



**REGIONE PUGLIA**

**Comune di Ascoli Satriano (FG)**



**PIATTAFORMA PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA CON PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE TRAMITE POWER TO GAS (PTG) DA FONTE RINNOVABILE SOLARE AGROVOLTAICO, SISTEMA DI ACCUMULO (BESS) E RETE DI CONNESSIONE ALLA STAZIONE ELETTRICA AT DI DELICETO PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 115 MW**

**LOCALITA CAPO D'ACQUA - ASCOLI SATRIANO (FG)**

OGGETTO  
DELL'ELABORATO

**Sviluppo e valorizzazione agricola e paesaggistica di un'area dotata di impianto fotovoltaico ad Ascoli Satriano (Foggia)**

CODICE GENERALE  
ELABORATO

CODICE  
OPERA

STATO

data

AREA  
PROGETTO

N°  
ELABORATO

VERSIONE

**ED-RT-AGR**

**Definitivo**

**Gen 23**

**IA**

**AGR 01**

**0**

IDENTIFICAZIONE FILE: ED-RT-AGR

versione

data

Oggetto

0

05/01/2023

1° emissione

1

2

REDATTO:

**Prof. Giuseppe Ferrara** - Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università degli Studi di Bari 'Aldo Moro'

**Prof. Maurizio Boselli** - Già Ordinario di Viticoltura, Università di Verona

PROPONENTE:

**EDIS S.r.l.**

Viale Nino Bixio, 8 – 12051 – ALBA (CN)

Partita IVA/CF: 03491720045



## INDICE

1	Sintesi	4
1.1	Premessa	4
1.2	Agrivoltaico: attinenza con le Linee Guida nazionali	4
1.3	Stato dell'arte	7
1.4	Proposta	8
1.5	Inquadramento geografico dell'area	8
1.6	Struttura idro-geo-morfologica dell'area	8
1.7	I paesaggi rurali	9
1.8	Descrizione e valori dei caratteri agronomici e colturali	9
1.9	Caratterizzazione climatica dell'area	9
1.10	Disponibilità idrica dell'area e caratteristiche del suolo	11
1.11	Destinazione agricola dell'area e sua sostenibilità	12
1.12	Specie arboree di possibile coltivazione in impianto agrivoltaico nell'area di Ascoli satriano	13
1.13	Specie ad uso agricolo adottate nel progetto e gestione 4.0	14
1.14	Caratteristiche delle aree di mitigazione	15
1.15	Conclusioni	15
2	Agrivoltaico: attinenza alle LINEE GUIDA NAZIONALI	17
2.1	Caratteristiche generali dei sistemi agrivoltaici	18
2.2	Definizioni	18
2.3	Requisiti nuove linee guida	19
2.3.1	REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"	19
2.3.2	REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è gestito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli	21
2.3.3	REQUISITO C: l'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra	23
2.3.4	REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio	24
2.3.5	ULTERIORI REQUISITI E CARATTERISTICHE PREMIALI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI	26
2.4	Analisi dei costi di investimento per l'impianto agrivoltaico	28
2.5	Bibliografia	28
3	Stato dell'arte	30
4	Proposta	31
5	Inquadramento geografico dell'area	32
6	Struttura idro-geo-morfologica dell'area	33
7	I paesaggi rurali	35
8	Descrizione e valori dei caratteri agronomici e colturali	36
9	Caratterizzazione climatica dell'area	37

10	Ripristino della biodiversità per contrastare la tendenza alla desertificazione dell'area	42
11	Disponibilità idrica nell'area e caratteristiche del suolo	44
12	Destinazione agricola dell'area e sua sostenibilità	48
13	Specie arboree di possibile coltivazione in impianto agrivoltaico nell'area di Ascoli satriano	50
14	Specie ad uso agricolo adottate nel progetto e gestione 4.0	60
15	Caratteristiche delle aree di mitigazione	62
16	Conclusioni	66
17	ALLEGATI	67
18	Riferimenti bibliografici	67

# 1 Sintesi

## 1.1 Premessa

La seguente relazione tratta del progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare Agrovoltaica con Storage e Power to Gas in regime di Agrovoltaico denominato "CAPO D'ACQUA", da realizzarsi nei territori del Comune di Ascoli Satriano (FG) – Regione Puglia. Le attività di progettazione definitiva sono state sviluppate da un team di professionalità elencate nella "Scheda di Progetto" ed incaricate dalla società proponente EDIS Srl. Il team è costituito da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata. Sia le professionalità coinvolte sia EDIS Srl pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme UNI CEI 11339:2009, UNI EN ISO 9001:2015, UNI EN ISO 14001:2015 e OHSAS 18001:2007 nelle loro ultime edizioni. Difatti, le Aziende citate, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

## 1.2 Agrivoltaico: attinenza con le Linee Guida nazionali

Si evidenziano nel seguente capitolo le caratteristiche e le attinenze del parco agrivoltaico in progetto con le LINEE GUIDA NAZIONALI SUGLI IMPIANTI AGROVOLTAICI prodotte nell'ambito di un gruppo di lavoro coordinato dal MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA - DIPARTIMENTO PER L'ENERGIA. Nello specifico l'obiettivo è perseguito in coerenza con le indicazioni del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e tenendo conto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) così Come definito dal decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199<sup>1</sup> (di seguito anche decreto legislativo n. 199/2021) di recepimento della direttiva RED II.

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

Dato	Estensione [Ha]
Sup. Tot. AREA	131,12
<i>S agricola netta</i>	92,43
<b><i>S agricola = 70,49% · Stot</i></b> <b><i>S agricola ≥ 0,7 Stot</i></b> <b><u>verificato</u></b>	

<sup>1</sup> D.lgs. 8/11/2021 n. 199 "Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.285 del 30 novembre 2021, e in vigore dal 15 dicembre 2021

Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR). La successiva Tabella esprime la Densità di potenza e occupazione di suolo per l'installazione agrivoltaica in progetto:

Tipologia di impianto	Colture	Densità di potenza [MW/ha]	Potenza moduli [W]	Superficie singolo modulo [m <sup>2</sup> ]	Densità moduli [m <sup>2</sup> /kW]	Superficie moduli [m <sup>2</sup> /ha]	LAOR [%]
AGRIVOLTAICO ASCOLI SATRIANO	Vite, olivo, melograno, grano duro, leguminose, pomodoro	0,68	710-800	3,1	4,4	34,93 ha	26,64

La tabella di seguito riassume parametri di occupazione di suolo per l'impianto in progetto:

Dato	Estensione [Ha]
Sup. Tot. AREA	131,12
Area coperta dai moduli [Ha PV]	34,93
Densità di potenza [MW/H]	0,68
Percentuale complessiva coperta dai moduli [LAOR]	0,2664
<b>LAOR = 26,64%</b> <b>LAOR &lt; 40%</b> <b><u>verificato</u></b>	

	Specie	Superficie netta ha	Reddito netto ad ettaro €	Reddito complessivo €
<b>Coltura tradizionale</b>	Grano duro	131,12	340	44.580
<b>Coltura prevista</b>	Vite da tavola	27,30	20.000	546.000
<b>Coltura prevista</b>	Olivo intensivo	10,00	5.000	50.000
<b>Colture previste in rotazione</b>	Grano duro, pomodoro, leguminose	27,10	2.000 (reddito medio)	54.200
<b>Aree di mitigazione</b>	Melograno, olivo superintensivo, bosco arboreo-arbustivo	10,50	5.000 (reddito medio)	52.500

Continuità dell'attività agricola e mantenimento dell'indirizzo produttivo. Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici. La produzione agricola prevista nel presente progetto e il confronto reddituale con la produzione agricola prevalente dell'area sono illustrati nella tabella seguente:

L'azienda agricola coltivava tradizionalmente grano duro.

Producibilità elettrica minima. In merito a tale requisito, si rappresenta che un impianto FV Standard con densità di potenza pari a 1,0 MW/Ha produrrebbe circa 171 GWh/Ha/anno e considerata la densità di potenza dell'impianto in progetto pari a 0,68 MW/Ha per una produzione annua pari a 116 GWh/Ha/anno

$$FV_{agri} = 0,68 FV_{standard}$$

Il requisito risulta quindi **verificato**.

Monitoraggio del risparmio idrico. Il fabbisogno irriguo per l'attività agricola sarà soddisfatto attraverso auto-approvvigionamento ovvero l'utilizzo di acqua misurato tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi d'acqua o bacini idrici, o tramite la conoscenza della portata concessa (l/s) presente sull'atto della concessione a derivare unitamente al tempo di funzionamento della pompa. L'azienda dispone attualmente di 4 pozzi artesiani della portata complessiva di circa 6 l/s. Il monitoraggio idrico sarà anche eseguito per le varie colture utilizzando appositi sensori di portata collegati a centraline poste nei diversi campi colturali. In tal modo saranno impiegati i volumi irrigui idonei nelle diverse fasi fenologiche di ciascuna coltura.

Monitoraggio della continuità dell'attività agricola. Come riportato nei precedenti paragrafi, gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

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

Tale attività sarà effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari). I parametri relativi alla crescita, al vigore, alle caratteristiche produttive verranno anche monitorati tramite tecnologie proprie dell'agricoltura 4.0 (dendrometri, droni, etc.).

Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo. Il monitoraggio di tale aspetto sarà effettuato nell'ambito della relazione di cui al precedente punto, o tramite una dichiarazione del soggetto proponente. Tale relazione sarà corredata da un'analisi del suolo, cadenzata nel tempo, focalizzando soprattutto sul contenuto di carbonio organico e sulla biomassa microbica in diversi punti dell'azienda.

Monitoraggio del microclima. Il microclima presente nella zona ove viene svolta l'attività agricola è importante ai fini della sua conduzione efficace. Infatti, l'impatto di un impianto tecnologico parzialmente in movimento sulle colture sottostanti e limitrofe è di natura fisica: la sua presenza diminuisce la superficie utile per la coltivazione in ragione della palificazione, intercetta la luce, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell'aria ed in generale al microclima. Tali aspetti saranno monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, VPD, unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto (aree agricole e di mitigazione).

Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici. Come stabilito nella **circolare del 30 dicembre 2021, n. 32 recante " Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Guida operativa per il rispetto del principio di non**

**arrecare danno significativo all'ambiente (DNSH)",** sarà prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione ad alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. per individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea.

Applicazioni di agricoltura digitale e di precisione. L'applicazione dei moderni concetti di agricoltura di precisione, a seconda dell'ordinamento colturale e del livello tecnologico prescelto, può portare vantaggi sul piano produttivo ed ambientale non trascurabili. L'agricoltura di precisione può permettere una serie di vantaggi importanti in termini di:

- risparmi (economici e ambientali) in termini di fertilizzanti/antiparassitari rispetto alla gestione ordinaria,
- minor incidenza delle patologie per pronto rilevamento ed intervento sui patogeni,
- risparmi dei volumi irrigui impiegati per le diverse colture, calibrati secondo le effettive esigenze fisiologiche,
- sistemi puntuali di rilevazione del grado di maturazione delle produzioni per intervenire con raccolte solo nei momenti caratterizzati dalle migliori performance quantitative ed organolettiche, soprattutto per produzioni di nicchia o tipicità.

Autoconsumo. Al fine di perseguire gli scopi previsti dal PNRR ovvero anche la premialità dei casi in cui l'impianto agrivoltaico copra almeno una percentuale minima dei consumi elettrici aziendali su base annua, verificata a progetto in base alle caratteristiche dei consumi dell'azienda agricola interessata si rappresenta che tutta l'attività agricola sarà supportata da mezzi 'full electric' caricati mediante piattaforme di ricarica sistemate sull'intera area di progetto ed alimentate totalmente dall'impianto agrivoltaico e relativo sistema di accumulo elettrico (BESS).

### 1.3 Stato dell'arte

La valutazione dell'uso di pannelli fotovoltaici in combinazione con l'attività agricola ha una storia relativamente recente: infatti, circa 10 anni fa si menziona e si descrive per la prima volta un "agrivoltaic system", con pannelli fotovoltaici sollevati da terra. Da allora le ricerche sono proseguite sia sullo studio di modelli (prevalentemente), sia in situazione di reale coltivazione, anche se con sperimentazioni limitate e spesso sotto coperture serricole. Infatti, gli studi degli ultimi dieci anni hanno riguardato soprattutto l'applicazione dei pannelli fotovoltaici su serre (su specie quale lattuga, peperone, rucola, fragola, etc.) e molto meno in pieno campo dove la sperimentazione è stata condotta su specie quale patata, frumento duro, cocomero, etc. e quasi nulla è stato effettuato su specie arboree e/o arbustive. Il fattore limitante dell'effetto dei pannelli fotovoltaici sulle piante è essenzialmente la limitazione della radiazione luminosa, in particolar modo la cosiddetta PAR (Photosynthetically Active Radiation), la cui riduzione può condizionare negativamente l'attività fotosintetica delle piante. Tra le specie vegetali ci sono differenze sostanziali per la risposta alle diverse intensità luminose, e molte riescono ad adattarsi a diverse condizioni di radiazione mediante modifiche morfo-fisiologiche. La realizzazione di impianti agrivoltaici in aree marginali e/o semi-abbandonate, a clima caldo-arido, potrebbe essere una soluzione per recuperare la produttività ecologica di terreni marginali dove i pannelli permetterebbero una temperatura del suolo più bassa ed un contenuto idrico maggiore, come riscontrato in tali condizioni pedoclimatiche in altri Paesi. Proprio questa notevole plasticità delle specie vegetali, di adattarsi a condizioni di luce variabili nel tempo e nello spazio, ha suggerito la via di applicare i pannelli fotovoltaici in combinazione con le colture agrarie così da unire la produzione alimentare con quella energetica, entrambe sotto pressione negli ultimi tempi per una serie di fattori ampiamente conosciuti, dalla pandemia al conflitto in Europa.

## 1.4 Proposta

Il sito per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico si trova in agro di Ascoli Satriano, a circa 3,5 km dal centro abitato, con gli appezzamenti individuati nel foglio 52 del Catasto Terreni del Comune citato, per una complessiva superficie catastale di ettari 131,1229. La zona prende il nome di Capo d'acqua, ad una altitudine di circa 270-300 m s.l.m. ed è delimitata a sud dalla SP 88 e verso nord dalla SP 87. Il nome di tale località deriva probabilmente dall'accumulo, durante periodi particolarmente piovosi, di acqua nei compluvi che attraversano le diverse particelle dell'area. La zona ove sarà realizzato l'impianto agrivoltaico è attualmente caratterizzata dalla presenza dominante di seminativi (prevalentemente frumento duro) gestiti in asciutto, con porzioni in maggese nudo, ma negli appezzamenti limitrofi altre colture sono presenti come asparago, pomodoro e colture arboree quale olivo e vite, sebbene con superfici proporzionalmente più ridotte rispetto ai seminativi.

La presente proposta vedrà l'impiego di colture, sia erbacee sia arboree (cereali, leguminose, vite, olivo), ben contestualizzate ed adattate nel contesto agroecologico dell'area considerata, con in più l'inserimento di specie idonee alle condizioni climatiche della zona e tali da favorire la biodiversità vegetale, animale e microbica.

## 1.5 Inquadramento geografico dell'area

L'ambito del Tavoliere è caratterizzato dalla dominanza di vaste superfici pianeggianti coltivate prevalentemente a seminativo che si spingono fino alle propaggini collinari dei Monti Dauni. La delimitazione dell'ambito si è attestata sui confini naturali rappresentati dal costone garganico, dalla catena montuosa appenninica, dalla linea di costa e dalla valle dell'Ofanto. Questi confini morfologici rappresentano la linea di demarcazione tra il paesaggio del Tavoliere e quello degli ambiti limitrofi (Monti Dauni, Gargano e Ofanto) sia da un punto di vista geolitologico (tra i depositi marini terrazzati della piana e il massiccio calcareo del Gargano o le formazioni appenniniche dei Monti Dauni), sia di uso del suolo (tra il seminativo prevalente della piana e il mosaico bosco/pascolo dei Monti Dauni, o i pascoli del Gargano, o i vigneti della Valle dell'Ofanto), sia della struttura insediativa (tra il sistema di centri della pentapoli e il sistema lineare della Valle dell'Ofanto, o quello a ventaglio dei Monti Dauni).

## 1.6 Struttura idro-geo-morfologica dell'area

La pianura del Tavoliere, certamente la più vasta del Mezzogiorno, è la seconda pianura per estensione nell'Italia peninsulare dopo la pianura padana. Essa si estende tra i Monti Dauni a ovest, il promontorio del Gargano e il mare Adriatico a est, il fiume Fortore a nord e il fiume Ofanto a sud. La pianura ha avuto origine da un ancestrale fondale marino, gradualmente colmato da sedimenti sabbiosi e argillosi pliocenici e quaternari, successivamente emerso. Attualmente si configura come la stratificazione di numerose piane alluvionali variamente estese e articolate in ripiani terrazzati digradanti verso il mare, aventi altitudine media non superiore a 100 m s.l.m., separati fra loro da scarpate più o meno elevate orientate alla linea di costa attuale. In merito ai caratteri idrografici, l'intera pianura è attraversata da vari corsi d'acqua, tra i più rilevanti della Puglia (Carapelle, Candelaro, Cervaro e Fortore), che hanno contribuito significativamente, con i loro apporti detritici, alla sua formazione. Il regime idrologico di questi corsi d'acqua è tipicamente torrentizio,

caratterizzato da prolungati periodi di magra a cui si associano brevi, ma intensi eventi di piena, prevalentemente nel periodo autunnale e invernale e soprattutto negli ultimi anni caratterizzati da piogge imponenti dopo lunghi periodi siccitosi. Molto limitati, e in alcuni casi del tutto assenti, sono i periodi a deflusso nullo.

## 1.7 I paesaggi rurali

L'ambito del Tavoliere si caratterizza per la presenza di un paesaggio fondamentalmente pianeggiante la cui grande unitarietà morfologica pone come primo elemento determinante del paesaggio rurale la tipologia colturale. È possibile riconoscere all'interno dell'ambito del Tavoliere tre macropaesaggi: il mosaico di S. Severo, la grande monocoltura seminativa che si estende dalle propaggini subappenniniche alle saline in prossimità della costa e infine il mosaico di Cerignola. Il mosaico di S. Severo, che si sviluppa in maniera grossomodo radiale al centro urbano, è in realtà un insieme di morfotipi a sua volta molto articolati, che, in senso orario a partire da nord si identificano con: 1) l'associazione di vigneto e seminativo a trama larga caratterizzato da un suolo umido e l'oliveto a trama fitta, sia come monocoltura che come coltura prevalente; 2) la struttura rurale a trama relativamente fitta a sud resa ancora più frammentata dalla grande eterogeneità colturale che caratterizza notevolmente questo paesaggio; 3) una struttura agraria caratterizzata dalla trama relativamente fitta a est, in prossimità della fascia subappenninica, dove l'associazione colturale è rappresentata dal seminativo con l'oliveto.

## 1.8 Descrizione e valori dei caratteri agronomici e colturali

La coltura prevalente per superficie investita è rappresentata dai cereali. Seguono, per valore di produzione, i vigneti e le orticole localizzati principalmente nel basso tavoliere fra Cerignola e San Severo. La produttività agricola è di tipo estensivo nell'alto tavoliere coltivato a cereali, mentre diventa di classe alta o addirittura intensiva per le orticole e soprattutto per la vite, del basso Tavoliere. Il ricorso all'irriguo in quest'ambito è frequente, per l'elevata disponibilità d'acqua garantita dai bacini fluviali ed in particolare dal Carapelle e dall'Ofanto ed in alternativa da emungimenti. Nella fascia intensiva compresa nei comuni di Cerignola, Orta Nova, Foggia e San Severo la coltura irrigua prevalente è il vigneto. Seguono le erbacee di pieno campo e l'oliveto.

## 1.9 Caratterizzazione climatica dell'area

Il clima della zona in cui sarà ubicato l'impianto agrivoltaico è di tipo mediterraneo continentale. Nel periodo primaverile ed autunnale le temperature sono miti e generalmente gradevoli mentre nel periodo estivo le temperature superano agevolmente i 30 °C, come accaduto nell'ultima stagione (2022) già a partire dai primi giorni di giugno. Nel periodo invernale la temperatura può scendere per più giorni all'anno al di sotto di 0 °C. La piovosità, come in tutto il subappennino dauno, risulta abbastanza limitata (500/600 mm annui), ma certamente superiore ad altri areali della capitanata. Sulla base di queste informazioni climatiche e con le temperature massime che raggiungono i 32 °C nei mesi di luglio e agosto, con circa 12 ore di sole ed una umidità media dell'aria inferiore al 50%, i pannelli fotovoltaici potrebbero condizionare favorevolmente il microclima delle colture agrarie poste a dimora. Da recenti dati sperimentali, la temperatura massima dell'aria al di sotto dei pannelli fotovoltaici risulta sempre inferiore a quella esterna, con differenze anche di

2-3 °C nelle giornate di piena estate, una differenza che nelle ore più calde della giornata può condizionare notevolmente l'attività fotosintetica delle piante in maniera positiva. Appare quindi evidente l'effetto climatizzante dei pannelli nel moderare le oscillazioni termiche più estreme (temperature massime giornaliere), riducendo così potenziali stress termici/idrici a carico della vegetazione in ambienti Mediterranei, come questo areale nell'agro di Ascoli Satriano. Il modello colturale con pannelli fotovoltaici proposto, applicato anche in un altro areale pugliese (Gioia del Colle-Laterza), ha inoltre mostrato una minore perdita idrica e un più contenuto innalzamento termico generato dalle ondate di calore che hanno contraddistinto l'areale di prova nel periodo estivo (annate 2021 e 2022) con notevoli vantaggi per la coltura in oggetto, la vite da vino.

**Ripristino della biodiversità e gestione sostenibile per contrastare la tendenza alla desertificazione dell'area.** La quantificazione dell'impatto di molteplici fattori alla base del rischio di desertificazione è obbligatoria per qualsiasi politica di mitigazione e adattamento dei sistemi locali al degrado del territorio e per un efficace contenimento del rischio di desertificazione. La visione delle Nazioni Unite dell'Agenda 2030 e la strategia Zero Net Land Degradation (ZNLDD) attribuiscono ancora più valore agli approcci olistici, evidenziando come la governance del degrado del territorio richieda una conoscenza approfondita dei meccanismi alla base dei driver e delle politiche che agiscono contemporaneamente sul contenimento dei loro effetti sinergici. In questo senso, le azioni di mitigazione e adattamento sono considerate efficaci se adeguatamente contestualizzate, in quanto inserite in un quadro basato sulla conoscenza delle varie forze che fanno leva sul grado di sensibilità del territorio alla desertificazione. Nell'Italia meridionale il degrado è dovuto principalmente all'erosione dovuta all'aridità, alla salinizzazione e alla perdita di nutrienti come conseguenza della diminuzione delle precipitazioni e dell'aumento dei periodi siccitosi e all'utilizzo di acque irrigue di bassa qualità. A questo proposito si prevede un effetto particolarmente negativo a scala locale nell'Italia meridionale, dove sia la vegetazione sia il territorio stanno già sperimentando un regime di approvvigionamento idrico marginale con effetti devastanti sulle coltivazioni. Con il presente progetto si intendono perseguire le seguenti linee guida: 1. Protezione del suolo, compresa la gestione degli arboreti, la protezione dei pendii e il controllo delle inondazioni. 2. Gestione sostenibile delle risorse idriche, identificazione del fabbisogno idrico e controllo della domanda di acqua in risposta alle reali esigenze colturali. 3. Riduzione dell'impatto delle attività produttive; prevenzione dei danni fisici, chimici e biologici al suolo; produzione e utilizzo di compost in loco. 4. Riequilibrio del territorio, compresa la bonifica e la rinaturalizzazione; rivalutazione delle conoscenze tradizionali; politiche di pianificazione integrata con l'impiego di colture a basse esigenze idriche, di tradizionale coltivazione nell'area, favorendo la biodiversità con la costituzione anche di boschi fruttiferi naturali a scopo dimostrativo, didattico ma anche produttivo con la valorizzazione di produzioni che sono state dimenticate negli anni. Quando si parla di biodiversità il concetto è molto ampio e bisogna considerare le diverse forme di biodiversità che caratterizzano i sistemi agricoli, soprattutto quelli più complessi. L'agrobiodiversità, che riguarda le specie coltivate in azienda (arboree, arbustive, erbacee, ortive) a scopo produttivo, ed è quella che viene essenzialmente presa in considerazione, ma in realtà sono presenti in azienda molte altre specie che coesistono con quelle produttive in un perfetto e sostenibile equilibrio che spesso viene alterato in molti contesti colturali. In questo secondo caso, quando parliamo di agrobiodiversità andiamo a considerare una biodiversità funzionale relativamente alle specie che sono ritenute utili ad un determinato processo (specie vegetali che fungono da rifugio per gli insetti utili, necessarie alle micorrize o ai microrganismi che decompongono la sostanza organica, al miglioramento della struttura del terreno, alla percorribilità ai mezzi, etc.). Raggiungere la più elevata biodiversità possibile è oggi ritenuto non solo un valore aggiunto di alcuni specifici sistemi colturali, ma anche un importante indicatore di sostenibilità di ogni sistema agricolo, ancor più se in una 'coabitazione' con un sistema produttivo di energia che era notoriamente avulso dal contesto agricolo. Il successo iniziale ottenuto nell'adattare l'agricoltura ai bisogni dell'uomo ha comportato una progressiva riduzione della biodiversità delle specie/varietà adottate, ma nei nuovi sistemi agricoli tale sistema va aggiornato e bisogna considerare una maggiore diversità di specie e varietà con favorevoli risvolti economici, ambientali e salutistici. In tale

visione, basti pensare a diverse filiere produttive che utilizzano varietà locali che valorizzano le importanti tradizioni culinarie delle aree interessate e si basano anche su importanti aspetti nutrizionali a cui il consumatore è particolarmente attento.

