produzione di energia elettrica attraverso fondi messi a disposizione da investitori nel settore energetico per attività di monitoraggio che sono parte integrate nel processo autorizzativo di tali impianti.
"Carrier functions"	<i>Habitation</i>	"Living space (ranging from small settlements to urban areas)."	=	L'impianto agrivoltaico non altererà tale aspetto in quanto agisce su aree agricole non idonee per la realizzazione di insediamenti residenziali
	<i>Tourism-facilities</i>	"Tourism-activities (outdoor sports, walking, etc.)."	=	L'impianto agrivoltaico non preclude tali attività rispetto allo stato attuale in quanto non agirà nel modificare l'accessibilità delle aree che attualmente possono essere sfruttate per tali scopi

In termini di redditività, lo scenario produttivo attuale (scenario zero) è caratterizzato da produzione di grano duro su una Superficie Agricola Utile di 60 ha e con un margine operativo lordo stimabile di circa 14.040,00 € (234,00 €/ha), senza aiuti comunitari.

L'agrivoltaico (scenario uno), in fase iniziale (considerando anche la produttività dell'olivo dopo 3/5 anni e la coltivazione di ortaggi) potrà apportare un utile lordo stimato di 114.640,00 € per una Superficie Agricola Utile di circa 55 ha (2.084,36 €/ha).

Inoltre, nell'analisi dei costi e soprattutto degli utili aziendali, si dovrà tener conto che l'agrivoltaico sarà caratterizzato da pratiche agronomiche supportate energeticamente dalla produzione di elettricità rinnovabile in loco (una quota concordata tra l'azienda investitrice e l'azienda agricola che utilizzerà il fondo, potrà essere fornita gratuitamente) e dalle tecnologie di agricolture di precisione che andranno ad integrare l'attività agricola primaria. Tutte questo dovrebbe garantire un incremento della produttività agraria attraverso una gestione ottimale delle risorse naturale ed un conseguente abbattimento dei costi. Tale aspetto, comunque potrà essere stimato nel dettaglio in fare di esercizio.

**Quindi, si può notare come il punto B1 delle linee guida in materia di Impianti Agrivoltaici è rispettata in quanto si ha una continuità aziendale accompagnata da un incremento della redditività.**

#### Fase K

Il monitoraggio della produzione agraria connessa all'interazioni tra attività agricola e produzione energetica consentirà di mettere in luce gli impatti in termini di produttività e di porre le giuste risposte attraverso appositi correttivi o provare ad aumentare la produttività attraverso nuova sperimentazione. Infatti, la recente evoluzione dell'agrivoltaico richiede lo sviluppo di nuova conoscenza al fine di settare soluzioni ottimali e che si potrà acquisire, nello stato attuale, solo attraverso la sperimentazione. Questo, attraverso le conoscenze acquisite nel tempo dalle azioni intraprese e sperimentate (*Learning by doing*), consentirà di raggiungere una fase matura.

Nello scenario di avvio dell'agrivoltaico (Scenario uno) si prevede la coltivazione di (Figura 17):

1. Ortaggi nel lotto 1 sia tra le file che sotto i moduli fotovoltaici.
2. Cereali nel lotto 2 sia tra le file che sotto i moduli fotovoltaici e cereali all'esterno alla recinzione.
3. Oliveto nel lotto 3 tra le file dei moduli fotovoltaici e oliveto esterno alla recinzione.
4. Cereali nel lotto 4 sia tra le file che sotto i moduli fotovoltaici e all'esterno della recinzione.
5. Ortaggi nel lotto 5 sia tra le file che sotto i moduli fotovoltaici e cereali all'esterno della recinzione.

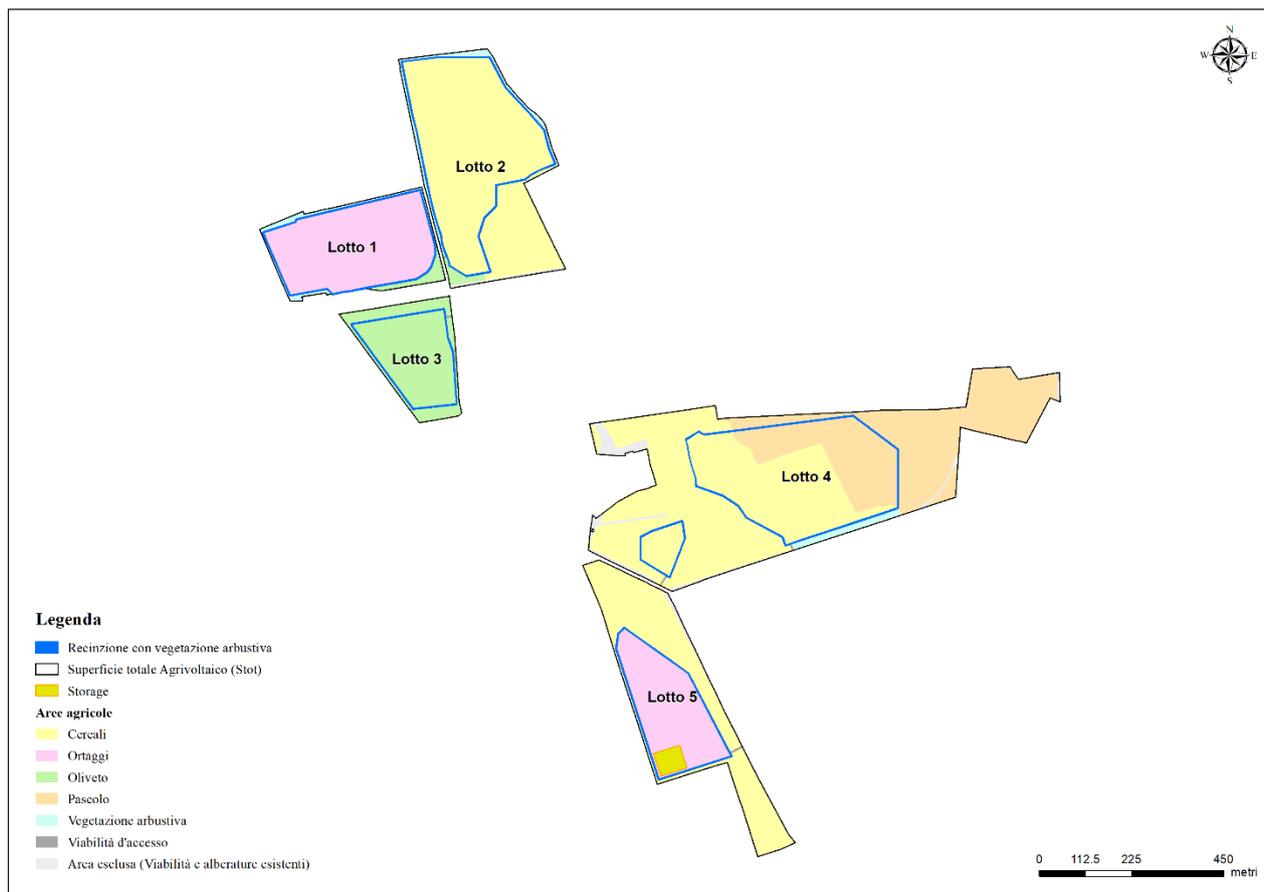


Figura 17. Organizzazione spaziale della composizione culturale dell'agrivoltaico.

Dopo quattro anni di monitoraggio, tempo necessario per compiere il ciclo del grano in rotazione, si potrà valutare un cambio delle colture da coltivare negli spazi a disposizione considerando le rese ed i ricavi ottenuti dal monitoraggio (vedere sezione 2.4).

A tal proposito si potranno sviluppare altri scenari produttivi per l'agrivoltaico come:

- sostituire la coltivazione di grano con quella di ortaggi se queste avranno una resa più alta rispetto anche alle rese standard riscontrate sul territorio;
- sostituire la coltivazione di ortaggi con quella di grano se queste avranno una resa più alta rispetto anche alle rese standard riscontrate sul territorio;
- cambiare la tipologia di ortaggi coltivati tra e sotto i moduli.

Considerando che l'oliveto potrà diventare produttivo dopo 3/5 anni, una seconda fase di verifica potrà essere fissata dopo 8 anni di avvio dell'agrivoltaico al fine di verificare le rese dell'oliveto coltivato tra i pannelli. In particolare, da questa analisi si potranno valutare altri scenari di sviluppo dell'agrivoltaico:

- estendere la coltivazione dell'oliveto anche in altri lotti;
- sviluppare la coltivazione di oliveto in associazione con la pastorizia;
- sviluppare la coltivazione di oliveto in associazione con la coltivazione di ortaggi;
- sviluppare la coltivazione di oliveto in associazione con la coltivazione di cereali.

Naturalmente, queste sono solo alcuni scenari evolutivi che si possono realizzare ma probabilmente non saranno gli unici. Bisognerà anche lasciare spazio all'imprevedibilità e alle esigenze che negli anni potranno emergere di tipo ecologiche, sociali ed economiche, accompagnate anche da innovazioni tecnologiche, che potranno portare a sviluppare altre scelte produttive che attualmente non possono essere previste.

### 2.2.2. B.2 Producibilità elettrica minima

In riferimento a quanto riportato nelle relazioni di progetto ("Relazione Producibilità"), il generatore fotovoltaico sarà realizzato con 43.036 moduli con potenza nominale di 665 Wp, per un totale di 28.618,94 kWp.

La potenza di picco (P<sub>tot</sub>) dell'impianto fotovoltaico in corrente continua definita come la somma delle potenze dei singoli moduli che li compongono misurate in condizioni standard, (radiazione 1 kW/m<sup>2</sup>, 25°C) risulta pari a:

$$P_{tot} = P_{mod} \times N_{mod} = 665 \times 43.036 = 28.618,94 \text{ kWp}$$

L'energia producibile, in corrente continua, dal generatore fotovoltaico, a seguito della simulazione dell'impianto fotovoltaico in progetto, risulta pari a 59.023 MWh/y, con un'efficienza di impianto pari allo 74,23 %.

Pertanto, la producibilità dell'impianto agrivoltaico risulta pari a 0,81 GWh/y/ha (59,023 GWh/y / 72,85 ha).

Sempre in riferimento alla relazione di progetto ("Relazione Producibilità"), si ipotizza di determinare la potenza di un impianto fotovoltaico di riferimento avente caratteristiche come da specifiche delle Linee Guida suddette, utilizzando un rapporto di installazione ha/MW posto pari a 1,50.

Pertanto, la producibilità elettrica specifica di riferimento risulta pari a 1,02 GWh/ha/y (74,192 GWh/y / 72,85 ha)

Quindi, effettuando il rapporto tra la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico in progetto 0,81 GWh/y/ha e quella specifica di riferimento 1,02 GWh/y/ha, si ottiene:

$$\frac{FV \text{ agri}}{FV \text{ standard}} \geq 0.6$$

$$\frac{0,81}{1,02} = 0,79$$

**Si può notare quindi che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico è superiore al 60 % alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard, soddisfacendo il requisito richiesto dalle linee guida in materia di impianti agrivoltaico.**

### 2.3. C. STRUTTURA AGRIVOLTAICO

Considerata l'altezza minima dei moduli fotovoltaici su strutture fisse e l'altezza media dei moduli su strutture mobili, limitatamente alle configurazioni in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi, le linee guida in materia di impianti Agrivoltaici fissa come valori di riferimento per rientrare negli impianti agrivoltaici avanzati:

- 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).

Tali misure minime sono funzionali a garantire la continuità delle attività agricole anche nella superficie sotto i moduli fotovoltaici.

A tal proposito, l'impianto agrivoltaico utilizzerà per la produzione di energia elettrica moduli fotovoltaici con tecnologia tracker con altezza dal suolo dei moduli fotovoltaici variabile da un minimo di 0,50 m, ad un massimo di 2.736 m (Figura 18).

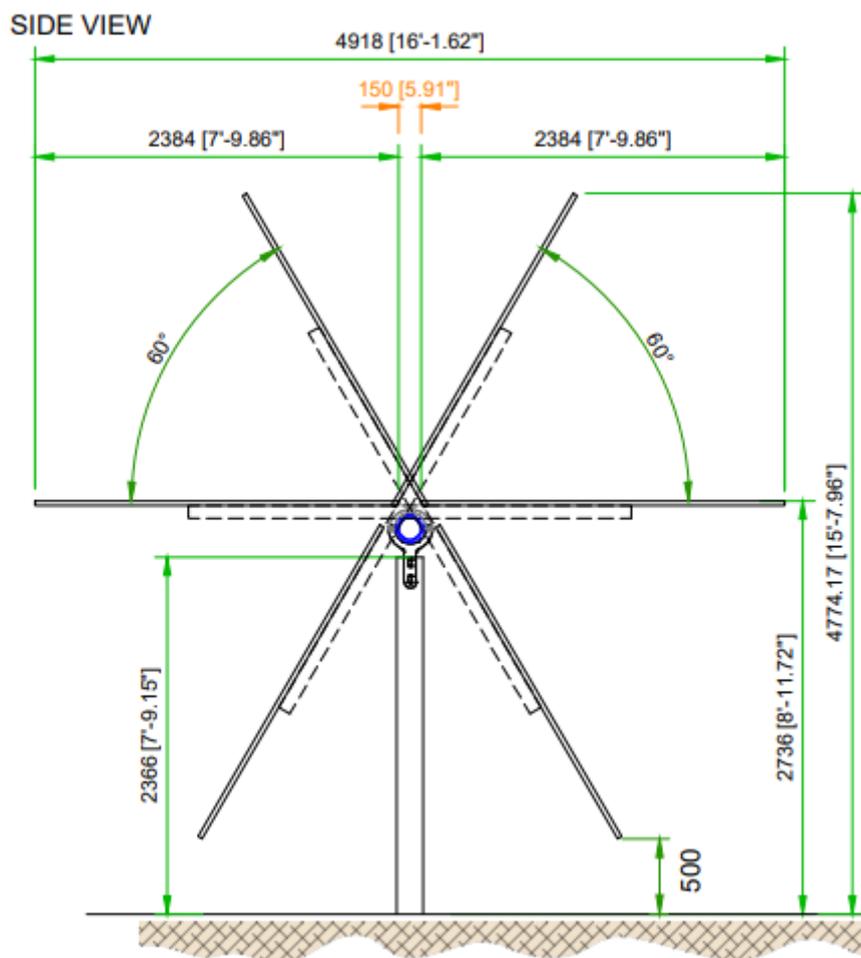
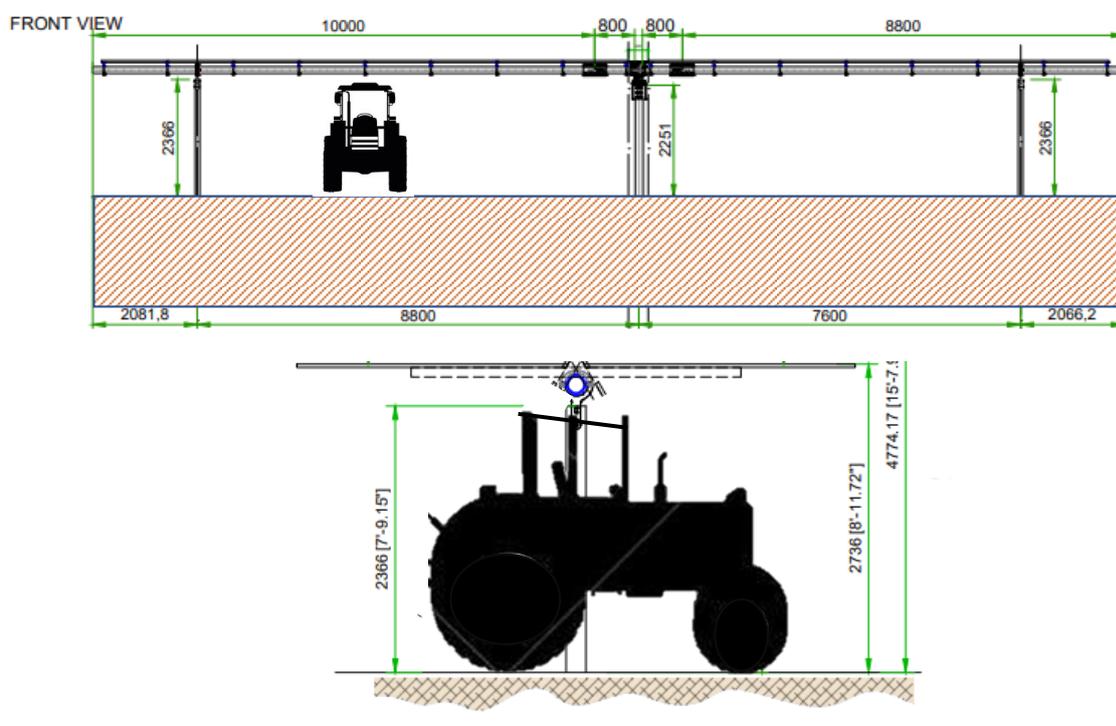


Figura 18. Rotazione dei moduli fotovoltaici con tecnologia tracker con altezza minima e massima dal suolo.

Il movimento dei moduli, durante il corso della giornata, consentirà di creare le condizioni sufficienti per il passaggio della luce e delle macchie agricole sotto i pannelli e di soddisfare il requisito minimo di 2,10 m per le attività colturali e 1,3 metri nel caso di attività zootecniche.

In particolare, quando i moduli sono in posizione orizzontale rispetto al terreno, considerando anche la struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici, l'altezza utile per l'utilizzo incondizionato di mezzi meccanici sotto i pannelli può essere considerata di circa 2,40 metri. Mentre, all'estremità dei pannelli l'altezza utile è di circa 2,70 metri (Figura 19). Quindi, per garantire il mantenimento di tali altezze durante lo svolgimento delle pratiche agronomiche, che saranno in un numero di giorni stimabili in circa 5-8 all'anno, potranno essere bloccati in posizione orizzontale per garantire la manovrabilità dei mezzi agricoli in sicurezza (Figura 19).



**Figura 19. Rappresentazione schematica dell'altezza utile per la coltivazione delle superfici sotto i moduli fotovoltaici quando i moduli sono orientati parallelamente al suolo.**

Questo consente di poter sfruttare la quasi totalità della superficie agricola presente sotto i moduli fotovoltaici per la coltivazione di colture agrarie indicate nel punto B e di prevedere scenari evolutivi dell'agrivoltaico in funzione delle attività di monitoraggio prevista.

In particolare, si avrebbe una composizione dell'impianto agrivoltaico costituita in fase di avvio da:

- cereali coltivati sotto i moduli, tra i moduli e negli spazi privi da moduli fotovoltaici (Figura 20; Figura 23),
- ortaggi coltivati sotto i moduli, tra i moduli e negli spazi liberi da moduli (Figura 21, Figura 23)
- oliveto coltivato tra i moduli fotovoltaici e nelle superfici libere da moduli fotovoltaici, con inerbimento da sovescio anche sotto i moduli (Figura 22, Figura 23).

Questo in coerenza con i requisiti stabiliti nel punto C delle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici.

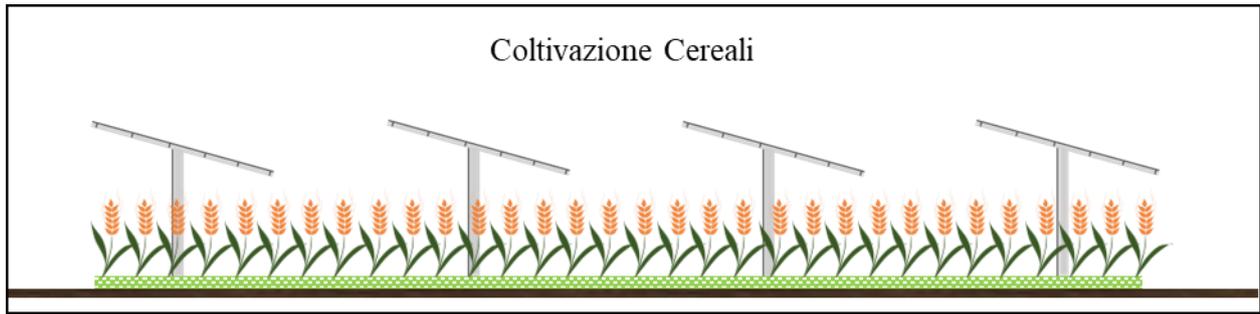


Figura 20. Schema concettuale per la coltivazione di grano tra i moduli e sotto i moduli

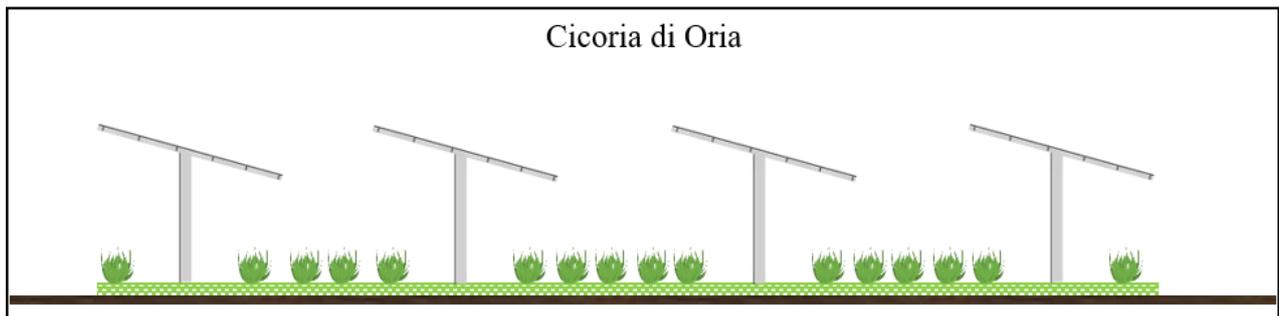


Figura 21. Schema concettuale per la coltivazione di cicoria di Oria tra i moduli e sotto i moduli

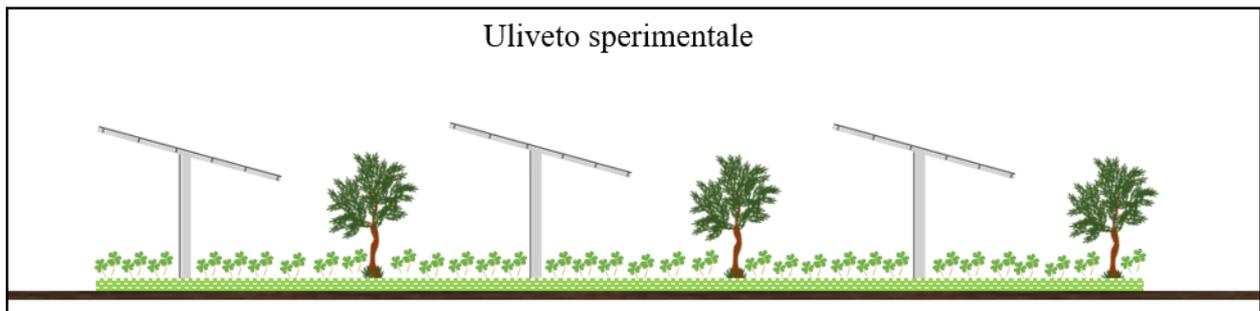


Figura 22. Schema concettuale per la coltivazione di ulivo tra i moduli

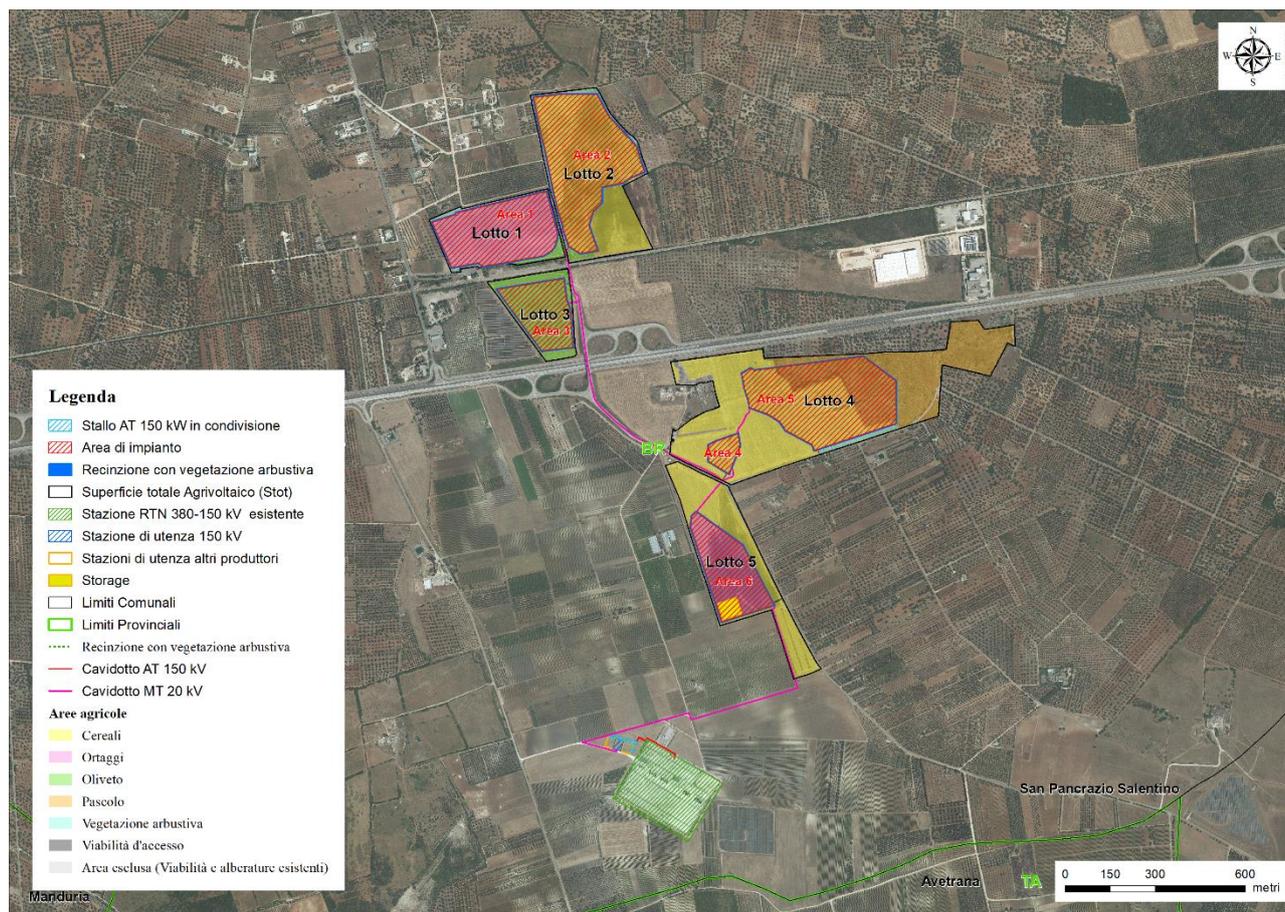


Figura 23. Composizione spaziale dell'agrivoltaico in termini di uso del suolo agricolo.

L'azienda agricola destinata alla coltivazione dell'agrivoltaico sarà dotata di mezzi agricoli idonei al passaggio sotto i moduli in considerazione delle attività che si svolgeranno. In particolare, nel caso specifico della coltivazione dei cereali, sarà previsto anche l'acquisto di una mietitrebbiatrice di piccole dimensioni al fine di consentire la raccolta meccanica del grano anche sotto i pannelli (Figura 24).



Figura 24. Esempio di mietitrebbiatrice che potrebbe essere acquisita per la raccolta del grano sotto e tra i moduli.

Gli schemi concettuali presentati in Figura 20, Figura 21 e Figura 22 rappresentano lo stato di avvio dell'impianto agrivoltaico come scenario T1. Il progetto, comunque, si sviluppa come processo produttivo di tipo evolutivo/adattativo che prevede azioni di monitoraggio ed azioni migliorative come descritto nel punto B. Quindi, la struttura dell'impianto permetterà anche di adottare degli adattamenti o scenari evolutivi in considerazione del monitoraggio.

Tali scenari possono prevedere la conversione di aree coltivate a cereali ad ortaggi e viceversa o sviluppare coltivazioni in associazione tra colture arboree ed erbacee che prevedono un maggiore sfruttamento delle aree sotto i moduli. Nel nostro caso, l'evoluzione prevista potrebbe riguardare la coltivazione dell'oliveto in consociazione con cereali o ortaggi (Figura 27, Figura 25). Un'altra evoluzione potenziale da sperimentare sarà l'integrazione della coltivazione dell'oliveto con la pastorizia al fine di sfruttare il prato coltivato nell'oliveto per fertilizzare in biologico il terreno (Figura 27). Tale soluzione potrà essere applicata prevedendo delle fasce orarie in cui si potrà far entrare il gregge all'interno dell'impianto senza arrecare danno ai moduli. Tale soluzione sarà fattibile grazie alla soluzione tracker che permette la rotazione dei pannelli e quindi una maggiore altezza dal suolo, idonea anche alla pastorizia (1,31 metri dal suolo come previsto dalle Linee Guida in materia di impianti Agrivoltaici), nella fascia orario che va dalle 11.00 alle 16.00, in considerazione delle stagioni.

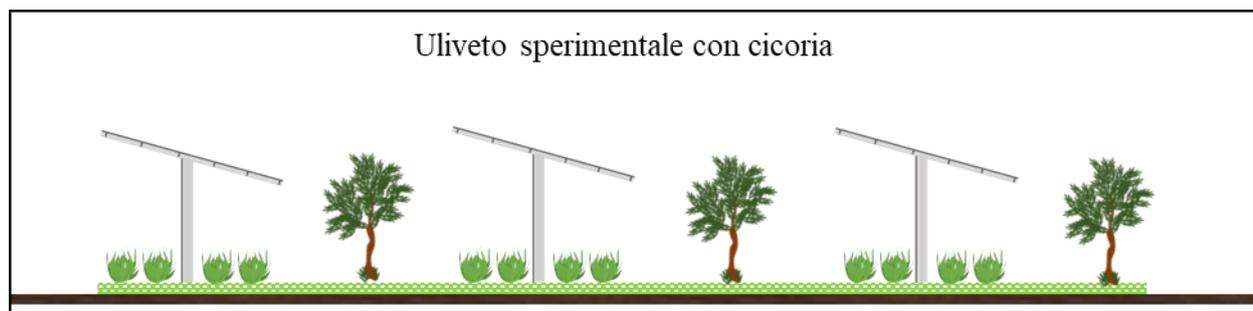


Figura 25. Associazione oliveto e coltivazione di ortaggi.

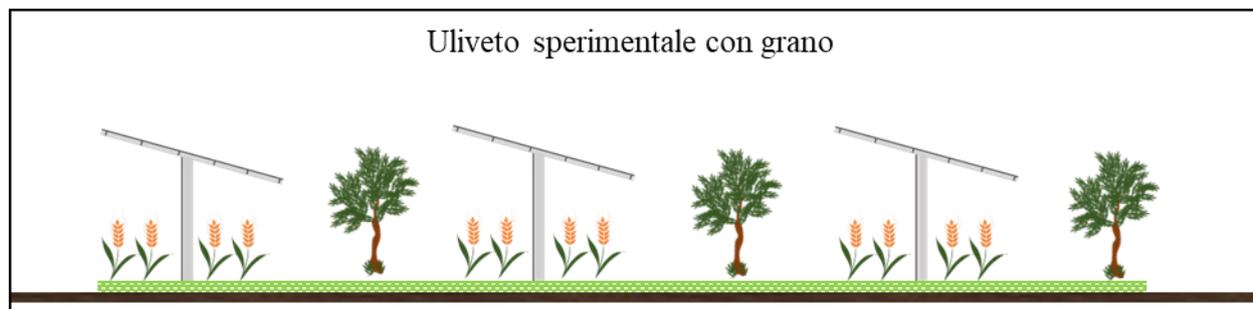


Figura 26. Associazione oliveto e coltivazioni a cereali.

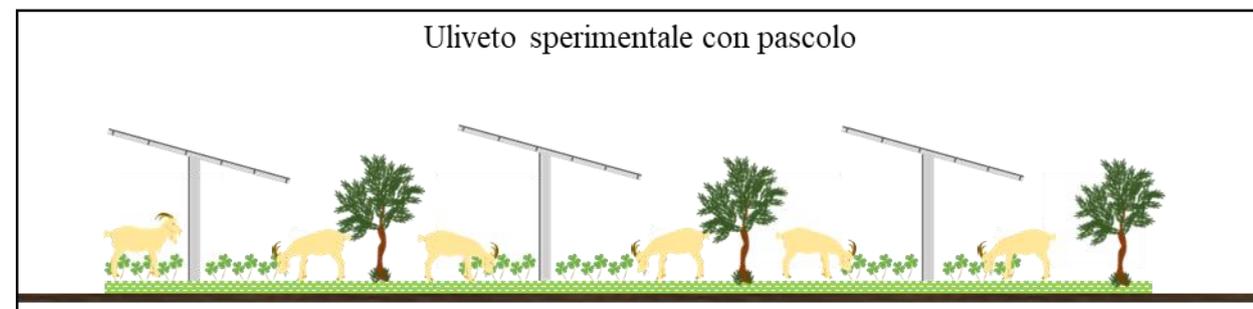


Figura 27. Sviluppo della pastorizia integrata con l'oliveto.

**La soluzione progettuale sviluppata per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico può considerarsi coerente con il punto C in quanto consentirà la coltivazione sotto i pannelli consentendo di sfruttare quasi la totalità dell'area agricola a SAU dello stato iniziale (scenario T0).**

## 2.4. D. MONITORAGGIO E RISPARMIO IDRICO

### 2.4.1. D.1 Il Risparmio Idrico

L'agrivoltaico ha prediletto un approccio verso colture che possono richiedere un apporto minimo di acqua in quanto possono essere coltivate in aridocoltura perché già adattate a vivere in condizioni climatiche sfavorevoli o che hanno un ciclo invernale tale da ridurre al minimo l'apporto idrico. A tal proposito si è scelto di dare continuità alla produzione di cereali e alla sperimentazione dell'oliveto con Leccino. Inoltre, sono state adibite delle aree per la coltivazione di ortaggi autunno-vernini che non necessitano di grossi quantitativi d'adacquamento.

Comunque, si prevede di sviluppare un sistema di auto-provvigionamento idrico attraverso un sistema di recupero e riutilizzo dell'acqua piovana. Pertanto, sarà realizzato un sistema di recupero dell'acqua piovana per supportare l'irrigazione di soccorso. In particolare, l'acqua recuperata sarà utilizzata per irrigare l'oliveto nel periodo estivo dove si possono verificare eventi di forte stress idrico che possono compromettere la crescita delle piante nella fase d'impianto e successivamente la produttività. Altro sistema di accumulo dell'acqua piovana è previsto anche nel lotto 1 e lotto 5 al fine di supportare la fase di sistemazione degli ortaggi ed eventualmente, in un'evoluzione dell'agrivoltaico, anche ad altre colture. Inoltre potrebbe essere necessario fornire acqua anche sui seminativi se le condizioni metereologiche fossero particolarmente avverse.

Il drenaggio dell'acqua verso i serbatoi di raccolta sarà garantito da un sistema di tubazione costituito da tubo corrugato fessurato e rivestito da un geotessile per evitare l'infiltrazione di terreno che possono ostruire i fori. Il sistema drenante convoglierà l'acqua in dei serbatoi/cisterne di acqua piovana da interro.

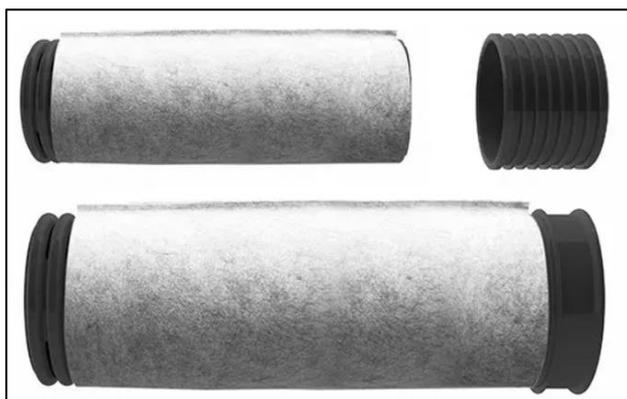


Figura 28. Esempio di tubi corrugati rivestiti da geotessuto disponibili sul mercato.



Figura 29. Esempio di cisterne da interro disponibili sul mercato.

Si prevede la predisposizione di un sistema per la raccolta dell'acqua piovana per una quantità almeno di 30-40 m<sup>3</sup>/ha da somministrare quindi in maniera controllata e dilazionata, nei periodi più siccitosi, per un totale di 150-200 m<sup>3</sup> per l'oliveto (FV3 e dintorni). La stessa quantità ad ettaro è stata stimata per gli ortaggi in emergenza, in Lotto 5 (Area fotovoltaica n. 6) e in Lotto 1 (Area fotovoltaica n. 1).

Si potrebbe pensare di posizionare i serbatoi di raccolta sotto la viabilità interna in modo tale da non sottrarre ulteriore spazio all'agricoltura.

L'impianto irriguo sarà dotato di pompe elettriche alimentate dall'energia autoprodotta dall'impianto fotovoltaico e sarà dotato di un contatore e di un misuratore di pressione al fine di monitorare e gestire l'irrigazione (Vedere capito 3).

Il sistema di irrigazione potrebbe essere automatizzato, attraverso l'utilizzo di tecnologie smart (Fig. 30). Tale sistema è dotato di sensori che consentono di rilevare i parametri di umidità, temperatura e luminosità, stimare l'evapotraspirazione (dovuta anche all'ombreggiamento dei pannelli fotovoltaici) e gestire l'irrigazione di soccorso in autonomia in modo intelligente, dopo una buona calibrazione (Sezione 3.2).

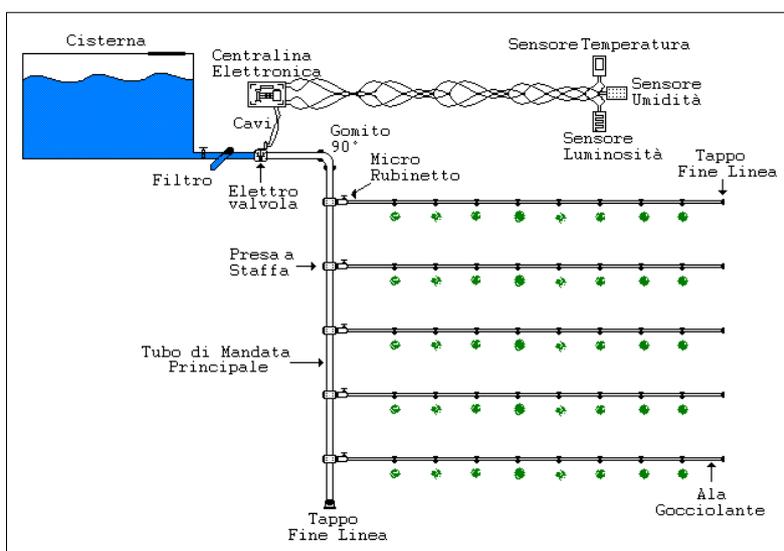


Figura 30. Schema semplificato irrigazione smart

La presenza di colture simili in zona consentirà di effettuare un confronto tra utilizzo di acqua nell'agrivoltaico e in sistemi tradizionali.

Per quanto riguarda la tipologia di irrigazione, questa sarà garantita da un impianto a goccia localizzato. Per non ostacolare la raccolta delle olive tramite scuotitore o comunque non intralciare le lavorazioni, occorrerà disporre le tubazioni gocciolanti ad un'altezza adeguata, meglio se a terra lungo il filare o sotto terra (subirrigazione).

I principali componenti dell'impianto di irrigazione saranno: filtro, pompa di alimentazione, valvole, misuratore di flusso idrico, linee principali e laterali, ed erogatori. Vi sono poi gli elementi accessori, quali la centralina di controllo, i manometri e il gruppo per la fertirrigazione.

Si rimanda al Piano Agronomico per maggiori dettagli.

#### **2.4.2. D.2 Impatto sulla produttività**

La SAU dell'impianto agrivoltaico è di 55 ha e manterrà l'indirizzo produttivo dello stato attuale costituito da colture cerealicole per il 73% (40ha) ed integrato per il restante 27% da ortaggi (10ha) ed olivo (5ha).

Inoltre, l'agrivoltaico presenterà un'area a pascolo, in coerenza con quanto fatto fino adesso dall'attuale azienda agricola che gestisce il fondo (scenario T0) e da un'azione di rinaturalizzazione di circa 1,4 ha con essenze arbustive, tipiche della macchia mediterranea.