Per quanto riguarda la biodiversità faunistica, data anche la notevole semplificazione dell'agroecosistema originario, risulta limitata sia in termini qualitativi sia quantitativi (volpi, ricci, lucertole, etc.), soprattutto per le specie sedentarie. L'area coltivata è attualmente in grado di offrire solo disponibilità alimentari (granaglie, semi) e limitatissime disponibilità di rifugio. La creazione di un agroecosistema più articolato, con l'inserimento di diverse colture (soprattutto arboree ed arbustive), potrà creare condizioni più favorevoli sia per l'alimentazione della fauna (bacche, drupe e frutti vari) sia per il loro rifugio grazie alla presenza del bosco frutticolo e di colture arboree e arbustive per la nidificazione.

La biodiversità al di sopra del suolo favorisce anche la biodiversità presente nel suolo, ove vi sono organismi che agiscono sul ciclo dei nutrienti ed interagiscono con i diversi apparati radicali delle specie presenti favorendone l'assorbimento di acqua e nutrienti rendendo così efficiente tutto il sistema, non solo dal punto meramente produttivo ma anche da quello ambientale-paesaggistico.

La lavorazione dei campi nell'area è attuata con pratiche intensive che hanno portato quindi all'eliminazione di gran parte degli ambienti naturali posti anche ai margini dei coltivi. Complessivamente l'ambiente è poco diversificato e le differenti unità ecosistemiche sono isolate tra loro con una scarsissima rete ecologica. La gestione del suolo nel nuovo contesto vedrà l'impiego di tecniche più conservative come l'impiego dell'inerbimento, l'uso di materiale pacciamante e di composto prodotto in loco.

Con la presente progettualità, ci si è mossi quindi verso una continuità della coltivazione dei suoli come richiesto dalle linee guida, ed anche nel rispetto delle tradizioni colturali e culturali della zona. Nel contempo ci si è posti l'obiettivo di incrementare la biodiversità colturale e naturale al fine di una migliore autosostenibilità del sistema, non solo dal punto di vista ambientale ma anche economico, considerando colture che forniscano un reddito adeguato all'imprenditore agricolo. Quindi sarà rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo preesistente (cerealicolo) ma sarà integrato con l'inserimento di indirizzi produttivi di valore economico più elevato, come nel caso di alcune colture arboree e/o orticole.

## 1.10 Disponibilità idrica dell'area e caratteristiche del suolo

Il sito è caratterizzato dalla presenza di reticoli artificiali creati dall'uomo per la bonifica dell'area avvenuta tra gli anni Trenta e gli anni cinquanta del secolo scorso. La circolazione idrica sotterranea dell'area è riferibile a quella del Tavoliere, ed è caratterizzata dalla presenza di una "falda profonda" e di una "falda superficiale".

L'accertamento della presenza di pozzi per l'acqua irrigua riferibili alla falda profonda ha consentito di reperire quattro pozzi artesiani con una portata complessiva di 5,8 litri al secondo che potranno essere utili per praticare irrigazione di soccorso e/o fisiologica alle piante arboree coltivate e di rifornire le piante orticole delle loro necessità idriche. Per la localizzazione delle colture e l'accertamento della fertilità intrinseca dei suoli, sull'area interessata dall'impianto agrivoltaico sono state eseguite 20 analisi del suolo (vedi allegato 'Analisi del suolo') con campioni prelevati alla profondità del franco di coltivazione per comprendere la potenziale variabilità presente e poter valutare le principali caratteristiche chimico-fisiche e quindi eventuali limiti per la coltivazione delle diverse specie da utilizzare. La tessitura del suolo è risultata fondamentalmente di tipo franco-argilloso, con presenza di sabbia maggiore nelle zone ad altimetria più bassa. Lo scheletro è presente ma con valori che rientrano nella norma, presenza di pietre in alcune particelle che saranno utilizzate durante la fase di cantierizzazione. Generalmente buoni i valori sia della conducibilità elettrica che della sostanza organica, mentre l'azoto totale è risultato generalmente al di sotto di valori normali,

probabilmente anche per la coltivazione di colture depauperanti come i cereali in successione. Al fine di migliorare la dotazione di azoto del suolo, rotazioni con leguminose e inerbimenti nell'interfila con trifogli potranno avere effetti sicuramente migliorativi. Considerate le disponibilità di alcuni elementi nutritivi la gestione della fertilizzazione può essere gestita in maniera molto equilibrata.

### 1.11 Destinazione agricola dell'area e sua sostenibilità

L'area di studio è caratterizzata dalla prevalente presenza di colture agricole. Tali colture sono rappresentate da seminativi e piccoli oliveti. I seminativi comprendono in prevalenza colture cerealicole e gli oliveti sono di piccole dimensioni e ubicati spesso vicino alle poche abitazioni rurali. Sulla base delle colture tradizionali dell'area si prevede la coltivazione di varietà di grano duro in rotazione con leguminose (lenticchia, cece, pisello), pomodoro e orticole in generale, adottando tecniche di minima lavorazione (sod seeding). Inoltre, come specie miglioratrice, sarà coltivata in rotazione una coltura da rinnovo (colza da granella, girasole) per il controllo dei patogeni del suolo con una equilibrata rotazione tra le diverse superfici.

Si prevede, inoltre, l'impianto esteso di colture arboree adatte all'ambiente di coltivazione, cioè in grado di fornire buoni livelli produttivi con meno input rispetto ad altre tipologie di colture arboree/arbustive. La progettualità degli impianti arborei sarà orientata, nel limite delle possibilità offerte dalle singole specie, a impianti di tipo intensivo, in modo che possa essere combinata la massima densità d'impianto con dimensioni delle piante che non interferiscano con l'impianto fotovoltaico. Le specie scelte sono adatte a condizioni climatiche caldo-aride e richiedono solo sporadici interventi irrigui durante determinate fasi fenologiche. Le colture arboree saranno gestite con un inerbimento autunno-vernino dello spazio interfilare sia per permettere un passaggio più agevole dei macchinari aziendali (per la gestione delle colture e dell'impianto fotovoltaico), sia per favorire il mantenimento (o l'incremento) della sostanza organica nel suolo ed in generale quella biodiversità naturale favorevole a mantenere in equilibrio tutto il sistema. I frutteti, i vigneti e gli oliveti hanno in genere un bilancio dei flussi di carbonio 'C' (differenza tra fotosintesi da una parte, e respirazione e il carbonio presente nei frutti raccolti, dall'altra) moderatamente negativo, il che è un aspetto favorevole perché essi tendono a sottrarre C dall'atmosfera, quindi con un effetto positivo sul bilancio ambientale. Tutto il sistema agrario aziendale risulterà 'sostenibile', ma tale sostenibilità non intende riferirsi solo agli aspetti ecologici. Infatti, una gestione per definirsi sostenibile deve essere tale anche sotto il profilo economico e sociale, altrimenti i risvolti sono solo limitati sia nello spazio sia nel tempo. In assenza di un adeguato livello di sostenibilità dal punto di vista economico, ogni pratica virtuosa nei confronti dell'ambiente rischia infatti di non venir adottata. La presenza di colture arboree ed ortive favorirà l'impiego di manodopera agricola, rispetto alle sole cerealicole, con un positivo impatto sociale sulla comunità locale. Questa considerazione è risultata alla base della presente progettualità che ha portato poi alla scelta delle diverse specie e modalità di gestione che verranno illustrate nei successivi paragrafi e che si inseriscono perfettamente nel contesto socio-economico dell'area. Nel complesso più del 70% della superficie aziendale sarà destinata alla coltivazione di diverse specie agricole, dai cereali alle ortive e per finire alle diverse specie arboree mantenendo il concetto di "continuità" dell'attività agricola come caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021. Inoltre, il LAOR risulterà inferiore al 30%, ben al di sotto al limite indicato nelle linee guida del 40%.

## 1.12 Specie arboree di possibile coltivazione in impianto agrivoltaico nell'area di Ascoli satriano

L'orientamento del presente progetto è di impiegare, oltre alle tradizionali coltivazioni praticate nell'area, anche specie arboree in grado sia di migliorare la redditività agricola unitaria e sia di incrementare l'occupazione di forza lavoro, con un incremento significativo delle giornate operaio.

Per questo motivo si intende eseguire una disamina delle colture arboree suscettibili di coltivazione nell'impianto agrivoltaico per poi orientare la scelta su alcune di esse ritenute maggiormente idonee per aspetti colturali, economici e culturali.

Melograno: la **coltivazione del melograno** in Italia ha avuto negli anni recenti un certo successo, insperato fino a 10 anni fa. Oggi si possono stimare oltre 1.500 ha già a coltura in Italia, soprattutto con le varietà Wonderful e Akko, entrambe libere da brevetto, a cui bisogna sommare altre varietà israeliane, locali e di altri Paesi coltivate su piccole superfici. Sicilia, Puglia, Calabria, Campania e Lazio sono le regioni maggiormente interessate da questa improvvisa diffusione, in special luogo le prime due.

Mandorlo: la **coltivazione del mandorlo** in Italia sta vivendo un periodo di rinnovato interesse, dopo anni di forte contrazione. La mandorlicoltura ha da sempre rappresentato per il nostro Paese un comparto estremamente importante della frutticoltura, sia in termini di superficie coltivata che per le produzioni, che fino a qualche decennio addietro hanno fornito un apporto considerevole alla produzione mondiale. Basti pensare che all'inizio del XX secolo l'Italia deteneva il primato produttivo mondiale, con la coltivazione in due regioni del Mezzogiorno, Puglia e Sicilia.

Melo: la **coltivazione del melo** in provincia di Foggia ha già fatto registrare nel 2021 una produzione di 12.000 quintali, confermando le capacità adattative della specie all'areale del Nord della Puglia. Oltre alle varietà di melo più diffuse a ridotto fabbisogno in freddo invernale (Fuji, Gala, Red Delicious, ecc.) possono essere prese in considerazione varietà autoctone che presentano interessanti sbocchi di mercato.

Nocciolo: la **coltivazione del nocciolo** non richiede particolari accorgimenti essendo caratterizzata da notevole rusticità. La scelta varietale si basa ancora oggi sulle cosiddette "vecchie varietà" selezionate da lungo tempo e tipiche delle principali aree di coltivazione: *Tonda gentile trilobata* in Piemonte, *Tonda gentile romana* e *Nocchione* in Lazio, *Mortarella*, *San Giovanni*, *Tonda di Giffoni* in Campania, *Mansa* in Sicilia, tutte certificabili attraverso analisi biomolecolari.

Fico: la **coltivazione del fico** in Italia ha subito negli ultimi decenni un notevole declino, anche se recentemente alcune aziende stanno rivalutando le potenzialità e l'importanza di questo fruttifero attualmente definito 'minore' valutando nuovi investimenti sia per il mercato fresco sia per la trasformazione. Secondo i più recenti dati ISTAT il fico è diffuso in Italia su una superficie complessiva di circa 2.100 ettari, principalmente in Campania, Calabria e Puglia che da sole forniscono oltre il 90% della produzione nazionale.

Pero: la **coltivazione del pero** ha avuto una elevata importanza soprattutto negli areali settentrionali del nostro Paese. Esistono varietà a cosiddetta maturazione estiva, molto diffuse negli areali meridionali, e che quindi ben si adattano alle condizioni climatiche dell'areale considerato. Sebbene non ci siano le prospettive per impiantare migliaia di ettari, la coltivazione della 'pera estiva' potrebbe rappresentare un'opportunità per la diversificazione del reddito degli agricoltori, soprattutto se collocate in mercati di nicchia o sfruttando la tipologia di commercializzazione a km 0.

Uva da tavola: la **viticoltura da tavola** ha da sempre giocato un ruolo importante nel panorama frutticolo mondiale. L'Italia rappresenta il leader produttivo europeo, e 4° a livello globale, con una produzione annua di circa un milione di tonnellate (ISMEA, 2021), provenienti da due principali regioni del Mezzogiorno, quali

Puglia (con oltre 24 mila ettari) e Sicilia (con circa 19 mila), che insieme producono il 92% dell'uva italiana (ISTAT, 2021). Le prospettive mercantili riguardo alla commercializzazione e al ritorno economico della coltivazione dell'uva da tavola rimangono interessanti nel breve, medio e lungo periodo.

Olivo: l'**olivicoltura** in Italia rappresenta il 48% della superficie dedicata alle colture arboree da frutto con oltre 1.150 milioni di ettari, destinati principalmente alla trasformazione per l'olio. La coltivazione dell'olivo è prevalentemente praticata nel Mezzogiorno d'Italia, con la Puglia che da sola fornisce il 50% della produzione nazionale, seguita da Calabria e Sicilia. Al pari di altre colture, l'adozione di sesti di impianto molto ravvicinati, sta contribuendo in alcuni ambienti alla diffusione di impianti superintensivi.

Giuggiolo: il **giuggiolo** è una specie appartenente alla famiglia delle Ramnaceae, originatasi in Cina, Paese che attualmente detiene il primato mondiale di coltivazione e produzione. Conosciuto anche come dattero cinese, fu diffuso in Europa grazie ai romani, e da lì anche in Italia raggiungendo quasi tutte le regioni. Da sempre considerato come frutto minore, negli ultimi anni diversi studi hanno dimostrato le importanti proprietà del frutto (tal quale ma anche trasformato o sotto forma di estratti, concentrati, etc.), e per tale ragione si sta assistendo ad un ritorno alla sua coltivazione anche se su superfici molto limitate.

Piccoli frutti: il **comparto dei piccoli frutti** continua a mostrare importanti segnali di crescita negli ultimi anni in Italia. Ciò è dovuto soprattutto al mutamento dei comportamenti di consumo, ma anche all'innovazione varietale che permette anche una presenza costante e continua di questi frutti durante l'intero anno. Tra questi una coltivazione che negli ultimi anni si è discretamente affermata negli ambienti meridionali è quella della mora, che in ordine di diffusione segue quella del mirtillo e dei lamponi, ma che si conferma però in forte ascesa. Tale coltura ben si adatta agli ambienti meridionali.

### 1.13 Specie ad uso agricolo adottate nel progetto e gestione 4.0

Per una razionale conduzione della parte agricola del progetto agrivoltaico saranno impiantate piante di vite ad uva da tavola per una superficie complessiva netta di ettari 27,3 con un sesto di impianto di m 2,40 x 1,50 corrispondenti all'incirca a 2800 piante per ettaro. Su una superficie di ettari di 10,0 si prevede la realizzazione di un oliveto con un sesto di impianto di m 4,8 x 3,5 per un totale di circa 600 piante per ettaro. Su una superficie di ettari 27,1 si prevede di coltivare cereali, pomodoro da industria, leguminose come cece, lenticchia, pisello proteico, orticole come broccoletto in rotazione agraria fra di loro. La gestione complessiva del comparto agricolo sarà affidata ad un imprenditore agricolo che già opera in zona con un'azienda di proprietà e con esperienza nella gestione di colture arboree, cereali ed ortive. La Puglia è da sempre stata una regione particolarmente vocata all'agricoltura, con diverse colture "trainanti", tra le quali uva da tavola, olivo, cereali, colture per le quali la Puglia è leader mondiale nel settore agricolo e agroalimentare. Per anni le strategie introdotte per tali colture hanno avuto come obiettivo principale quello di rendere più produttivo il processo di coltivazione, non considerando l'impatto sull'ambiente dei cambiamenti climatici, la variabilità spaziale, la diminuzione delle risorse naturali (acqua su tutte) e l'inquinamento ambientale. Oggi, per mezzo dell'Agricoltura di Precisione (AdP), è possibile usare tecnologie innovative (es. sensori, droni, software, satelliti, etc.) al fine di integrarle ad azioni agronomiche mirate che si basino sulle effettive esigenze colturali. Tecnologie che sono in grado di fornire informazioni su piccole zone del singolo appezzamento, con particolare riferimento al fabbisogno idrico e nutrizionale. Infatti, in Puglia, come confermato da dati ANBI 2020, la situazione idrica è ormai abbastanza critica obbligando gli agricoltori a un'irrigazione sempre più razionata e senza sicurezza di continuità. La stessa nutrizione viene applicata in maniera omogenea e generalizzata senza tener conto delle reali situazioni presenti in campo, spesso di notevole disformità. Per limitare l'uso di risorse sempre più scarsamente disponibili e di quelle non rinnovabili si dovrà quindi maggiormente fare uso di sensori e tecnologie proprie dell'agricoltura 4.0 che, abbinate a metodologie più

tradizionali e basate su bilanci idrici e nutrizionali, consentano di identificare in maniera più razionale i momenti in cui apportare acqua e nutrienti. Le centraline con i diversi sensori (temperatura ed umidità dell'aria, temperatura ed umidità del suolo, VPD, potenziale matriciale, radiazione, velocità del vento, etc.) saranno poste in diverse aree dell'impianto e permetteranno di controllare la gestione idrica delle diverse colture ma anche i parametri climatici anche per il loro utilizzo e supporto nella gestione di problematiche fitosanitarie. L'effettivo utilizzo dell'acqua potrà essere monitorato con sensori misuratori di portata posti nei diversi lotti al fine di registrare i volumi irrigui utilizzati rispetto ad una gestione tradizionale normalmente adottata per la coltura in oggetto nel medesimo areale. Saranno utilizzati anche sensori per valutare la crescita e lo sviluppo delle colture, quali dendrometri e misuratori di LAI insieme all'impiego di droni per monitorare il vigore delle colture. Tutte le suddette informazioni potranno essere gestite anche da remoto facendo uso di app su smartphone, tablet, etc da parte degli agronomi di campo.

### 1.14 Caratteristiche delle aree di mitigazione

Nelle tre aree di mitigazione previste dal progetto, quindi senza l'installazione di tracker fotovoltaici, saranno installate siepi con funzione di corridoi ecologici. Per alcune specie animali abituate a spostarsi in precisi momenti dell'anno alla ricerca di cibo o di luoghi adatti alla riproduzione, la frammentazione dell'habitat causata dalle attività umane ha avuto un impatto fortemente negativo. Per la progettazione delle aree di mitigazione si è tenuto conto che ogni rete ecologica nasce da un'area centrale, o *core area*, zona naturale già soggetta a un regime di protezione, come possono essere i parchi naturali o le riserve. Le aree centrali sono delimitate da fasce di protezione, o *buffer zones*, che garantiscono la lieve progressione da habitat naturale ad habitat artificiale e che sono connesse tra loro tramite i corridoi ecologici, elementi fondamentali che definiscono gli spostamenti degli animali da un'area centrale a un'altra. I corridoi, oltre a consentire il passaggio tra *core areas*, favoriscono il transito delle specie anche in altre aree di superfici ridotte, dette anche *stepping zones*, come stagni o laghetti, che possono essere fondamentali per la sopravvivenza di alcune specie. In questo modo, i corridoi determinano la concentrazione in aree in cui l'uomo ha costruito e diviso degli ecosistemi naturali. Oltre alla rete ecologica e a completamento di questa, si prevede inoltre la realizzazione di boschi frutticoli con piante distanziate in modo da consentire un agevole transito per le visite e per la manutenzione stessa delle piante. I boschi frutticoli costituiti nelle aree di mitigazione saranno realizzati adottando le seguenti specie arboree: mandorlo, fico, corbezzolo, giuggiolo, pere estive e nashi, nespole germaniche, sorbo, pero mandorlino, more, etc. Oltre al bosco frutticolo verrà impiantato un oliveto superintensivo per una superficie complessiva di 5,3 ha. In un'area di mitigazione più prossima alle masserie e di circa 5,2 ha verrà anche realizzato un campo collezione di più di un centinaio di biotipi di melograno provenienti da tutto il mondo con funzione di conservatorio per fini di miglioramento genetico, dimostrativi e didattici. Il suolo sarà ricoperto di essenze erbacee autoctone con eventuale semina di alcune leguminose (esempio trifogli).

### 1.15 Conclusioni

A fronte di un investimento iniziale sicuramente molto oneroso dell'impianto fotovoltaico, rimane rilevante il grande beneficio che questa tecnologia può assumere sulle colture in territori meridionali caratterizzati da scarse piogge e disponibilità idriche complessivamente limitate. A sua volta, la risorsa radiativa permetterebbe una produzione elettrica rilevante nei periodi di insolazione prolungata che si verificano durante la stagione estiva. Tutto ciò porterebbe a pensare che l'integrazione fra produzione agricola e fotovoltaica è possibile e con cauto ottimismo immaginare che la competizione con l'uso fotosintetico possa

essere limitata e sostenibile. Tali impianti sarebbero addirittura auspicabili in terreni più marginali e in stato di semi abbandono anche per un loro recupero alla coltivazione e quindi all'attività agricola piuttosto che a fini edonistici. Nel caso specifico verrebbe massimizzato l'efficientamento dell'impianto portando alla possibile implementazione di distretti energetici agricoli funzionali con il fine ultimo di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera e poter raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione «EU-2050». Una decisa inversione di rotta per una transizione su cui va posto il massimo impegno e la più rapida urgenza nell'attuazione delle misure di contrasto al cambiamento climatico. Dal punto di vista agricolo sono state scelte sia specie che sono diffusamente coltivate in zona e che richiedono una competenza tecnica ampiamente acquisita dagli imprenditori agricoli e dalle maestranze che operano nel circondario, sia specie che presentano una gestione semplificata e possono favorire lo sviluppo di filiere produttive economicamente interessanti per il conto socio-economico della zona. Le estensioni per ogni singola coltivazione sono state modulate per bilanciare gli eventuali disequilibri nei rispettivi ricavi, dovuti agli andamenti di mercato assai oscillanti di anno in anno in dipendenza di fattori nazionali e internazionali e per meglio bilanciare i rischi 'culturali' nelle diverse annate. Considerati i limitati effetti negativi, in termini di ombreggiamento, esercitato dalla parte industriale, tutta la superficie è idonea alle coltivazioni sia di specie erbacee, sia di quelle arboree in grado di fornire, anche in relazione alle condizioni odierne caratterizzate da un incremento rilevante dei mezzi di produzione, redditi di assoluto interesse favorendo anche lo sviluppo di filiere locali legate alla trasformazione delle diverse tipologie di produzioni.

## 2 Agrivoltaico: attinenza alle LINEE GUIDA NAZIONALI

Partendo dall'interessante sentenza n. 248/2022 del TAR Puglia, con la quale è stata evidenziata la netta differenza esistente tra gli impianti fotovoltaici e quelli agrivoltaici, anche in relazione alle valutazioni che sono chiamate a svolgere le Amministrazioni coinvolte per il rilascio delle relative autorizzazioni, si evidenziano nel seguente capitolo le caratteristiche e le **attinenze del parco agrivoltaico in progetto con le LINEE GUIDA NAZIONALI SUGLI IMPIANTI AGRIVOLTAICI prodotte nell'ambito di un gruppo di lavoro coordinato dal MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA - DIPARTIMENTO PER L'ENERGIA.**

Il Tribunale Amministrativo ha, in particolare, evidenziato che mentre nel caso di impianti fotovoltaici tout court il suolo viene reso impermeabile (completamente ricoperto) venendo impedita la crescita della vegetazione ed il terreno agricolo, quindi, perde tutta la sua potenzialità produttiva, nell'agri-fotovoltaico l'impianto è invece posizionato direttamente su pali più alti e ben distanziati tra loro, in modo da consentire la coltivazione sul terreno sottostante e dare modo alle macchine da lavoro agricolo di poter svolgere il loro compito senza impedimenti per la produzione agricola prevista. Pertanto, la superficie del terreno resta permeabile (cioè usufruibile), raggiungibile dal sole e dalla pioggia ed utilizzabile per la coltivazione agricola.

Oltre a ricordare il trattamento peculiare che l'agrivoltaico deve avere per le politiche nazionali, nelle sentenze, il Tar ha sottolineato l'obbligo per l'Amministrazione di operare un attento bilanciamento tra "l'interesse alla conservazione della trama agraria di riferimento, e l'interesse (di rilievo strategico, specie alla luce dell'attuale scenario internazionale, acuito dal conflitto bellico tuttora in corso tra la Federazione Russa e la Repubblica Ucraina) all'approvvigionamento di energia da fonti rinnovabili".

Nel farlo, prosegue il Tar, si dovrà tenere conto "degli obiettivi declamati dalla stessa Regione con DGR n. 1424/18, nonché di quelli sostenuti dal legislatore eurounitario sia con il **Reg. UE 2021/241**, che istituisce il dispositivo per la ripresa e la resilienza, attuato dall'Italia con il **d.lgs. n. 77/21**, e sia con il **Reg. UE. 2018/1999**, sulla Governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima" oltre che "degli obiettivi dichiarati dal Governo centrale – in attuazione dei superiori obiettivi fissati a livello eurounitario – con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza."

**La Piattaforma in oggetto prevede la realizzazione di un impianto AGRIVOLTAICO con precise attinenze alle LINEE GUIDA NAZIONALI (D.M. del MITE del 27 giugno 2022) ovvero alle caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito agrivoltaico, sia per ciò che riguarda l'accesso agli incentivi PNRR, sia per ciò che concerne la tipologia di impianto agrivoltaico avanzato, che sappiamo essere garanzia per un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola.**

Nello specifico l'obiettivo è perseguito in coerenza con le indicazioni del **Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)** e tenendo conto del **Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)** così Come definito dal **decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199<sup>2</sup>** (di seguito anche decreto legislativo n. 199/2021) di recepimento della **direttiva RED II**.

---

<sup>2</sup> D.lgs. 8/11/2021 n. 199 "Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.285 del 30 novembre 2021, e in vigore dal 15 dicembre 2021

## 2.1 Caratteristiche generali dei sistemi agrivoltaici

I sistemi agrivoltaici possono essere caratterizzati da diverse configurazioni spaziali (più o meno dense) e gradi di integrazione ed innovazione differenti, al fine di massimizzare le sinergie produttive tra i due sottosistemi (fotovoltaico e colturale), e garantire funzioni aggiuntive alla sola produzione energetica e agricola, finalizzate al miglioramento delle qualità ecosistemiche dei siti.