L'attività agricola svolta all'interno dell'agrivoltaico, ed in particolare il mantenimento dell'indirizzo produttivo e l'esistenza della resa della coltivazione sarà certificata da una relazione tecnica asseverata da tecnico competente. Le informazioni minime da riportare all'interno della relazione sono in parte quelle previste dall'allegato A del DM 12 gennaio 2015 n. 162 al fine di valutare nel tempo anche l'evoluzione dell'attività agricola:

- Identificativo catastale di ciascuna particella catastale inclusa nell'appezzamento. Per ogni particella sarà definita la quantità coltivata sotto i moduli, tra i moduli e negli spazi privi di moduli;
- Uso del suolo specificando, se del caso, la destinazione, la varietà e ogni altra ulteriore caratteristica prevista. Anche in tal caso, si farà una distinzione delle superfici coltivate sotto i moduli, tra i moduli e negli spazi liberi da moduli;
- Superficie impiegata nell'utilizzazione prescelta;
- Data di inizio della destinazione;
- Data di fine della destinazione;
- Data di fine della conduzione;
- Indicazione della coltura ritenuta principale nel periodo 1 aprile - 9 giugno;
- Epoca di semina (autunno-vernina, primaverile- estiva);
- Tipo di semina;
- per le coltivazioni permanenti: fase di allevamento (produttivo, non produttivo);
- numero di piante (se del caso), sesto d'impianto, inteso come "distanza tra le file" e "distanza sulla fila";

- forma di allevamento prevalente;
- eventuale gestione dell'irrigazione (irrigazione di soccorso, irrigazione);
- l'eventuale destinazione biologica (in conversione, biologica) o applicazione di metodi di produzione integrata che si potranno sviluppare nel tempo come forma di evoluzione dello stato produttivo iniziale dell'agrivoltaico;
- presenza di strutture aziendali a protezione delle colture (i moduli saranno interpretati come strutture aziendali a protezioni delle coltivazioni);
- il tipo, le dimensioni e l'ubicazione delle aree di interesse ecologico;
- presenza di vincoli amministrativi e/o agronomici cui è sottoposta la superficie: superfici utilizzate prevalentemente per attività agricole, in seguito all'attuazione della direttiva 92/43/CEE, della direttiva 2000/60/CE e della direttiva 2009/147/CE; superfici assoggettate dall'agricoltore stesso al vincolo della rotazione delle colture; superfici oggetto di imboscamento a norma dell'articolo 31 del regolamento (CE) n. 1257/1999 o dell'articolo 43 del regolamento (CE) n. 1698/2005 o dell'articolo 22 del regolamento (UE) n. 1305/2013 oppure in virtù di un regime nazionale le cui condizioni siano conformi all'articolo 43, paragrafi 1, 2 e 3, del regolamento (CE) n. 1698/2005 o all'articolo 22 del regolamento (UE) n. 1305/2013; superfici ritirate dalla produzione a norma degli articoli 22, 23 e 24 del regolamento (CE) n. 1257/1999, dell'articolo 39 del regolamento (CE) n. 1698/2005 o dell'articolo 28 del regolamento (UE) n. 1305/2013.
- Analisi della produzione agricola in termini quantitativi e qualitativi: caratterizzazione delle rese in funzione dell'ubicazione sotto i moduli, tra i moduli e negli spazi liberi da moduli.

A tale relazione sarà allegato anche il Quaderno di Campagna-Registro dei Trattamenti & Quaderno di Campagna-Fertilizzazione al fine di valutare la gestione delle pratiche agronomiche adottate ed il bilancio aziendale e valutare nel tempo l'impatto delle soluzioni adottate sulla produttività.

## **2.5. E. CAMBIAMENTI CLIMATICI E MONITORAGGIO**

### **2.5.1. E.1 Recupero della fertilità dei suoli e monitoraggio**

Il fondo in cui sorgerà l'impianto Agrivoltaico presenta un'area a pascolo di circa 12 ha non utilizzata dall'attuale azienda agricola per scopi produttivi. Il progetto agrivoltaico al momento non prevede un cambio di uso del suolo per tale area e mantiene la destinazione attuale; quindi, non si prevede un uso diretto a scopi produttivi di tipo agricolo (Figura 31).



Figura 31. Carta di uso del suolo del SIT Puglia (a sinistra) e confermata dai rilievi in campo; a destra l'evoluzione in agrivoltaico.

Comunque, si cercherà di dare un utilizzo di tipo ecologico, economico e sociale in quanto, tale area sarà messa a disposizione di apicoltori per il posizionamento di arnie nella parte recintata che potrebbe produrre un effetto positivo anche per la produzione agricola locale e dell'agrivoltaico in termini di supporto del processo di impollinazione. Mentre, nella parte libera sarà data la possibilità di pascolo ad eventuali pastori presenti in zona in quanto non sarà recintata e non si porrà nessun limite all'accesso e utilizzo. Quindi, si cercherà di sfruttare tale area per un utilizzo secondario a beneficio del territorio dell'agrivoltaico.

Inoltre, tale area potrebbe essere utilizzata per attività sociali che possono coniugare energia rinnovabile, informazione e scienza accompagnate da attività didattiche (Figura 32).



Figura 32. Schema concettuale di una visione di impianto fotovoltaico sviluppato come giardino-fotovoltaico in cui oltre a sviluppare un processo ecologico connesso all'impollinazione si immagina di usare la stessa area per scopi educativi e scinetifici (Semeraro et al., 2018).

### 2.5.2. E.2 Monitoraggio del Microclima

Al fine di monitorare l'interazione tra produzione elettrica e produzione agraria sarà effettuato il monitoraggio del microclima tra e sotto i moduli fotovoltaici e negli spazi aperti. Tale aspetto è rilevante al fine di caratterizzare la produzione agraria in funzione delle differenti caratteristiche fisiche generate dalla presenza delle strutture relative all'impianto fotovoltaico che andranno ad influire sul microclima.

I parametri che saranno misurati sono:

- temperatura: retro i moduli; ambiente esterno e tra i moduli (misurata con sensore PT100, acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti ed incertezza inferiore a  $\pm 0,5$  °C).
- umidità dell'area: retro i moduli, ambiente esterno e tra i moduli (misurata con igrometro, acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti).
- velocità del vento: retro-modulo, ambiente esterno e tra i moduli (Misurata con anemometro).

Tale sistema, sarà integrato con un sistema di smart-agricoltura che consentirà anche di misurare l'umidità del terreno ed indici di vegetazione utili a settare opportune azioni di colturali.

Il monitoraggio del microclima farà parte di un piano di monitoraggio della produttività che ha lo scopo di evidenziare gli effetti diretti della presenza dei moduli sulla produttività agraria e qualità dei prodotti riportato nella sezione 2.4 (Fig. 47, Fig. 48, Tab. 7).

### **2.5.3. E3-Resilienza ai Cambiamenti Climatici**

#### **Rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione**

L'agricoltura globale è responsabile del 30-40% di tutte le emissioni di gas serra, il che la rende un'industria leader che contribuisce prevalentemente al riscaldamento climatico e ne risente in modo significativo (Grieg; Mishra et al. 2021; Ortiz et al. 2021; Thornton and Lipper 2014). A causa delle sue vaste dimensioni e della sua sensibilità alle variabili meteorologiche, l'agricoltura è il settore più vulnerabile ai cambiamenti climatici, con conseguenze economiche significative (Naz et al., 2022). Ad esempio, sono stati condotti studi che dimostrano che la temperatura influenza la quantità di caffè coltivata in Veracruz, Mexico. Se la temperatura media globale dovesse crescere di due gradi Celsius nei prossimi anni, si potrebbero avere effetti negativi sulla produzione di riso, grano e mais con una riduzione stimata del 2% a livello globale (Karimi et al., 2018).

Vi è un crescente riconoscimento del fatto che l'adattamento dell'agricoltura dei piccoli proprietari e delle famiglie ai cambiamenti climatici richiede lo sviluppo della resilienza ai rischi associati alla variabilità climatica naturale (Cooper et al., 2007; Thomas et al., 2007; Baethgen, 2010; Howden et al., 2010). Gli agricoltori sperimentano il cambiamento climatico in gran parte come cambiamenti nella frequenza e nella gravità degli eventi estremi. In particolare, tali eventi possono essere rappresentati da (Huang 2004, IPCC, 2012; Summary for policymakers, 2014; Loboguerrero et al., 2019; Berhanu et al., 2019):

- a. alluvioni;
- b. ondate di calore anomalo;
- c. incendi;
- d. siccità;
- e. grandinate;
- f. mareggiate;
- g. innalzamento dei mari;
- h. inondazione provocate dallo straripamento dei fiumi;
- i. intrusione salina nella falda;
- j. degrado del suolo dovuto alle alluvioni.

Tali effetti richiedono un nuovo approccio alla produzione agricola al fine di attuare strategia di adattamento per ridurre gli eventi di perturbazione creati dai cambiamenti climatici e creare alta resilienza nel sistema agrario al fine di garantire la continuità produttiva agricola nel tempo.

#### **Cambiamento climatico in Italia**

In Italia, secondo il "Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia" (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014), le variazioni più certe, confermate da stime indipendenti, riguardano l'aumento della temperatura media. Riferite a diversi intervalli di tempo, le stime del rateo di riscaldamento in Italia sono dell'ordine di +1 °C/secolo negli ultimi 100 anni e di 2°C/secolo

negli ultimi 50 anni; il rateo di variazione è ancora più consistente e stabile negli ultimi 30 anni. L'aumento della temperatura è più sensibile nelle stagioni estiva e primaverile. All'aumento dei valori medi corrisponde una variazione di segno analogo di alcuni indicatori dei valori estremi di temperatura, tra i quali le onde di calore. Le precipitazioni hanno una variabilità spaziale molto più marcata. Le stime delle variazioni delle precipitazioni cumulate (sia annuali che stagionali), sono piuttosto diversificate caso per caso, anche in funzione della finestra temporale analizzata. In generale, vengono rilevate tendenze di segno negativo, che indicano cioè una riduzione delle precipitazioni cumulate nel lungo periodo, anche se talvolta di entità non statisticamente significativa. Nel contempo, considerando l'intero periodo 1880-2002, si rileva una diminuzione significativa del numero di eventi di bassa intensità e, in alcune aree del Nord, un aumento della frequenza degli eventi di forte intensità. Le tendenze di intensità e frequenza delle precipitazioni non sono invece univoche se si considerano finestre temporali più brevi e recenti e se riguardano regioni specifiche del territorio italiano.

Negli ultimi anni è stato compiuto un notevole sforzo per migliorare le simulazioni e le proiezioni di cambiamento climatico nella regione del Mediterraneo e per la penisola italiana. Progetti come PRUDENCE, ENSEMBLES, CIRCE e più recentemente IMPACT2C, CLIMRUN e NextData o programmi come Med-CORDEX, hanno determinato un progressivo miglioramento della rappresentazione delle caratteristiche specifiche di questa area nei modelli climatici, contribuendo a migliorare la nostra conoscenza del sistema e la nostra capacità di simularlo. Contestualmente, per questa regione, sono state prodotte anche una vasta serie proiezioni di cambiamento climatico.

Notevoli cambiamenti del clima Mediterraneo potrebbero verificarsi già nei primi decenni degli scenari climatici del XXI secolo. Lo scenario A1B, per il periodo 2021-50, mostra un riscaldamento sostanziale (circa 1.5° C in inverno e quasi 2° C in estate) e una significativa diminuzione di precipitazioni (circa -5% in inverno e -10% in estate) su gran parte della regione Mediterranea, rispetto al periodo di riferimento.

I cambiamenti della temperatura media sono sostanzialmente omogenei su tutto il bacino e per le diverse stagioni, mentre la precipitazione mostra andamenti diversi per l'estate e l'inverno, per la parte settentrionale e per quella meridionale dell'area Mediterranea.

Le proiezioni di cambiamento climatico per la penisola Italiana sono sostanzialmente consistenti con quelle ottenute per la regione Mediterranea. La temperatura media stagionale aumenta, rispetto al periodo di riferimento (1961-90), sia nella parte settentrionale che centrale e meridionale della Penisola, con valori che alla fine del XXI secolo, in alcuni scenari analizzati, vanno da oltre 5°C per l'Italia del nord in estate (June – July – August "JJA") ai circa 3°C per il meridione in inverno (December – January – February "DJF"). Nello scenario di riferimento, le precipitazioni medie diminuiscono del 30% e oltre su gran parte della Penisola in estate (JJA); in inverno (DJF) la riduzione è molto meno consistente nel sud, praticamente nulla al centro, mentre nel settentrione si assiste ad un aumento significativo (+17%). Tale aumento appare interessante maggiormente le regioni nord-occidentali e la fascia tirrenica.

Zone	Differenza medie (2071-2100) – (1961-1990)	
	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITAZIONE (%)
Italia Settentrionale	DJF +3.5 (±0.7)	DJF +17 (±14)
	JJA +5.1 (±1.4)	JJA -30 (±18)
Italia Centrale	DJF +3.1 (±0.6)	DJF 0 (n.d.)
	JJA +4.8 (±1.2)	JJA -40 (±29)
Italia Meridionale	DJF +2.9 (±0.6)	DJF -20 (±14)
	JJA +4.4 (±0.9)	JJA -35 (±35)

Figura 33. Cambiamento della temperatura (°C) e della precipitazione (%) sulla penisola Italiana tra le medie stagionali per il periodo (2071-2100) e il periodo di riferimento (1961-1990), ottenute con i modelli PRUDENCE seguendo lo scenario SRES-IPCC A2. I valori indicano il risultato della media multi-modello e i valori tra parentesi indicano lo "spread" inter-modello in termini di deviazione standard dei cambiamenti. Maggiori dettagli su queste simulazioni e sui risultati ottenuti possono essere trovati in Coppola e Giorgi (2009).

Oltre ai valori medi, le proiezioni indicano anche un sostanziale cambiamento nella variabilità interannuale delle temperature e delle precipitazioni sull'Italia. In particolare, l'aumento della variabilità estiva della temperatura, accompagnato dall'aumento delle massime, indica un aumento considerevole della probabilità di occorrenza di ondate di calore. Anche la precipitazione mostra un cambio nei regimi, con un aumento degli eventi intensi, a dispetto della generale diminuzione dei valori medi stagionali. Inoltre, i cambiamenti di precipitazione associati a quelli di temperatura ed evaporazione portano a un significativo aumento degli eventi siccitosi, su gran parte della Penisola.

Le proiezioni di cambiamento climatico indicano che anche le condizioni del Mar Mediterraneo potrebbero essere sostanzialmente alterate dal riscaldamento globale. In particolare, la sua temperatura superficiale è proiettata aumentare di circa  $1.3^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}$  nel periodo 2021–50.

Le variazioni di temperatura e del bilancio idrologico del Mar Mediterraneo si riflettono sulla sua densità, ripercuotendosi, a parità di massa, sul livello del mare. Gli scenari condotti in CIRCE indicano un possibile trend aumento del livello del mare per effetto sterico dell'ordine di  $0.29 (\pm 0.13)$  cm/anno, che porterebbero il livello del bacino nel periodo 2021-50 ad essere mediamente dai 7 ai 12 cm più alto del periodo di riferimento. A questo aumento del livello del Mar Mediterraneo dovuto all'effetto sterico andrebbero poi aggiunti quello dovuto all'aumento del livello dell'oceano globale indotto dallo scioglimento dei ghiacci continentali (Groenlandia e West Antartica soprattutto) e gli effetti della subsidenza costiera

I cambiamenti climatici, in base agli scenari disponibili per l'area Mediterranea, potranno provocare i seguenti principali processi di desertificazione e degrado del suolo:

- aumento dell'erosione idrica, che determina l'asportazione della parte superficiale del suolo;
- diminuzione del Contenuto di Sostanza Organica nel suolo (Soil Organic Carbon, SOC) che ne influenza fortemente la capacità produttiva;
- aumento della salinizzazione nelle aree irrigue, nonché in quelle costiere per intrusione del cuneo salino, aree nella maggior parte dei casi ad alto valore economico

Le variazioni climatiche in corso e gli scenari futuri mostrano un probabile aumento nella loro frequenza e severità. Le aree sensibili alla desertificazione sono in generale caratterizzate dalla presenza di condizioni climatiche che generano ecosistemi con scarsa produttività biologica, scarsità di risorse idriche e suoli fragili. Sulla base di indici riferiti al clima,

suolo, copertura vegetale e gestione del territorio, l'applicazione della metodologia ESA fornisce una valutazione delle aree sensibili alla desertificazione e al degrado del territorio in Italia. Tutte le regioni hanno aree sensibili ma con gradi d'intensità e con estensione delle aree interessate diverse. Le regioni con una percentuale di territorio "molto sensibile" superiore alla media nazionale sono Basilicata, Marche, Molise, Sicilia, Sardegna, Puglia e Emilia-Romagna.

Per quanto riguarda il futuro, con elevata probabilità i cambiamenti climatici avranno un forte impatto sui processi di desertificazione a causa del progressivo assottigliarsi delle riserve idriche e dell'aumento degli eventi siccitosi, di cui peraltro non esiste ancora un quadro conoscitivo esaustivo. È noto, inoltre, che i cambiamenti climatici avranno anche un profondo impatto sulla struttura e sulle funzioni degli ecosistemi agricoli e forestali, influenzando i cicli fisici, chimici e biologici e quindi la composizione, la produttività e la resilienza.

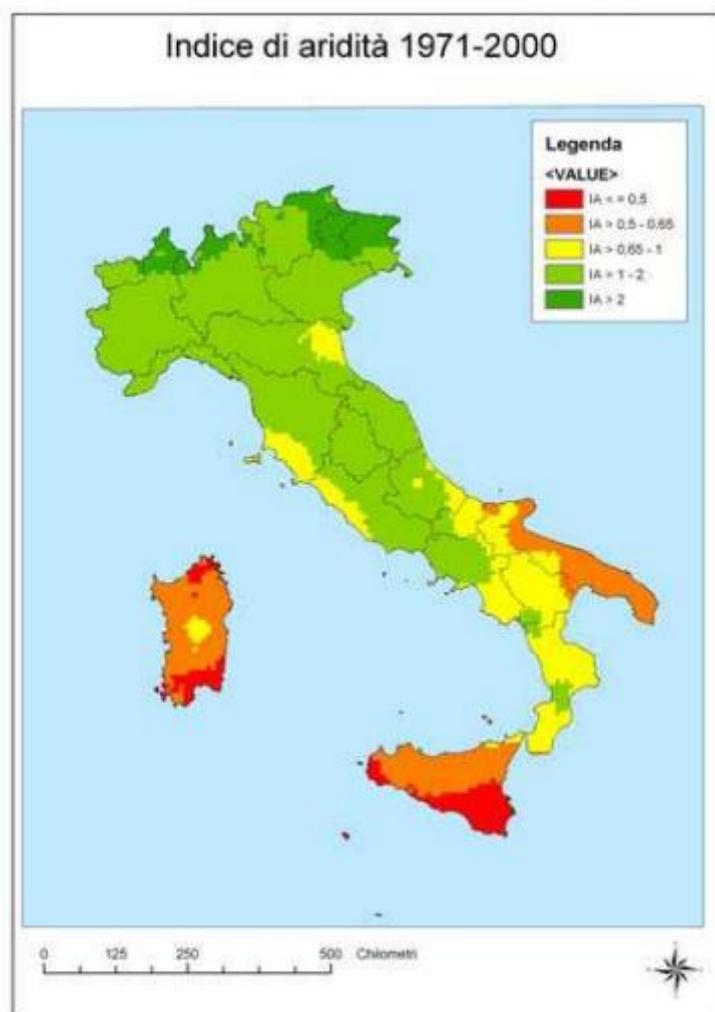


Figura 34. Distribuzione delle zone semi aride e sub-umide secche secondo l'indice di aridità UNEP (Fonte: Perini et al., 2008).

Gli scenari di cambiamento climatico per il decennio 2041-2050 nella regione Mediterranea prevedono ulteriormente in aumento l'estensione delle zone secche in Italia, determinando un incremento diretto dell'evapotraspirazione potenziale e del fabbisogno idrico sia della vegetazione naturale sia delle colture agrarie.

Tale paragrafo è stato interamente estratto dalle sintesi conclusioni riportate nel "Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia" redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

### Contesto di ubicazione dell'impianto

L'agrivoltaico sarà realizzato nel comune di Erchie della provincia di Brindisi, regione Puglia. L'impianto dista circa 12 km in linea d'aria dal mare ed è ubicato ad un'altitudine superiore a 50 m dal livello del mare (Figura 35, Figura 36). Quindi, si può escludere impatti sull'agrivoltaico connessi a mareggiate, innalzamento dei mari. Inoltre, l'area non è interessata da fiumi e corsi d'acqua

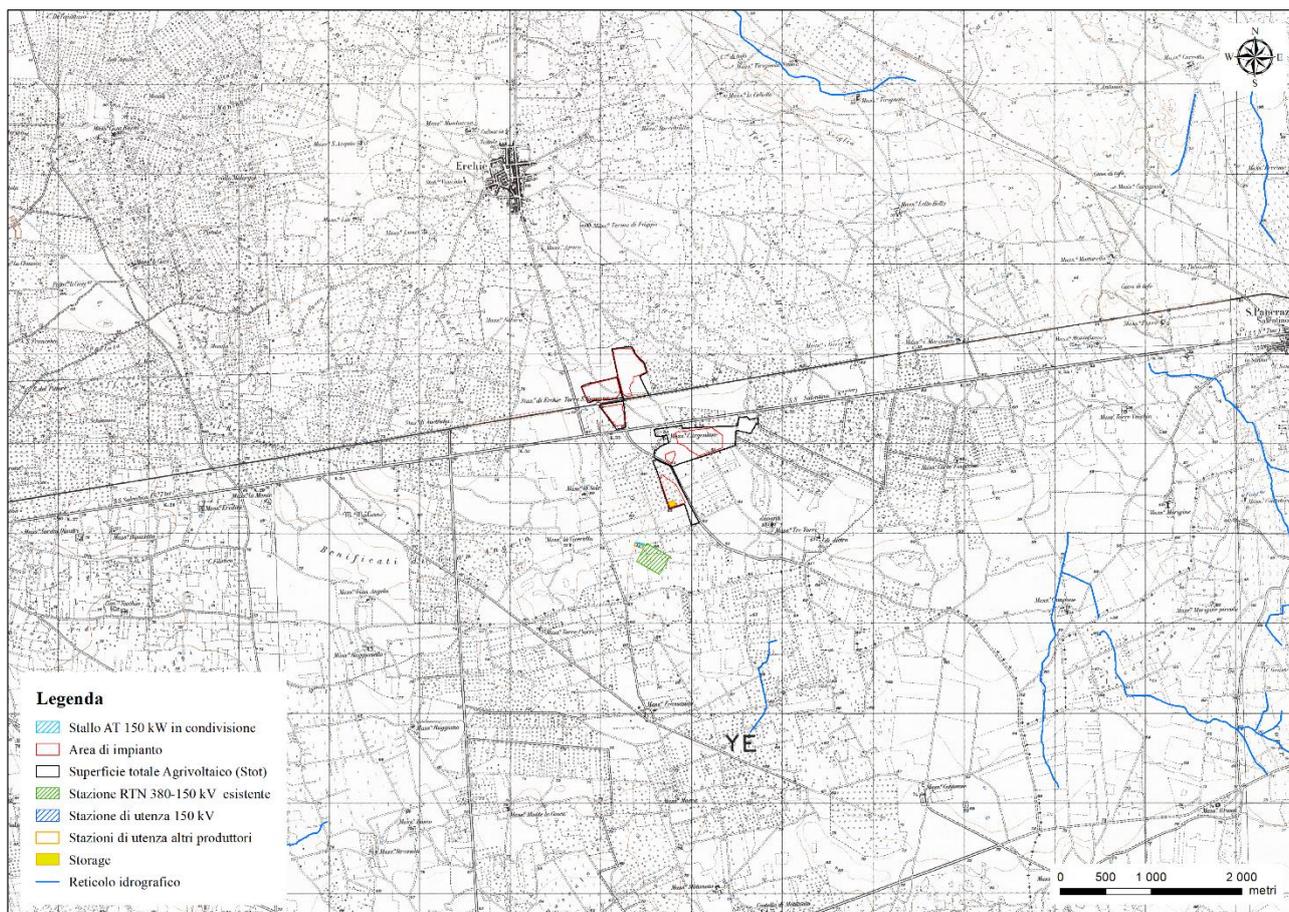


Figura 37).

Progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Impianto Agrivoltaico Masseria Argentoni" della potenza di 28.618,94 kWp con storage della potenza di 25.410 kW da realizzarsi nel Comune di Erchie (BR).

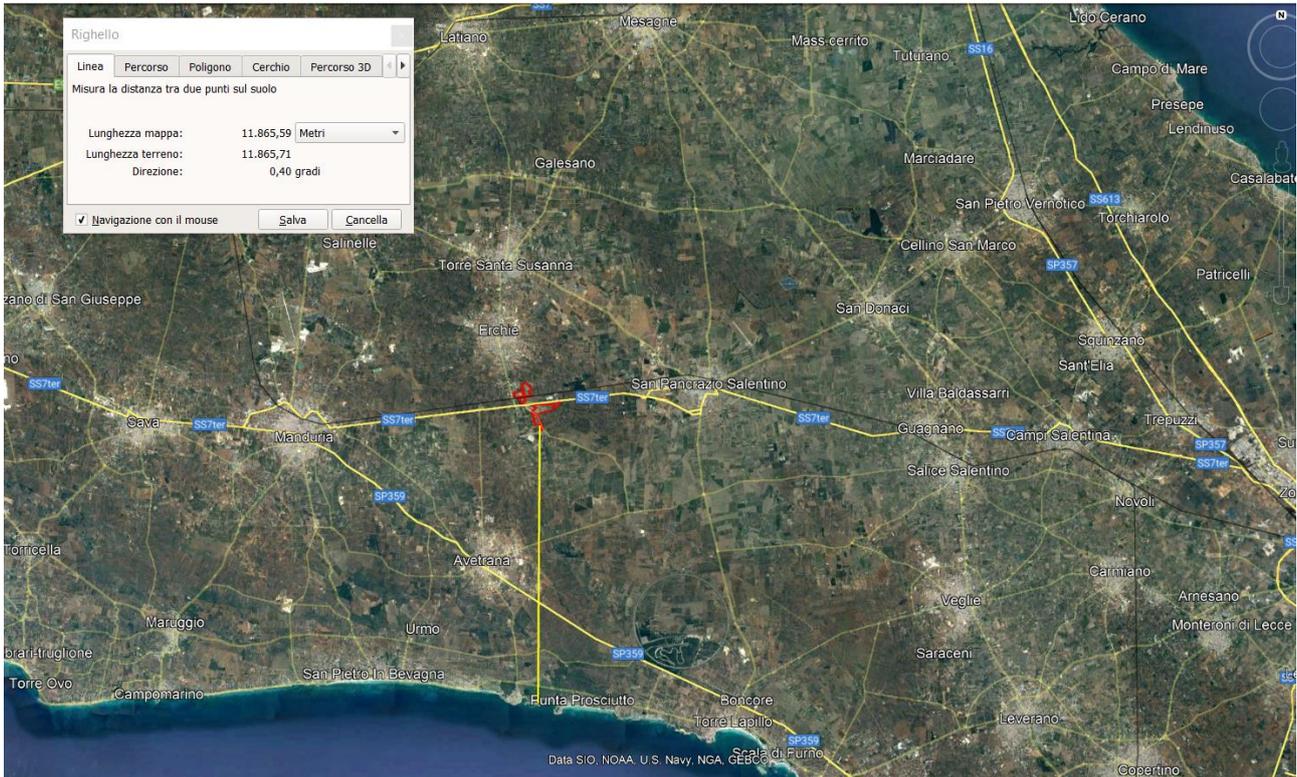


Figura 35. Ubicazione dell'impianto rispetto la costa. In rosso sono riportati i lotti in cui dovrebbe essere localizzato l'agrivoltaico.

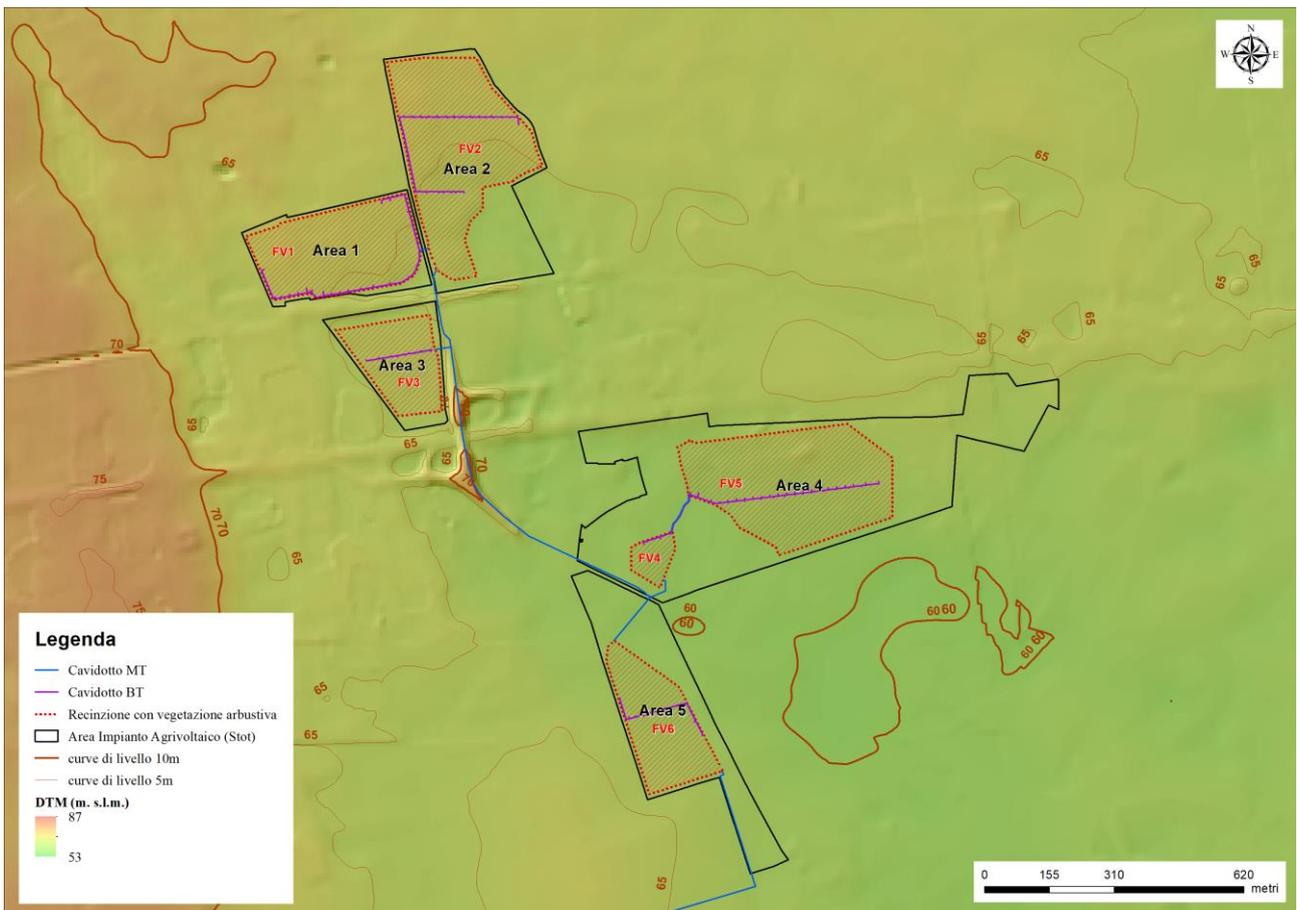


Figura 36. Inquadramento altimetrico dell'impianto.

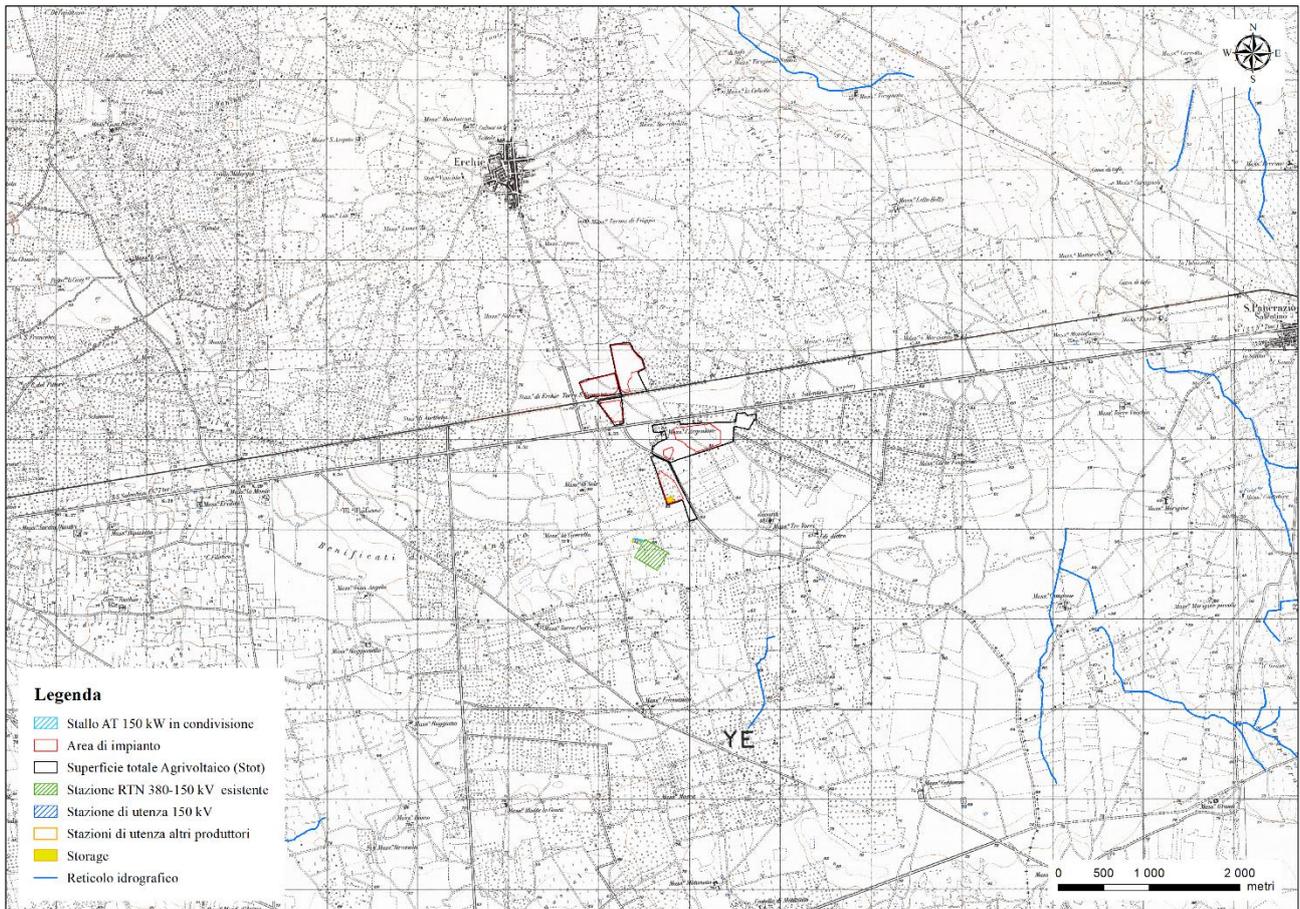


Figura 37. Inquadramento reticolo idrografico (Fonte: idrografia della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia).

Un fattore fisico fortemente limitante, come è emerso anche dal Rapporto del Ministero, è la disponibilità idrica derivante dalle precipitazioni. Dalla Figura 38 si può notare come il livello delle precipitazioni risulta compreso tra 500-700 mm l'anno (l'area di riferimento è sotteso dal cerchio rosso della figura. Purtroppo, la zona di ubicazione e a ridosso di due macro aree e per tale motivo non è possibile identificare con precisione il livello di precipitazione riscontrato sul territorio regionale).

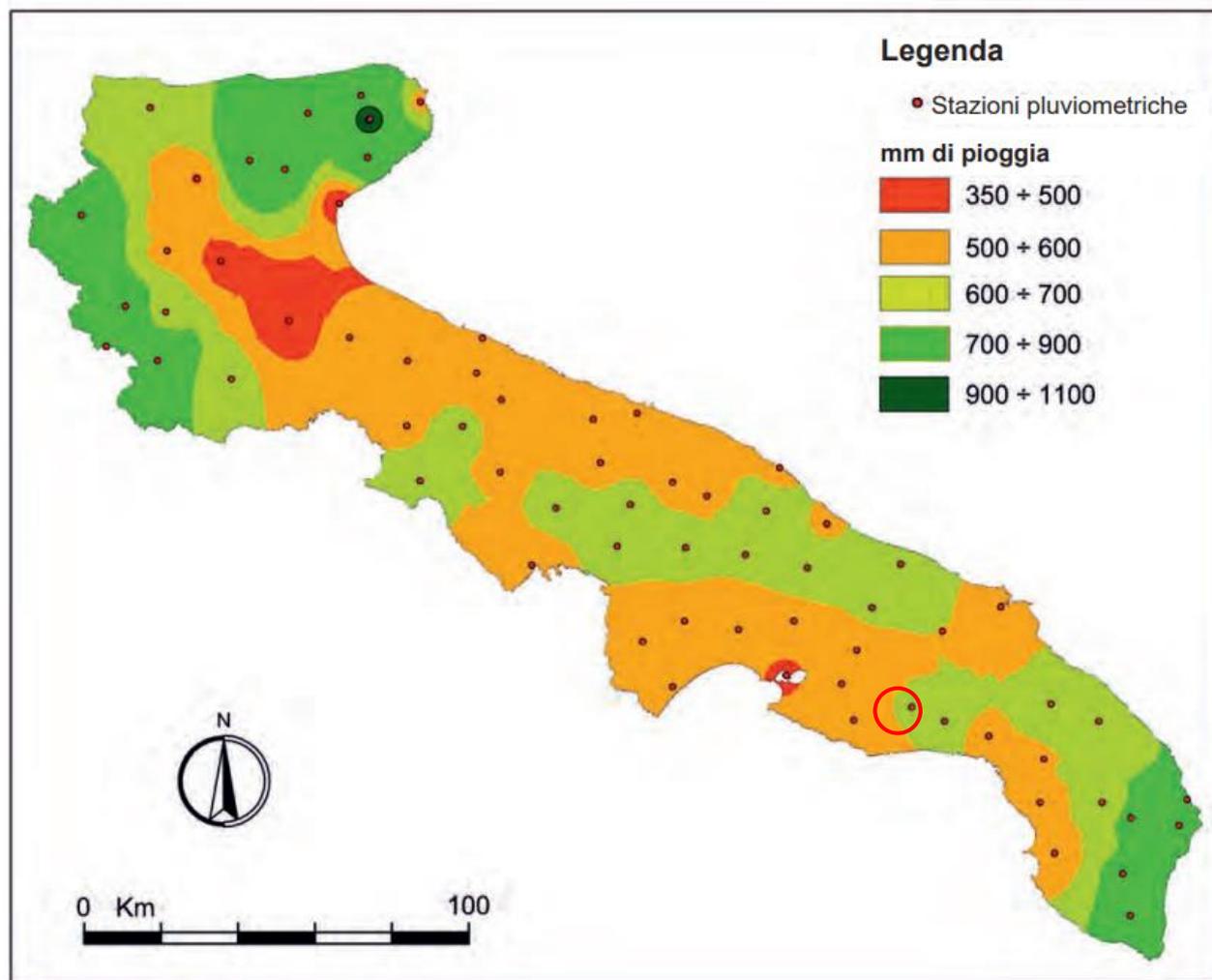


Figura 38. Stazioni pluviometriche considerate nell'analisi dei trend climatici con indicazione delle isoiete medie annue del trentennio di riferimento 1961÷1990. - Rain gauge stations considered in the analysis of climate trends, with indication of the mean annual isohyets of the thirty-year reference period 1961÷1990

### Piano Tutela delle Acque Puglia

La salinizzazione dei suoli è un processo che ha un impatto potenzialmente molto rilevante soprattutto quando riguarda le aree con produzioni irrigue di maggior valore economico. La salinizzazione dei suoli nelle aree irrigue costiere è indotta dall'utilizzo di acque di falda soggette all'intrusione di acqua marina. Le coste delle Regioni Sardegna, Sicilia e Puglia, come la maggior parte delle aree costiere italiane, sono interessate dall'intrusione salina, generalmente attribuita al sovrasfruttamento degli acquiferi e al conseguente abbassamento dei livelli di falda. L'incremento del fabbisogno idrico dovuto ai cambiamenti climatici potrà determinare un maggiore emungimento, inoltre, una minore ricarica della falda dovuta ad una riduzione delle precipitazioni, può creare una maggiore intrusione marina e salinizzazione degli acquiferi costieri. La riduzione delle precipitazioni, poi, oltre a diminuire l'apporto meteorico alle falde, può determinare una rimozione minore dei sali nell'orizzonte più superficiale del suolo (lisciviazione) rendendolo progressivamente meno produttivo (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014).

L'area interessata dall'impianto è classificata nel Piano di Tutela delle Acque (PTA) Puglia: come area di tutela quali-quantitativa. Tale area è comunque a ridosso della zona classificata come "Aree vulnerabili a contaminazione salina"

**L'art. 23 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PTA** stabilisce che: *"le aree di tutela quali-quantitativa, rappresentate prevalentemente da fasce di territorio su cui si intende limitare la progressione del fenomeno di contaminazione nell'entroterra attraverso un uso della risorsa che minimizzi l'alterazione degli equilibri tra le acque dolci di falda e le sottostanti acque di mare di invasione continentale."*

A tale scopo le strategie adottate per mitigare i cambiamenti climatici a scala locale al fine di rendere l'attività agricola adattabile e resiliente prevede azioni che ridurranno l'apporto idrico derivanti da emungimenti. Inoltre, la scelta delle colture da adottare e la tipologia di agrivoltaico è stata settata al fine di garantire un ottimale mutualismo tra produzione energetica e produttività agricola volta alla massimizzazione del risparmio idrico anche attraverso una minimizzazione di fenomeni da stress idrico delle piante derivanti da potenziali ondate di calore che possono richiedere un apporto aggiuntivo di acqua.