È stato dunque importante, con le nuove Linee Guida, fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

Un sistema agrivoltaico può essere costituito da un'unica "tessera" o da un insieme di tessere, anche nei confini di proprietà di uno stesso lotto, o azienda. Le definizioni relative al sistema agrivoltaico si intendono riferite alla singola tessera.

Con riguardo alla compresenza dell'attività agricola con gli impianti fotovoltaici, diversi studi hanno riportato una prima valutazione del comportamento di differenti colture distinguendo "colture adatte", per le quali un'ombreggiatura moderata non ha quasi alcun effetto sulle rese (segale, orzo, avena, cavolo verde, colza, piselli, asparago, carota, ravanella, porro, sedano, finocchio, tabacco); "colture mediamente adatte" ad es. cipolle, fagioli, cetrioli, zucchine; "colture molto adatte", ovvero colture per le quali l'ombreggiatura ha effetti positivi sulle rese quantitative come ad es. patata, luppolo, spinaci, insalata, fave.

## 2.2 Definizioni

L'impianto in progetto è assimilabile a quanto definito nell'Inquadramento Generale delle suddette Linee Guida Nazionali al punto:

- e) **"Impianto agrivoltaico avanzato:** impianto agrivoltaico che, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm.:
- i) adotta soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione;
  - ii) prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici;
- j) **Altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo:** altezza misurata da terra fino al bordo inferiore del modulo fotovoltaico; in caso di moduli installati su strutture a inseguimento l'altezza è misurata con i moduli collocati alla massima inclinazione tecnicamente raggiungibile. Nel caso in cui i moduli abbiano altezza da terra variabile si considera la media delle altezze;

## 2.3 Requisiti nuove linee guida

Le nuove **Linee Guida (D.M. del MITE del 27 giugno 2022)** definiscono quindi gli aspetti ed i requisiti che i sistemi agrivoltaici devono rispettare al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono realizzati.

I requisiti definiti sono i seguenti:

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

Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di "**impianto agrivoltaico avanzato**" come indicato al punto precedente della presente relazione e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche. Il rispetto anche del requisito E è precondizione per l'accesso ai contributi del PNRR.

Di seguito vengono quindi esplicitati i calcoli per il rispetto dei requisiti sopra riportati.

### 2.3.1 REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"

#### A.1 Superficie minima per l'attività agricola

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

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 (BPA).

***Sagricola* ≥ 0,7 Stot**

Nel caso in esame la Piattaforma è organizzata secondo la seguente tabella:

Dato	Estensione [Ha]
Sup. Tot. AREA	131,12
<i>S agricola netta</i>	92,43
<i>S agricola = 70,49% Stot</i> <i>S agricola ≥ 0,7 tot</i> <u><i>verificato</i></u>	

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

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

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

$$LAOR < 40\%$$

La successiva Tabella esprime la Densità di potenza e occupazione di suolo per l'installazione agrivoltaica in progetto.

Tipologia di impianto	Colture	Densità di potenza [MW/ha]	Potenza moduli [W]	Superficie singolo modulo [m <sup>2</sup> ]	Densità moduli [m <sup>2</sup> /kW]	Superficie moduli [m <sup>2</sup> /ha]	LAOR [%]
AGRIVOLTAICO ASCOLI SATRIANO	Vite, olivo, melograno, grano duro, leguminose, pomodoro	0,68	710-800	3,1	4,4	34,93 ha	26,64

La tabella di seguito riassume parametri di occupazione di suolo per l'impianto in progetto

Dato	Estensione [Ha]
Sup. Tot. AREA	131,12
Area coperta dai moduli [Ha PV]	34,93
Densità di potenza [MW/H]	0,68
Percentuale complessiva coperta dai moduli [LAOR]	0,2664
<p>LAOR = 26,64%</p> <p>LAOR &lt; 40%</p> <p><u>verificato</u></p>	

### 2.3.2 REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è gestito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli

Di seguito i dati per la verifica delle condizioni di reale integrazione fra attività agricola e produzione elettrica valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi

- B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;
- B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

#### **B.1 Continuità dell'attività agricola**

a) L'esistenza e la resa della coltivazione.

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

La produzione agricola prevista nel presente progetto e il confronto reddituale con la produzione agricola prevalente dell'area sono illustrati nella tabella seguente:

	Specie	Superficie netta ha	Reddito netto ad ettaro €	Reddito complessivo €
<b>Coltura tradizionale</b>	Grano duro	131,12	340	44.580
Coltura prevista	Vite da tavola	27,30	20.000	546.000
Coltura prevista	Olivo intensivo	10,00	5.000	50.000
Colture previste in rotazione	Grano duro, pomodoro, leguminose	27,10	2.000 (reddito medio)	54.200
Aree di mitigazione	Melograno, olivo superintensivo, bosco arboreo-arbustivo	10,50	5.000 (reddito medio)	52.500

In alternativa è possibile monitorare il dato prevedendo la presenza di una zona di controllo che permetterebbe di produrre una stima della produzione sul terreno sotteso all'impianto.

b) Il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate. A titolo di esempio, un eventuale riconversione dell'attività agricola da un indirizzo intensivo (es. ortofloricoltura) ad uno molto più estensivo (es. seminativi o prati pascoli), o l'abbandono di attività caratterizzate da marchi DOP o DOCG, non soddisfano il criterio di mantenimento dell'indirizzo produttivo. Nel caso specifico la coltivazione prevalente dell'azienda era orientata alla coltivazione del grano duro, che nel nuovo orientamento sarà integrata da colture ortive ed arboree (vite e olivo) molto più remunerative.

## **B.2 Producibilità elettrica minima**

In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico ( $FV_{agri}$  in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard ( $FV_{standard}$  in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima:

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

In merito a tale requisito si rappresenta che un impianto FV Standard con densità di potenza pari a 1,0 MW/ha produrrebbe circa 171 GWh/ha/anno e considerata la densità di potenza dell'impianto in progetto pari a 0,68 MW/ha per una produzione annua pari a 116 GWh/ha/anno

$$FV_{agri} = 0,68 \cdot FV_{standard}$$

Il requisito risulta quindi **verificato**.

### 2.3.3 REQUISITO C: l'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra

Per l'impianto in progetto si prospetta il seguente caso riportato nelle Linee Guida:

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

Nel caso specifico le strutture permettono un'altezza minima dei moduli dal suolo pari a **2,2 metri** come da immagine seguente

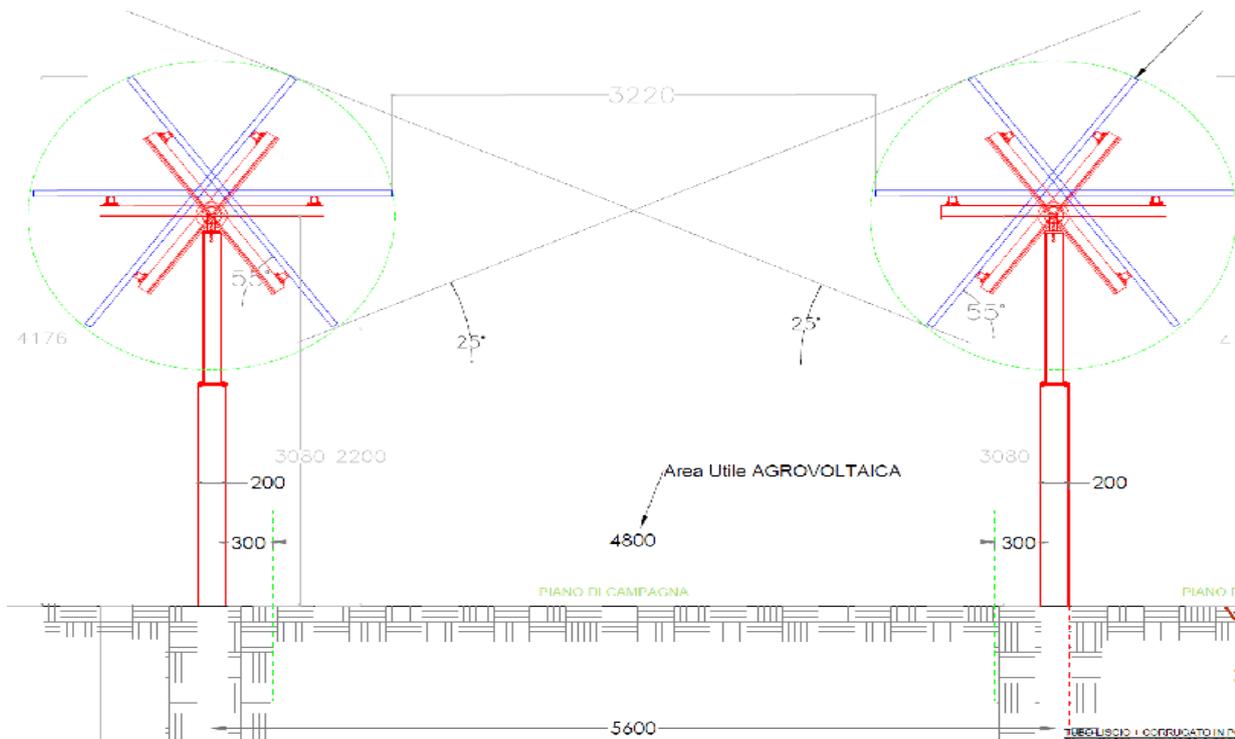


Fig. 2.1 – Strutture di sostegno dell'impianto Agrivoltaico

Si può quindi concludere che:

L'impianto in progetto rientra nella tipologia **tipo 1)** ed è identificabile come impianto agrivoltaico avanzato che risponde al **REQUISITO C.**

### 2.3.4 REQUISITI D ed E: i sistemi di monitoraggio

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

#### **D.1) il risparmio idrico;**

**D.2) la continuità dell'attività agricola**, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

Nel seguito si riportano i parametri che relativamente all'impianto in progetto saranno oggetto di monitoraggio a tali fini.

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

#### **E.1) il recupero della fertilità del suolo;**

#### **E.2) il microclima;**

#### **E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.**

Infine, per monitorare il buon funzionamento dell'impianto fotovoltaico e, dunque, in ultima analisi la virtuosità della produzione sinergica di energia e prodotti agricoli, sarà monitorata anche la misurazione della produzione di energia elettrica e correlata ai requisiti precedentemente descritti.

Di seguito una breve disamina di ciascuno dei predetti parametri e delle modalità con cui possono essere monitorati.

#### **D.1 Monitoraggio del risparmio idrico**

Il fabbisogno irriguo per l'attività agricola sarà soddisfatto attraverso:

- auto-approvvigionamento ovvero l'utilizzo di acqua misurato tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi d'acqua o bacini idrici, o tramite la conoscenza della portata concessa (l/s) presente sull'atto della concessione a derivare unitamente al tempo di funzionamento della pompa. L'azienda dispone attualmente di 4 pozzi artesiani della portata complessiva di 5,8 l/s. Il monitoraggio idrico sarà anche eseguito, per le varie colture, utilizzando appositi sensori di portata (collegati alle ali gocciolanti) che trasmetteranno i dati a centraline opportunamente posizionate nei campi coltivati. In tal modo saranno impiegati i volumi irrigui idonei nelle diverse fasi fenologiche di ciascuna coltura, dalle più esigenti a quelle meno esigenti in termini idrici.

#### **D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola**

Come riportato nei precedenti paragrafi, gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

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

Tale attività sarà effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle

condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari). I parametri relativi alla crescita, al vigore, alle caratteristiche produttive verranno anche monitorati tramite tecnologie proprie dell'agricoltura 4.0 (dendrometri, droni, LAI, etc.) e con monitoraggi non distruttivi.

Parte delle informazioni sopra richiamate sono già comprese nell'ambito del "fascicolo aziendale", previsto dalla normativa vigente per le imprese agricole che percepiscono contributi comunitari. All'interno di esso si colloca il Piano di coltivazione, che deve contenere la pianificazione dell'uso del suolo dell'intera azienda agricola. Il "Piano culturale aziendale o Piano di coltivazione", è stato introdotto con il DM 12 gennaio 2015 n. 162.

### **E.1 Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo**

Il monitoraggio di tale aspetto sarà effettuato nell'ambito della relazione di cui al precedente punto, o tramite una dichiarazione del soggetto proponente. Tale relazione sarà corredata da un'analisi del suolo, in diversi punti dell'azienda seguendo gli ordinamenti colturali, cadenzata nel tempo, focalizzando soprattutto sul contenuto di carbonio organico e sulla biomassa microbica. Tali indici sono infatti essenziali per determinare la fertilità del suolo e le sue eventuali variazioni nel tempo al fine di meglio gestire la gestione della fertilizzazione anche utilizzando compost prodotto in loco o impiegando residui colturali come materiale pacciamante per ulteriormente ridurre il consumo idrico e meglio controllare la flora infestante sulla fila.

### **E.2 Monitoraggio del microclima**

Il microclima presente nella zona ove viene svolta l'attività agricola è importante ai fini della sua efficace conduzione. Infatti, l'impatto di un impianto tecnologico parzialmente in movimento sulle colture sottostanti e limitrofe è di natura fisica: la sua presenza diminuisce la superficie utile per la coltivazione in ragione della palificazione, intercetta la luce, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell'aria creando un microclima diverso rispetto alla coltivazione in pieno sole.

Tali aspetti saranno monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, VPD, temperatura e l'umidità del suolo, potenziale matriciale del suolo, unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto (zone agricole e di mitigazione). In particolare, il monitoraggio riguarderà:

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri;
- l'umidità (contenuto volumetrico di acqua) e la temperatura del suolo misurata con sensori posti a diverse profondità;
- il potenziale matriciale del suolo con sensori per la misurazione della frequenza dielettrica (tipologia Teros 21);
- la radiazione con sensori per misurare la PAR.

I risultati di tale monitoraggio saranno registrati tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente, ma soprattutto i dati ottenuti saranno utilizzati per ottimizzare la gestione delle colture, soprattutto per l'aspetto idrico e fitosanitario.

### **E.3 Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici**

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

Relativamente a questo punto

- in fase di progettazione: si rimanda alle relazioni specialistiche Geologiche, Geotecniche e Geomorfologiche, di Rischio Idraulico e lo Studio di Impatto Ambientale corredato dagli elaborati grafici a supporto;

- in fase di monitoraggio: il soggetto erogatore degli eventuali incentivi verificherà l’attuazione delle soluzioni di adattamento climatico individuate nelle relazioni di cui al punto precedente.

### 2.3.5 ULTERIORI REQUISITI E CARATTERISTICHE PREMIALI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI

#### **Caratteristiche del soggetto che realizza il progetto**

Il soggetto proponente si configura come “Soggetto B” ovvero:

- Soggetto B: Associazione Temporanea di Imprese (ATI), formata da imprese del settore energia e da una o più imprese agricole che, mediante specifico accordo, mettono a disposizione i propri terreni per la realizzazione dell’impianto agrivoltaico. Le imprese agricole saranno interessate a utilizzare quota parte dell’energia elettrica prodotta per i propri cicli produttivi agricoli, anche tramite realizzazione di comunità energetiche. Anche in tal caso, come nel precedente, è ipotizzabile che gli imprenditori agricoli abbiano interesse a mantenere l’attività agricola prevalente ai fini PAC.

#### **Applicazioni di agricoltura digitale e di precisione**

L’applicazione dei moderni concetti di agricoltura di precisione, a seconda dell’ordinamento colturale e del livello tecnologico prescelto, può portare vantaggi sul piano produttivo ed ambientale non trascurabili.

L’agricoltura di precisione può permettere una serie di vantaggi importanti in termini di:

- risparmi (economici e ambientali) in termini di fertilizzanti/antiparassitari rispetto alla gestione ordinaria,
- minor incidenza delle patologie per pronto rilevamento ed intervento sui patogeni,
- risparmi dei volumi irrigui impiegati per le diverse colture, calibrati secondo le effettive esigenze fisiologiche,
- sistemi puntuali di rilevazione del grado di maturazione delle produzioni per intervenire con raccolte solo nei momenti caratterizzati dalle migliori performance quantitative ed organolettiche, soprattutto per produzioni di nicchia o tipicità.

#### **Autoconsumo**

Al fine di perseguire gli scopi previsti dal PNRR, ovvero anche la premialità dei casi in cui l’impianto agrivoltaico copra almeno una percentuale minima dei consumi elettrici aziendali su base annua, verificata a progetto in base alle caratteristiche dei consumi dell’azienda agricola interessata si rappresenta che tutta l’attività agricola sarà supportata da mezzi ed attrezzature ‘full electric’ caricati mediante piattaforme di

ricarica sistemate sull'intera area di progetto ed alimentate totalmente dall'impianto agrivoltaico e relativo sistema di accumulo elettrico (BESS).

Si rimanda nello specifico agli elaborati tecnici allegati.

### Ulteriori indicatori per il miglioramento delle prestazioni di un sistema agrivoltaico e della qualità del suo sito di installazione

Tabella – Ulteriori parametri per la caratterizzazione del sistema agrivoltaico in progetto

Parametro	Indicatore	Verifica
<b>OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEL FOTOVOLTAICO</b>		
Impiego di moduli ad alta efficienza	Densità di potenza (MW/ha) o soglia di efficienza dei moduli	Rendimento dei moduli >23%
Incremento dell'elettrificazione dei consumi dell'azienda per massimizzare l'autoconsumo	Incremento della quota di energia autoconsumata rispetto all'energia prodotta	Verifica dell'autoconsumo dei mezzi agricoli utilizzati in situ
<b>OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI AGRICOLE</b>		
Configurazioni spaziali dei moduli fotovoltaici studiate ad hoc per specifiche esigenze colturali		Verifica della relazione agronomica di accompagnamento del progetto
Impiego di moduli bifacciali		Verifica della presenza in fase progettuale
Adozione di indirizzi produttivi economicamente più rilevanti e capaci di incrementare il fabbisogno di lavoro	Margine Operativo Lordo per unità di superficie aziendale (MOL/ha) e fabbisogno di lavoro complessivo (Unità di Lavoro aziendali)	Verifica della variazione ante e post operam
Adozione di soluzioni volte all'ottimizzazione della risorsa idrica (convogliatori, serbatoi, distributori localizzati, sistemi di automazione e combinazioni applicabili)	Valutazione del supporto al fabbisogno idrico della coltura/eventi meteorici/localizzazione della risorsa.	Verifica della riduzione del quantitativo di acqua da prelevare dalle reti irrigue e verifica dell'efficienza nell'utilizzo della risorsa idrica (WUE) es. l/kg produzione agricola
<b>MIGLIORAMENTO DELLE QUALITA' ECOSISTEMICHE DEI SITI</b>		
Impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della biodiversità dei siti	Riduzione o eliminazione dell'uso di pesticidi e fertilizzanti; percentuale del sito coperto da specie selvatiche; percentuale del sito coperto da specie native; numero di specie diverse utilizzate; numero di stagioni con fioritura di almeno tre specie; esistenza di un contratto per la gestione di eventuali impollinatori; ecc.	Verifica della relazione agronomica di accompagnamento del progetto

Impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della qualità dei suoli	La qualità biologica del suolo può essere definita come la “capacità del suolo di mantenere la propria funzionalità per sostenere la produttività biologica, di mantenere la qualità dell’ecosistema e di promuovere la salute di piante ed animali”. Uso di inerbimento naturale e pacciamatura con materiale organico ottenuto in loco.	Verifica della relazione agronomica di accompagnamento del progetto Confronto tra indice QBS-ar ex-ante ed ex-post
Attenzione all’integrazione paesaggistica dei sistemi agrivoltaici		Verifica della presenza in fase progettuale

## 2.4 Analisi dei costi di investimento per l’impianto agrivoltaico

Con riferimento ai costi di investimento si rimanda alle relazioni agronomiche allegate, al Computo Metrico Estimativo, al Quadro economico Generale dell’intervento.

## 2.5 Bibliografia

- Agri-Photovoltaik, Stand und offene Fragen. Scharf, Grieb, Fritz, 2021 [https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/tfz\\_bericht\\_73\\_agri-pv.pdf](https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/tfz_bericht_73_agri-pv.pdf) ;
- Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition 2020 a guideline for Germany <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf> ;
- Arzeni A. (a cura di) 2021. Le aziende agricole in Italia. Risultati economici e produttivi, caratteristiche strutturali, sociali ed ambientali. Rapporto RICA 2021 – Periodo 2016-2019. CREA – Centro di politiche e bioeconomia/RICA. Roma. ISBN 9788833851396;
- BayWa r.e. <https://www.baywa-re.com/en/solar-projects/agri-pv> ;
- Briamonte L., Cesaro L., Scardera A., (a cura di) 2022. Current use and new perspectives for the Farm Accountancy Data Network. Rivista di Economia Agro-Alimentare Food Economy Volume 23, No. 3. Franco Angeli Edizioni;
- CEI 0-16 “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI 0-21 “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI Guida 82-25 “Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica”;
- Comunità agricola di Heggelbach, 2016, <http://www.ise.solar-monitoring.de/system.php%3fsystem%3dapvh%26untersystem%3d0%26date%3d2017%e2%80%9305-03%26lang%3dde> ;

- Cristiano S., Carta V., Macaluso D., Proietti P., Scardera A., Giampaolo A., Varia F. (2020). L'utilizzo della RICA per l'analisi delle performance aziendali delle imprese innovative: uno studio pilota. Rete Rurale Nazionale. CREA. Roma. ISBN 9788833850993;
- Eurostat, Consumi energetici, 2019;
- Gallucci F. Colantoni A. e altri "Linee Guida per l'applicazione agro-fotovoltaico in Italia", 2021, ISBN: 978-88-903361-4-0;
- IRENA (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi; ISBN 978-92-9260-348-9;
- ISTAT, Classificazione delle imprese agricole per superficie, anno di osservazione 2016;
- Mipaaf – Rete Rurale Nazionale "L'Italia e la PAC post 2020 Policy Brief 4 OS 4: Contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento a essi, come pure allo sviluppo dell'energia sostenibile" (2020) [https://www.reterurale.it/PAC\\_2023\\_27/PolicyBrief](https://www.reterurale.it/PAC_2023_27/PolicyBrief) ;
- MiPAAF – Rete Rurale Nazionale Verso la Strategia Nazionale per un sistema Agricolo, Alimentare e Forestale Sostenibile e Inclusivo. (2020) <https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/9%252Fc%252F6%252FD.f872fdef9e927bd50a31/P/BLOB%3AID%3D23075/E/pdf>
- MiSE, Quota di consumi elettrici, 2018;
- Regolamento (CE) N. 1217/2009 del Consiglio del 30 novembre 2009, relativo all'istituzione di una rete d'informazione contabile agricola sui redditi e sull'economia delle aziende agricole nell'Unione europea.
- Regolamento di esecuzione (UE) 2015/220 della Commissione del 3 febbraio 2015, recante modalità di applicazione del regolamento (CE) n. 1217/2009 del Consiglio relativo all'istituzione di una rete d'informazione contabile agricola sui redditi e sull'economia delle aziende agricole nell'Unione europea.
- Regolamento di esecuzione (UE) 2018/1874 della Commissione del 29 novembre 2018, sui dati da presentare per l'anno 2020 a norma del regolamento (UE) 2018/1091 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alle statistiche integrate sulle aziende agricole e che abroga i regolamenti (CE) n. 1166/2008 e (UE) n. 1337/2011, per quanto riguarda l'elenco delle variabili e la loro descrizione.
- Rete di Informazione Contabile Agricola Sito di riferimento <https://rica.crea.gov.it/> -
- Schindele et al., Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications, Applied Energy, 2020 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626192030249X> ;
- SolarPower Europe (2021): Agrisolar Best Practices Guidelines Version 1.0;
- Toledo, Carlos, and Alessandra Scognamiglio. 2021. "Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns)" Sustainability 13, no. 12: 6871. <https://doi.org/10.3390/su13126871>;
- <https://www.gse.it/servizi-per-te/servizi-digitali-integrati/piattaforma-performance-impianti> ;
- <https://remtec.energy/agrovoltaiico>

### 3 Stato dell'arte

I recenti eventi di portata mondiale, dalla pandemia al conflitto bellico Russia-Ucraina, stanno destabilizzando la geopolitica Mondiale provocando l'aumento del prezzo del gas e accrescendo le preoccupazioni sulle forniture energetiche. Con la possibilità di questi scenari, diventa sempre più urgente procedere all'adozione su scala nazionale delle misure previste dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) per supportare la transizione energetica. A tal riguardo, tra le missioni della "Rivoluzione verde e transizione ecologica", si fa menzione esplicitamente all'agrivoltaico come componente dedicata "all'incremento della quota di energia prodotta da fonti di energia rinnovabile", con un investimento pari a 1,10 miliardi (PNRR, 2021). L'agrivoltaico, infatti, è considerata un'opzione potenzialmente valida per massimizzare "l'efficienza combinata nell'uso del suolo" (Abidin et al., 2021) e porterebbe a combinare la produzione agricola con quella di energia da fonti rinnovabili (solare).

La valutazione dell'uso di pannelli fotovoltaici in combinazione con l'attività agricola ha una storia relativamente recente: infatti, circa 10 anni fa si menziona e si descrive per la prima volta un "agrivoltaic system", con pannelli fotovoltaici sollevati da terra (Dupraz et al., 2011). Da allora le ricerche sono proseguite sia sullo studio di modelli (prevalentemente), sia in situazione di reale coltivazione, anche se con sperimentazioni limitate e spesso sotto coperture serricole. Infatti, gli studi degli ultimi dieci anni hanno riguardato soprattutto l'applicazione dei pannelli fotovoltaici su serre (su specie quale lattuga, peperone, rucola, fragola, etc.) e molto meno in pieno campo dove la sperimentazione è stata condotta su specie quali patata, frumento duro, cocomero, etc. e quasi nulla è stato effettuato su specie arboree e/o arbustive (Marrou et al. 2013a; Touil et al., 2021). Il fattore limitante dell'effetto dei pannelli fotovoltaici sulle piante è essenzialmente la riduzione della radiazione luminosa, in particolar modo la cosiddetta PAR (Photosynthetically Active Radiation), la cui riduzione può condizionare negativamente l'attività fotosintetica delle piante. Le foglie esposte alla radiazione solare traspirano maggiormente e ricevono più nutrienti delle foglie ombreggiate, perché quest'ultime riducono la conduttanza stomatica. Tra le specie vegetali ci sono differenze sostanziali per la risposta alle diverse intensità luminose, e molte riescono ad adattarsi a diverse condizioni di radiazione mediante modifiche morfo-fisiologiche. Proprio questa notevole plasticità delle specie vegetali, di adattarsi a condizioni di luce variabili nel tempo e nello spazio, ha suggerito la via di applicare i pannelli fotovoltaici in combinazione con le colture agrarie così da unire la produzione alimentare con quella energetica, entrambe sotto pressione negli ultimi tempi per una serie di fattori ampiamente conosciuti, dalla pandemia al conflitto in Europa (Dinesh e Pearce, 2016; Weselek et al. 2019, 2021a).

I pannelli fotovoltaici possono essere posti a diversi metri da terra e permettere il passaggio di un 60-70% della radiazione solare (Weselek et al., 2021a, b). In determinati areali e condizioni meteorologiche, le colture sottoposte ad ombreggiamenti superiori al 50% mostrano delle perdite nelle rese più o meno incisive (Weselek et al., 2019), ma effetti non significativi si sono osservati con ombreggiamenti fino al 30% in alcune colture di interesse agrario (Touil et al., 2021). Le riduzioni della produzione (dal -5,3 al -18,7%) sono state riscontrate soprattutto in condizioni di risorse (soprattutto idriche) non limitanti, mentre non sono state osservate in condizioni calde e siccitose, dove invece si sono riscontrati effetti positivi con invero piccoli incrementi della produzione (da +2,7 al +11%), insieme a riduzioni della temperatura del suolo e dell'aria (Marrou et al. 2013b; Weselek et al., 2021a, b).

Anche se la copertura con i pannelli, nel caso di ombreggiamenti significativi, può determinare riduzioni produttive, in tal senso si deve tenere in considerazione l'equilibrio tra produzione di energia ed effettiva riduzione della produttività, come osservato nel caso della riduzione della produzione di frumento duro (-18,7%) ma con una produzione di 246 MWh dai pannelli, quindi con un incremento complessivo del 56% rispetto alla localizzazione in siti differenti delle due produzioni (Weselek et al. 2021b). Ad oggi poche esperienze emergono in areali agricoli della fascia caldo-temperata del Mediterraneo meridionale, ed ancor più in aree marginali, dove l'installazione di pannelli fotovoltaici si potrebbe combinare con la coltivazione di alcune specie arboree/arbustive/erbacee idonee dando luogo ad un sistema agrivoltaico di pieno campo.

Nonostante la scarsa diffusione di realizzazioni agrivoltaiche su colture in produzione, molti sono i tentativi per proporre soluzioni innovative più performanti, sia per il lato energetico sia per quello agronomico, quindi mediante tipologie 'sun tracking', cioè mobile ad inseguimento solare (Valle et al., 2017) oppure 'Even-lighting Agrivoltaic System (EAS)' per sfruttare, oltre ai moduli fotovoltaici convenzionali, dei moduli di vetro scanalati posti tra i moduli solari per disperdere per rifrazione la luce in maniera uniforme (Zheng et al., 2021). Accanto a questi approcci, si registra la disponibilità sul mercato di moduli di ultima generazione bifacciali e specificamente sviluppati per applicazioni agrivoltaiche; è il caso dei moduli fotovoltaici trasparenti micro-tracking con dei concentratori ottici in cui si può modulare la trasmittanza in maniera dinamica (Insolight SA©, 2022). Ma l'evoluzione in tale settore sta viaggiando ad elevata velocità e notevoli miglioramenti sono attesi nei prossimi anni.

La realizzazione di impianti agrivoltaici in aree marginali e/o semi-abbandonate, a clima caldo-arido, potrebbe essere una soluzione per recuperare (migliorare) la produttività ecologica di terreni marginali dove i pannelli permetterebbero una temperatura del suolo più bassa ed un contenuto idrico maggiore, come riscontrato in tali condizioni pedoclimatiche in altri Paesi (Wu et al., 2022; Barron-Gafford et al. 2019; Weselek et al. 2021b). La scelta in questo caso potrebbe sicuramente ricadere su specie rustiche, a taglia non eccessiva, adatte a tali ambienti e con un più limitato fabbisogno di luce e chiaramente idrico. In tali ambienti, i pannelli fotovoltaici migliorerebbero l'efficienza d'uso dell'acqua (WUE) permettendo così una maggiore produttività a parità di impiego di volumi idrici. Negli attuali contesti di situazioni di estrema siccità durante la stagione vegeto-produttiva, la possibilità di coltivare specie/varietà rustiche, a più ridotto fabbisogno idrico e con l'effetto climatizzante dei pannelli fotovoltaici, sarebbe auspicabile per avere produzioni agricole ed energetiche anche in ambienti più difficili o addirittura abbandonati all'uso agricolo o per lo meno mantenere una certa continuità nella coltivazione agricola di quell'area.

L'utilizzo di pannelli 'sun tracking' a 4 metri dal suolo, con un ombreggiamento dal 30 al 50% non ha avuto particolari ripercussioni sulla produttività della lattuga (Valle et al., 2017), ed addirittura incrementi significativi si sono osservati con pannelli fotovoltaici posti a differenti distanze per quanto riguarda il frumento duro (Dupraz et al., 2011), coltura importante nella provincia di Foggia e presente anche nell'area oggetto del progetto. La vite ha mostrato una buona adattabilità alla coltivazione sotto pannelli fotovoltaici in una prova condotta nella regione Veneto con limitate riduzioni della produzione ma invece positivi effetti sia sul microclima del vigneto coperto sia sul contenuto idrico del terreno (Ferrara et al., 2023) e risultati positivi si sono riscontrati anche in un'altra prova in corso in Puglia (Ferrara et al., 2022).

Le piante in condizioni di ombreggiamento vanno a modificare alcuni parametri morfologici, quali l'altezza e le dimensioni in genere, tendendo a svilupparsi verso la fonte luminosa (Weselek et al., 2021b). È stata osservata una resa significativamente superiore in pomodoro coltivato sotto pannelli rispetto a pomodoro in pieno campo (Barron-Gafford et al. 2019).

## 4 Proposta

Il sito per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico si trova in agro di Ascoli Satriano, a circa 3,5 km dal centro abitato, con gli appezzamenti individuati nel foglio 52 del Catasto Terreni del Comune citato, con le particelle indicate nella figura 1, e nello specifico le particelle 19, 20, 23, 25, 26, 27, 29, 31, 34, 36, 37, 38, 43, 44, 46, 49, 51, 53, 61, 64, 68, 74, 75, 76, 78, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 91, 93, 95, 163 e 173, per una complessiva superficie catastale di ettari 131,1229.

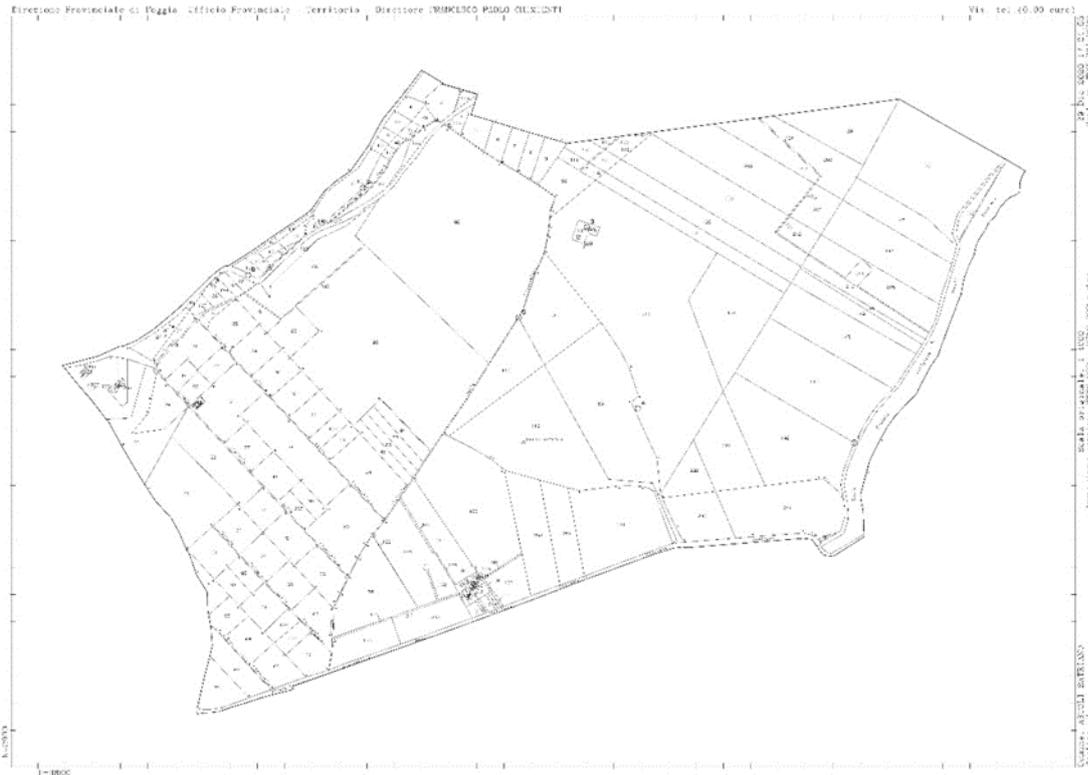


Fig. 4.1. Foglio e particelle catastali dove si realizzeranno coltivazioni agricole compatibili con l'impianto fotovoltaico.

La zona prende il nome di Capo d'Acqua, ad una altitudine di circa 270-300 m s.l.m. ed è delimitata a sud dalla SP 88 e verso nord dalla SP 87. Il nome di tale località deriva probabilmente dall'accumulo, durante periodi particolarmente piovosi, di acqua nei compluvi che attraversano le diverse particelle dell'area. La zona ove sarà realizzato l'impianto agrivoltaico è attualmente caratterizzata dalla presenza dominante di seminativi (prevalentemente frumento duro) gestiti in asciutto, con porzioni in maggese nudo, ma negli appezzamenti limitrofi altre colture sono presenti come asparago, pomodoro e colture arboree quale olivo e vite, sebbene con superfici proporzionalmente più ridotte rispetto ai seminativi.

## 5 Inquadramento geografico dell'area

L'ambito del Tavoliere è caratterizzato dalla dominanza di vaste superfici pianeggianti coltivate prevalentemente a seminativo che si spingono fino alle propaggini collinari dei Monti Dauni. La delimitazione dell'ambito si è attestata sui confini naturali rappresentati dal costone garganico, dalla catena montuosa appenninica, dalla linea di costa e dalla valle dell'Ofanto. Questi confini morfologici rappresentano la linea di demarcazione tra il paesaggio del Tavoliere e quello degli ambiti limitrofi (Monti Dauni, Gargano e Ofanto) sia da un punto di vista geolitologico (tra i depositi marini terrazzati della piana e il massiccio calcareo del Gargano o le formazioni appenniniche dei Monti Dauni), sia di uso del suolo (tra il seminativo prevalente della piana e il mosaico bosco/pascolo dei Monti Dauni, o i pascoli del Gargano, o i vigneti della Valle dell'Ofanto), sia della struttura insediativa (tra il sistema di centri della pentapoli e il sistema lineare della Valle dell'Ofanto, o quello a ventaglio dei Monti Dauni). Il perimetro che delimita l'ambito segue ad Ovest, la viabilità interpodereale che circonda il mosaico agrario di San Severo e la viabilità secondaria che si sviluppa lungo il versante appenninico (all'altezza dei 400 m slm), a Sud la viabilità provinciale (SP95 e SP96) che circonda i vigneti della valle dell'Ofanto fino alla foce, a Nord-Est, la linea di costa fino a Manfredonia e la

viabilità provinciale che si sviluppa ai piedi del costone garganico lungo il fiume Candelaro, a Nord, la viabilità interpodereale che cinge il lago di Lesina e il sistema di affluenti che confluiscono in esso.



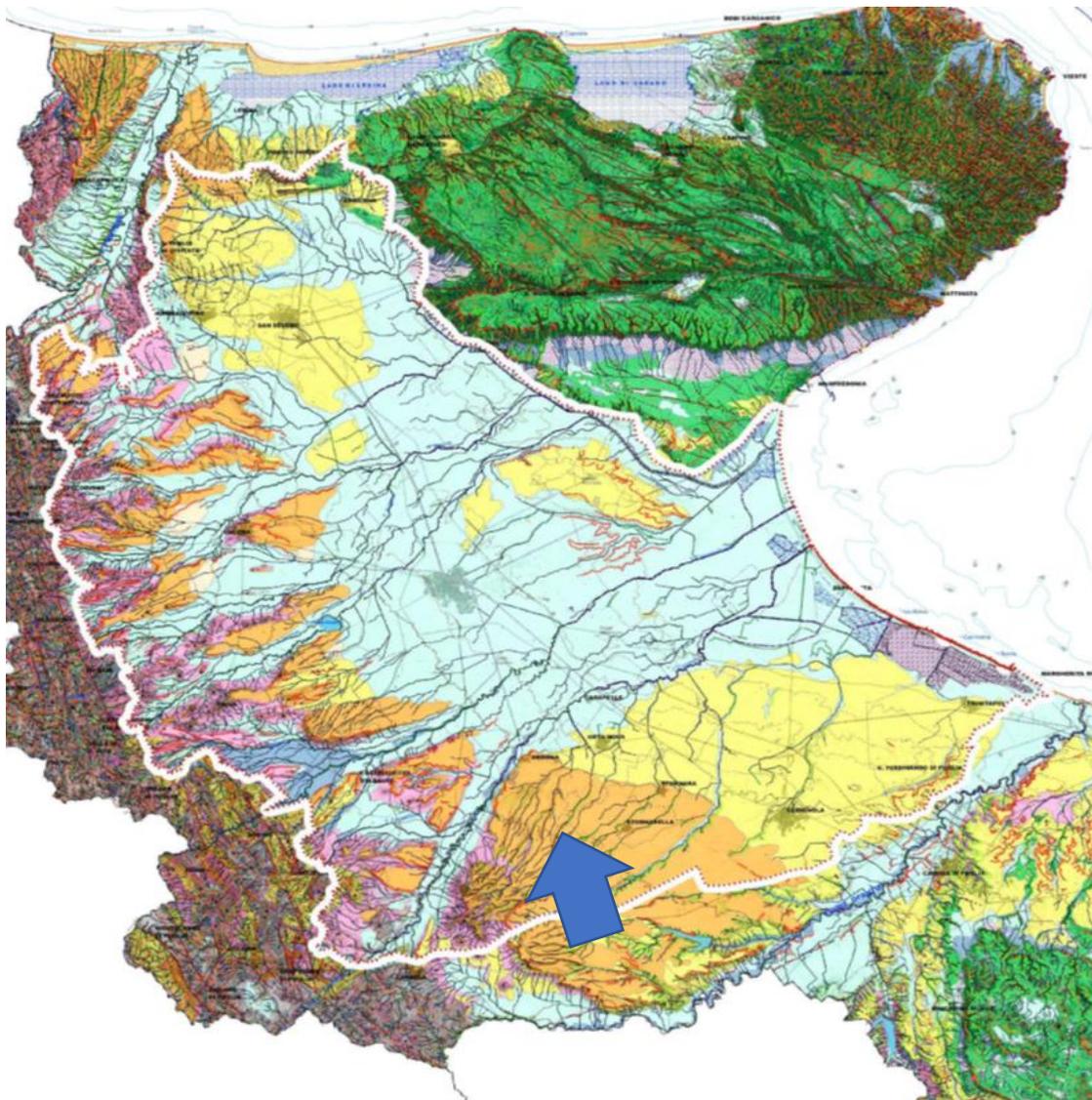
Fig. 5.1 - Zona del Tavoliere.

## 6 Struttura idro-geo-morfologica dell'area

(Fonte: Piano paesaggistico territoriale regionale – Regione Puglia – Assessorato all'Assetto del Territorio – Ambito 3/Tavoliere)

La pianura del Tavoliere, certamente la più vasta del Mezzogiorno, è la seconda pianura per estensione nell'Italia peninsulare dopo la pianura padana. Essa si estende tra i Monti Dauni a ovest, il promontorio del Gargano e il mare Adriatico a est, il fiume Fortore a nord e il fiume Ofanto a sud. La pianura ha avuto origine da un ancestrale fondale marino, gradualmente colmato da sedimenti sabbiosi e argillosi pliocenici e quaternari, successivamente emerso. Attualmente si configura come la stratificazione di numerose piane alluvionali variamente estese e articolate in ripiani terrazzati digradanti verso il mare, aventi altitudine media non superiore a 100 m s.l.m., separati fra loro da scarpate più o meno elevate orientate alla linea di costa attuale. La continuità di ripiani e scarpate è interrotta da ampie incisioni con fianchi ripidi e terrazzati percorse da corsi d'acqua di origine appenninica che confluiscono in estese piane alluvionali che danno origine, in prossimità della costa, a vaste aree paludose, solo di recente bonificate. Dal punto di vista geologico, questo ambito è caratterizzato da depositi clastici poco cementati accumulatisi durante il Plio-Pleistocene sui settori ribassati dell'Avampaese apulo. In questa porzione di territorio regionale i sedimenti della serie plio-calabrianica si rinvencono fino ad una profondità variabile da 300 a 1.000 m sotto il piano campagna.

In merito ai caratteri idrografici, l'intera pianura è attraversata da vari corsi d'acqua, tra i più rilevanti della Puglia (Carapelle, Candelaro, Cervaro e Fortore), che hanno contribuito significativamente, con i loro apporti detritici, alla sua formazione. Il limite che separa questa pianura dai Monti Dauni è graduale e corrisponde in genere ai primi rialzi morfologici delle coltri alloctone appenniniche, mentre quello con il promontorio garganico è quasi sempre netto e immediato, dovuto a dislocazioni tettoniche della piattaforma calcarea. Tutti questi corsi d'acqua sono caratterizzati da bacini di alimentazione di rilevanti estensioni. Il regime idrologico di questi corsi d'acqua è tipicamente torrentizio, caratterizzato da prolungati periodi di magra a cui si associano brevi, ma intensi eventi di piena, soprattutto nel periodo autunnale e invernale e soprattutto negli ultimi anni caratterizzati da piogge imponenti dopo lunghi periodi siccitosi. Molto limitati, e in alcuni casi del tutto assenti, sono i periodi a deflusso nullo. Importanti sono state inoltre le numerose opere di sistemazione idraulica e di bonifica che si sono succedute, a volte con effetti contrastanti, nei corsi d'acqua del Tavoliere. Dette opere comportano che estesi tratti dei reticoli interessati presentano un elevato grado di artificialità, sia nei tracciati sia nella geometria delle sezioni, che in molti casi risultano arginate. Tutto il settore orientale prossimo al mare, che un tempo era caratterizzato dalla massiccia presenza di aree umide costiere e zone paludose, è attualmente intensamente coltivato, a seguito di un processo non sempre coerente e organizzato di diffusa bonifica (Figura 3).



## ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

### Litologia del substrato

	Rocce prevalentemente calcaree o dolomitiche
	Rocce evaporitiche (carbonatiche, anidritiche o gessose)
	Rocce prevalentemente marnose, marnoso-pelitiche e pelitiche
	Rocce prevalentemente arenitiche (arenarie e sabbie)
	Rocce prevalentemente ruditiche (ghiaie e conglomerati)
	Rocce costituite da alternanze
	Depositi sciolti a prevalente componente pelitica e/o sabbiosa
	Depositi sciolti a prevalente componente ghiaiosa

Figura 6.1- Caratteristiche geologiche e strutturali della zona del Tavoliere.

## 7 I paesaggi rurali

L'ambito del Tavoliere si caratterizza per la presenza di un paesaggio fondamentalmente pianeggiante la cui grande unitarietà morfologica pone come primo elemento determinante del paesaggio rurale la tipologia colturale. Il secondo elemento risulta essere la trama agraria che si presenta in varie geometrie e tessiture, talvolta derivante da opere di regimazione idraulica piuttosto che da campi di tipologia colturali, ma in generale si presenta sempre come una trama poco marcata e poco caratterizzata, la cui percezione è subordinata persino alle stagioni. È possibile riconoscere all'interno dell'ambito del Tavoliere tre macropaesaggi: il mosaico di S. Severo, la grande monocoltura seminativa che si estende dalle propaggini subappenniniche alle saline in prossimità della costa e infine il mosaico di Cerignola. Il mosaico di S. Severo, che si sviluppa in maniera grossomodo radiale al centro urbano, è in realtà un insieme di morfotipi a loro volta molto articolati, che, in senso orario a partire da nord si identificano con:

- l'associazione di vigneto e seminativo a trama larga caratterizzato da un suolo umido e l'oliveto a trama fitta, sia come monocoltura che come coltura prevalente;
- la struttura rurale a trama relativamente fitta a sud resa ancora più frammentata dalla grande eterogeneità colturale che caratterizza notevolmente questo paesaggio;
- una struttura agraria caratterizzata dalla trama relativamente fitta a est, in prossimità della fascia subappenninica, dove l'associazione colturale è rappresentata dal seminativo con l'oliveto.

Pur con queste forti differenziazioni colturali, il paesaggio si connota come un vero e proprio mosaico grazie alla complessa geometria della maglia agraria, fortemente differente rispetto alle grandi estensioni seminative che si trovano intorno a Foggia.

Il secondo macro-paesaggio si sviluppa nella parte centrale dell'ambito si identifica per la forte prevalenza della monocoltura del seminativo, intervallata dai mosaici agricoli periurbani, che si incuneano fino alle parti più consolidate degli insediamenti urbani di cui Foggia rappresenta l'esempio più emblematico. Questa monocoltura seminativa è caratterizzata da una trama estremamente rada e molto poco marcata che restituisce un'immagine di territorio rurale molto lineare e uniforme poiché la maglia è poco caratterizzata

da elementi fisici significativi. Questo fattore fa sì che anche morfotipi differenti siano in realtà molto meno percepibili ad altezza d'uomo e risultino molto simili i vari tipi di monocultura a seminativo, siano essi a trama fitta che a trama larga o di chiara formazione di bonifica.

Tuttavia, alcuni mosaici della Riforma, avvenuta tra le due guerre (legati in gran parte all'Ordine Nuovi Combattenti), sono ancora leggibili e pertanto meritevoli di essere segnalati e descritti. In questi mosaici, infatti, è ancora possibile leggere la policoltura e comunque una certa complessità colturale, mentre in altri sono leggibili solamente le tracce della struttura insediativa preesistente.

Il mosaico di Cerignola è caratterizzato dalla geometria della trama agraria che si struttura a raggiera a partire dal centro urbano, così nelle adiacenze delle urbanizzazioni periferiche si individua un ampio tessuto rurale periurbano che viene meno man mano ci si allontana, lasciando posto a una notevole complessità agricola. Andando verso nord ovest questo mosaico tende a strutturare una tipologia colturale caratterizzata dall'associazione del vigneto con il seminativo, mentre a sud-ovest si ha prevalentemente un'associazione dell'oliveto con il seminativo, che via via si struttura secondo una maglia meno fitta.

I torrenti Cervaro e Carapelle costituiscono due mosaici perifluviali e si incuneano nel Tavoliere per poi amalgamarsi nella struttura di bonifica circostante. Questi si caratterizzano prevalentemente grazie alla loro tessitura agraria, disegnata dai corsi d'acqua stessi più che dalle tipologie colturali ivi presenti.

## **8 Descrizione e valori dei caratteri agronomici e colturali**

L'ambito del PPTR prende in considerazione una superficie di circa 352.400 ettari, di cui circa il 72% coltivato a seminativi non irrigui (197.000 ha) ed irrigui (58.000 ha), seguono le colture permanenti con i vigneti (32.000 ha), gli oliveti (29.000 ha), i frutteti ed altre colture arboree (1.200 ha) sul 17% del totale, ed infine i boschi, prati, pascoli ed incolti (11.000 ha) con il 3,1% della superficie restante, il 2,3 % sono acque superficiali e zone umide (8.000 ha) ed il 4,5 % è urbanizzato (15.700 ettari).

La coltura prevalente per superficie investita è rappresentata dai cereali. Seguono, per valore di produzione, i vigneti e le orticole localizzati principalmente nel basso tavoliere fra Cerignola e San Severo. La produttività agricola è di tipo estensiva nell'alto tavoliere coltivato a cereali, mentre diventa di classe alta o addirittura intensiva per le orticole e soprattutto per la vite, del basso Tavoliere. Il ricorso all'irriguo in quest'ambito è frequente, per l'elevata disponibilità d'acqua garantita dai bacini fluviali ed in particolare dal Carapelle e dall'Ofanto ed in alternativa da emungimenti. Nella fascia intensiva compresa nei comuni di Cerignola, Orta Nova, Foggia e San Severo la coltura irrigua prevalente è il vigneto. Seguono le erbacee di pieno campo e l'oliveto (Figura 4).