Tali strategie sono coerenti con quanto stabilito dall'art. 50 delle NTA del PTA riferite al Risparmio Idrico: *"l'adozione di piani di irrigazione compatibili con le capacità d'uso dei suoli, con le effettive priorità di utilizzazione delle risorse idriche disponibili localmente, con le esigenze del mercato agricolo;"*

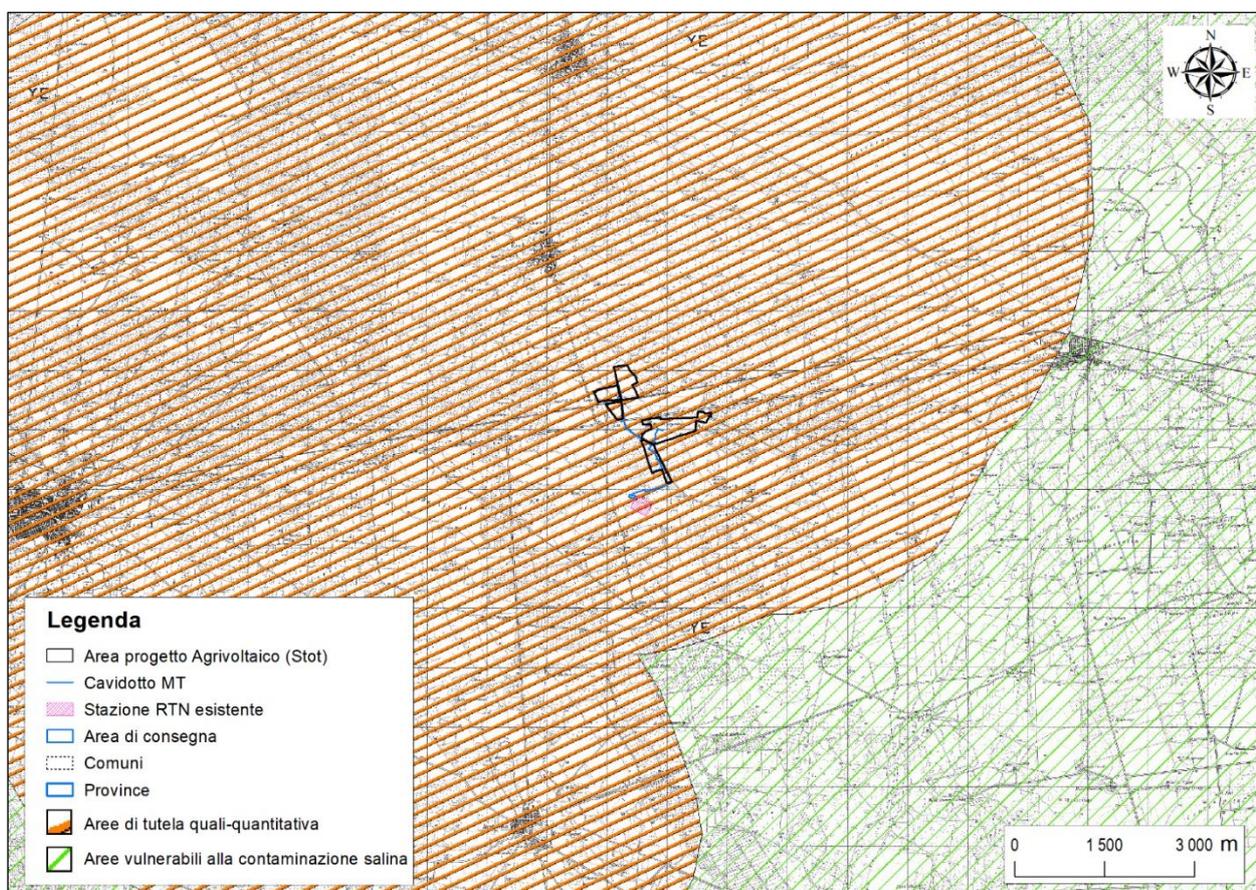


Figura 39. Classificazione degli acquiferi considerando il PTA della regione Puglia.

### **Piano di assetto idrogeologico PAI e Piano di Gestione dal Rischio Alluvioni PGRA**

Stando a quanto riportato negli strati informativi del PAI (Pericolosità idraulica), dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex Autorità di Bacino Interregionale Puglia) e del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione II Ciclo (2016-2021), le aree in progetto interferiscono con aree a rischio e pericolosità idraulica (Figura 40). Le aree interessate dalla perimetrazione del PAI, ricadono in area a bassa (BP) e media (MP) pericolosità idraulica, nonché in classe moderata (R1) e media (R2) di rischio.

Ebbene sottolineare che le aree interessate dall'impianto fotovoltaico non interferiscono con nessuna area del PAI, così come la recinzione e i cavidotti. L'area interferente con il PAI è quella agricola, la quale rimarrà invariata e verrà utilizzata così com'è impiegata attualmente (tutto seminativo), senza alterare la morfologia dei luoghi, garantendo il normale deflusso delle acque meteoriche. Gli interventi che si effettueranno saranno quelli di ordinaria lavorazione del terreno, quali aratura, erpicatura, vangatura e zappatura.

Il sistema di recupero delle acque piovane, nelle aree dell'impianto fotovoltaico, potrebbe essere utile per ridurre potenziali allagamenti nelle aree a pericolosità idraulica.

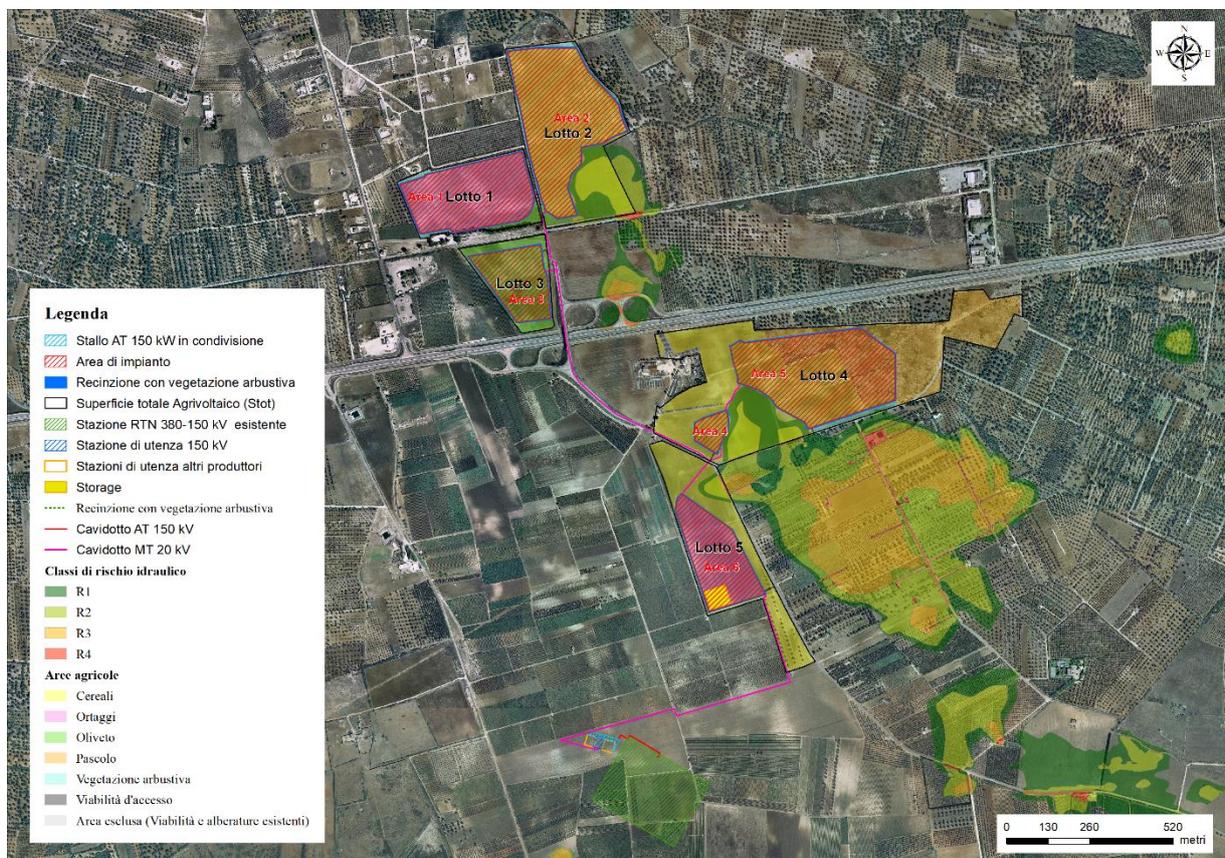
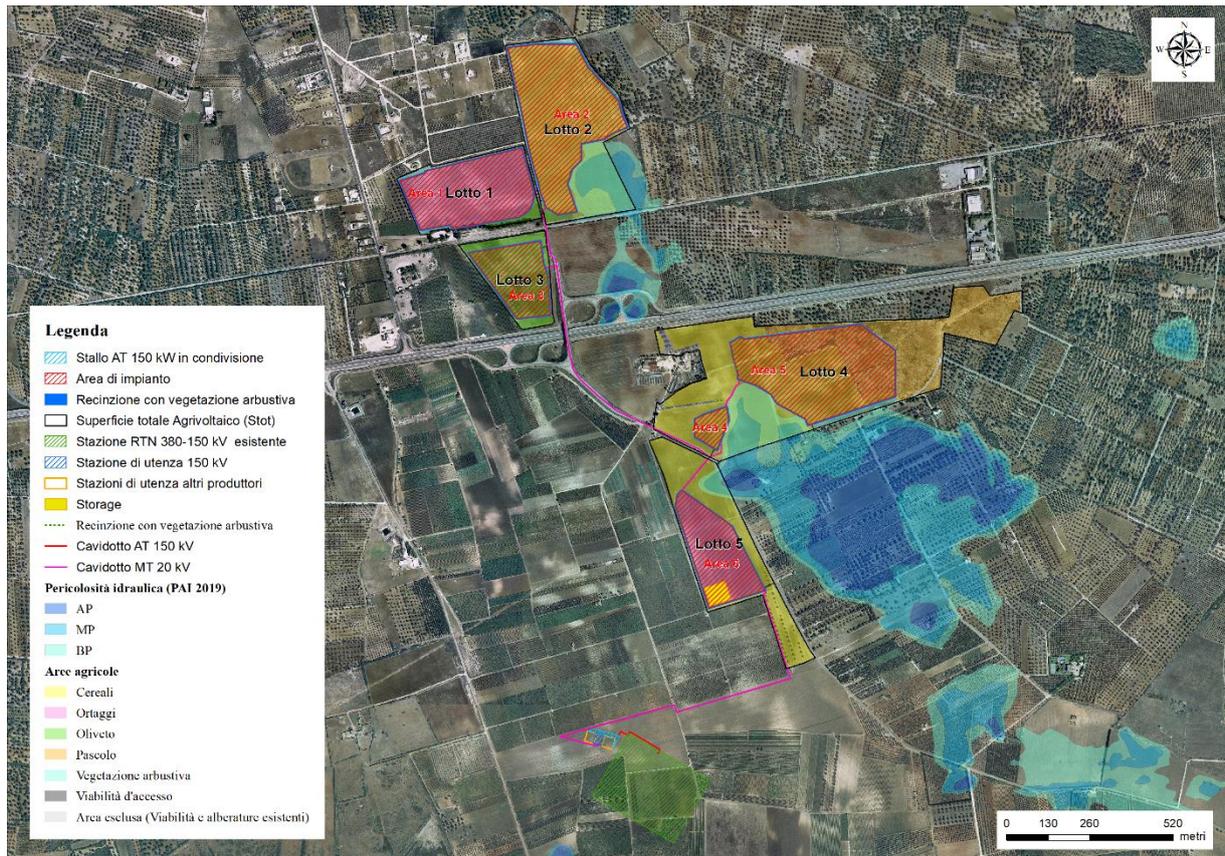


Figura 40. PAI: Pericolosità (sopra) e Rischio idraulico (sotto)

## Impatto dei cambiamenti climatici nel contesto territoriale dell'Agrivoltaico

Nel contesto in cui sarà realizzato l'impianto, gli attributi climatici che generano impatti diretti ed indiretti sulla produttività agricola sono l'aumento della temperatura, riduzione delle precipitazioni, il cambiamento della frequenza e dell'intensità delle precipitazioni e dei fenomeni meteorologici estremi come ondate di calore e precipitazioni intense. Gli impatti diretti ed indiretti sul settore agricolo sono riassunti in Tabella 4.

**Tabella 4. Analisi bibliografica degli impatti diretti dei cambiamenti climatici sull'attività agricola considerando i rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione.**

ID	Impatto sull'agricoltura	Motivazione	Riferimento
1	Diminuzione della produttività dei cereali	Il calo della produzione di grano è legato a temperature più elevate. Le alte temperature accelerano le modalità di espansione della pianta, la diminuzione del processo fotosintetico, e influenzano anche notevolmente le operazioni riproduttive.	Semenov MA (2009) Stone P, Nicolas M (1994) Blum A, et al., (2001) Siddique KH (2011) Rippey, 2015 D'Amour et al., 2016; Huai, 2017; Salvucci e Crafts-Brandner 2004 Farooq et al. 2011
2	Maggiore prosperità delle piante infestanti a discapito di quelle agricole	A causa del maggiore fabbisogno di nutrienti delle erbe infestanti, competono con le colture agricole per l'acqua e le sostanze nutritive. I cambiamenti climatici modificano le dinamiche della competizione tra colture agrarie e infestanti. Il cambiamento climatico influisce sull'efficacia degli erbicidi perché ne modifica la modalità di azione e influenza la crescita delle erbe infestanti. Le erbacce del grano, che sono vitali per la sicurezza alimentare globale, dovrebbero beneficiare del cambiamento climatico.	Krankina et al., 1997
3	Aumento dei parassiti	Il cambiamento climatico esacerberà le infestazioni da parassiti in una varietà di colture perché le condizioni più calde e umide favoriscono la riproduzione dei parassiti. Un aumento di un grado della temperatura potrebbe aumentare le perdite causata da infestazioni di insetti dal 10 al 25%. In particolare, le alte temperature possono influenzare la proliferazione di parassiti o il loro comportamento.	Zilberman et al., 2004 Compant et al., 2010 Rippey, 2015 D'Amour et al., 2016; Huai, 2017; Razzaq et al., 2021a; Razzaq et al., 2021b; Razzaq et al., 2021c; Zafar et al., 2020a
4	Disponibilità di acqua	Riduzione della quantità di acqua disponibile per la crescita delle piante in seguito all'effetto combinato tra stress idrico provocato dalle ondate di calore e riduzione drastica delle precipitazioni	Alexandratos & Bruinsma, 2012 Malhi et al., 2021
5	Alterazione dei suoli	Perdita di fertilità dei suoli connessa al processo di erosione creato dalle alluvioni e ad una minore capacità di fissare l'azoto e decomposizione di sostanza organica.  L'erosione idrica del suolo determina l'asportazione della sua parte superficiale maggiormente ricca in sostanza organica per mezzo delle acque di ruscellamento superficiale. I cambiamenti	Naz et al., 2022 Nastis et al., 2012

		climatici influenzeranno in modo negativo il contenuto di Carbonio Organico nel Suolo (Soil Organic Carbon, SOC)	
6	Incremento della Salinità dei suoli	Tale fenomeno può portare ad un arricchimento della salinità dei suoli connessa all'utilizzo di acqua di pozzo ad elevata concentrazione salina causata dal mescolamento tra acqua dolce e acqua di intrusione salina. Tale effetto può essere agevolato dalla scarsa ricarica delle falde acquifere	Naz et al., 2022 Nastis et al., 2012
7	Impatto negativo sui costi di produzione e conseguente cambiamento delle cultivar adottate	Il cambiamento climatico può produrre un'alterazione dei costi economici a livello di azienda agricola al fine di far fronte alle criticità derivanti dai cambiamenti climatici che richiedono maggior input di risorse naturali apportate dall'uomo (ad esempio irrigazione) spingendo un cambiamento nella classifica delle colture e dei tipi di bestiame più redditizi per ciascuna regione.	Nastis et al., 2012 Naz et al., 2022
8	Riduzione del processo di impollinazione	Impatto negativo sulla produttività legato ad processo di impollinazione che potrebbe ridurre la sua efficacia in seguito alle alte temperature	
9	Incendi intensi	La copertura vegetale gioca un ruolo determinante nella conservazione del suolo. Gli incendi in aree agricole soggette a coltivazioni intensive e nei pascoli possono raggiungere intensità tali da danneggiare completamente lo strato organico superficiale, con conseguente impoverimento dei suoli e intensificazione dei fenomeni erosivi.	Razzaq et al., 2021a;
10	Alterazione qualità del prodotto	nelle piante le alte temperature o eventi siccitosi possono produrre un'alterazione di produzione di metaboliti secondari che sono essenziali per definire la qualità del prodotto	Scarano et al., 2020

### Strategie di Mitigazione adottate ai cambiamenti climatici

Sulla base degli impatti diretti ed indiretti sul settore agricolo riportati in Tabella 4, sono state sviluppate strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. Tali strategie non rappresentano forme di mitigazione e compensazione, ma elementi integrati al progetto al fine di creare un mutualismo tra produzione agricola ed energetica e quindi, entrambe le attività trarranno benefici diretti.

Tali strategie sono state sviluppate partendo da analisi bibliografiche ed includono sia l'applicazione di nuove tecnologie, ma anche la scelta di coltivazioni adeguate al contesto di riferimento che possono integrarsi con la tipologia di pannelli fotovoltaici che si andranno a posizionare al suolo. La tecnologia di pannelli utilizzati, posizione dei pannelli e l'altezza è stata condizionata e settata rispetto alle coltivazioni scelte. (Tabella 5).

**Tabella 5. Individuazione sintetica delle strategie adottate per incrementare la resilienza ai cambiamenti climatici**

ID Impatti Tabella 3.	Adattamento	Motivazioni	Riferimento	Strategie Agrovoltaico adottate	ID strategia
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Diversificazione delle colture	La diversificazione delle colture può migliorare la stabilità della produzione agricola e ridurre i rischi di redditività delle aziende causati dai cambiamenti climatici.  Da un lato, la diversificazione delle colture può mantenere la fertilità del suolo, ridurre i parassiti e gli insetti, nonché ridurre al minimo le conseguenze negative delle condizioni meteorologiche estreme sulla resa delle colture. D'altra parte, la diversificazione delle colture può migliorare l'efficienza di utilizzo del suolo, che non solo migliora la stabilità dei raccolti e promuove la sicurezza alimentare, ma aumenta anche il reddito familiare così come ridurre le perdite economiche causate dai cambiamenti climatici. la diversificazione delle colture è stata adottata come strategia importante in molti paesi in via di sviluppo per far fronte alla sfida del cambiamento climatico.	Zhang, et al., 2022  Mccord et al., 2015  Gaudin et al., 2015  Renard e Tilman, 2019  Kankwamba et al., 2018  Pellegrini e Tasciotti, 2014  Malaiarasan et al., 2021  Ochieng et al., 2020	Al fine di attuare tale strategia, l'agrovoltaico prevede tre tipologie di colture che in alcuni casi agiscono in consociazioni <ul style="list-style-type: none"> <li>Viene mantenuta la coltivazione cerealicola in continuità con quello che attualmente è la principale coltivazione degli appezzamenti utilizzati.</li> <li>Coltivazione di olivo.</li> <li>Coltivazione di ortaggi.</li> <li>Evoluzione dell'agrovoltaico prevedendo in futuro la possibilità di sviluppare produzioni agricole associate, come ad esempio: grano ed olivo, grano ed ortaggi, olivo e pastorizia.</li> </ul>	A
1 4 5 7 10	Incremento di attrezzature adeguate	L'aumento delle attrezzature agricole favorisce la diversificazione delle colture. Da un lato, le attrezzature agricole sono la base per migliorare l'efficienza del lavoro e la capacità di semina, quindi offrono maggiori possibilità di diversificazione delle colture. D'altra parte, le famiglie con più attrezzature agricole hanno maggiori probabilità di investire in piantagioni diversificate per guadagnare il costo dell'acquisto di attrezzature e stabilizzare la fonte di reddito. Pertanto, il governo può migliorare la diversificazione delle colture fornendo sussidi per incoraggiare gli agricoltori ad acquistare più attrezzature agricole. Nel terreno coltivato dove le macchine agricole non sono pratiche, dovrebbero essere forniti sussidi assicurativi per il bestiame da allevamento.	Zhang, et al., 2022  Naz et al., 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al fine di rendere la coltivazione economicamente più efficiente, la progettazione dell'agrovoltaico prevede anche la dotazione di mezzi elettrici e dotazione per la coltivazione come trattore, pompa per irrigazione, sistemi per il monitoraggio dello stress idrico, crescita fogliare, produttività. L'elettricità per tali macchinari e strutture sarà fornita dall'impianto fotovoltaico che prevedrà dei sistemi di accumulo dell'energia in loco utilizzabile per la ricarica dei mezzi ed il funzionamento delle pompe e sistemi di monitoraggio.</li> </ul>	B
1 2 3 4 5 6 7 8 10	Cambiamento nelle pratiche di gestione	Sviluppare un sistema integrato tra pianta, interazione con l'ambiente circostante, input di sostanze nutritive e applicazioni di pratiche culturali.  Utilizzare metodi di coltivazione poco invasivi che richiedono un ridotto impiego di pratiche culturali	Naz et al., 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizzo di metodi di monitoraggio che consentono di analizzare la salute delle piante ed attuare interventi tempestivi, come anche definire i tempi migliori di raccolta.</li> <li>Metodi di irrigazione a basso impatto</li> <li>Sviluppo di sistemi di raccolta delle acque attraverso sistemi drenanti che eviteranno il ristagno idrico durante le piogge intense.</li> </ul>	C
1 4 5 6 8 10	Applicazione di agricoltura conservativa	L'agricoltura conservativa può gradualmente riparare i danni causati dall'aratura convenzionale riducendo l'erosione del suolo, aumentando la diversità delle colture e mantenendo la copertura del suolo. Di conseguenza, la conservazione agricola riduce le emissioni di gas serra, il consumo di fertilizzanti e la deposizione di carbonio nei campi. La rotazione delle colture, la copertura del suolo e il minimo disturbo del suolo sono elementi dell'agricoltura sostenibile.	Naz et al., 2022  Lal et al., 2011  Sandhu et al., 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>La gestione delle pratiche agricole è stata improntata sulla rotazione colturale al fine di favorire la conservazione del suolo e l'arricchimento dei nutrienti senza l'apporto di concimi.</li> <li>Produzione biologica dell'olivo attraverso tecniche che prevedono il sovescio</li> </ul>	D
2 3 4 10 6	Tecniche di irrigazione a risparmio idrico	L'utilizzo dell'irrigazione a goccia è consigliata sia per l'esaurimento delle acque sotterranee che per il riscaldamento globale. Gli sprinkler e l'irrigazione a goccia possono aiutare a ridurre al minimo il cambiamento climatico e migliorare l'economia a lungo termine.	Naz et al., 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'agrovoltaico predispone l'irrigazione a goccia nelle colture irrigue con apporto idrico derivante dal recupero delle acque piovane. Tale tecnologia consentirà di ridurre prelievi di acqua da pozzi o da altre fonti esterne all'azienda agricola.</li> </ul>	E
1	Colture resistenti agli stress biotici e abiotici	Le piante riproduttive consentono lo sviluppo di nuove specie vegetali in risposta alle condizioni ambientali.	Naz et al., 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si potrebbe ipotizzare di utilizzare i semi derivanti dal raccolto per semina dell'anno successivo. Tale pratica attualmente non può essere definita con cer-</li> </ul>	F