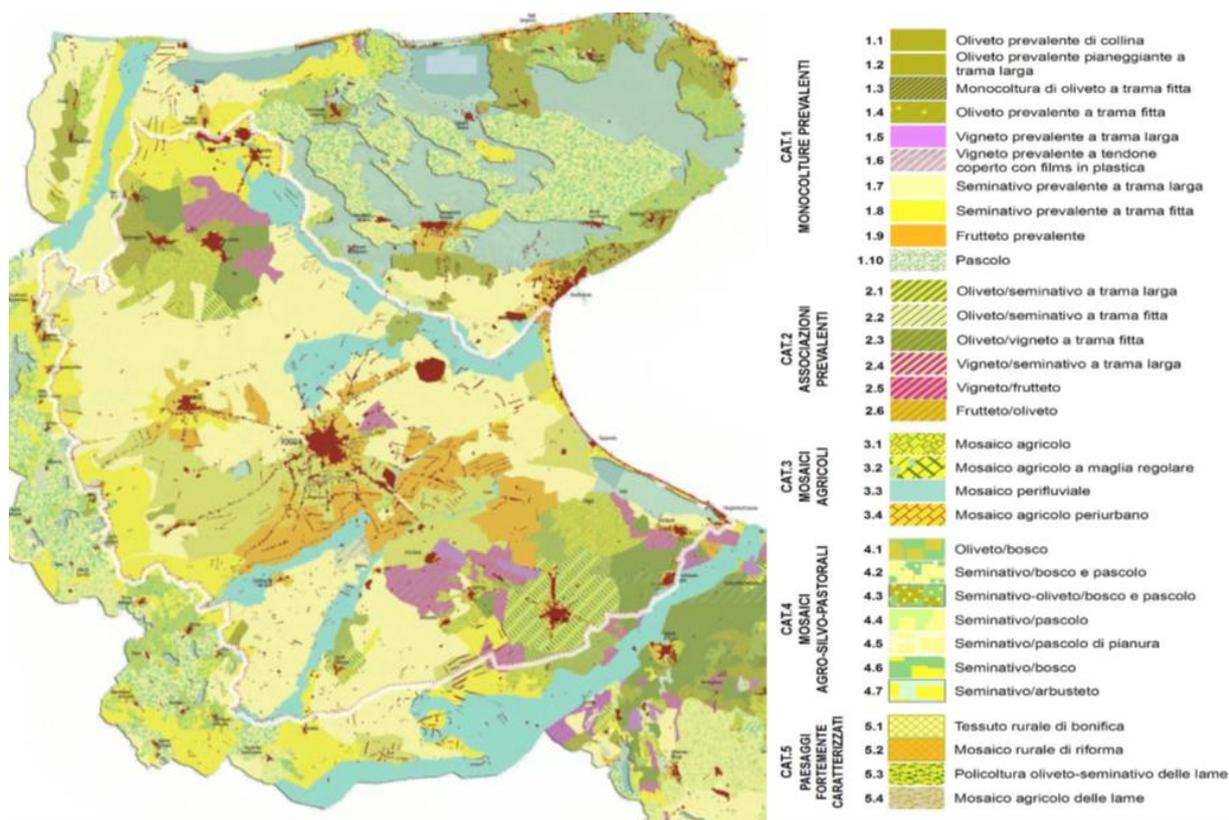


Figura 8.1 - Tipologie colturali del Tavoliere.

## 9 Caratterizzazione climatica dell'area

Il clima della zona in cui sarà ubicato l'impianto agrivoltaico è di tipo mediterraneo continentale. Nel periodo primaverile ed autunnale le temperature sono miti e generalmente gradevoli mentre nel periodo estivo le temperature superano agevolmente i 30 °C, come accaduto nell'ultima stagione (2022) già a partire dai primi giorni di giugno. Nel periodo invernale la temperatura può scendere per più giorni all'anno al di sotto di 0 °C. La piovosità, come in tutto il subappennino dauno, risulta abbastanza limitata (500/600 mm annui), ma certamente superiore ad altri areali della capitanata. I dettagli dei principali parametri climatici della zona ove sorgerà l'impianto sono indicati in Tabella 1.

Tabella 1. Dati climatici della zona capo d'Acqua nel periodo 01.01.2011 – 31.12.2021 (<https://www.soda-pro.com/web-services/meteo-data/merra?>).

Mese	Temperatura media (°C)	UR (%)	Pressione (hPa)	Velocità vento (m/s)	Direzione vento (°)	Pioggia (mm)	Neve (mm)	Irraggiamento (Wh/m <sup>2</sup> )
Gennaio	6.2	82.6	975.4	1.84	244.8	56.1	1.27	63906
Febbraio	7.2	79.3	974.7	1.93	270.1	58.5	2.32	83665
Marzo	9.5	74.2	974.2	1.64	285.5	74.9	0.08	132501
Aprile	13.2	66.4	973.8	1.64	277.2	57.2	0.01	170523
Maggio	17.3	61.3	973.9	2.06	279.6	59.4	0.00	207246
Giugno	23.0	51.2	974.7	1.88	296.5	28.4	0.00	222856
Luglio	26.2	45.0	974.0	1.99	304.5	30.7	0.00	233343
Agosto	26.5	45.6	974.9	1.69	313.8	17.0	0.00	206037
Settembre	21.4	58.1	976.0	1.61	296.4	47.7	0.00	148279
Ottobre	16.4	69.4	977.0	1.24	273.3	68.8	0.00	110567
Novembre	12.1	81.0	975.6	1.44	193.6	88.7	0.00	67994
Dicembre	7.6	82.6	978.2	1.80	282.1	50.8	0.04	59278
<i>Media</i>	<i>15.6</i>	<i>66.4</i>	<i>975.2</i>	<i>1.73</i>	<i>276.5</i>			
<i>Totale</i>						<i>638.2</i>	<i>3.72</i>	<i>1706195</i>

In Tabella 1 sono riportati i dati climatici degli ultimi 11 anni (2011-2021) della località di Capo d'Acqua. La temperatura media dei mesi estivi risulta particolarmente elevata, soprattutto nel periodo luglio-agosto. La piovosità risulta prevalentemente concentrata nei mesi da ottobre a marzo, mentre si riduce notevolmente in piena estate, in particolare in agosto. Assolutamente trascurabile è l'apporto nevoso, mentre la velocità del vento è simile durante i mesi dell'anno con una prevalenza da sud-est, e ciò rende gli impianti eolici della zona funzionali durante tutto l'anno. La piovosità, anche se non elevata, negli ultimi undici anni ha superato i 600 mm ( $\approx 640$  mm), ma comunque in linea con molti areali meridionali e decisamente superiore a molte zone marginali destinate all'aridocoltura. L'irraggiamento complessivo risulta molto elevato e concentrato soprattutto da fine primavera a tutto il corso dell'estate (Tabella 1). Le condizioni climatiche e di piovosità sono tali da permettere la coltivazione di seminativi a semina autunno-vernina e di specie arboree/arbustive con una esigenza idrica non eccessiva e con una buona tolleranza a condizioni di stress idrici che si possono verificare in piena estate, senza dover far ricorso all'irrigazione o al più con interventi di soccorso durante le fasi fenologiche più sensibili.

Sulla base di queste informazioni climatiche e con le temperature massime che raggiungono i 32 °C nei mesi di luglio e agosto, con circa 12 ore di sole ed una umidità media dell'aria inferiore al 50% (<https://en.climate-data.org/europe/italy/apulia/ascoli-satriano-115240/>), i pannelli fotovoltaici potrebbero condizionare favorevolmente il microclima delle colture agrarie poste a dimora. Da recenti dati sperimentali, la temperatura massima dell'aria al di sotto dei pannelli fotovoltaici risulta sempre inferiore a quella esterna, con differenze anche di 2-3 °C nelle giornate di piena estate, una differenza che nelle ore più calde della giornata può avere effetti positivi sull'attività fotosintetica delle piante (Ferrara et al., 2023). Appare quindi evidente l'effetto positivo dei pannelli nel moderare le oscillazioni termiche più estreme (temperature massime giornaliere), riducendo così potenziali stress termici/idrici a carico della vegetazione in ambienti Mediterranei, come questo areale nell'agro di Ascoli Satriano.

Anche la temperatura del suolo risulta maggiore in pieno sole rispetto alle porzioni di suolo sotto copertura dei pannelli, con valori anche di circa 3 °C che possono condizionare la disponibilità idrica e l'attività radicale e microbica nel suolo (Ferrara et al., 2023). In precedenti studi, è stata constatata una riduzione nella temperatura del suolo compresa tra 0.5 e 2.3 °C (Amaducci et al., 2018; Ehret et al., 2015; Marrou et al.,

2013a, b; Wu et al., 2022), sia in ambienti a clima fresco sia in quelli a clima più caldo. Tale variabilità di valori è probabilmente imputabile ad una combinazione di più fattori, tra cui il contesto climatico delle differenti località, un ombreggiamento meno severo e il migliore stato idrico del terreno. La minore temperatura misurata nel suolo non è un fattore da trascurare, soprattutto in condizioni di scarsa disponibilità idrica, come si verifica nella zona in esame nella stagione estiva, per via dei minori flussi evaporativi dagli strati più superficiali del suolo. La componente evaporativa è un fattore che contribuisce, insieme a quella traspirativa (operata dalla pianta), ad allontanare acqua dal suolo sotto forma di vapore acqueo. Ad una prima analisi e sulla base di ricerche sia effettuate in pieno campo (Ferrara et al., 2022, 2023) sia riportate dalla letteratura scientifica, appare evidente che l'attività schermante svolta dai pannelli collocati sopra la vegetazione porterebbe dei benefici per minori flussi evapotraspirativi e quindi minori perdite dal sistema suolo-pianta nelle ore più calde della giornata. L'ombreggiamento potrebbe essere un vantaggio, soprattutto nelle annate con estati molto calde, come sempre più spesso si sta verificando negli ultimi anni, in quanto temperature superiori ai 30 °C costituiscono un fattore limitante per le attività della pianta, poiché inducono una fotoinibizione, ancor più in combinazione a scarsa disponibilità idrica nel terreno. Gli scenari futuri dei cambiamenti climatici sembrano sempre più andare verso estati in cui forti valori termici (ondate di calore sempre più durature) faranno spesso da contraltare a improvvise bombe d'acqua. Altri possibili aspetti positivi dell'azione schermante dei pannelli possono essere: riduzione di danni da scottature solari sui frutti (comuni negli ambienti meridionali su uva, melagrane, fichi, etc.), soprattutto nel corso della maturazione; minore riduzione dell'acidità, importante per mantenere un buon equilibrio organolettico nei frutti maturi.

Altrettanto importante è l'effetto dei pannelli sul potenziale matriciale del suolo, espresso in kPa, cioè il lavoro che deve compiere una pianta per assorbire con le radici acqua dal terreno e svolgere le sue attività metaboliche. Questo valore rappresenta la capacità del suolo di trattenere l'acqua, che non è più in grado di percolare per forza di gravità all'interno dei pori (macro e micro). Di conseguenza, tanto minore è il valore (più negativo), tanto maggiore sarà la forza che la pianta dovrà esercitare per estrarre acqua dal terreno, e quindi aumenterà il rischio di potenziali stress idrici. Valori di potenziale matriciale meno negativi (e quindi maggiore umidità nel suolo) sono stati misurati in suoli coperti dai pannelli (Ferrara et al., 2023), e ciò si traduce in un miglior stato idrico della pianta, con benefici su attività vegetativa e produttiva durante la stagione con riverberi nella stagione successiva nel caso di piante arbustive/arboree (accumulo di riserve, differenziazione delle gemme, etc.). Nel controllo in pieno sole invece, i potenziali più negativi sono dovuti a maggiori perdite di acqua, essenzialmente per evaporazione (anche per via della temperatura più elevata, come riportato precedentemente), oltre ai più accentuati fenomeni associati alla traspirazione della pianta (in quanto esposta a radiazione diretta che aumenta la temperatura di foglie e germogli, con conseguente maggiori perdite di acqua) necessaria per abbassare la temperatura fogliare. Come dimostrato anche da Hassanpour Adeh (2018), variazioni nel potenziale idrico del suolo tra controllo in pieno sole e porzioni sotto i pannelli sono state evidenziate durante il periodo estivo in un territorio caratterizzato da condizioni climatiche simili a quelle pugliesi. In pieno sole, il potenziale matriciale scende più rapidamente rispetto al suolo di un impianto agrivoltaico e quindi questo implica interventi irrigui più frequenti per ridurre i rischi di danni da stress idrico sulle colture, o, in caso di gestione in asciutto, condizioni decisamente più sfavorevoli per le colture. Il potenziale più negativo a conclusione del ciclo produttivo, a raccolta ultimata, e senza quindi ripercussioni sulla produzione o anche sulle foglie che si avviano ad una fase di senescenza, potrebbe avere anche possibili effetti negativi sull'accumulo delle sostanze di riserva per l'annata successiva nelle piante arboree da frutto (Holzapfel et al., 2010), aspetto che spesso viene trascurato nella gestione dei frutteti/vigneti e che è invece fondamentale per mantenere più o meno costante la produttività negli anni e ridurre l'alternanza di produzione.

I dati ottenuti da queste recenti ricerche sono molto interessanti e confermano certe potenzialità di applicazione per colture idonee all'ambiente di coltivazione considerato (agro di Ascoli Satriano) con la prospettiva di mitigare gli aspetti negativi dei cambiamenti climatici (Barron-Gafford et al., 2019; Weselek et

al., 2019, 2021). Il modello colturale con pannelli fotovoltaici proposto, applicato anche in un altro areale pugliese (Gioia del Colle-Laterza), ha inoltre mostrato una minore perdita idrica e un più contenuto innalzamento termico generato dalle ondate di calore che hanno contraddistinto l'areale di prova nel periodo estivo, il tutto unito ad una buona produzione di uva caratterizzata da maggiore acidità (Ferrara et al., 2022). I risultati sono molto promettenti e simili come trend a quanto già riscontrato sui parametri microclimatici sotto i pannelli in ambienti caldo-aridi e su colture differenti (Barron-Gafford et al., 2019; Hassanpour Adeh et al., 2018). Attraverso la messa a punto di questa valida alternativa, che abbina produzione alimentare ed energetica, il sistema è resiliente al clima che caratterizza il territorio mediterraneo, e del subappennino dauno in particolare, e potrà essere quindi possibile ridurre potenzialmente l'impatto e le vulnerabilità sulle colture con possibili ricadute positive sulla produttività e sulla disponibilità delle risorse per le future generazioni (Weselek et al., 2021).

Per quanto riguarda gli effetti sulla riduzione della radiazione luminosa, l'architettura e la densità dei pannelli assumono particolare rilevanza perché permettono di modulare l'esposizione della vegetazione alla radiazione solare nel PAR e nell'intensità luminosa (Abidin et al., 2021).

Generalmente la quantità di luce rossa che penetra attraverso la copertura risulta inferiore rispetto alle condizioni di pieno sole. La minore assorbanza da parte della superficie fogliare nel rosso e rosso lontano sotto la copertura potrebbe essere alla base di alcuni adattamenti morfologici equiparabili al comportamento definito come "Shade Avoidance Syndrome" (SAS) (Zhang et al., 2022). Già Marrou et al. (2013a) infatti, avevano osservato un aumento nella superficie fogliare e un angolo di inserzione delle foglie sul fusto più ampio in lattuga sotto copertura per incrementare la superficie fotosinteticamente attiva esposta alla luce e ottimizzare la fotosintesi anche in condizioni di parziale ombreggiamento. Le piante si adattano alle condizioni di ombreggiamento variando quindi lo sviluppo dei germogli e delle foglie, ma anche modificando alcune caratteristiche morfologiche quali numero e densità degli stomi per controllare meglio l'attività fotosintetica e la traspirazione.

La gestione dei sistemi colturali richiede una attenta valutazione preliminare delle caratteristiche ambientali, economiche, sociali per individuare le specie da porre in coltivazione che meglio si adattino all'ambiente (vocazionalità), quindi non con la visione di ciò che più ci aggrada ma di quello che meglio si inserisce nell'ambiente considerato (agro di Ascoli Satriano). Inoltre, tali specie devono essere in grado di fornire un reddito adeguato all'impresa agricola e possibilmente di inserirsi in filiere produttive a beneficio dell'economia dell'intero territorio o addirittura di attivarne di nuove ed innovative. Nell'ambiente di coltivazione considerato, la scelta delle specie più idonee deve essere associata anche al miglior avvicendamento (rotazione) possibile tra loro, nel caso di specie erbacee/ortive. La rotazione delle colture si inserirebbe anche in una visione agro-ecologica, dagli albori dell'umanità (rotazioni di cereali e leguminose) c'è stato un approccio agronomico per una più naturale e sostenibile gestione del sistema agrario nell'ottica del mantenimento della fertilità del suolo e della sostenibilità alimentare.

Il sistema fotovoltaico in tale contesto agrario sarà costituito da modelli del tipo 'sun tracking' con distanza tra i pali di sostegno dei pannelli di circa 5,6 metri ed uno spazio utile tra i pannelli di 3,22 metri tenendo conto dell'apertura dei pannelli (posti in posizione orizzontale, evenienza che si avvera solamente al mezzogiorno) e 4,8 metri considerando la distanza tra i pali (Figura 5).

Nel complesso più del 70% della superficie aziendale sarà destinata alla coltivazione di diverse specie agricole, dai cereali alle ortive e per finire alle diverse specie arboree mantenendo il concetto di "continuità" dell'attività agricola come caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021. Inoltre, il LAOR risulterà inferiore al 30%, ben inferiore al limite indicato nelle linee guida del 40%.

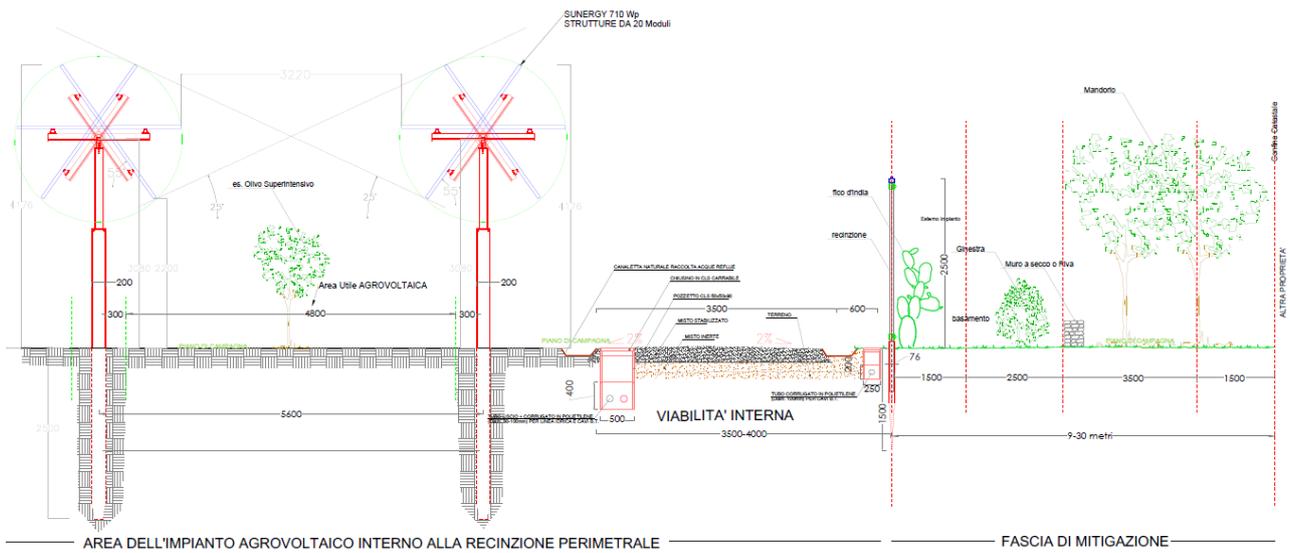


Fig. 9.1 – Sezione del modulo Agrovoltaico tipico

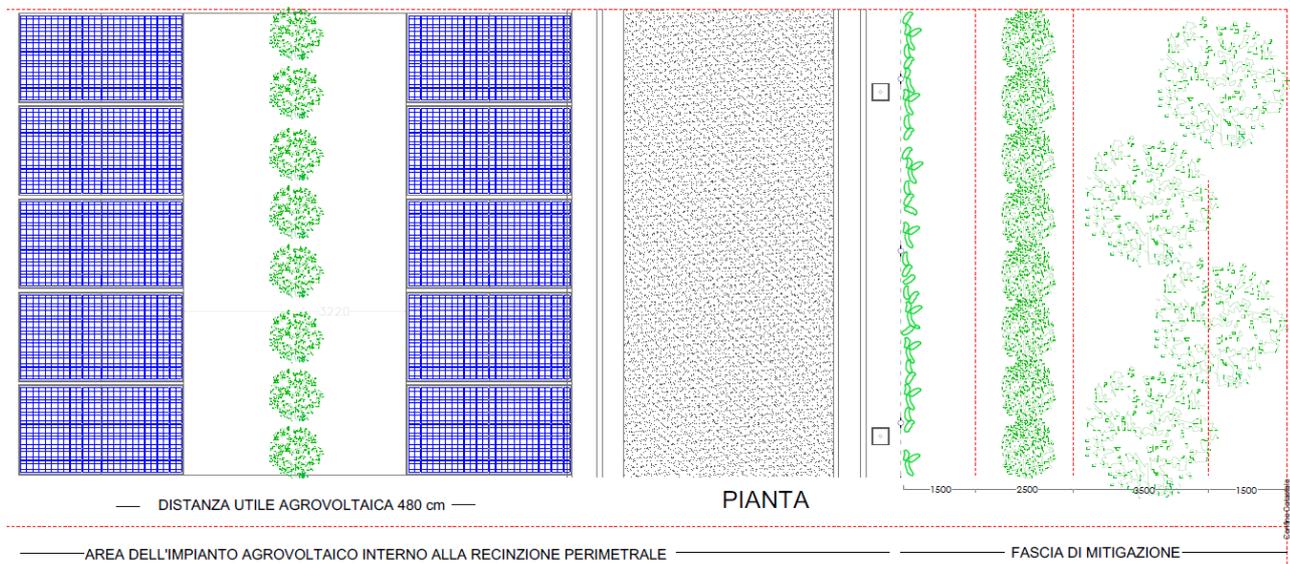


Fig. 9.2 – Pianta del modulo Agrovoltaico tipico

## 10 Ripristino della biodiversità per contrastare la tendenza alla desertificazione dell'area

Il riscaldamento globale, lo sviluppo economico e la crescita demografica stanno facendo leva su processi di degrado del territorio su larga scala che portano alla desertificazione. Nonostante una letteratura in continua crescita, non esiste una definizione univoca dei processi ecologici e socio-economici associati al degrado del territorio. È stato raggiunto un parziale consenso sull'importanza di alcuni elementi del rischio di desertificazione, come il cambiamento climatico e la pressione umana.

A questo proposito, le trasformazioni del paesaggio, l'urbanizzazione, l'intensificazione agricola e lo spopolamento delle aree marginali sembrano giocare un ruolo importante. Le analisi complete del ruolo dei fattori predisponenti sono ancora occasionali e si concentrano su casi di studio di interesse locale o regionale. Tuttavia, approcci recenti consentono di valutare quantitativamente l'impatto di driver molto diversi del rischio di desertificazione. In particolare, l'approccio Environmentally Sensitive Area (ESA) è una piattaforma operativa che stima il contributo di diverse forze ecologiche (clima, suolo, vegetazione) e socio-economiche (uso del suolo, densità di popolazione, pressione umana) alla desertificazione del territorio. Questa piattaforma è stata utilizzata sia per studi empirici che per rapporti ambientali.

La quantificazione dell'impatto di molteplici fattori alla base del rischio di desertificazione è obbligatoria per qualsiasi politica di mitigazione e adattamento dei sistemi locali al degrado del territorio e per un efficace contenimento del rischio di desertificazione. La Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla desertificazione (UNCCD) e, più specificamente, l'Allegato IV relativo all'Europa mediterranea, evidenziano l'importanza di alcuni fattori predisponenti (clima e pressione antropica) come obiettivi candidati di strategie di adattamento e azioni di contenimento.

Il Millennium Ecosystem Assessment (MEA) ha proposto una visione olistica della desertificazione nelle aree ecologicamente fragili, evidenziando il ruolo integrato delle forze socio-economiche. Il quadro di riferimento dell'ESA risponde pienamente a tale visione, rendendo operativa la valutazione della sensibilità del territorio alla desertificazione come funzione di molteplici fattori predisponenti.

La visione delle Nazioni Unite dell'Agenda 2030 e la strategia Zero Net Land Degradation (ZNLD) attribuiscono ancora più valore agli approcci olistici, evidenziando come la governance del degrado del territorio richieda una conoscenza approfondita dei meccanismi alla base dei driver e delle politiche che agiscono contemporaneamente sul contenimento dei loro effetti sinergici. In questo senso, le azioni di mitigazione e adattamento sono considerate efficaci se adeguatamente contestualizzate, in quanto inserite in un quadro basato sulla conoscenza delle varie forze che fanno leva sul grado di sensibilità del territorio alla desertificazione. Comprendere (e agire) sulle condizioni di equilibrio (o di squilibrio) che alimentano il grado di sensibilità alla desertificazione è quindi il primo passo di qualsiasi politica che aderisca intimamente alla filosofia ZNLD.

Più di 1/5 del territorio italiano è a rischio di desertificazione, coinvolgendo oltre il 40% del Sud. Le aree critiche, pari al 9,1% della superficie nazionale, sono localizzate principalmente in Sardegna, Sicilia, Puglia, Basilicata e Calabria, dove le condizioni ambientali sono più sfavorevoli e le attività agricole e di pastorizia incidono fortemente sui contesti territoriali.

I cambiamenti climatici potrebbero causare un generale degrado della qualità del suolo, con un grado di gravità che dipende dal contesto territoriale locale. In particolare, nell'Italia settentrionale il degrado del

suolo sarà causato principalmente dall'erosione da ruscellamento dovuta all'aumento delle precipitazioni intense e delle inondazioni. Nell'Italia meridionale il degrado è dovuto principalmente all'erosione dovuta all'aridità, alla salinizzazione e alla perdita di nutrienti come conseguenza della diminuzione delle precipitazioni e dell'aumento della siccità per molti mesi all'anno. A questo proposito si prevede un effetto particolarmente negativo a scala locale nell'Italia meridionale, dove sia la vegetazione sia il territorio stanno già sperimentando un regime di approvvigionamento idrico marginale a detrimento di molte colture.

La qualità del suolo tende a degradarsi soprattutto nell'Italia meridionale, anche se non solo per ragioni climatiche. Le aree aride, semi-aride e sub-umide che si trasformano in aree degradate coprono oggi il 47% della Sicilia, il 32% della Sardegna, il 60% della Puglia, il 54% della Basilicata e altre regioni anche se in modo meno grave. Il degrado è causato anche da cambiamenti nell'utilizzo del suolo, o da un suo utilizzo inadeguato, oltre che da un aumento degli incendi boschivi, ed è aggravato da fattori quali l'erosione, la salinizzazione, la perdita/riduzione di sostanza organica, l'impermeabilizzazione e, in alcuni casi, anche da fenomeni di grande ruscellamento causati da alluvioni.

L'Italia ha sviluppato nel 1999 un Piano d'azione nazionale per la lotta alla siccità e alla desertificazione (PAN, Programma d'Azione Nazionale). Il PAN prevede una serie di azioni rivolte all'agricoltura, alla silvicoltura, alla pianificazione del territorio, nonché strategie di sensibilizzazione e campagne educative.

Il Programma d'Azione Nazionale ha affidato alle Regioni e alle Autorità di bacino la responsabilità di attuare specifiche misure agronomiche, civili e sociali e di adottare programmi di informazione, formazione e ricerca di supporto nei seguenti settori prioritari: Protezione del suolo - Gestione sostenibile delle risorse idriche - Riduzione dell'impatto ambientale delle attività produttive - Ripristino del territorio.

Con il presente progetto si intendono perseguire le seguenti linee guida: 1. Protezione del suolo, compresa la gestione delle foreste, la protezione dei pendii e il controllo delle inondazioni. 2. Gestione sostenibile delle risorse idriche, identificazione del fabbisogno idrico e controllo della domanda di acqua. 3. Riduzione dell'impatto delle attività produttive; prevenzione dei danni fisici, chimici e biologici al suolo; produzione e utilizzo di compost. 4. Riequilibrio del territorio, compresa la bonifica e la rinaturalizzazione; rivalutazione delle conoscenze tradizionali; politiche di pianificazione integrata con l'impiego di colture a basse esigenze idriche, di tradizionale coltivazione nell'area, favorendo la biodiversità con la costituzione di boschi fruttiferi naturali a scopo dimostrativo e didattico.

Quando si parla di biodiversità, dalla vegetale alla microbica passando per quella animale, bisogna riflettere sulle diverse forme di biodiversità che caratterizzano i sistemi agricoli, soprattutto quelli più complessi in cui sono consociate diverse coltivazioni: l'agrobiodiversità, che riguarda essenzialmente le specie coltivate in azienda (arboree, arbustive, erbacee, ortive) ma che vede la presenza in azienda di molte altre specie che coesistono con quelle produttive in un perfetto e sostenibile equilibrio. In questo ultimo caso consideriamo una biodiversità funzionale relativamente alle specie che sono ritenute utili ad un certo processo (specie vegetali che fungono da rifugio per gli insetti utili, alle micorrize o ai microrganismi che decompongono la sostanza organica, etc.). Raggiungere la più elevata biodiversità possibile è oggi ritenuto non solo un valore aggiunto di alcuni specifici sistemi colturali, ma anche un importante indicatore di sostenibilità di ogni sistema agricolo, ancor più se in una 'coabitazione' con un sistema produttivo di energia che è sempre stato generalmente avulso dal sistema agricolo. Per quanto riguarda la biodiversità faunistica, data anche la notevole semplificazione dell'agroecosistema originario (seminativi e maggese), risulta limitata sia in termini qualitativi sia quantitativi (volpi, ricci, lucertole, etc.), soprattutto per le specie sedentarie. L'area coltivata è in grado di offrire solo disponibilità alimentari (granaglie, semi) e limitatissime disponibilità di rifugio. La creazione di un agroecosistema più articolato, con l'inserimento di diverse colture arboree ed arbustive, potrà creare condizioni più favorevoli sia per l'alimentazione della fauna (bacche, drupe e frutti vari) sia per il loro rifugio grazie alla presenza del bosco frutticolo e di colture arboree e arbustive per la nidificazione.

Il successo iniziale ottenuto nell'adattare l'agricoltura ai bisogni dell'uomo ha comportato, come controparte, una progressiva riduzione della biodiversità delle specie/varietà, ma nei nuovi sistemi agricoli tale sistema va aggiornato e bisogna considerare una maggiore diversità di specie e varietà con favorevoli risvolti economici. Per vedere i risvolti applicativi di questa biodiversità basti pensare a diverse filiere produttive che utilizzano varietà locali che valorizzano le numerose tradizioni culinarie degli areali produttivi. La biodiversità che è presente al di sopra del suolo favorisce anche la biodiversità presente nel suolo, ove vi sono organismi che agiscono sul ciclo dei nutrienti ed interagiscono con gli apparati radicali delle specie presenti favorendone l'assorbimento di acqua e nutrienti con vantaggi reciproci.

Il consumatore e semplice cittadino negli ultimi anni ha posto sempre maggiore attenzione sulla qualità delle produzioni agrarie, la salubrità del cibo e la sostenibilità ecologica del processo produttivo che si realizza in campo. Dobbiamo anche considerare che il reddito di molti imprenditori, soprattutto in zone marginali e tradizionalmente vocate a colture estensive a basso reddito, è messo a rischio dall'aumento dei costi di produzione esplosi negli ultimi due anni a cui non corrisponde un aumento dei prezzi di vendita dei prodotti, con remunerazione non sufficiente per l'agricoltore. I consumatori acquistano prodotti agroalimentari che ritengono sostenibili, con un effetto a cascata sulla maggiore applicazione di tecniche agricole o forme di agricoltura più sostenibili rispetto ad altre ritenute più invasive. La conoscenza e percezione da parte del cittadino dell'agrituristico come sistema sostenibile, con i suoi risvolti positivi nel contrasto della desertificazione piuttosto che dei fenomeni erosivi, l'ampliamento della biodiversità frutticola e vegetale in genere, associata a quella dell'entomofauna, favorirà la resilienza di tutto il sistema, e non può che essere un aspetto chiave della presente progettualità.

La lavorazione dei campi nell'area è ora attuata con pratiche intensive che hanno portato quindi all'eliminazione di gran parte degli ambienti naturali posti anche ai margini dei coltivi. Complessivamente l'ambiente originario è poco diversificato e le differenti unità ecosistemiche sono isolate tra loro con una scarsissima rete ecologica. L'inserimento di diverse realtà colturali e del bosco frutticolo aumenterà significativamente la diversità biologica anche grazie all'utilizzo di tecniche quali l'inerbimento, l'uso di compost e materiale pacciamante prodotto in loco.

Con la presente progettualità, ci si è mossi quindi verso una continuità della coltivazione dei suoli come richiesto dalle linee guida, anche nel rispetto delle tradizioni colturali e colturali della zona. Nel contempo ci si è posti l'obiettivo di incrementare la biodiversità colturale e naturale al fine di una migliore autosostenibilità del sistema, non solo dal punto di vista ambientale ma anche economico, considerando colture che forniscano un reddito adeguato all'imprenditore agricolo. Quindi sarà rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo preesistente (cerealicolo) in buona parte della superficie aziendale, come successivamente indicato, ma sarà integrato con l'integrazione di indirizzi produttivi di valore economico più elevato, come nel caso di alcune colture arboree o orticole.

## 11 Disponibilità idrica nell'area e caratteristiche del suolo

Il sito è caratterizzato dalla presenza di reticoli artificiali creati dall'uomo per la bonifica dell'area avvenuta tra gli anni trenta e gli anni cinquanta del secolo scorso. La circolazione idrica sotterranea dell'area è riferibile a quella del Tavoliere, è caratterizzata dalla presenza di una "falda profonda" e di una "falda superficiale".



Fig. 11.1 – Pozzi esistenti

L'accertamento della presenza di pozzi per l'acqua irrigua riferibili alla falda profonda ha consentito di reperire quattro pozzi artesiani con una portata complessiva di 5,8 litri al secondo che potranno essere utili per praticare irrigazione di soccorso o fisiologica alle piante arboree coltivate e di rifornire le piante orticole delle loro necessità idriche.

Tabella 2. Numero e capacità idriche dei pozzi reperiti nell'area del progetto (vedi anche 'Allegato pozzi artesiani').

	<b>PROFONDITA' m</b>	<b>RIVESTIMENTO</b>	<b>Portata L/Sec.</b>
POZZO N. 1	5	CIELO APERTO	0,300
POZZO N. 2	IRRECUPERABILE	/	/
POZZO N. 3	17	PVC D. 200	2,5
POZZO N. 4	44	METALLO D. 250	3,0

Per la localizzazione delle colture e per l'accertamento della fertilità intrinseca dei suoli, sull'area interessata dall'impianto agrivoltaico sono state eseguite 20 analisi del suolo (vedi allegato 'Analisi del suolo') con campioni prelevati alla profondità del franco di coltivazione per comprendere la potenziale variabilità presente e poter valutare le principali caratteristiche chimico-fisiche e quindi eventuali limiti per la coltivazione delle diverse specie da utilizzare. La tessitura del suolo è risultata fondamentalmente di tipo franco-argilloso, con presenza di sabbia maggiore nelle zone ad altimetria più bassa e comunque con una certa percentuale in tutta la zona. Lo scheletro è presente, ma con valori che rientrano nella norma; la presenza di pietre in alcune particelle è utile perché saranno utilizzate durante la fase di cantierizzazione dell'opera. Il pH ha presentato valori attorno alla neutralità o leggermente alcalini, con l'eccezione di 3 zone con valori debolmente acidi. Il calcare totale rientra nei valori normali per quasi tutte le zone campionate,

mentre il calcare attivo è risultato molto elevato in alcune particelle ai margini dell'impianto e nei pressi del compluvio. Generalmente buoni i valori sia della conducibilità elettrica che della sostanza organica, mentre l'azoto totale è risultato generalmente al di sotto di valori normali, probabilmente anche per la coltivazione di colture depauperanti come i cereali in successione per diversi anni. Al fine di migliorare la dotazione di azoto del suolo, rotazioni con leguminose e inerbimenti nell'interfila con trifogli ed altre essenze non potranno che avere effetti migliorativi. Il fosforo assimilabile risulta in concentrazioni medio-alte. Per le basi di scambio si sono riscontrati valori elevati in molti campionamenti per quanto concerne potassio e magnesio, mentre valori generalmente nella norma per il calcio. I valori permettono la coltivazione di diverse specie sia arboree che erbacee, con la presenza di leguminose ai fini migliorativi del contenuto di azoto nel suolo e chiaramente produttivi. Considerate le disponibilità di alcuni elementi nutritivi, la gestione della fertilizzazione può essere gestita in maniera molto equilibrata. Al fine di monitorare la fertilità del suolo, saranno effettuate analisi del suolo a cadenza temporale per poter verificare gli effetti della gestione colturale sulle principali caratteristiche chimico-fisiche dei terreni, ma soprattutto sul contenuto di carbonio organico e di biomassa microbica.

Tabella 3. Sintesi dei risultati delle 20 analisi dei suoli condotte nell'area del progetto e valutazione della loro composizione fisico-meccanica e chimica.

Camp. N.	Tessit. suolo	Scheletro >2 mm %	pH	Calcare totale %	Calcare attivo %	Conduc. elettrica uS/cm	Sost. organic. %	Azoto totale %	C.S.C. cmol/Kg	Ca scam. ppm	Mg scam. ppm	K scam. ppm	P ass. ppm
2717	Franco argillo-sabbioso	7,1	7,6	3,4	23,9	346	1,71	1,07	33,6	3106	294	515	50
		frequente	subalcalino	scarsam. calcareo	molto alto*	non salino	medio	medio	alto	buono	molto alto	molto alto*	molto alto
2718	Franco argilloso	5,9	6,9	0,9	20,6*	272	1,93	0,86	32,4	2389	237	492	81
		frequente	neutro	non calcareo	molto alto	non salino	medio	basso*	alto	medio	molto alto	molto alto*	molto alto
2719	Argillo sabbioso	5,0	6,8	0,6	24,1*	370	2,33	1,07	32,6	2923	283	426	68
		frequente	neutro	non calcareo	molto alto	non salino	buono	medio	alto	medio	molto alto	molto alto*	molto alto
2720	Argillo sabbioso	6,2	6,6	0,8	0,6*	206	2,43	1,14	22,7	2396	156	665	42
		frequente	subacido	non calcareo	basso	non salino	buono	medio	medio	medio	buono	molto alto*	alto
2721	Franco sabbioso	5,0	7,2	0,7	0,6*	397	2,20	1,11	34,5	3115	319	530	76
		frequente	neutro	non calcareo	basso	non salino	buono	basso	alto	buono	molto alto*	molto alto*	molto alto
2722	Franco argilloso	5,0	7,0	0,9	0,6*	378	2,38	1,15	31,4	2666	265	606	75
		frequente	neutro	non calcareo	basso	non salino	buono	basso	alto	medio	molto alto	molto alto	molto alto
2723	Franco	4,0	7,4	1,4	0,6*	312	2,63	1,29	38,4	3522	360*	669*	54
		frequente	subalcalino	scarsam. Calcareo	basso	non salino	buono	medio	molto alto	buono	molto alto	molto alto	molto alto

2724	Franco-argilloso	3,1	7,1	0,7	0,6*	380	3,01	1,32	36,3	2550	258	738	76
		frequente	neutro	non calcareo	basso	non salino	buono	medio	molto alto	medio	molto alto	molto alto	molto alto
2725	Franco argillo-sabbioso	3,6	7,3	2,8	2,0	178	2,38	1,16	32,9	3173	322	448*	30
		frequente	subalcalino	scarsam. calcareo	mediam calcareo	non salino	buono	basso	alto	buono	molto alto*	molto alto	buono
2726	Franco argillo-sabbioso	1,2	7,2	6,7	5,8	212	1,99*	0,11	25,2	2861	307*	374*	27
		medio	neutro	mediam. calcareo	alto	non salino	scarso	molto basso	alto	medio	molto alto	molto alto	buono
2727	Franco	2,8	7,6*	3,4	2,6	289	2,55	0,14	29,0	3693*	394*	705*	20*
		medio	subalcalino	scarsam. calcareo	medio	non salino	buono	molto basso	alto	buono	molto alto	molto alto	medio
2728	Franco	2,4	7,1	0,4	0,3*	254	3,03*	0,12	29,8	4019*	425*	893*	24
		medio	neutro	non calcareo	basso	non salino	buono	molto basso	alto	alto	molto alto	molto alto	buono
2729	Franco argilloso	3,0	6,4*	0,3*	0,3*	175	2,48	0,10	27,9	2214	229	697*	41*
		medio	subacido	non calcareo	basso	non salino	buono	molto basso	alto	medio	alto	molto alto	alto
2730	Argillo sabbioso	2,8	6,3*	0,2	0,1	183	2,21	0,08*	24,1	1589	164	621*	48*
		medio	subacido	non calcareo	basso	non salino	buono	assente	alto	basso	buono	molto alto	molto alto
2731	Argillo sabbioso	3,2	7,4	2,5	2,0*	389	2,63	0,14	29,5	2670	280	677*	35*
		frequente	subalcalino	scarsam. calcareo	medio	non salino	buono	molto basso	alto	medio	molto alto	molto alto	alto
2732	Franco argillo-sabbioso	4,4	7,5	9,4	8,3	534	2,78	0,14	29,4	2881	301	851*	53*
		frequente	subalcalino	mediam. calcareo	alto	non salino	buono	molto basso	alto	medio	molto alto	molto alto	molto alto
2733	Franco argilloso	5,1	7,3	2,2	2,0*	365	2,71	0,13	43,1	4040	409*	580*	21
		frequente	subalcalino	scarsam. calcareo	medio	non salino	buono	molto basso	molto alta	alto	molto alto	molto alto	buono
2734	Franco argillo-sabbioso	5,9	7,4	2,5	2,0*	280	2,37	0,12	29,4	2850	291	377*	28
		frequente	subalcalino	scarsam. calcareo	medio	non salino	buono	molto basso	alto	medio	molto alto	molto alto	buono
<b>Camp. N.</b>	<b>Tessit. suolo</b>	<b>Scheletro &gt;2 mm %</b>	<b>pH</b>	<b>Calcare totale %</b>	<b>Calcare attivo %</b>	<b>Conduc. elettrica uS/cm</b>	<b>Sost. organic. %</b>	<b>Azoto totale %</b>	<b>C.S.C. cmol/Kg</b>	<b>Ca scam. ppm</b>	<b>Mg scam. ppm</b>	<b>K scam. ppm</b>	<b>P ass. ppm</b>
2735	Franco argillo-sabbioso	4,9	7,3	6,6	5,8	388	1,79	0,11	16,6*	2982	307	497	27
		frequente	subalcalino	mediam. calcareo	alto	non salino	medio	molto basso	medio	buono	molto alto	molto alto	buono
2736	Franco sabbioso	4,2	7,3	4,6	3,3	328	2,73	0,14	33,1	2956	304*	515*	43*
		frequente	subalcalino	scarsam. calcareo	buono	non salino	buono	molto basso	alto	buono	molto alto	molto alto	alto

## 12 Destinazione agricola dell'area e sua sostenibilità

Sulla base delle colture tradizionali dell'area si prevede la coltivazione di varietà di grano duro in rotazione con leguminose (lenticchia, cece, pisello), pomodoro e orticole adottando tecniche di minima lavorazione (sod seeding). Inoltre, come specie miglioratrice, sarà coltivata in rotazione una coltura da rinnovo (colza da granella, girasole, etc.) per il controllo dei patogeni del suolo con una equilibrata rotazione tra le diverse superfici.

Si prevede, inoltre, l'impianto esteso di colture arboree adatte all'ambiente di coltivazione, cioè in grado di fornire buoni livelli produttivi con meno input rispetto ad altre tipologie di colture arboree/arbustive. La progettualità degli impianti arborei sarà orientata, nel limite delle possibilità offerte dalle singole specie, a impianti a maggiore densità, in modo che possa essere combinata la massima densità d'impianto con dimensioni delle piante che non interferiscano con l'impianto fotovoltaico. Le specie scelte sono adatte a condizioni climatiche caldo-aride e richiedono solo sporadici interventi irrigui.

Le colture arboree vedranno un inerbimento dello spazio interfilare con essenze spontanee e seminate per permettere un passaggio più agevole dei macchinari, soprattutto in caso di piogge, ma anche per favorire la presenza di sostanza organica nel suolo ed in generale stimolare una elevata biodiversità naturale e l'attività microbica. I frutteti, i vigneti e gli oliveti hanno in genere un bilancio dei flussi di carbonio 'C' (differenza tra fotosintesi da una parte, e respirazione e il carbonio presente nei frutti raccolti, dall'altra) moderatamente negativo, il che è un aspetto favorevole perché essi tendono a sottrarre carbonio dall'atmosfera, quindi con un effetto positivo sul bilancio ambientale. Le quantità nette di gas serra dei frutteti possono essere ridotte tramite due tipi di azioni: da un lato è possibile stimolare l'accumulo di carbonio nel suolo tramite l'inerbimento naturale oppure artificiale del terreno, la presenza di colture da sovescio nell'interfila, il mantenimento, dopo trinciatura, dei residui di potatura sul terreno (con effetto anche pacciamante), la riduzione delle lavorazioni del terreno e l'apporto, quando possibile, di ammendanti organici. Dall'altro lato, occorre adottare tecniche che consentano di ridurre l'utilizzo di macchinari alimentati con combustibili di origine fossile, ed infatti in azienda verranno introdotti macchinari ed attrezzi alimentati con la stessa energia elettrica prodotta in loco. Quando possibile, è bene utilizzare energia proveniente da fonti rinnovabili. Gli operai agricoli utilizzeranno attrezzi a batteria caricati con l'energia elettrica prodotta in loco (potatori, motoseghe, forbici, etc.). Tutto il sistema agrario aziendale risulterà 'sostenibile', ma tale sostenibilità non intende riferirsi solo agli aspetti ecologici. Infatti, una gestione per definirsi sostenibile deve essere tale anche sotto il profilo economico e sociale, altrimenti i risvolti sono limitati sia nello spazio sia nel tempo. In assenza di un adeguato livello di sostenibilità dal punto di vista economico, ogni pratica virtuosa nei confronti dell'ambiente rischia infatti di non venir adottata. Questa considerazione è risultata alla base della presente progettualità che ha portato poi alla scelta delle diverse specie e modalità di gestione che verranno illustrate nei successivi paragrafi e che si inseriscono perfettamente nel contesto socio-economico dell'area.



Fig 12.1 – Layout generale della piattaforma su base catastale con viabilità interna di servizio

La ripartizione interna dell'impianto fotovoltaico, in lotti ben definiti e ripartiti in base alla viabilità interna di servizio, consente quindi di distribuire le coltivazioni prescelte in base alla superficie destinata ad ognuna di esse, creando un mosaico di coltivazioni oltre che razionale anche dall'impatto visivo molto gradevole. Di ogni lotto interno è nota la superficie totale e quella destinata alle coltivazioni. Sia per la gestione delle colture arboree sia di quelle cerealicole-ortive, saranno adottati i principi dell'agricoltura conservativa. L'agricoltura conservativa è vista come una valida alternativa alla coltivazione convenzionale sia per i sistemi colturali annuali che per quelli poliennali. I principi fondamentali dell'agricoltura conservativa sono: semina diretta e le lavorazioni superficiali e ridotte (minimum tillage), fino alla non lavorazione (no tillage), in cui si cerca di mantenere il profilo del suolo nel suo stato naturale e favorire l'accumulo della sostanza organica nei suoi strati più superficiali; copertura permanente del suolo, attraverso una gestione ottimizzata dei residui colturali (presenti in superficie) che fungono da materiale pacciamante, sviluppo di flora naturale (e/o artificiale) ed equilibrata, almeno fino alla semina e l'introduzione di colture di copertura nei periodi di non utilizzo del suolo; avvicendamento colturale diversificato, con consociazioni e impiego di leguminose e oleaginose in rotazione. Dal punto di vista del bilancio del carbonio, sono molteplici gli effetti positivi dell'agricoltura conservativa. Con la riduzione delle perdite di sostanza organica si ottiene una migliore porosità del suolo che favorisce l'attività micromica e l'assorbimento di acqua. La presenza di materiale organico in superficie protegge inoltre dall'effetto battente della pioggia, rallenta il deflusso e l'erosione superficiale, riduce il rischio di formazione di crosta e favorisce l'infiltrazione dell'acqua, soprattutto in caso di piogge consistenti (bome d'acqua). Le ridotte lavorazioni permettono di migliorare la fertilità biologica,

soprattutto negli strati più superficiali, creando condizioni di maggiore porosità e favorendo l'esplorazione e lo sviluppo radicale con migliore assorbimento di acqua e nutrienti. Si riducono pertanto le esigenze di acqua irrigua ed i rischi di stress idrico per le piante.

Di seguito vengono descritte brevemente alcune delle specie idonee alla coltivazione in combinazione con l'impianto fotovoltaico con i relativi costi di esercizio e possibili ricavi. Verranno infine indicate le specie ritenute più adatte alla coltivazione tenendo soprattutto conto delle tradizioni locali, delle competenze nella coltivazione e dei possibili sbocchi commerciali del prodotto agricolo ottenuto, fresco e/o trasformato.

### 13 Specie arboree di possibile coltivazione in impianto agrivoltaico nell'area di Ascoli satriano

L'area di studio è caratterizzata dalla prevalente presenza di colture agricole. Tali colture sono rappresentate da seminativi e piccoli oliveti. I seminativi comprendono in prevalenza colture cerealicole e gli oliveti sono di piccole dimensioni e ubicati spesso vicino alle poche abitazioni. L'orientamento del presente progetto è di impiegare, oltre alle tradizionali coltivazioni praticate nell'area, anche specie arboree in grado di migliorare la redditività agricola unitaria e incrementare l'occupazione di forza lavoro.

Per questo motivo si intende eseguire una disamina delle colture arboree suscettibili di coltivazione nell'impianto agrivoltaico per poi orientare la scelta su alcune di esse.

La **coltivazione del melograno** in Italia ha avuto negli anni recenti un certo successo, insperato fino a 10 anni fa. Oggi si possono stimare oltre 1.500 ha già a coltura in Italia, soprattutto con le varietà Wonderful e Akko, entrambe libere da brevetto, a cui bisogna sommare altre varietà israeliane, locali e di altri Paesi coltivate su piccole superfici. Sicilia, Puglia, Calabria, Campania e Lazio sono le regioni maggiormente interessate da questa improvvisa diffusione, in special luogo le prime due. L'unica sensibilità del melograno alle avversità climatiche è il ritorno di gelo primaverile, difficile da ipotizzare nell'areale di coltivazione prescelto, anche se il clima mutevole potrebbe colpire anche il melograno con gelate particolarmente tardive. Nel melograneto per la produzione di succhi e di frutti freschi, le piante saranno allevate a Ypsilon con un sesto di circa 5,5x4,0 m o anche 3,5 x 3,0 m, con piante poste tra i pali di sostegno dei pannelli fotovoltaici e una distanza ridotta sulla fila tale da avere una densità di piante per ettaro pari a circa 800-1000. Il costo di impianto di un ettaro di melograneto si aggira sui 13.400 euro con un costo annuo di gestione ordinaria di 7.800 euro/ettaro. Il ricavo annuale ottenibile dopo 5 anni dall'impianto, al netto delle spese, è di 4.300 euro/ettaro per tutta la durata dell'impianto che è di anni 25.