2 3 4 6 7 10			Zafar et al., 2020 Manan et al., 2022 Sahar et al., 2021	tezza in seguito alla difficoltà tecnica di applicare tale pratica ed ai costi conseguenti, ma rimane come suggerimento al fine di utilizzare varietà e piante sempre più adatte al cambiamento climatico ed al contesto di riferimento	
1 2 3 4 5 7 9 10	Agricoltura intelligente per il clima: un tentativo di raggiungere le necessarie sinergie tra produttività, adattamento e mitigazione	La risposta dell'agricoltura intelligente al cambiamento climatico include pratiche che utilizzano meno acqua, fertilizzanti e carbonio, nonché condizioni meteorologiche e carbonio. La struttura del suolo viene preservata e l'acqua e le sostanze nutritive vengono fornite nel modo più ecologico possibile. Queste strategie sono semplici da implementare e hanno un grande potenziale per assistere gli agricoltori	Sandhu et al., 2020 Naz et al., 2022 Semeraro et al., 2018; Loboguerrero et al., 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizzo di droni con camere multispettrali al fine di calcolare indici di vegetazione utili a definire i parametri fisiologici delle piante connessi al loro stato di salute (Stress idrico, presenza di patogeni, produttività, produzione di biomassa ecc...)</li> <li>Monitoraggio dei parametri del microclima (temperatura, umidità e vento)</li> <li>Sistemi di sensori per il monitoraggio dell'umidità del terreno</li> </ul>	G
1 2 3 4 5 6 7 9 10	Agrivoltaico per ridurre gli effetti degli stress ambientali generati dalla scarsità di acqua	In più casi è stato osservato un uso più efficiente dell'acqua sotto i pannelli solari, principalmente a causa dell'ombreggiamento e della riduzione della radiazione solare e del PET sotto i pannelli. Ciò è particolarmente evidente in luoghi ricchi di radiazione solare. In una fattoria solare agrivoltaica in Arizona, USA, l'ombra dei pannelli solari ha ridotto lo stress da siccità delle piante e ha portato a una maggiore produzione agricola e alimentare. Un uso più efficiente dell'acqua è stato osservato anche per le colture di lattuga in una fattoria solare agrivoltaica in Francia. La copertura del suolo è risultata importante per ridurre l'evaporazione del suolo e massimizzare la disponibilità di acqua per la traspirazione e la produzione di biomassa. Anche la produttività dell'acqua è migliorata all'ombra dei pannelli in un sito agrivoltaico di pomodori situato in Oregon. La modellazione delle dinamiche dell'acqua e della vegetazione nei siti agrivoltaici in Francia ha riprodotto con successo i dati sul campo sulla ridistribuzione dell'acqua piovana e del suolo, e ha consentito l'ulteriore esplorazione dello scenario delle interazioni pianta-acqua e l'ottimizzazione. Gli scenari modellati hanno indicato che l'inclinazione dei pannelli solari potrebbe aiutare a ridurre al minimo l'intercettazione dell'acqua e la relativa ridistribuzione dell'acqua. Gli scenari hanno anche indicato che l'agrivoltaico potrebbe migliorare la produttività idrica rispetto all'agricoltura più tradizionale, con solo piccole riduzioni della resa delle colture.	Barron-Gafford et al 2019 Dupraz et al., 2011 Mamun et al., 2022 Elamri et al., 2018a Elamri et al., 2018b Amaducci et al., 2018 Al-agele et al., 2021 Yavari et al., 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agrivoltaico che prevede lo sviluppo di coltivazioni cerealicole e orticole anche sotto l'area sottesa dai pannelli fotovoltaici</li> <li>Applicazione di fertilizzazione naturale dei terreni nell'oliveto tramite il sovescio applicato anche sotto i pannelli al fine di sviluppare in futuro anche la pastorizia.</li> </ul>	H
1 2 3 4 5 7 9 10	Agrivoltaico per incrementare la produttività di colture cerealicole	In alcuni studi è stato evidenziato che la riduzione delle radiazioni, in Agrovoltaico, ha influenzato la temperatura media del suolo, l'evapotraspirazione e l'acqua del suolo, fornendo in media condizioni più favorevoli per la crescita delle piante sotto i pannelli che in piena luce. In particolare, uno studio, che ha confrontato la resa del mais in Agrovoltaico con quella del mais in pieno campo, evidenziando che mentre la resa in Agrovoltaico è leggermente inferiore quando l'acqua non è un fattore limitante, la resa del mais è maggiore nell'agrivoltaico in condizioni di stress da siccità. Inoltre, la resa media del mais in condizioni di pioggia normale è stata più alta e più stabile in Agrovoltaico che in condizioni di piena luce.  Il vantaggio di coltivare i cereali all'ombra dell'agrivoltaico è aumentato proporzionalmente allo stress da siccità, il che indica che i sistemi agrivoltaici potrebbero aumentare la resilienza delle colture ai cambiamenti climatici.  Ciò indica che i sistemi agrivoltaici, in condizioni climatiche sfavorevoli supportano la resa delle colture, la produzione di energia pulita e il risparmio idrico, svolgendo un ruolo significativo nel nesso energia-cibo-acqua-clima.  Inoltre, l'agrivoltaico con sistemi di inseguimento sono risultati più efficienti in termini di produzione di energia rispetto ad altri sistemi. Per questo, l'Agrovoltaico può essere considerato un valido sistema per produrre energia rinnovabile in azienda senza incidere negativamente sulla produttività del terreno.	Amaducci et al., 2018 Bazilian et al., 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agrivoltaico costituito da pannelli ad inseguimento solare in cui sarà coltivato grano duro sia tra i pannelli che sotto i pannelli</li> </ul>	I
1 2 3 7 8 9	Sviluppo di biodiversità	Incremento della biodiversità sia agraria che naturale al fine di aumentare i processi ecologici che sostengono il benessere locale. In particolare, la biodiversità agraria è importante per incrementare la resilienza specifica delle attività agricole al fine di compensare eventuali perdite in annate particolari di siccità e ondate di calore. La biodiversità legata alla vegetazione naturale è fondamentale per aumentare i processi ecologici a supporto dell'agricoltura come l'impollinazione anemofila.	Semeraro et al., 2022 Semeraro et al., 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saranno sviluppati delle siepi (elementi di Edge) a vegetazione tipica della macchia mediterranea al fine di supportare la biodiversità di insetti impollinatori</li> <li>Incremento della biodiversità agraria attraverso il passaggio di alcuni appezzamenti attualmente coltivati a cereali ad oliveto ed ortaggi.</li> <li>Si ipotizzerà di lasciare a fiore una parte della produzione di ortaggi e delle colture utilizzate per il sovescio (si valuterà la percentuale in fase di esercizio in funzione dell'analisi dei costi, comunque si stima una superficie pari al 25%)</li> </ul>	L

10				della superficie coltivata ad ortaggi) al fine di supportare il processo di impollinazione (4/11/2022 Pac, eco-schema 5 su piante mellifere: 500 euro/ettaro sui seminativi)	
1 2 3 5 7 8 10	Coltivazione in biologico	La coltivazione in biologico è fondamentale al fine di creare un apporto nutritivo naturale senza stressare l'ambiente con input esterni che possono creare danni alle differenti matrici ambientali e alla biodiversità locale		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coltivazione dell'oliveto, grano e ortaggi in biologico</li> </ul>	M
4 5 7 10	Organizzazione spaziale dell'agrivoltaico in funzione delle caratteristiche idro-geo-morfologiche del territorio	Nelle aree a pericolosità idraulica e geo-morfologica sono previste delle restrizioni di destinazione d'uso al fine di non aggravare il rischio.	NTA-PAI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservazioni delle colture attuali nelle aree in cui si ha pericolosità idro-geologica eed geo-morfologica e disposizione dei pannelli nelle aree esterne.</li> <li>• Nessuna alterazione geomorfologia del sito a rischio idraulico</li> </ul>	N
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Learning by doing	Gli impianti agrivoltaici sono in via di sviluppo e attualmente la sperimentazione è ancora breve. Sarà necessario sviluppare nuova esperienza e conoscenza al fine di individuare soluzioni ottimali di progettazione e di combinazioni agronomiche da attuare anche in funzione della localizzazione geografica in cui si localizzano. Infatti, i cambiamenti climatici agiscono spazialmente in modo differenziato provocando alterazioni distinguibili in considerazione delle differenti altitudini e latitudini. Inoltre, le innovazioni tecnologiche e culturali potranno portare e cambiamenti improvvisi sociali ed ambientali, anche connessi ai cambiamenti climatici, introducono delle incertezze ed imprevedibilità nell'evoluzione dei sistemi che dovranno essere affrontati anche nella gestione degli agrivoltaici.	Holling et al.,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'agrivoltaico non è una questione di progetto ma di processo che deve essere sviluppato nel tempo; pertanto, la sua struttura agronomica non può essere definita in modo permanente in un determinato momento che, nel caso del progetto, può corrispondere con il progetto definitivo. L'arivoltaico, per quanto concerne la parte agronomica può essere influenzata da differenti fattori, quali: sociali (interesse di chi coltiva), economici (dettati dal mercato) ed ambientali/ecologici (differenti interazioni, pianta ambiente che possono agire a scala locale micro-clima locale anche nel caso del lotto di progetto, alterato dalla presenza dei pannelli; ed a scala globale e quindi conseguenti ai processi dei cambiamenti climatici che agiscono a grande scala come l'innalzamento della temperatura media). A tal proposito, l'aspetto culturale nell'agrivoltaico deve essere sviluppato non come un elemento fisso, ma dinamico nel tempo e quindi basato sulla trasformabilità ed adattabilità che sono requisiti fondamentali per incrementare la resilienza ecologica (Gundersono and Holling, 2002). A tal proposito, si è sviluppato un piano di coltivazione iniziale con cadenza temporale, pensando a come il piano potrà evolvere nel tempo in funzione delle nuove conoscenze acquisite durante il monitoraggio (connesso alla produttività delle piante) e alle condizioni climatiche e tecnologiche che potranno evolversi nel tempo in un modo non pienamente prevedibile nel momento in cui si sviluppa il progetto agrivoltaico.</li> </ul>	O
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Promozione di ricerca di campo e diffusione dei risultati	Gli effetti dei cambiamenti climatici sulla produttività agricola nelle differenti culture è un fenomeno da approfondire in quanto attualmente sono presenti principalmente proiezioni a lungo termine. Attualmente è difficile avere un quadro completo delle conseguenze dei cambiamenti climatici sulla produzione di cibo e di conseguenza anche dell'efficacia delle differenti strategie di adattamento per ridurre gli impatti negativi. Quindi, diventa fondamentale la sperimentazione sia in laboratorio ma anche in campo al fine di testare differenti soluzioni su differenti culture e produrre conoscenza sulla materia. A tal proposito, a diffusione scientifica è un punto importante per la condivisione dei risultati per l'individuazione di best-practices	Feliciano et al., 2022 Naz et al., 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'agrivoltaico prevede azioni di monitoraggio da cui saranno prodotti report al fine di analizzare l'efficacia delle soluzioni proposte e la diffusione dei risultati. In particolare, si potranno sviluppare articoli su riviste di settore a diffusione aperta (open access)</li> <li>• Inoltre, i risultati del progetto saranno presentati attraverso poster in conferenze internazionali sull'energia sostenibile, pianificare ecc.</li> </ul>	P

## Analisi coerenza con DNSH

La normativa sulla Tassonomia europea delle attività ecosostenibili, di cui all'art. 17 del Regolamento (UE) 2020/852 individua i criteri per determinare come ogni attività economica contribuisca in modo sostanziale alla tutela dell'ecosistema, senza arrecare "danno significativo" (Do No Significant Harm-DNSH) ai sei obiettivi ambientali contemplati dal regolamento stesso.

A tal proposito, nella Tabella 6 è riportata un'analisi di coerenza tra gli obiettivi individuati nel DNSH e le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sviluppati nel progetto di agrivoltaico (Tabella 5) al fine di garantire la resilienza delle coltivazioni agrarie nell'area oggetto di impianto.

In particolare, le strategie sviluppate dovrebbe avere un duplice effetto, quello di ridurre le emissioni di gas serra derivanti dal settore agricolo, che attualmente incide per il 40% a livello globale (Grieg; Mishra et al. 2021; Ortiz et al. 2021; Thornton and Lipper 2014), e allo stesso tempo, produrre una maggiore resilienza delle colture agrarie a fattori climatici connessi ad ondate di calore e riduzione della disponibilità di acqua e resistenza ad eventi estremi. In particolare, l'aspetto emergenti è la multifunzionalità del sistema agrivoltaico che agisce in simbiosi in quanto, nello stesso fondo si può avere produzione di energia elettrica da fonti ritenute pulite, come l'impiego di pannelli fotovoltaici, che potranno fornire energia pulita per la coltivazione delle aree in cui i pannelli sono localizzati senza avere una perdita di produttività agraria. Inoltre, i pannelli dovrebbero produrre un microclima per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici e le piante dovrebbero anche garantire la mitigazione del microclima sotto i pannelli durante la loro crescita.

**Tabella 6. Tabella per l'analisi della coerenza tra le strategie adottate per sviluppare la resilienza dell'attività agricola ai cambiamenti climatici.**

Obiettivo	Scopo	Strategia
Mitigazione dei cambiamenti climatici	Un'attività economica non deve portare a significative emissioni di gas serra (GHG).	B G H I O
Adattamento ai cambiamenti climatici	Un'attività economica non deve determinare un maggiore impatto negativo al clima attuale e futuro, sull'attività stessa o sulle persone, sulla natura o sui beni.	A B C D E F G H I O
Uso sostenibile e protezione delle risorse idriche e marine	Un'attività economica non deve essere dannosa per il buono stato dei corpi idrici (superficiali, sotterranei o marini) e determinare il deterioramento qualitativo o la riduzione del potenziale ecologico.	C D E

		F G H I O P
Transazione verso l'economia circolare, con riferimento anche a riduzione e riciclo dei rifiuti	Un'attività economica non deve portare a significative inefficienze nell'utilizzo di materiali recuperati o riciclati, ad incrementi nell'uso diretto o indiretto di risorse naturali, all'incremento significativo di rifiuti, al loro incenerimento o smaltimento, causando danni ambientali significativi a lungo termine	E C D E O P
Prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'aria, dell'acqua o del suolo	Un'attività economica non deve determinare un aumento delle emissioni di inquinanti nell'aria, nell'acqua o nel suolo.	B G H I O
Protezione e ripristino della biodiversità e della salute degli ecosistemi	Un'attività economica non deve essere dannosa per le buone condizioni e resilienza degli ecosistemi o per lo stato di conservazione degli habitat e delle specie, comprese quelle di interesse per l'Unione.	A L M N O

### **3. ULTERIORI REQUISITI E CARATTERISTICHE PREMIALI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI**

---

#### **3.1. CARATTERISTICHE DEL SOGGETTO CHE REALIZZA IL PROGETTO**

L'agrivoltaico richiede una gestione attiva della vegetazione sotto i pannelli al fine di favorire lo sviluppo di piante agrarie invece di piante nitrofile-ruderali come succede negli impianti standard. Infatti, fino a qualche tempo fa, l'approccio gestionale della vegetazione era di tipo passivo, cioè si lasciava crescere la vegetazione spontanea che molte volte è di tipo ruderale e di scarso valore ecologico in quanto fortemente condizionata dall'azione di disturbo dell'uomo. In tal caso, la gestione della vegetazione tra e sotto i moduli è legata fundamentalmente alla rimozione delle piante infestanti con costi passivi per le operazioni di taglio e smaltimento (Semeraro et al., 2018, 2020, 2022).

Quindi, questo cambio gestionale, da gestione passiva ad una gestione attiva richiede un cambio anche delle aziende partner nella manutenzione della vegetazione tra e sotto i pannelli. Infatti, se prima le aziende della manutenzione erano focalizzate sullo sfalcio delle erbe infestanti e loro smaltimento, attualmente la gestione deve essere affidata ad aziende capaci di trarre profitto nell'utilizzo degli spazi tra e sotto i pannelli fotovoltaici. Questo, quindi implica un cambio di paradigma nel processo di sviluppo dell'agrivoltaico (Semeraro et al., 2018, 2020, 2022) dove le aziende che sviluppano gli impianti fotovoltaici, invece di pagare aziende esterne per la manutenzione della vegetazione, potranno stipulare accordi con aziende agricole locali per la coltivazione delle aree sviluppando un mutuo vantaggio nel farlo:

- azienda investitrice nelle rinnovabili avrà un risparmio nella gestione della vegetazione e manutenzione degli spazi.
- azienda agricola avrà un vantaggio economico nella conduzione agricola delle aree con ripercussioni positive sui costi di produzione.

Nell'agrivoltaico in questione, l'area in cui sorgerà l'impianto è della società che realizzerà l'opera. In questa fase di avvio del progetto attualmente non è stato ancora definito un accordo con potenziali aziende agricole che potrebbero coltivare l'area. Nella fase di realizzazione ed esercizio si vaglierà la disponibilità dell'attuale conduttore di continuare a svolgere l'attività agricola sfruttando il background agricolo già in suo possesso per garantire una continuità agricola con le attuali coltivazioni e continuare a creare reddito agrario.

Nel caso non si riuscirà a trovare un accordo con il conduttore agricolo attuale, si provvederà ad avviare un bando privato per la selezione di nuove aziende agricole del territorio. La tipologia di coltivazione prevalente dell'agrivoltaico, costituita a cereali, oliveto ed ortaggi (Cicoria di Oria), risulta coerente con le principali coltivazioni dei luoghi e quindi non sarà difficile trovare un nuovo candidato per la conduzione agricola dell'agrivoltaico.

I punti salienti su cui si baserà la concessione delle aree sono:

- Utilizzo delle aree attraverso un canone agevolato o a titolo gratuito.
- Definizione di un periodo minimo di concessione e riconferma dello stesso sulla base del rispetto di requisiti prestazionali in termini d'uso delle risorse naturali e incremento della biodiversità.

- Sviluppo delle pratiche agronomiche in accordo con gli investitori ed attuazione del piano di monitoraggio della produzione agraria e consumi di risorse naturali.
- Potenziale applicazione dell'Eco-scheme 5 per i seminativi (PAC 2023, 4/11/2022).
- Supporto tecnologico.
- Supporto di energia per l'attività agricole.

Tale accordo potrà essere formalizzato attraverso un'associazione Temporanea di Impresa tra azienda agricola/le e l'azienda investitrice.

In particolare, l'azienda a cui sarà affidata la coltivazione delle aree, sarà supportata dagli investitori che realizzeranno l'agrivoltaico al fine di avviare un'attività agricola ad impatto zero in quanto saranno forniti le attrezzature per supportare le pratiche agronomiche consone alla nuova struttura di impianto e alimentate con energia elettrica. L'energia elettrica per l'attività agricola sarà fornita dall'impianto fotovoltaico realizzato.

### **3.2. APPLICAZIONE DI AGRICOLTURA DIGITALE E DI PRECISIONE**

L'Agricoltura di Precisione è una strategia di gestione aziendale che usa le tecnologie dell'informazione per acquisire dati che portino a decisioni finalizzate alla produzione agricola. Lo scopo è quello di mettere in sintonia la gestione del terreno e delle colture con le specifiche esigenze di un campo eterogeneo al fine di migliorare la produzione, minimizzare i danni ambientali ed elevare gli standard qualitativi dei prodotti agricoli (A.V. 2022).