Fig. 13.1 - Pianta di melograno della varietà Wonderful.

La **coltivazione del mandorlo** in Italia sta vivendo un periodo di rinnovato interesse, dopo anni di forte contrazione. La mandorlicoltura ha da sempre rappresentato per il nostro Paese un comparto estremamente importante della frutticoltura, sia in termini di superficie coltivata che per le produzioni, che fino a qualche decennio addietro hanno fornito un apporto considerevole alla produzione mondiale. Basti pensare che all'inizio del XX secolo l'Italia deteneva il primato produttivo mondiale, con la coltivazione in due regioni del Mezzogiorno, Puglia e Sicilia. Ad oggi la coltivazione di questa specie, con oltre 55 mila ettari (2021) è localizzata in Sicilia, seguita dalla Puglia, che passa dagli oltre 295 mila ettari del 1970, a poco più di 68 mila attuali (2021). Il trend positivo degli ultimi anni ha spinto verso un ritorno alla coltivazione, visto l'incremento dei consumi di frutta secca (mandorlo, noce, pistacchio, etc.), sempre più presenti nella dieta, considerando i benefici apportati alla salute. Il panorama varietale offre un elevato numero di cultivar, molte delle quali autoctone, che in base alla destinazione del prodotto, possono essere sfruttate per l'ottenimento di produzioni di qualità. Tra le più diffuse, che presentano elevati pregi si ricordano 'Tuono', Filippo Ceo', 'Genco', tutte autofertili, ed altre come 'Pepparudda', 'Sannicandro', 'Fragiulio' etc., che necessitano di impollinatori per garantire adeguati standard produttivi.

Il mandorlo è una pianta robusta e rustica che si adatta bene a molti tipi di terreno e non ha particolari esigenze dal punto di vista climatico, vivendo bene sia nei climi caldi, sia nei climi più freschi e resistendo a temperature anche di  $-5^{\circ}/-10^{\circ}$  C. Inoltre, non ha grandi esigenze dal punto di vista idrico, pur necessitando talvolta di interventi irrigui di soccorso in annate particolarmente siccitose. Logicamente l'irrigazione nelle fasi fenologiche più sensibili potrebbe garantire produzioni migliori quantitativamente e qualitativamente. La disponibilità idrica nell'areale prescelto garantisce un apporto idrico sufficiente alla coltura, almeno nelle fasi più sensibili. La gestione ed i costi per ettaro di coltura sono molto variabili in base alla forma di allevamento adottata, e di conseguenza al sesto di impianto; quest'ultimo è variabile da  $8 \times 7$  m., o anche  $8 \times 8$  m. nel caso di forme di allevamento a vaso ed assenza di irrigazione, a sestini in rettangolo con distanze di  $6 \times 5$  m. o anche  $5 \times 5$  m. o  $5,0 \times 4,5$  m.

Il mandorleto ad alta intensità (Figura 8), modalità di impianto prescelta per la struttura progettuale dell'impianto fotovoltaico, avrà la densità di circa 2.200 piante/ha con sesto di 3,0-3,5 m tra i filari e 1,0-1,2 fra le piante. Le varietà adatte a questa tipologia di impianto, caratterizzato da alta densità, sono denominate Smarttree® come ad esempio le varietà Guara, Soleta e Avijour e i portinnesti a vigoria ridotta della serie Rootpac®20.

Avvalersi di manodopera specializzata ed assistenza tecnica competente è indispensabile per raggiungere valori di produzione eccellenti. I mandorli entreranno in produzione prevedibilmente già al terzo anno per raggiungere la maturità a partire dal sesto anno con una resa annuale di 16 quintali ad ettaro di prodotto sgusciato.



Fig. 13.2 - Impianto di mandorlo ad alta densità.

Mesi	Agosto				Settembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Guara								
Avijor								
Penta®								
Vialfas®								
Makako®								
Belona®								
Soleta®								

Le varietà di mandorlo appartenenti al gruppo Smarttree® hanno un'epoca di maturazione scalare (Figura 9).

Fig. 11 - Epoca di maturazione delle varietà del gruppo Smarttree®.

Il costo di impianto per ettaro di coltura si aggira, nel caso di un impianto ad alta densità, intorno ai 10.000 euro a cui si aggiungono i lavori di preparazione del terreno, che in base alla tipologia di quest'ultimo possono variare da 1.500 euro sino a 20.000 (nel caso di suoli con roccia affiorante o superficiale dove è necessario procedere con la rottura degli strati calcarei e successiva frantumazione). Nei costi è incluso l'impianto di irrigazione ad ala gocciolante. I costi di gestione della coltura che prevedono lavorazione del suolo/gestione infestanti, concimazione, trattamenti fitosanitari, potatura e raccolta si aggirano sui 4.000 euro ad ettaro per anno. La produzione lorda vendibile al 3° anno è stimata su 11 q.li con un incremento sino a 15 q.li per l'anno successivo e con trend via via crescente che può raggiungere anche i 20 q.li per ettaro negli anni (Figura 10). I prezzi medi alla vendita per quintale di prodotto si aggirano sui 500,00 euro, il che permette di compensare abbondantemente già dal 3° anno le spese di gestione della coltura. Quando però la raccolta non è svolta meccanicamente, bisogna considerare un aumento di tale voce di spesa nel computo. La durata tecnica dell'impianto è prevista in 20-25 anni.



Fig. 13.3 - Pianta di mandorlo in piena di produzione.

La **coltivazione del melo** in provincia di Foggia ha già fatto registrare nel 2021 una produzione di 12.000 quintali, confermando le capacità adattative della specie all'areale del Nord della Puglia. Oltre alle varietà di melo più diffuse a ridotto fabbisogno in freddo invernale (Fuji, Gala, Red Delicious, ecc.), la melicoltura pugliese poggia anche su importanti espressioni della biodiversità locale, come la mela di San Giovanni detta

anche Maggiatica, Sant'Antonio o Grasta, che matura all'inizio dell'estate, la varietà Limoncella, che presenta elevata variabilità clonale con diverse forme dei frutti, la varietà Gaetanella, che si conserva molto bene per tutto l'inverno, e altre ancora. Queste produzioni di nicchia rappresentano una risorsa molto valida per la commercializzazione del prodotto a livello locale. Ulteriormente, contratti di produzione già in essere con cooperative melicole del Nord Italia per la coltivazione biologica del melo garantiscono l'assorbimento dell'intero prodotto. A fronte di un investimento iniziale di impianto di circa 10.000 euro ad ettaro e un costo annuo di gestione di circa 4.000 euro, si può stimare un utile medio annuale di circa 5.000 euro a partire dal 4° anno e per tutta la durata dell'impianto, a fronte della stabilità dei prezzi del prodotto. La durata tecnica dell'impianto è prevista in 20-25 anni (Figura 11).



Fig. 13.4- Meleto in piena di produzione.

La **coltivazione del nocciolo** (Figura 12) non richiede particolari accorgimenti essendo caratterizzata da notevole rusticità. Il nocciolo soffre i ristagni d'acqua e l'eccessiva compattezza del terreno. Infatti, necessita di prevedere buona preparazione del terreno per l'impianto e drenaggio. Preferisce terreni tendenzialmente sciolti e preferibilmente neutri e si adatta anche nei terreni acidi e alcalini ampiamente presenti nell'area prescelta. La scelta del materiale genetico sarà orientata a piante innestate su portainnesto non pollonifero. La scelta varietale si basa ancora oggi sulle cosiddette "vecchie varietà" selezionate da lungo tempo e tipiche delle principali aree di coltivazione: *Tonda gentile trilobata* in Piemonte, *Tonda gentile romana* e *Nocchione* in Lazio, *Mortarella*, *San Giovanni*, *Tonda di Giffoni* in Campania, *Mansa* in Sicilia, tutte certificabili attraverso analisi biomolecolari. A livello italiano di interesse è la nuova varietà *Tonda Francescana* che è in fase di studio su vasta scala. I nuovi corileti prevedono la piantumazione di piante innestate da allevare ad alberello basso, con impalcatura delle branche primarie ad una altezza di 80 cm da terra. Con impianto superintensivo si arriva ad una densità di impianto di 1.600 piante/ettaro da gestire con forme d'allevamento a parete e interventi di potatura meccanica sistematici. Il costo d'impianto di aggira intorno a 8.700 euro/ettaro con apporto di manodopera esterna e 7.700 se l'impianto è realizzato in economia. Il costo di gestione annuale è di 1.500 euro/ettaro. Ipotizzando una produzione media al 5° anno dall'impianto di 2.500 kg di prodotto in guscio ad un prezzo di 2,7 euro/kg per nocchie comuni, il ricavo ad ettaro è di 6.750 euro /ettaro con un utile medio ad ettaro di 5.250 euro.



Fig. 13.5 - Piante di nocciolo.

La **coltivazione del fico** in Italia ha subito negli ultimi decenni un notevole declino, anche se recentemente alcune aziende stanno rivalutando le potenzialità e l'importanza di questo fruttifero attualmente definito 'minore' valutando nuovi investimenti per la produzione di prodotto per il mercato del fresco e la trasformazione. Secondo i più recenti dati ISTAT il fico è diffuso in Italia su una superficie complessiva di circa 2.100 ettari, principalmente in Campania, Calabria e Puglia che da sole forniscono oltre il 90% della produzione nazionale. La principale varietà coltivata destinata per il consumo fresco, ma soprattutto per l'essiccazione ed anche alla trasformazione (gelatine, confetture estratti etc.) è la cultivar Dottato, che insieme alla cultivar Petrelli (conosciuta anche come 'Culumbro', Fiorone di San Giovanni, etc.), importante principalmente per la produzione di fiononi e anche fichi per consumo fresco, sono le più diffuse cultivar italiane. In Italia esiste una enorme biodiversità per il fico, che conta centinaia di varietà/accessioni ed ecotipi locali. La gestione del ficheto (Figura 13) risulta abbastanza semplice, e la pianta ben si adatta ai diversi ambienti, pur privilegiando quelli caldi, con bassa umidità dell'aria, soprattutto in fase di maturazione dei frutti. Anche la gestione fitosanitaria è piuttosto semplificata, con qualche accorgimento in annate particolarmente interessate da attacchi di mosca della frutta, insetto che provoca ingenti danni ai frutti maturi. La forma di allevamento più diffusa è quella a vaso impostato ad un'altezza di 40-60 cm che permette di agevolare le operazioni di potatura e raccolta. Negli ultimi anni si stanno utilizzando forme di allevamento appiattite, a parete (controspalliera), che consentono di coltivare il fico al pari della vite, favorendo una più semplice gestione delle diverse operazioni colturali. I sesti nel primo caso variano da 4-6 m sulla fila x 5-7 tra le file, mentre più ridotti risultano nella forma di allevamento a controspalliera con sesti di 1,5-1,8 m sulla fila x 2,5-3 m tra le file in funzione delle esigenze aziendali e di coltivazione (presenza di palificazione di impianti fotovoltaici). Il costo di impianto di un ettaro di ficheto allevato a controspalliera (comprendente struttura e piante) si aggira su 18-20.000 euro con un costo annuo di gestione ordinaria di 5.000 euro/ettaro. Il ricavo annuale ottenibile dopo 4-5 anni dall'impianto, al netto delle spese, si aggira intorno ad 8.000 euro/ettaro

per tutta la durata dell'impianto che è di circa 25 anni. La produzione per ettaro è influenzata dalle pratiche colturali e dai sesti d'impianto adottati.



Fig. 13.6 - Ficheto in irriguo.

La **coltivazione del pero** ha avuto una elevata importanza soprattutto negli areali settentrionali del nostro Paese, con superfici e produzioni più rappresentative in Emilia-Romagna e Veneto, dove si realizza l'80% della produzione nazionale. La diffusione negli ambienti del nord è legata principalmente alla richiesta che questa coltura presenta in termini di soddisfacimento di fabbisogno in freddo per poter avere adeguate produzioni, e non per ultimo, la richiesta idrica annuale, che deve essere garantita in parte anche dopo la raccolta. Inoltre, se non adeguatamente gestita, può presentare una alternanza produttiva. Le principali varietà italiane di pere destinate al consumo invernale/primaverile sono rappresentate da Williams e Abate Fetel, ed anche Kaiser e Conference. Esistono inoltre altre varietà minori afferenti a cultivar a maturazione estiva, molto diffuse negli areali meridionali, e che quindi ben si adattano alle condizioni climatiche del sud. Sebbene non ci siano le prospettive per impiantare migliaia di ettari, la coltivazione della 'pera estiva' (molto differente dalle cultivar precedentemente menzionate), potrebbe rappresentare un'opportunità per la diversificazione del reddito degli agricoltori, soprattutto se collocate in mercati di nicchia o sfruttando la tipologia di commercializzazione a km 0 (Figura 14). Le forme di allevamento classiche da sempre utilizzate prevedono la coltivazione a vaso impalcato basso, anche se massiccio è il ricorso a forme di allevamento a parete come il fuso/fusetto, la palmetta etc., che agevolano soprattutto la raccolta e la gestione di potatura e trattamenti fitosanitari. I sesti variano per le forme a parete da 1,5-1,8 m. sulla fila a 4-5,5 m. tra le file in base alle esigenze aziendali e alla coltivazione sotto pannelli fotovoltaici. Al pari di altre colture, in quest'ultimo caso si opterà per maggiori larghezze tra le file, considerando che le piante, nel caso di pareti agrivoltaici, verranno collocate tra i moduli fotovoltaici. Questo permetterà anche l'agevolazione di tutte le operazioni colturali, ed anche la transitabilità nel caso di manutenzione degli impianti fotovoltaici. Il costo di impianto per ettaro di coltura si aggira, per le forme allevate con forma appiattita (comprendente struttura e piante), sui 15-18.000 euro con un costo annuo di gestione ordinaria di 5.000 euro/ettaro. Il ricavo annuale ottenibile dopo 4-5 anni dall'impianto, al netto delle spese, si aggira intorno ai 4.000 euro/ettaro per tutta la durata dell'impianto che

è di circa 20-25 anni. La produzione per ettaro è influenzata dalle pratiche colturali e dai sistemi d'impianto adottati. Si consiglia di utilizzare cultivar precoci (considerata anche l'elevata biodiversità di pere estive presente in Puglia, recuperata con specifici progetti) che portano ad un più limitato utilizzo di prodotti fitosanitari durante il ciclo produttivo.



Fig. 13.7 - Pero in produzione.

La **viticoltura da tavola** ha da sempre giocato un ruolo importante sul panorama frutticolo mondiale. L'Italia rappresenta il leader produttivo europeo, e 4° a livello globale, con una produzione annua di circa un milione di tonnellate (ISMEA, 2021), provenienti da due principali regioni del Mezzogiorno, quali Puglia (con oltre 24 mila ettari) e Sicilia (con circa 19 mila), che insieme producono il 92% dell'uva italiana (ISTAT, 2021). Per raggiungere importanti rese ad ettaro, oltre alle forme di allevamento classiche come il tendone, si sono negli ultimi anni affermate altre forme (Y) che consentono di lasciare un numero superiore di gemme per pianta, con notevoli aumenti produttivi considerando il sempre cospicuo ricorso a cultivar apirene di recente introduzione, che stanno progressivamente sostituendo le varietà tradizionali. Interessanti nicchie di mercato sono però riservate ad alcune varietà locali, da sempre presenti in Puglia, oltre a quelle precedentemente citate, come la cultivar Baresana, Cardinale, Pizzutella bianca, Regina, molto diffuse in areali a nord della provincia di Bari, che forniscono buona redditività all'azienda. Volendo produrre un prodotto di elevata qualità, si possono adottare forme di allevamento a spalliera, che offriranno rese più basse, ma che esaltando ancor più gli aspetti organolettici (aromi, profumi ecc.), ed altri legati alla qualità (zuccheri, consistenza ecc.) ed al colore, e soprattutto si potranno inserire più agevolmente in un sistema con pannelli fotovoltaici. I sistemi di impianto possono variare da 1,0-1,5 m sulla fila a 2-3 m tra le file, adottando distanze maggiori nel caso di coltivazione sotto pannello, per agevolare la meccanizzazione delle operazioni colturali e consentire un'adeguata predisposizione della palificazione per i pannelli, permettendo un'adeguata transitabilità per le operazioni di manutenzione (Figura 15). Il costo di impianto per ettaro di coltura allevata a controspalliera (comprendente struttura e piante) si aggira su 15.000 euro con un costo annuo di gestione ordinaria di 10.000 euro/ettaro. Il ricavo annuale ottenibile dopo 4-5 anni dall'impianto, al

netto delle spese, si aggira intorno ai 20.000 euro/ettaro per tutta la durata dell'impianto che è di circa 20-25 anni. La produzione per ettaro è influenzata dalle pratiche colturali e dai sesti d'impianto adottati.



Fig. 13.8 - Vite a spalliera.

L'**olivicoltura** in Italia rappresenta il 48% della superficie dedicata alle colture arboree da frutto con oltre 1.150 milioni di ettari, destinati principalmente alla trasformazione per l'olio. La coltivazione dell'olivo è prevalentemente praticata nel Mezzogiorno d'Italia, con la Puglia che da sola fornisce il 50% della produzione nazionale, seguita da Calabria e Sicilia. L'olivo è una specie sempreverde, di sviluppo più o meno contenuto in base alla varietà, che ben si adatta alle condizioni pedoclimatiche del sud Italia, caratterizzate da siccità ed alte temperature estive. L'irrigazione comporta vantaggi indiscutibili allo sviluppo vegetativo e dei frutti, anche se può essere gestita in deficit controllato. Al pari di altre colture, l'adozione di sesti di impianto molto ravvicinati, sta contribuendo in alcuni ambienti alla diffusione di impianti superintensivi (Figura 16), con un numero di piante per ettaro superiore a 1600. In altre situazioni è possibile adottare sesti intensivi che prevedano una distanza delle piante sulla fila di 3,0-3,5 m., mentre tra le file è variabile in base all'organizzazione aziendale (macchine operatrici, macchine per la raccolta, etc.), con distanze di 3-6 m. Tra le cultivar da olio diffuse in Puglia ricordiamo 'Leccino', 'Coratina', 'Ogliarola', 'Frantoio', 'Picholine', ecc.

La gestione ed i costi per ettaro di coltura sono variabili in base alla forma di allevamento adottata, e di conseguenza al sesto di impianto. Il costo di impianto per ettaro compreso sistema di irrigazione ad ala gocciolante, si aggira nel caso di un impianto intensivo attorno ai 6-7.000 euro a cui si aggiungono i lavori di preparazione del terreno, che in base alla tipologia di quest'ultimo possono variare da 1.500 euro sino a 20.000 (nel caso di suoli con roccia affiorante o superficiale dove è necessario procedere con la rottura degli strati calcarei e successiva frantumazione). I costi di gestione della coltura che prevedono lavorazione del suolo/gestione infestanti, concimazione, trattamenti fitosanitari, potatura e raccolta si aggirano sui 2.000 euro ad ettaro per anno, e si mantengono più o meno costanti. La produzione lorda vendibile al 3° anno è stimata su 35 q.li per ettaro.

In base ad una resa del 12-15% in olio, variabile in base alla cultivar e alle condizioni climatiche, si potrebbero ottenere 4-5 q.li di olio che commercializzato ad un prezzo al netto delle spese di molitura di 6 euro a litro porterebbe ad un ricavo di 2.500-3.000 euro. Nel caso di packaging accurato e formati speciali (da 200 o 500 ml) di distribuzione del prodotto il ricavo potrebbe raggiungere i 10 euro/litro; pertanto, il ricavo aziendale aumenterebbe fino a 4-5.000 euro. Le stime dei costi possono variare in funzione della cultivar adottata, della localizzazione dell'impianto e dalla gestione dell'impianto adottata, nonché dall'annata che può influire sulla difesa fitosanitaria ma anche sulla produzione per pianta.



Fig. 13.9 - Oliveto superintensivo in fase di raccolta.

Il **giuggiolo** è una specie appartenente alla famiglia delle Ramnaceae, originatasi in Cina, Paese che attualmente detiene il primato mondiale di coltivazione e produzione. Conosciuto anche come dattero cinese, fu diffuso in Europa grazie ai romani, e da lì anche in Italia raggiungendo quasi tutte le regioni. Da sempre considerato come frutto minore, negli ultimi anni diversi studi hanno dimostrato le importanti proprietà del frutto (tal quale ma anche trasformato o sotto forma di estratti, concentrati, etc.), e per tale ragione si sta assistendo ad un ritorno alla coltivazione, anche se si tratta di poche decine di ettari. Caratteristica della specie è quella di mantenere un portamento più o meno assurgente, e di avere uno sviluppo compatto con piante che raggiungono altezze contenute intorno ai 3-4 metri. Altra importante caratteristica è legata all'apparato radicale che si accresce in profondità, permettendo alla pianta di svilupparsi anche in terreni poveri, ed in ambienti a scarsa disponibilità idrica. Insieme a poche altre specie, potrebbe quindi essere presa in considerazione per la coltivazione negli ambienti del Mezzogiorno, il che consentirebbe anche di sfruttare dei terreni marginali, fornendo un certo reddito all'agricoltore. Inoltre, è una pianta rustica che necessita di limitate cure colturali, come per esempio l'eliminazione dei polloni radicali che si sviluppano all'inizio della ripresa vegetativa. Anche la potatura risulta generalmente semplice e molto limitata. Le varietà più diffuse sono identificate in base alla morfologia del frutto, che può assumere forma maliforme, piriforme oppure arrotondata. Sono varietà di nuova costituzione che presentano ottima pezzatura, ma che rispetto alle cultivar classiche, più piccole, sono meno saporite. Si presterebbe alla

coltivazione con sestri in rettangolo con distanze sulla fila abbastanza ravvicinate nell'ordine di 2,5/3,0 metri, mentre in base alle esigenze aziendali le distanze tra le file possono variare da 4 a 6 metri (Figura 17). Nel caso di un impianto semplificato ed economico, si potrebbero mettere a dimora le piante senza l'ausilio di struttura di sostegno (fili e pali), sostenendo per l'impianto i soli costi legati all'acquisto delle piante e dei tutori. Il prezzo delle piante è molto variabile ma dovrebbe non essere superiore a 5 euro cadauna, considerando che non essendo una coltura molto diffusa, il vivaista ha necessità di programmare la propagazione reperendo il materiale della cultivar richiesta. I costi di impianto con sestri 3 × 5-6 m risultano di 2.500-2.700 euro per ettaro a cui si aggiungono quelli dell'impianto di irrigazione che ammontano a 1.500 euro per ettaro di coltura. In maniera forfettaria si possono quantificare come costi di gestione 1.000 euro per ettaro in caso di meccanizzazione delle operazioni, costi che sono rappresentati soprattutto dall'eliminazione dei polloni, intervento che se condotto mediante diserbo, porterebbe ad una ulteriore riduzione dei costi. La raccolta è l'operazione più onerosa, che diventa più rapida nel caso si utilizzino varietà a frutto grosso (giuggiolo mela, giuggiolo pera, ecc.) ed inermi e che comporta la necessità di 25-30 giornate per ettaro con una spesa di 1.700-2.500 euro. Più problematica è la raccolta nelle varietà dotate di spine. La produzione è crescente nel tempo a partire dal 3°-4° anno e in una pianta adulta raggiungono i 40-50 kg, con rese per ettaro che vanno dai 15 ai 150 q.li (nel caso di piante adulte), con un prezzo medio di vendita di 15-18 euro/kg (opportunamente confezionate in contenitori da 250 gr), porterebbe ad un reddito di 22.000 euro nei primi anni, cifra che incrementerebbe con produzioni per pianta maggiori.



Fig. 13.10 - Impianto di Giuggiolo.

Il **comparto dei piccoli frutti** continua a mostrare importanti segnali di crescita negli ultimi anni in Italia. Ciò è dovuto soprattutto al mutamento dei comportamenti di consumo, ma anche all'innovazione varietale che permette anche una presenza costante e continua di questi frutti durante l'intero anno. Tra questi una coltivazione che negli ultimi anni si è discretamente affermata negli ambienti meridionali è quella della coltivazione della mora, che in ordine di diffusione segue quella del mirtillo e dei lamponi, ma che si conferma però in forte ascesa soprattutto negli areali del sud. Le superfici italiane destinate ai piccoli frutti sono

aumentate di oltre il 10% negli ultimi anni, arrivando a sfiorare quota 2.100 ha, di queste circa il 10%, sono investite a mora. La crescita e lo sviluppo vegetativo e produttivo di questa specie è strettamente connesso alla radiazione solare diretta a cui essa è sottoposta. Al pari di poche altre specie, infatti, si avvantaggia dell'ombreggiamento, che permette di ottenere più elevate performance produttive e di sviluppo. Pertanto, la sua coltivazione sotto pannello fotovoltaico consentirebbe di avere una produzione di qualità con prezzi di vendita interessanti. Essendo la mora una specie sarmentosa, bene si adatta, così come la vite, alla coltivazione con forma di allevamento a parete, che agevola le operazioni colturali e di raccolta, soprattutto per le varietà inermi (Figura 18). I sesti attualmente utilizzati variano da 2,5-3,0 m. tra le file a 0,5-0,7 m. sulla fila, anche se la tendenza è quella di adottare distanze minime sulla fila per aumentare il numero di piante per ettaro che sia aggira ad oltre 6.600. Passando ai conti colturali per ettaro di coltura, le operazioni di impianto della coltura considerando palificazione e fili, ed anche le piante comportano un investimento di circa 35.000 euro. La gestione della coltura comporta un costo di circa 3.500-4.000 euro per concimazione, trattamenti e potatura, 10-12.000 euro per la raccolta. Il reddito dalla vendita del prodotto può si aggira intorno a 90.000 euro ed in condizioni particolari, con prezzi e produzioni maggiori supera i 100.000 euro per ettaro di coltura. Il ricavo annuale ottenibile dopo 2-3 anni dall'impianto, al netto delle spese, si aggira intorno ai 40.000 euro/ettaro per tutta la durata dell'impianto. La produzione per ettaro è influenzata dalle pratiche colturali e dai sesti d'impianto adottati.