Il concetto di Agricoltura di Precisione si è sviluppato sin dagli inizi della moderna agricoltura, con la divisione della terra in parcelle (campi) al fine di gestire le colture in relazione alle condizioni del terreno, valutando di volta in volta gli effetti positivi dei fattori produttivi in funzione delle varietà in campo, con l'obiettivo di incrementare le rese (A.V. 2022).

I vantaggi riscontrati attraverso tecniche di agricoltura di precisione sono:

- ottimizzazione dell'efficienza produttiva e qualitativa;
- riduzione dei costi aziendali;
- ottimizzazione degli input, minimizzando gli impatti ambientali;
- creazione di opportunità imprenditoriali come aziende di consulenza, contoterzismo e innovation broker.

A tal proposito, nell'impianto agrivoltaico saranno integrate tecnologie di agricoltura di precisione anche in funzione delle pratiche agricole e delle colture introdotte.

In particolare, sarà acquisito un drone con pilot costituito da fotocamera multispettrale al fine di poter estrarre mappe tematiche georeferite in merito allo stato della vegetazione e struttura dei suoli. In particolare, la camera multispettrale consentirà di acquisire immagini a differenti lunghezze d'onda (Nir, Red come lunghezze d'onda minime da acquisire e se possibile integrata anche con la banda del Blue e Swir) e consentirà di calcolare indici di vegetazione spazializzati sensibili al contenuto di clorofilla ed acqua nelle foglie, come ad esempio (Semeraro et al., 2019):

- $NDVI = (Nir - Red) / (Nir + Red)$  (Rouse et al. (1973));

- $EVI = 2.5 * (Nir - Red) / (Nir + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1)$  (Huete et al., 1997; Xiao et al., 2004);
- $NDWI/LSWI = (Nir - Swir) / (Nir + Swir)$  (Hardisky et al., 1983; Gao, 1996; Ceccato et al., 2001).

Inoltre, sarà acquisita anche una camera termica per studiare le variazioni della temperatura superficiale sia nello spazio che nel tempo al fine di correlare la produttiva e il consumo di risorse con la temperatura.

Il drone sarà dotato con sistema di navigazione automatica che consentirà di definire un piano di volo ben dettagliato e con sistemi anticollisione al fine di poter sfruttare le sue potenzialità anche nell'area sotto i pannelli fotovoltaici.



Figura 41. Esempio di drone dotato di camera multispettrale montato su un drone PHANTOM 4 RTK GJI

Le mappe prodotte attraverso i droni saranno utilizzate per le operazioni colturali attraverso l'impiego di sistemi di guida a terra.

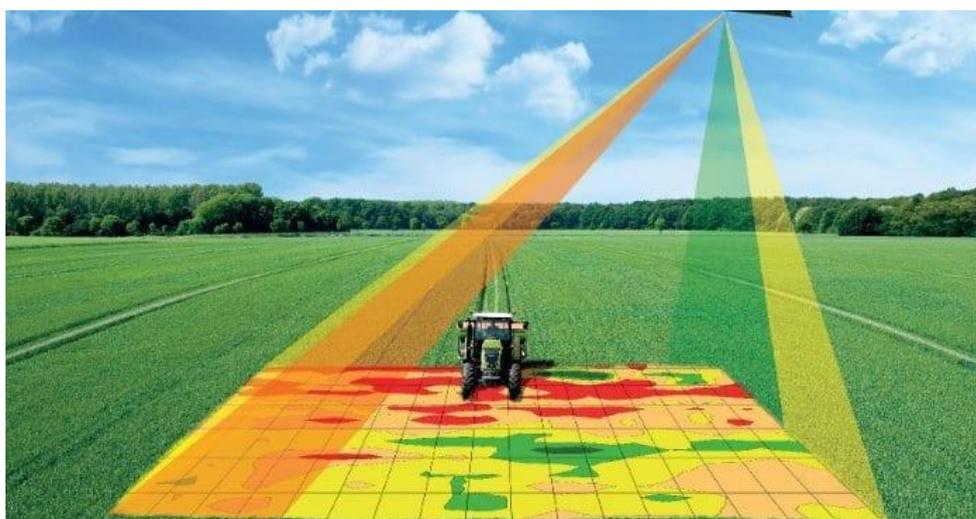


Figura 42. Esempio di ricostruzione di mappe georeferenziate di indici di vegetazione ricavati mediante l'utilizzo di drone ed utilizzati per pratiche agricole mirate.

In seguito ai cambiamenti climatici e la sempre più scarsa disponibilità di acqua, una corretta gestione dell'irrigazione diventa sempre più importante ad ogni nuova stagione. L'evoluzione dei sistemi di irrigazione, dai classici sistemi a pioggia ai moderni impianti a goccia, fino alla sub-irrigazione, richiede di disporre di strumenti altrettanto evoluti per conoscere l'effettivo fabbisogno idrico e valutare le migliori strategie per il risparmio di acqua nell'irrigazione.

Per quanto concerne l'oliveto e gli ortaggi, le pratiche agricole saranno integrate anche con sistemi di irrigazione di precisione. L'impianto di irrigazione sarà di tipo a goccia ed integrato con una centralina wireless per la trasmissione dei dati, sensori al suolo per il monitoraggio dell'umidità, e centralina meteo (Figura 43).



Figura 43. Esempio di sistema integrato costituito da centralina GPRS con sensori meteo e sensori terreno fornito da Netsens. L'impiego dei sensori meteo-climatici Netsens consente di ottenere i dati di evapotraspirazione (ETP) relativi alle colture e di valutare quindi il fabbisogno idrico effettivamente necessario (litri per metro quadro, o millimetri di pioggia equivalenti). Le sonde di umidità del suolo TerraSense forniscono una misura sul contenuto di acqua a livello dell'apparato radicale. AgriSense è compatibile con i più avanzati DSS (Sistemi di Supporto alle Decisioni) per ottenere il giusto consiglio irriguo per ogni lotto produttivo.

### 3.3. AUTOCONSUMO

L'agricoltura globale è responsabile del 30-40% di tutte le emissioni di gas serra, il che la rende un'industria leader che contribuisce prevalentemente al riscaldamento climatico e ne risente in modo significativo (Grieg; Mishra et al. 2021; Ortiz et al. 2021; Thornton and Lipper 2014). Inoltre, i costi energetici hanno un ruolo importante nel determinare i prezzi di produzione.

Al fine di rendere l'attività agricola compatibile con le strutture dell'impianto agrivoltaico e meno impattante in termini ambientali e di costi, saranno messi a disposizione delle aziende agricole che opereranno un trattore elettrici che potrà essere ricaricato con l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico. Questo consentirà di supportare l'attività agricola con l'autoconsumo.

Oltre al trattore per le lavorazioni del terreno, si fornirà una mietitrebbiatrice di piccole dimensioni, compatibile con le altezze dei moduli, al fine di garantire la raccolta del grano sia tra i pannelli che sotto i pannelli. Si vaglierà la possibilità di reperire anche tale mezzo con alimentazione elettrica.

L'elettrificazione con energia pulita prodotta dall'impianto riguarderà anche le pompe per l'impianto di irrigazione alimentato con acqua piovana recuperata all'interno delle cisterne posizionate nei lotti di coltivazione.

Il parco macchine e le tipologie di pompe da utilizzare saranno definiti nella fase esecutiva del progetto al fine di acquisire l'ultima e migliore tecnologia disponibile e garantire la massima efficienza nei consumi e costi.

A tal proposito, applicando anche tecnologie di agricoltura di precisione, si vaglierà la possibilità di acquisire macchine operatrici a guida autonoma completamente elettrici capaci di razionalizzare le attività in funzione di mappe georeferenziate descrittive di parametri fisiologici o condizioni edafiche del terreno.



**Figura 44. Esempio di trattore elettrico "e-Tractor" di piccole dimensioni prodotto da un'azienda indiana.**



**Figura 45. Esempio di trattore di dimensioni ridotte da poter essere utilizzato nel mondo dell'agrivoltaico.**



Figura 46. Esempio di mini-mietitrebbiatrice che potrebbe essere usata nell'agrivoltaico per la raccolta del grano sia sotto che tra i pannelli.

### **3.4. MONITORAGGIO DEL MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO E DELLA QUALITÀ DEL SUO SITO DI INSTALLAZIONE**

Il progetto mira a realizzare un progetto d'uso dei suoli agricoli di tipo multifunzionale (Semeraro et al., 2018, 2022), pertanto è fondamentale prevedere un piano di monitoraggio sui potenziali impatti positivi sulle componenti: produttive e le variabili biofisiche che la condizionano, vegetazionali, faunistiche ed ecosistemiche, al fine di validare sperimentalmente la bontà di un approccio progettuale di tipo paesaggistico e produttivo. In particolare, l'obiettivo del piano di monitoraggio è quello di dimostrare che l'agrivoltaico può rappresentare una green infrastructure. Tale progetto, se verificate le previsioni, potrebbe rappresentare un caso di studio da utilizzare come modello da seguire a livello regionale e nazionale per una nuova view di impianto come una infrastruttura verde capace di fornire molteplici servizi ecosistemici e opportunità per la creazione di valore condiviso nei sistemi fotovoltaici a terra.

Da studi riscontrati in letteratura, riportati nella sezione E3, si riscontra che la presenza dei moduli fotovoltaici produce un'alterazione del microclima delle aree ricomprese sotto e tra i moduli che in condizioni climatiche di alte temperature e carenza idrica hanno effetti benefici sulla produzione delle piante. Infatti, l'agrivoltaico si basano sul concetto che l'ombreggiamento parziale può essere tollerato dalle colture e potrebbe ridurre il consumo di acqua per evapotraspirazione durante l'estate e in condizioni di siccità (Dinesh & Pearce, 2016). Si sostiene che i vantaggi dei sistemi agrivoltaici potrebbero essere correlati alla loro somiglianza con i sistemi agroforestali (Dupraz et al., 2011); i pannelli fotovoltaici proteggono le colture dal calore eccessivo e forniscono una mitigazione della temperatura del suolo (Marrou et al., 2013), il che potrebbe implicare che i sistemi agrivoltaici siano più resistenti ai cambiamenti climatici rispetto alle monoculture (Dupraz et al., 2011).

Le piante sviluppano forme di adattamento alla poca luce senza alterare la resa. Ad esempio, è stato anche dimostrato che una coltura tollerante all'ombra, come la lattuga, coltivata sotto pannelli fotovoltaici adatta la sua morfologia (ad esempio producendo foglie più larghe) senza riduzione della resa (Amaducci et al., 2018). Nel caso delle colture cerealicole, ad esempio, si stima che la produttività dei sistemi agrivoltaici è superiore a quella in pieno campo in situazioni di scarsa quantità di acqua. Naturalmente, anche in questo caso lo sviluppo della pianta presenta degli adattamenti alle condizioni ambientali che si vengono ad instaurare sotto e tra i pannelli, rispetto a quelle di pieno campo, perché presenta una fase di crescita più lenta che non pregiudica la produttività (Bazilian et al., 2011, Amaducci et al., 2018).

Naturalmente, le specifiche soluzioni progettuali devono essere testate il loco per valutare la loro efficacia, e quindi diventa fondamentale sviluppare un piano di monitoraggio al fine di valutare la capacità dell'agrivoltaico di creare una sinergia positiva tra *produzione di energia-produzione di cibo-risparmio idrico-riduzione dei costi-Ambiente e paesaggio*.

A tal proposito si propone uno schema concettuale utili a definire una metodologia di monitoraggio che potrà accompagnare la gestione dell'agrivoltaico al fine di applicare anche azioni correttive come stabilite nella filosofia di sviluppo dell'agrivoltaico come processo evolutivo (*Learning by Doing*).

Tale piano di monitoraggio, include i anche i parametri individuati nei punti D ed E del presente documento e consentirà di valutare l'efficacia delle soluzioni scelte in termini produttivi quantitativi e qualitativi correlandoli ai costi e fattori climatici. Inoltre, consentirà di stimare impatti sui siti.

Il principio di base è quello di discriminare l'effetto dell'interazione dei moduli fotovoltaici sulla produttività, pertanto, individua zone di controllo e zone di interazione modulo e coltivazione in cui saranno discriminati alcuni parametri monitorati (Fig. 47, Fig. 48, Tab. 7)

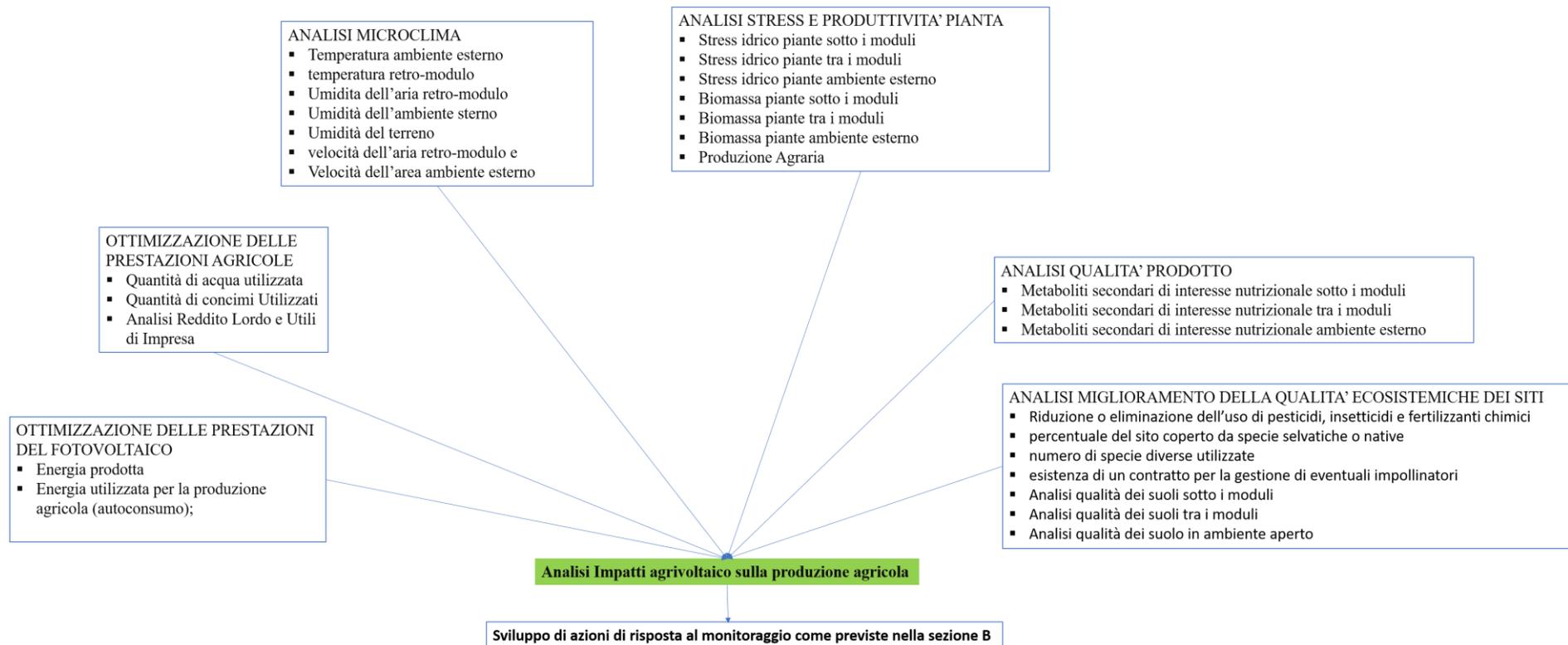


Figura 47. Schema sintetico delle informazioni che saranno ricavate in fase gestionale dell'Agrivoltaico al fine di valutare la relazione: *produzione di energia-produzione di cibo-risparmio idrico-riduzione dei costi-Ambiente e paesaggio.*

**Tabella 7. Quadro degli indicatori misurati per l'analisi della relazione tra produzione di energia-produzione di cibo-risparmio idrico-riduzione dei costi-Ambiente e paesaggio.**

Categoria	Indicatore	Frequenza	Acquisizione	Caratterizzazione monitoraggio (Figura 48)	Risposta
ANALISI MICROCLIMA	Temperatura ambiente esterno	acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti	misurata con sensore  (Attualmente si prevede l'uso di PT110. In fase di realizzazione del progetto si valuteranno sensori di altra tipologia con almeno la stessa sensibilità)	Zona di controllo  Zona di interazione moduli-attività agricola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizzo delle informazioni per migliorare l'agricoltura di precisione e dosare gli input esterni di risorse</li> <li>Informazioni per settare future scelte di coltivazioni agrarie</li> </ul>
	Temperatura retro-modulo	acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti			
	Umidità dell'aria retro-modulo	acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti	igrometri		
	Umidità dell'ambiente esterno	acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti			
	Umidità del terreno	acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti	Sensori posti nel terreno		
	velocità dell'aria retro-modulo	acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti	anemometri		
	Velocità dell'aria ambiente esterno	acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti			
OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI AGRICOLE	Quantità di acqua piovana utilizzata	Annuale	Contatori di sottrazione	No differenziazione tra zona di controllo e di interazione tra moduli e attività agricola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutare l'efficienza produttiva dell'agrivoltaico ed eventualmente scegliere un cambio di coltivar</li> </ul>
	Quantità di acqua totale utilizzata/kg di prodotto	Annuale	Misuratori di portata e misurazione prodotto		

	Quantità di concimi Utilizzati/Kg di prodotto	Annuale	Quaderno di campagna		
	Costi/Kg di prodotto	Annuale	Bilancio aziendale		
	Reddito lordo/kg di prodotto	Annuale	Bilancio aziendale		
OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEL FOTOVOLTAICO	Energia prodotto MW/ha	Annuale	Contatori	Zona di controllo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutare l'efficienza produttiva dell'agrivoltaico ed eventualmente scegliere un cambio di cultivar</li> </ul>
	Energia utilizzata per la produzione agricola (autoconsumo)/kg di prodotto	Annuale	Contatori di sottrazione	Zona di interazione moduli-attività agricola	
ANALISI STRESS E PRODUTTIVITA' PIANTA	Stress idrico piante sotto i moduli	In condizioni calore anomalo	Camera multispettrale per analisi indici di Vegetazione	Zona di controllo Zona di interazione moduli-attività agricola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supporto all'agricoltura di precisione per gestire gli input esterni</li> <li>Valutare l'efficienza produttiva dell'agrivoltaico ed eventualmente scegliere un cambio di cultivar</li> <li>Rivedere l'ordinamento colturale e le pratiche agronomiche</li> </ul>
	Stress idrico piante tra i moduli				
	Stress idrico piante ambiente esterno				
	Biomassa piante sotto i moduli	Annuale	Camera multispettrali per calcolo di indici di vegetazione e misurazioni dirette tramite l'uso di bilancia		
	Biomassa piante tra i moduli				
	Biomassa piante ambiente esterno				
	Produzione Agraria (t/ha)			Bilancio globale e parziale	
ANALISI QUALITA' PRODOTTO	Metaboliti secondari di interesse nutrizionale del prodotto sotto i moduli (il più rilevante per la tipologia colturale)	Annuale	Analisi laboratorio	Zona di controllo Zona di interazione moduli-attività agricola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutare la produzione non solo in termini di quantità ma anche di qualità del prodotto ed il suo potenziale valore sul mercato</li> <li>Individuazione delle migliori tipologie di coltivazioni che permettono di massimizzare la qualità del prodotto ed il suo valore sul mercato</li> <li>Individuazione di metodi di agricoltura biologica</li> </ul>
	Metaboliti secondari di interesse nutrizionale del prodotto tra i moduli (il più rilevante per la tipologia colturale)				

	Metaboliti secondari di interesse nutrizionale del prodotto in ambiente esterno (il più rilevante per la tipologia colturale)				
	Certificazioni di qualità del prodotto agroalimentare		Analisi di laboratorio e pratiche agricole biologiche	No differenziazione tra zona di controllo e di interazione tra moduli e attività agricola	
ANALISI MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ ECOSISTEMICHE DEI SITI	Riduzione o eliminazione dell'uso di pesticidi e fertilizzanti chimici sotto i moduli	Annuale	Quaderno di Campagna-Registro dei Trattamenti & Quaderno di Campagna-Fertilizzazione	No differenziazione tra zona di controllo e di interazione tra moduli e attività agricola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Individuare operazioni colturali che meglio si adattano per garantire un arricchimento della biodiversità del sito.</li> </ul>
	Percentuale del sito coperto da specie selvatiche o native	Biennale	Piano Monitoraggio Ambientale	No differenziazione tra zona di controllo e di interazione tra moduli e attività agricola	
	Monitoraggio fauna ed insetti impollinatori	Biennale	Piano Monitoraggio Ambientale	No differenziazione tra zona di controllo e di interazione tra moduli e attività agricola	
	Esistenza di un contratto per la gestione di eventuali impollinatori	Annuale	Bilancio aziendale e presenza di contratti		
	Analisi qualità dei suoli sotto i moduli (analisi chimica del terreno e indice QBS-ar)	Annuale/Biennale	Piano Monitoraggio Ambientale	Zona di controllo Zona di interazione moduli-attività agricola	
	Analisi qualità dei suoli tra i moduli (analisi chimica del terreno e indice QBS-ar)				
	Analisi qualità dei suoli in ambiente aperto (analisi chimica del terreno e indice QBS-ar)				