Fig. 13.11 - More inermi.

#### 14 Specie ad uso agricolo adottate nel progetto e gestione 4.0

Per una razionale conduzione della parte agricola del progetto agrivoltaico, saranno impiantate viti ad uva da tavola per una superficie complessiva netta di ettari 27,3 con un sesto di impianto di m 2,40 x 1,50 corrispondenti all'incirca a 2800 piante per ettaro. Su una superficie netta di ettari 10,0 si prevede la realizzazione di un oliveto con un sesto di impianto di m 4,8 x 3,5 per un totale di circa 600 piante per ettaro. Sulla restante superficie netta di ettari 27,1 si prevede di coltivare cereali, pomodoro da industria, leguminose come cece, lenticchia, pisello proteico, orticole varie come broccoletto in rotazione agraria fra di loro.

### Ripartizione prevista delle diverse colture

	Specie	Superficie netta ha	Reddito netto ad ettaro €	Reddito complessivo €
<b>Coltura tradizionale</b>	Grano duro	131,12	340	44.580
Coltura prevista	Vite da tavola	27,30	20.000	546.000
Coltura prevista	Olivo intensivo	10,00	5.000	50.000
Colture previste in rotazione	Grano duro, pomodoro, leguminose	27,10	2.000 (reddito medio)	54.200
Aree di mitigazione	Melograno, olivo superintensivo, bosco arboreo-arbustivo	10,50	5.000 (reddito medio)	52.500

Nell'area agricola non coperta da pannelli sarà possibile impiantare un oliveto superintensivo, in quanto tale sistema di coltivazione potrebbe risentire maggiormente dell'ombreggiamento causato dai pannelli fotovoltaici a scapito degli aspetti produttivi ed è preferibile porlo in una zona a parte, fiancheggiato dal bosco arboreo-arbustivo che svolgerà funzione di 'buffer' ecologico.

La gestione complessiva del comparto agricolo sarà affidata ad un imprenditore agricolo che già opera in zona con un'azienda di proprietà con esperienza pluriennale nella gestione di colture arboree, cerealicole ed ortive.

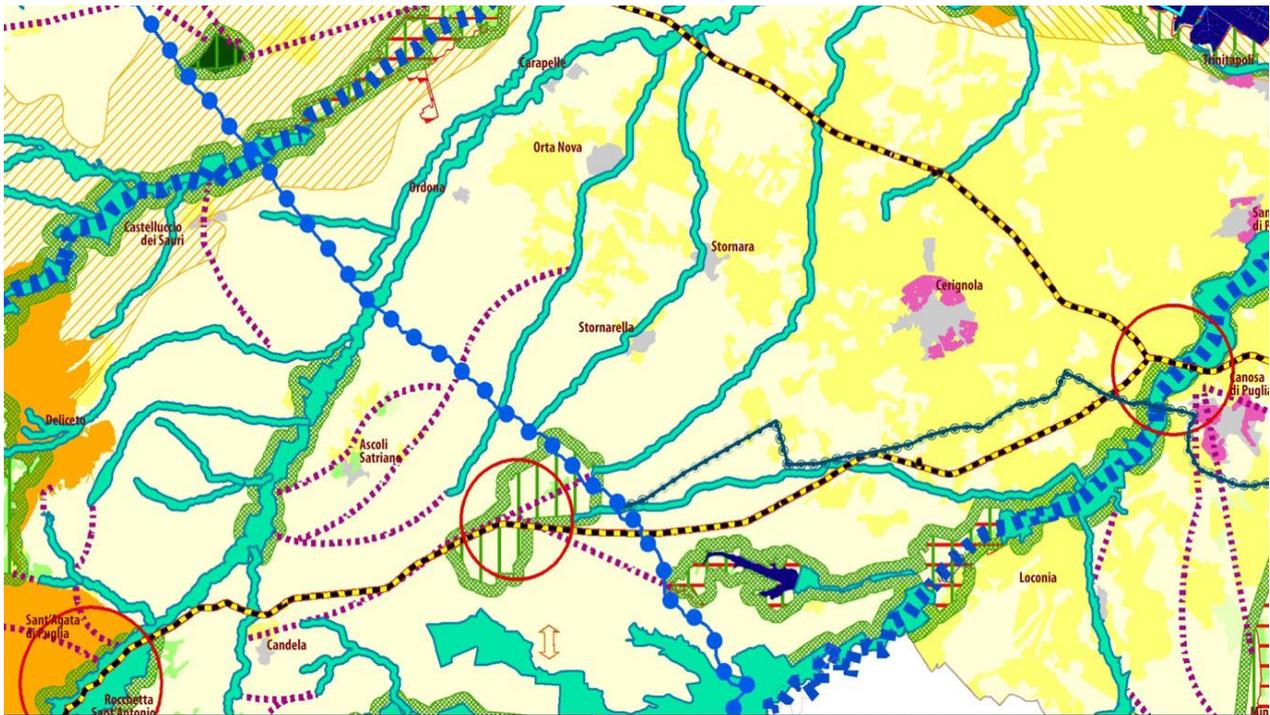
Nel corso degli ultimi anni l'agricoltura in Puglia sta affrontando molteplici problematiche legate soprattutto ai cambiamenti climatici, alla riduzione della disponibilità di risorse naturali e alla tutela dei prodotti locali (in termini di costi, qualità e produzione). Tali problematiche, inglobate nel panorama dell'attuale crisi economica, contribuiscono alla modificazione del settore e all'attivazione di una serie di riforme da parte dell'Unione Europea per promuovere la revisione delle classiche pratiche colturali. Uno dei mezzi che permette tali cambiamenti è sicuramente l'innovazione tecnologica che si concretizza con l'agricoltura di precisione (AdP) e che ben si inserisce in un impianto agrivoltaico. L'AdP è una componente chiave dei sistemi agricoli ecosostenibili e rappresenta una strategia di gestione basata su tecnologie avanzate ed informazioni dettagliate che aiutano l'azienda, sia di piccole che di grandi dimensioni, nella programmazione di azioni mirate (irrigazione, nutrizione, gestione efficiente e sicura della manodopera, controllo fitosanitario, etc.). Reti di sensori sistemati nei campi o sui mezzi agricoli, algoritmi di big data analysis, droni, sistemi di posizionamento globale (GPS), sensori prossimali portatili, app di supporto decisionale e di logistica controllata, intelligenza artificiale (AI) e sistemi di informazione geografica (GIS) rappresentano le nuove tecnologie dell'AdP che, integrate tra loro, consentono: il rilevamento climatico/ambientale e nutrizionale/vegetativo dei singoli lotti delle diverse colture, valutando l'ampia variabilità spesso presente nel campo (in termini di fertilità, sostanze azotate, acqua, etc.); il monitoraggio intelligente di situazioni di stress (biotico e abiotico); il controllo dello stadio di maturazione; lo sviluppo di sistemi di previsione di supporto alle decisioni agronomiche (DSS, Decision Support System); la gestione dell'azienda agricola a 360° per registrare e analizzare i dati riguardanti i campi e la gestione degli operai.

Appare chiara la necessità di modificare/integrare le attuali pratiche agricole dell'impresa agrivoltaica con sistemi innovativi al passo con i tempi e soprattutto adatti ad affrontare le sfide che i cambiamenti globali ci

presentano. Per limitare l'uso di risorse scarsamente disponibili e di quelle non rinnovabili si dovrà fare uso di sensori e tecnologie proprie dell'agricoltura 4.0 che, abbinate a metodologie più tradizionali e basate su bilanci idrici e nutrizionali, consentano di identificare in maniera più razionale i momenti in cui apportare acqua e nutrienti. Tale tipo di agricoltura è volta all'ottimizzazione della gestione agronomica dei sistemi colturali tramite il monitoraggio e la valorizzazione della variabilità spaziale tra appezzamenti e, soprattutto, al loro interno. Le informazioni raccolte supportano le decisioni dell'imprenditore, che su quella base può poi ricorrere all'applicazione variabile degli input (applicazione di fertilizzanti, agrofarmaci, acqua di irrigazione) e può tracciare in modo continuo le pratiche colturali adottate. Le centraline con i diversi sensori (temperatura ed umidità dell'aria, temperatura ed umidità del suolo, VPD, potenziale matriciale, radiazione, etc.) saranno poste in diverse aree dell'impianto e permetteranno di controllare la gestione idrica delle diverse colture ma anche i parametri climatici anche per il loro utilizzo e supporto (DSS) nella gestione di problematiche fitosanitarie. L'effettivo utilizzo dell'acqua potrà essere monitorato con sensori misuratori di portata posti nei diversi lotti al fine di registrare i volumi irrigui utilizzati rispetto ad una gestione tradizionale adottata nell'area per le diverse colture irrigate. Saranno utilizzati anche sensori per valutare la crescita e lo sviluppo delle colture, quali dendrometri e misuratori di LAI, che permetteranno di valutare lo sviluppo e la produttività delle colture sotto i pannelli e saranno impiegati anche droni per determinare il vigore delle colture. Tutte le suddette informazioni potranno essere gestite anche da remoto facendo uso di app su smartphone, tablet, etc. da parte dei tecnici, e ciò favorirà anche l'inserimento di figure professionali moderne.

## 15 Caratteristiche delle aree di mitigazione

Nelle tre aree di mitigazione previste dal progetto, quindi senza l'installazione di tracker fotovoltaici, saranno installate siepi con funzione di corridoi ecologici. Per alcune specie animali abituate a spostarsi in precisi momenti dell'anno alla ricerca di cibo o di luoghi adatti alla riproduzione, la frammentazione dell'habitat causata dalle attività umane ha avuto un impatto fortemente negativo. Per la progettazione delle aree di mitigazione si è tenuto conto che ogni rete ecologica nasce da un'area centrale, o *core area*, zona naturale già soggetta a un regime di protezione, come possono essere i parchi naturali o le riserve. Le aree centrali sono delimitate da fasce di protezione, o *buffer zones*, che garantiscono la lieve progressione da habitat naturale ad habitat artificiale e che sono connesse tra loro tramite i corridoi ecologici, elementi fondamentali che definiscono gli spostamenti degli animali da un'area centrale a un'altra. I corridoi, oltre a consentire il passaggio tra *core areas*, favoriscono il transito delle specie anche in altre aree di superfici ridotte, dette anche *stepping zones*, come stagni o laghetti, che possono essere fondamentali per la sopravvivenza di alcune specie. In questo modo, i corridoi determinano la salvaguardia della biodiversità in aree in cui l'uomo ha costruito e diviso degli ecosistemi naturali.



- Connessioni ecologiche su vie d'acqua permanenti o temporanee
- Connessioni ecologiche costiere
- Connessioni ecologiche terrestri
- Aree tampone
- Nuclei naturali isolati
- Pendoli costieri
- Linea dorsale di connessione polivalente
- Anelli integrativi di connessione
- Principali greenways potenziali
- Principali esigenze di de-frammentazione
- Principali barriere infrastrutturali
- Laghi e zone umide principali
- Fiumi principali
- Tratti del cyronmed trasversale
- Connessioni ecologiche su vie d'acqua permanenti o temporanee
- Connessioni ecologiche costiere
- Connessioni ecologiche terrestri
- Siti di Rete Natura 2000
- Buffer dei Siti di Rete Natura 2000
- Aree del ristretto
- Parchi della CO2
- Parchi e riserve nazionali e regionali
- Aree tampone
- Nuclei naturali isolati
- Parchi periurbani
- Paesaggi costieri ad alta valenza naturalistica
- Siti marini di Rete Natura 2000
- Sistemi acquatici
- Sistemi boschivi
- Praterie ed altre aree naturali
- Coltivi
- Oliveti, vigneti, frutteti
- Aree urbanizzate
- Sistemi marini

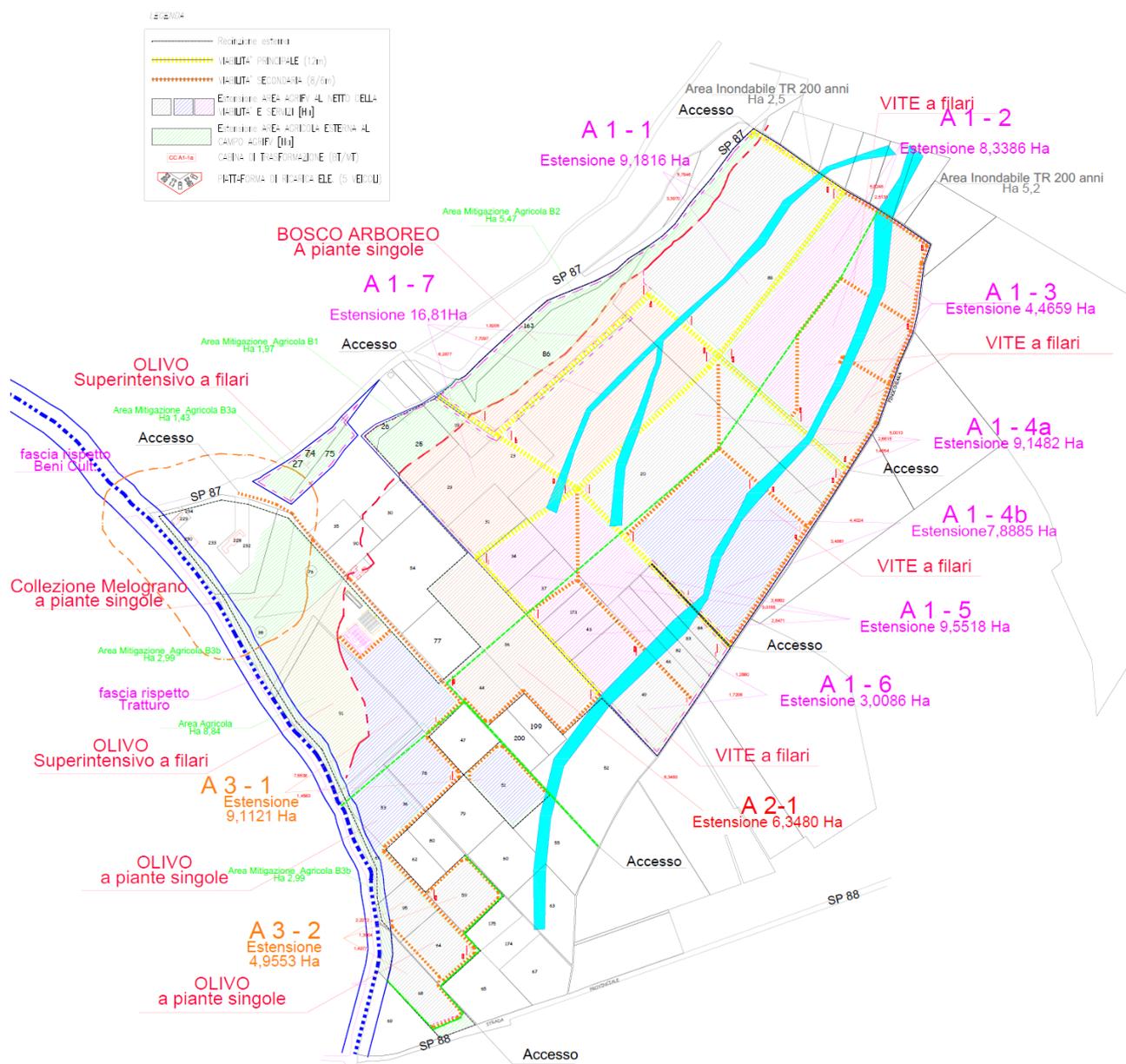
Fig. 15.1 – Rete ecologica regionale dell'area di interesse (Fonte: Regione Puglia)

Nell'area di Ascoli Satriano, come previsto dalla Rete Ecologica Regionale (Piano Paesistico Territoriale della Regione Puglia), esistono tre Connessioni ecologiche su vie d'acqua permanenti o temporanee, una Linea dorsale di connessione polivalente (punti blu connessi nell'immagine) e una serie di Connessioni ecologiche terrestri (tratto viola discontinuo nell'immagine) che possono rappresentare le *core areas* dei corridoi ecologici previsti nel presente progetto.

Inoltre, Ascoli Satriano è inserito nel Parco Naturale Regionale del Fiume Ofanto istituito con L.R. n. 37 del 14.12.2007 come variata da L. R. 16 marzo 2009, n. 7e comprende oltre al comune di Ascoli Satriano anche i comuni di Barletta, Canosa di Puglia, Minervino Murge, Spinazzola Cerignola, Margherita di Savoia, Trinitapoli, San Ferdinando di Puglia, Candela, Rocchetta Sant'Antonio.

Oltre alla rete ecologica e a completamento di questa, si prevede inoltre la realizzazione di boschi frutticoli-arbustivi con piante distanziate in modo da consentire un agevole transito per le visite e per la manutenzione delle stesse e un oliveto superintensivo (5,3 ha). I boschi frutticoli costituiti nelle aree di mitigazione saranno realizzati adottando soprattutto le seguenti specie arboree: mandorlo, fico, corbezzolo, giuggiolo, pere estive e nashi, nespole germaniche, sorbi, cotogni, pero mandorlino, more, etc. Tutto ciò costituirà un piccolo mondo di fruttiferi consociati in un perfetto equilibrio vegetazionale e produttivo, con fioriture e colori diversi nel tempo e nella tipologia. Tale area ampiamente fruibile, anche per visite scolastiche e turistiche, potrà inoltre fornire un ristoro all'entomofauna presente, essere sito di nidificazione e chiaramente una produzione frutticola per il consumo fresco a km 0 o per la trasformazione.

In un'area (5,2 ha) di mitigazione più prossima alle masserie verrà realizzato un campo collezione di oltre un centinaio di biotipi/accessioni di melograno provenienti da tutto il mondo con funzione di conservatorio per fini di miglioramento genetico, dimostrativi e didattici. Tale campo collezione costituirà un 'unicum' in quanto a tipologia e numero di accessioni di melograno, spaziando da frutti di colore bianco fino a frutti di colore viola, dal sapore dolcissimo fino al molto acido. Tale campo sarà facilmente fruibile e dotato di panchine lungo i filari per poter meglio apprezzare sia le diverse accessioni di melograno sia la vegetazione circostante costituita da essenze arboree varie (da frutto e non) ed arbustive.



Area CENTRO- NORD EST: Cereali, Pomod. Legum.: Area lorda tot 45,3 Ha ; netta 27,1

Bosco Frutticolo NORD- Mardorli ecc -Area lorda tot 8,7 Ha ; netta 5,3

Bosco Frutticolo OVEST - Melograno: Area lorda tot 8,8 Ha ; netta 5,2

VITE: Area lorda tot 45,5 Ha ; netta 27,3 Ha

OLIVO: Area lorda tot 17,5 Ha ; netta 10 Ha

Fig. 15.2 – Layout lotti di produzione agricola

Si rimanda nel dettaglio agli elaborati grafici a corredo (ED-EG-TAV 10)

## 16 Conclusioni

A fronte di un investimento iniziale sicuramente molto oneroso dell'impianto fotovoltaico, rimane rilevante il grande beneficio che questa tecnologia può assumere sulle colture in territori meridionali caratterizzati da scarse piogge e disponibilità idriche complessivamente limitate. A sua volta, la risorsa radiativa permetterebbe una produzione elettrica rilevante nei periodi di insolazione prolungata durante la stagione estiva. Tutto ciò porterebbe a pensare che l'integrazione fra produzione agricola e fotovoltaica è possibile e con cauto ottimismo immaginare che la competizione con l'uso fotosintetico possa essere limitata e sostenibile.

Tali impianti sarebbero addirittura auspicabili in terreni più marginali e in stato di semi abbandono anche per un loro recupero alla coltivazione e quindi all'attività agricola. Nel caso specifico verrebbe massimizzato l'efficientamento dell'impianto portando alla possibile implementazione di distretti energetici agricoli funzionali con il fine ultimo ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera e poter raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione «EU-2050». Una decisa inversione di rotta per una transizione a cui va posto il massimo impegno e di urgenza nell'attuazione delle misure di contrasto al cambiamento climatico. Dal punto di vista agricolo sono state scelte sia specie che sono diffusamente coltivate in zona e che richiedono una competenza tecnica ampiamente acquisita dagli imprenditori agricoli e dalle maestranze che operano nel circondario, sia specie che presentano una gestione semplificata e possono favorire lo sviluppo di filiere produttive economicamente interessanti per il conto socioeconomico della zona.

Le estensioni per ogni singola coltivazione sono state modulate per bilanciare gli eventuali disequilibri nei rispettivi ricavi, dovuti agli andamenti di mercato assai oscillanti di anno in anno in dipendenza di fattori nazionali e internazionali. Considerati i limitati effetti negativi, in termini di ombreggiamento, esercitati dalla parte industriale, tutta la superficie è idonea alle coltivazioni sia di specie erbacee, sia di quelle arboree in grado di fornire, anche in relazione alle condizioni odierne caratterizzate da un incremento rilevante dei mezzi di produzione, redditi di assoluto interesse.

Il bilanciamento tra le diverse colture è stato anche ponderato in relazione all'aumentata richiesta di cereali e proteine vegetali, visti i rischi connessi con l'approvvigionamento da altri Paesi che possono creare forti pressioni alimentari ed economiche. Inoltre, non è un aspetto da trascurare la maggiore facilità di gestione delle erbacee rispetto alle arboree, considerando anche la vocazionalità del patrimonio umano presenta nell'areale verso determinate colture rispetto ad altre; tipico esempio è la coltura del frumento duro viste anche le recenti vicissitudini per l'approvvigionamento di cereali a seguito dell'invasione russa dell'Ucraina. Nel caso delle specie arboree/arbustive, le specie si sono scelte tenendo in forte considerazione il vigore delle piante (compatibile con la presenza di un seppur limitato ombreggiamento dei pannelli), la loro adattabilità in condizione di temperature elevate e di limitata disponibilità idrica, la loro gestione semplificata rispetto ad altre specie e per ultimo la possibilità di inserirsi in filiere regionali di tali prodotti già avviate (vite, olivo) e/o con prospettive di ulteriore crescita o addirittura di nuovo impulso e chiaramente la professionalità e le competenze delle maestranze locali nei confronti di colture arboree.

Le specie selezionate, come ampiamente descritto nella prima parte di questa relazione, si gioverebbero del parziale ombreggiamento determinato dai pannelli e gli effetti negativi sugli aspetti produttivi sarebbero relativamente limitati: anzi nelle annate particolarmente siccitose e calde si possono addirittura osservare degli effetti positivi sulla produzione come già osservato in precedenti esperienze, sempre nella regione Puglia. La gran parte delle specie selezionate possono infatti essere gestite con un limitato ricorso all'irrigazione, salvaguardando tale preziosa risorsa idrica per altri usi.

## 17 ALLEGATI

- CERTIFICATI DI ANALISI DEL SUOLO DELL'AREA
- RILIEVO POZZI

## 18 Riferimenti bibliografici

- Abidin, M. A. Z., Mahyuddin, M. N., & Zainuri, M. A. A. M. (2021b). Solar photovoltaic architecture and agronomic management in agrivoltaic system: A review. *Sustainability* 13(14), 7846. <https://doi.org/10.3390/su13147846>.
- 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*, 2(9), 848–855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>.
- Dinesh, H., Pearce, J.M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 299–308. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>.
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.
- Ferrara, G., Boselli, M., Magarelli, A., Palasciano, M., Mazzeo, A. (2022). Maggiore acidità nelle uve in 'vigneti fotovoltaici'. *Informatore Agrario*, 29: 50-53.
- Ferrara, G., Boselli, M., Palasciano, M., Mazzeo A. (2023). Effect of shading determined by photovoltaic panels installed above the vines on the performance of cv. Corvina (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 308: 111595. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111595>.
- Hassanpour Adeh, E., Selker, J. S., Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLOS ONE*, 13(11), e0203256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>.
- Holzappel, B. P., Smith, J. P., Field, S. K., Hardie, W. J. (2010). Dynamics of Carbohydrate Reserves in Cultivated Grapevines. *Horticultural Reviews*, 37, 143–211. <https://doi.org/10.1002/9780470543672.ch3>
- Insolight SA ©. (2022). <https://insolight.ch/>
- Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013a). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>.
- Marrou, H., Guilioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., Wery, J. (2013b). Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*, 177, 117–132. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.04.012>.
- Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, (2021). <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>
- Valle, B., Simonneau, T., Sourd, F., Pechier, P., Hamard, P., Frisson, T., Ryckewaert, M., Christophe, A. (2017). Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. *Applied Energy*, 206, 1495–1507. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.113>.
- Weselek, A., Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I., & Högy, P. 2021a. Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 59. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00714-y>.
- Weselek, A., Bauerle, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Högy, P. (2021b). Effects on crop development, yields and chemical composition of celeriac (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum*) cultivated underneath an agrivoltaic system. *Agronomy*, 11, 733. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040733>.

- Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, 35. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>.
- Wu, C., Liu, H., Yu, Y., Zhao, W., Liu, J., Yu, H., Yetemen, O. (2022). Ecohydrological effects of photovoltaic solar farms on soil microclimates and moisture regimes in arid Northwest China: A modeling study. *Science of The Total Environment*, 802, 149946. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149946>.
- Zhang, X., Heuvelink, E., Melegkou, M., Yuan, X., Jiang, W., & Marcelis, L. F. M. (2022). Effects of green light on elongation do not interact with far-red, unless the Phytochrome Photostationary State (PSS) changes in tomato. *Biology*, 11(1), 151. <https://doi.org/10.3390/biology11010151>.
- Zheng, J., Meng, S., Zhang, X., Zhao, H., Ning, X., Chen, F., Omer, A. A. A., Ingenhoff, J., Liu, W. (2021). Increasing the comprehensive economic benefits of farmland with even-lighting agrivoltaic systems. *PLoS ONE*, 16(7), e0254482. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254482>.