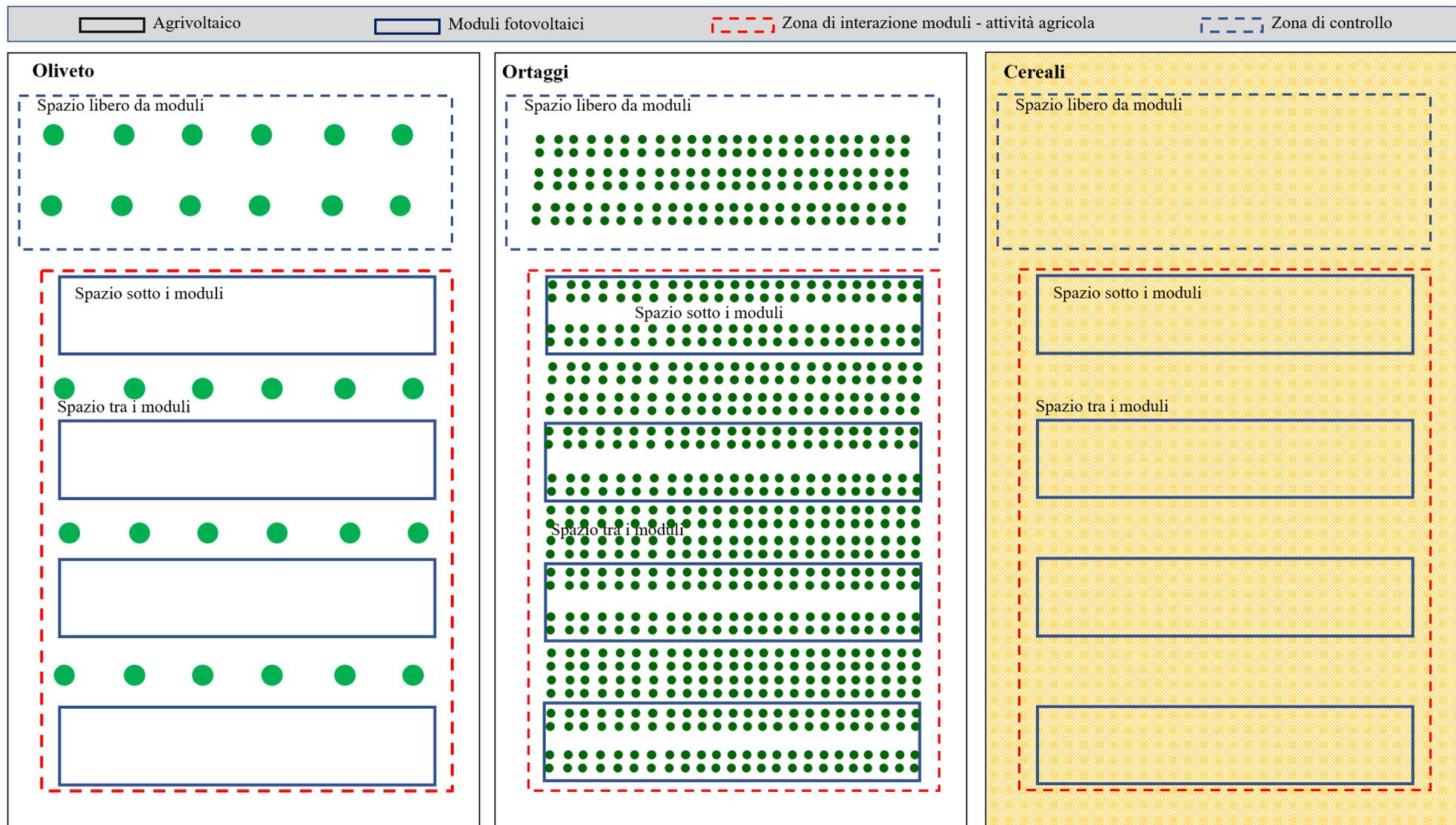


Figura 48. Schematizzazione delle macro-zone che caratterizzerà il monitoraggio.

---

## Bibliografia

1. A.V. <https://agrireregioneuropa.univpm.it/it/content/article/31/53/agricoltura-di-precisione-pubblicate-le-linee-guida-nazionali>
2. AL-agele H A, Proctor K, Murthy G and Higgins C 2021 A case study of tomato (*Solanum lycopersicon* var. Legend) production and water productivity in agrivoltaic systems Sustainability 13 2850
3. Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*
4. Amaducci, S., Yin, X., Colauzzi, M. 2018. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. Applied Energy, 220, 545-561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
5. Baethgen, W.E. Climate risk management for adaptation to climate variability and change. Crop Sci. 2010, 50, S-70–S-76.
6. Barron-Gafford, G.A., Pavao-Zuckerman, M.A., Minor, R.L., Sutter, L.F. Barnett-Moreno, I., Blackett, D.T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak., A.K., Nabhan, G.P., Macknick, J.E. 2019. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. Nature sustainability. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
7. Bazilian M, Rogner H, Howells M, Hermann S, Arent D, Gielen D, et al. Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. Energy Policy 2011;39:7896–906. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.039>.
8. Blum A, Klueva N, Nguyen H (2001) Wheat cellular thermotolerance is related to yield under heat stress. Euphytica 117(2):117–123
9. Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquemoud, S., Grégoire, J.M., 2001. Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain. Remote Sens. Environ. 77 (1), 22–33. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00191-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00191-2).
10. Compant, S., Van Der Heijden, M. G. A., & Sessitsch, A. (2010). Climate change effects on beneficial plant–microorganism interactions. FEMS Microbiology Ecology, 73(2), 197–214.
11. Cooper, P.J.M.; Dimes, J.; Rao, K.P.C.; Shapiro, B.; Shiferaw, B.; Twomlow, S. Coping better with current climatic variability in the rain-fed farming systems of sub-Saharan Africa: An essential first step in adapting to future climate change? Agric. Ecosyst. Environ. 2008, 126, 24–35
12. Coppola, E., Giorgi, F., (2009). An assessment of temperature and precipitation change projections over Italy from recent global and regional climate model simulations. Int. J. Climatol., DOI: 10.1002/joc.1867
13. D'Amour, C.B., Wenz, L., Kalkuhl, M., Steckel, J.C., Creutzig, F., 2016. Teleconnected food supply shocks. Environ. Res. Lett. 11. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/035007>
14. De Groot, R.S.; Alkemade, R.; Braat, L.; Hein, L.; Willemsen, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecol. Complex. 2010, 7, 260–272.
15. Diana Feliciano, John Recha, Gebermedihin Ambaw, Kirsten MacSween, Dawit Solomon & Eva Wollenberg (2022) Assessment of agricultural emissions, climate change mitigation and adaptation practices in Ethiopia, Climate Policy, 22:4, 427-444, DOI: 10.1080/14693062.2022.2028597
16. Dinesh H, Pearce JM. The potential of agrivoltaic systems. Renew Sustain Energy Rev 2016;54:299–308<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S136403211501103X>>.

- 
17. Dougill, A.J., Fraser, E.D.G., Holden, J., Hubacej, K., Prell, C., Reed, M.S., Stagl, S., Stringer, L.C. 2006. Learning from Doing Participatory Rural Research: Lessons from the Peak District National Park. *Journal of Agricultural Economics*.57, 259-275. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2006.00051.x>
  18. Dupraz C, Marrou H, Talbot G, Dufour L, Nogier A, Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renew Energy* 2011;36(10):2725–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.
  19. Dupraz C, Talbot G, Marrou H, Wery J, Roux S, Liagre F, et al. To mix or not to mix: evidences for the unexpected high productivity of new complex agrivoltaic and agroforestry systems 2011. In: Proceedings of the 5th world congress of conservation agriculture: resilient food systems for a changing world.<[http://aciarc.gov.au/files/node/13992/to\\_mix\\_or\\_not\\_to\\_mix\\_evidences\\_for\\_the\\_unexpected\\_19701.pdf](http://aciarc.gov.au/files/node/13992/to_mix_or_not_to_mix_evidences_for_the_unexpected_19701.pdf)
  20. Elamri Y, Cheviron B, Lopez JM, Dejean C, Belaud G. Water budget and crop modelling for agrivoltaic systems: application to irrigated lettuces. *Agric Water Manag* 2018a;208:440–53.
  21. Elamri Y, Cheviron B, Mange A, Dejean C, Liron F and Belaud G 2018b Rain concentration and sheltering effect of solar panels on cultivated plots *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22 1285–98
  22. European Commission (EC), 2013. Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe’s Natural Capital. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM 249 final, Brussels.
  23. Farooq M, Bramley H, Palta JA, Siddique KH (2011) Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Crit Rev Plant Sci* 30(6):491–507
  24. Gao, B.-C., 1996. NDWI—a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sens. Environ.* 58 (3), 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3).
  25. Gaudin, A.C.M., Tolhurst, T.N., Ker, A.P., Janovicek, K., Tortora, C., Martin, R.C., Deen, W., 2015. Increasing crop diversity mitigates weather variations and improves yield stability. *PLoS One* 10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113261>.
  26. Gunderson L.H., Holling C.S. (Editori) – 2002 - Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press, Washington, DC, USA.
  27. Hardisky, M.A., Klemas, V., Smart, R.M., 1983. The influences of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral reflectance of *Spartina alterniflora* canopies. *Photogramm. Eng. Rem. S.* 49 (1), 77–83.
  28. Howden, S.M.; Soussana, J.; Tubiello, F.N.; Chhetri, N.; Dunlop, M.; Meinke, H. Adapting Agriculture to Climate Change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2007, 104, 19691–19696.
  29. Huai, J., 2017. Dynamics of resilience of wheat to drought in Australia from 1991 to 2010. *Sci. Rep.* 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09669-1>.
  30. Huang S (2004) Global trade patterns in fruits and vegetables. USDA-ERS Agriculture and Trade Report No. WRS-04–06
  31. Huete, A.R., Liu, H.Q., Batchily, K., van Leeuwen, W., 1997. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ.* 59 (3), 440–451. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00112-5).
  32. IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2012; 582p. 27. IPCC.
-

- 
33. Kankwamba, H., Kadzamira, M., Pauw, K., 2018. How diversified is cropping in Malawi? Patterns, determinants and policy implications. *Food Secur.* 10, 323–338. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0771-x>
  34. Krankina, O. N., Dixon, R. K., Kirilenko, A. P., & Kobak, K. I. (1997). Global climate change adaptation: examples from Russian boreal forests. *Climatic Change*, 36(1), 197–215.
  35. Lal, R., Delgado, J. A., Groffman, P. M., Millar, N., Dell, C., & Rotz, A. (2011). Management to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation*, 66(4), 276–285
  36. Levin S.A. – 1999 - Towards a Science of Ecological Management. *Conservation Ecology*, 3:6. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol3/iss2/art6/>
  37. Loboguerrero, A., M., Cambell, B.C., Cooper, J.W., Rosenstock, T., Wollenberg, E. 2018. Climate change mitigation beyond agriculture: a review of food system opportunities and implications. *Sustainability* 2019, 11, 1372; <https://doi.org/10.3390/su11051372>
  38. Maggiore, G., Semeraro, T., Aretano, R., De Bellis, L., Luvisi, A. (2019b). GIS Analysis of Land-Use Change in Threatened Landscapes by *Xylella fastidiosa*. *Sustainability*, 11 (1), 253. <https://doi.org/10.3390/su11010253>
  39. Malaiarasan, U., Paramasivam, R., Felix, K.T., 2021. Crop diversification: determinants and effects under paddy-dominated cropping system. *Paddy Water Environ.* 19, 417–432. <https://doi.org/10.1007/s10333-021-00843-w>.
  40. Malhi, G. S., Kaur, M., Kaushik, P., Alyemini, M. N., Alsahli, A. A., & Ahmad, P. (2021). Arbuscular mycorrhiza in combating abiotic stresses in vegetables: An eco-friendly approach. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(2), 1465–1476.
  41. Mamun, M.A.A., Dargusch, P., Wadley, D., Zulkarnain, N.A. 2022. A review of research on agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 161 (2022) 112351. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112351>.
  42. Manan, A, MM Zafar, M Ren, M Khurshid, A Sahar, A Rehman, H Firdous, Y Youlu, A Razzaq, and A Shakeel, 2022. Genetic analysis of biochemical, fiber yield and quality traits of upland cotton under high-temperature. *Plant Production Science*. 25(1): 105-119.
  43. Marrou H, Guilioni L, Dufour L, Dupraz C, Wery J. Microclimate under agrivoltaic systems: is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agric For Meteorol* 2013;177:117–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2013>.
  44. Marrou H, Wery J, Dufour L, Dupraz C. Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *Eur J Agron* 2012;44:54–66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>.
  45. Mccord, P.F., Cox, M., Schmitt-Harsh, M., Evans, T., 2015. Crop diversification as a smallholder livelihood strategy within semi-arid agricultural systems near Mount Kenya. *Land Use Policy* 42, 738–750. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.012>.
  46. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia. ISBN 9788887728095.
  47. Nastis, S., A., Michailidis, A., Chatzitheodoridis, F. 2012. Climate change and agricultural productivity. *frican Journal of Agricultural Research* Vol. 7(35), pp. 4885-4893,
  48. Naz, N., Hameed, W., Tabbassum, R., Farzand, A., Asif, A., Mushtaq, N., Tahir, N. 2022. Impact of Global Climate Change on Agricultural Productivity. *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF GLOBAL SCIENCES*. Vol. 4(1)
-

- 
49. Niles MT et al (2018). Climate change mitigation beyond agriculture: a review of food system opportunities and implications. *Renewable Agriculture and Food Systems* 33, 297–308. <https://doi.org/10.1017/S1742170518000029>
  50. Niles MT et al (2018). Climate change mitigation beyond agriculture: a review of food system opportunities and implications. *Renewable Agriculture and Food Systems* 33, 297–308. <https://doi.org/10.1017/S1742170518000029>
  51. Ochieng, J., Kirimi, L., Ochieng, D.O., Njagi, T., Mathenge, M., Gitau, R., Ayieko, M., 2020. Managing climate risk through crop diversification in rural Kenya. *Clim. Change* 162, 1107–1125. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02727-0>
  52. Pellegrini, L., Tasciotti, L., 2014. Crop diversification, dietary diversity and agricultural income: empirical evidence from eight developing countries. *Can. J. Dev. Stud.* 35,211–227. <https://doi.org/10.1080/02255189.2014.898580>
  53. Razzaq, A, MM Zafar, A Ali, A Hafeez, F Sharif, X Guan, X Deng et al, 2021a. The pivotal role of major chromosomes of sub-genomes A and D in fiber quality traits of cotton. *Frontiers in Genetics*.12.
  54. Razzaq, A, MM Zafar, A Ali, A Hafeez, W Batool, Y SHI, W Gong and Y Youlu. Cotton germplasm improvement and progress in Pakistan. *Journal of Cotton Research*. 4(1): 1-14.
  55. Razzaq, A, MM Zafar, P Li, G. Qun, X. Deng, A Ali, ... & Y Yuan, 2021b. Transformation and Overexpression of Primary Cell Wall Synthesis-Related Zinc Finger Gene Gh\_A07G1537 to Improve Fiber Length in Cotton. *Frontiers in Plant Science*, 12
  56. Renard, D., Tilman, D., 2019. National food production stabilized by crop diversity. *Nature* 571, 257. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1316-y>.
  57. Rippey, B.R., 2015. The U.S. drought of 2012. *Weather Clim. Extrem.* 10, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.004>.
  58. Rippey, B.R., 2015. The U.S. drought of 2012. *Weather Clim. Extrem.* 10, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.004>.
  59. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium Volume I: Technical Presentations*. NASA SP-351, Washington, DC, 309–317.
  60. Sahar, A, MM Zafar, A Razzaq, A Manan, M Haroon, S Sajid, A Rehman et al., 2021. Genetic variability for yield and fiber related traits in genetically modified cotton. *Journal of Cotton Research*.4(1): 1-10.
  61. Sandhu, S. S., Kaur, P., Gill, K. K., & Vashisth, B. B. (2020). The effect of recent climate shifts on optimal sowing windows for wheat in Punjab, India. *Journal of Water and Climate Change*, 11(4), 1177–1190.
  62. Scarano, A., Olivieri, F., Gerardi, C., Liso, M., Chiesa M., Chieppa M., Frusciante, L., Barone, A., Santino A., Rigano, M.M. 2019. Selection of tomato landraces with high fruit yield and nutritional quality under elevated temperatures. *SCI*, Wileyonlinelibrary. Accepted article published: 5 February 2020 Published online in Wiley Online Library: 29 February 2020 (wileyonlinelibrary.com)
  63. Semenov MA (2009) Impacts of climate change on wheat in England and Wales. *J R Soc Interface* 6(33):343–350
-

- 
64. Semeraro, T., Aretano, R., Barca, A., Pomes, A., Del Giudice, C., Gatto, E., Lenucci, M., Buccolieri, R., Emmanuel R., Gao, Z., Scognamiglio A. (2020). A Conceptual Framework to Design Green Infrastructure: Ecosystem Services as an Opportunity for Creating Shared Value in Ground Photovoltaic Systems. *Land*, 9, 238. <https://doi.org/10.3390/land9080238>
  65. Semeraro, T., Aretano, R., Pomes, A., Del Giudice, C., Nigro, D. (2018). Planning ground based utility scale solar energy as Green Infrastructure to enhance ecosystem services. *Energy Policy*, 117, 218-227. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.050>
  66. Semeraro, T., Aretano, R., Pomes, A., Del Giudice, C., Nigro, D. (2018). Planning ground based utility scale solar energy as Green Infrastructure to enhance ecosystem services. *Energy Policy*, 117, 218-227.. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.050>
  67. Semeraro, T., Gatto, E., Buccolieri, R., Vergine, M., Gao, Z., De Bellis, L., Luvisi, A. (2019a). Changes in Olive Urban Forests Infected by *Xylella fastidiosa*: Impact on Microclimate and Social Health in urban areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 2642. <https://doi.org/10.3390/ijerph16152642>
  68. Semeraro, T., Mastroleo, G., Pomes, A., Luvisi, A., Gissi, E., Aretano, A. 2019 Modelling fuzzy combination of remote sensing vegetation index for durum wheat crop analysis. *Computers and Electronics in Agriculture* 156, 684–692
  69. Semeraro, T., Scarano, A., Santino, A., Emmanuel, R., (2022). An innovative approach to combine solar photovoltaic gardens with agricultural production and ecosystem services. *Ecosystem Services* 56 101450. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101450>
  70. Semeraro, T., Scarano, A., Santino, A., Emmanuel, R., (2022). An innovative approach to combine solar photovoltaic gardens with agricultural production and ecosystem services. *Ecosystem Services* 56 101450. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101450>
  71. Semeraro, T.; Gatto, E.; Buccolieri, R.; Catanzaro, V.; De Bellis, L.; Cotrozzi, L.; Lorenzini, G.; Vergine, M.; Luvisi, A. (2021). How Ecosystem Services Can Strengthen the Regeneration Policies for Monumental Olive Groves Destroyed by *Xylella fastidiosa* Bacterium in a Peri-Urban Area. *Sustainability*, 13, 8778. <https://doi.org/10.3390/su13168778>
  72. Stone P, Nicolas M (1994) Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. *Funct Plant Biol* 21(6):887–900
  73. Summary for policymakers. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2014; pp. 1–32.
  74. Thomas, D.S.G.; Twyman, C.; Osbahr, H.; Hewitson, B. Adaptation to climate change and variability: Farmer responses to intra-seasonal precipitation trends in South Africa. *Clim. Chang.* 2007, 83, 301–322.
  75. Walters, C.J., Holling, C.S. 1990. Large-Scale Management Experiments and Learning by Doing. *Ecology*.17, 2060-2068. <https://doi.org/10.2307/1938620>.
  76. Xiao, X., Zhang, Q., Braswell, B., Urbanski, S., Boles, S., Wofsy, S., Moore, B., Ojima, D., 2004b. Modeling gross primary production of temperate deciduous broadleaf forest using satellite images and climate data. *Remote Sens. Environ.* 91 (2), 256–270. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.03.010>.
-

- 
77. Yavari R., Zaliwciw, D., Cibin, R., McPhillips, L. 2022. Minimizing environmental impacts of solar farms: a review of current science on landscape hydrology and guidance on stormwater management. *Environ. Res.: Infrastruct. Sustain.* 2 032002.
  78. Zafar, MM, A Manan, A Razzaq, M Zulfqar, A Saeed, M Kashif, A Iqbal Khan et al, 2021. Exploiting Agromomic and Biochemical Traits to Develop Heat Resilient Cotton Cultivars under Climate Change Scenarios. *Agronomy* 11(9): 1885
  79. Zhang, Y., Wu, Y., Yan, J., Peng, T., 2022. How does rural labor migration affect crop diversification for adapting to climate change in the Hehuang Valley, Tibetan Plateau? *Land Use Policy* 113 (2022) 105928
  80. Zilberman, D., Liu, X., Roland-Holst, D., & Sunding, D. (2004). The economics of climate change in agriculture. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 9(4), 365–382.