

21_31_PV_KLP_BR_AU_18_02_RE_00	APRILE 2022	ANALISI AGRONOMICA PER AGRIVOLTAICO	Dott. Rocco Carella	Dott. Rocco Carella	Dott. Rocco Carella
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

**OGGETTO:**

Progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Barretta" della potenza complessiva di 26.009,10 kWp da realizzarsi nel Comune di Foggia e Manfredonia (FG).

**COMMITTENTE:**

**SR TRAPANI s.r.l.**  
**Largo Donegani Guido, 2**  
**20121 Milano (MI)**

**TITOLO:**

**QLJ2VY7\_DocumentazioneSpecialistica\_27\_02**  
 Analisi agronomica per agrivoltaico

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

società d'ingegneria

direttore tecnico

**Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO**



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

studio@projetto.eu

web site: [www.projetto.eu](http://www.projetto.eu)

P.IVA: 02658050733

SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

**CARTA:**  
**A4**

**SCALA:**  
 /

**ELAB.**  
**RE.18\_02**

NOME FILE  
 21\_31\_PV\_KLP\_BR\_AU\_18\_02\_RE\_00

# Analisi agronomica per impianto agro-voltaico

*da realizzarsi in territorio  
di Foggia (FG)*

Aprile 2022

Dott. For. Rocco Carella



## **INDICE**

- **1. Introduzione pag. 5**
- **2. Descrizione delle soluzioni colturali scelte per l'agrovoltaico pag. 6**
- **3. Considerazioni inerenti il fabbisogno idrico delle colture scelte pag. 13**
- **4. Considerazioni inerenti l'analisi del suolo pag. 16**
- **5. Considerazioni sull'ombreggiamento esercitato dai moduli fotovoltaici pag. 21**
- **6. Conclusioni pag. 24**

**BIBLIOGRAFIA pag. 25**

## **Indice delle Figure**

*Figura 1:* pag. 5

*Figura 2:* pag. 8

*Figura 3:* pag. 16

*Figura 4:* pag. 18

*Figura 5:* pag. 19

*Figura 6:* pag. 22

## **Indice delle Tabelle**

*Tabella 1:* pag. 6

*Tabella 2:* pag. 6

*Tabella 3:* pag. 7

*Tabella 4:* pag. 15

*Tabella 5:* pag. 23

## 1. Introduzione

L'impianto oggetto della presente trattazione individua la particolare tipologia ibrida nota come *agrovoltaico*, in cui i settori del sito di progetto non occupati dalle strutture elettriche proprie dell'impianto fotovoltaico (tracker, cabine, moduli, recinzione, ecc.), vengono interessati da soluzioni agro/pastorali.

Lo studio è stato finalizzato alla valutazione delle colture scelte per tale abbinamento nell'impianto in oggetto, all'interno del contesto stazionale e colturale di riferimento.

Il sito progettuale si rinviene nel settore sud-orientale dell'agro foggiano, nelle immediate vicinanze del territorio di Manfredonia. Appena più a sud del sito progettuale si rileva il *Canale Carapelluzzo*, tributario in s.i del *Torrente Carapelle*, mentre più verso nord-ovest il corso del *Torrente Cervaro*, prima col suo vecchio corso, quindi con il suo corso attuale. La giacitura del lotto è pianeggiante e l'altimetria tipica di aree pianeggianti (oscillante tra 38 e 39 m s.m.). Il sito va a collocarsi all'interno del sistema paesistico-territoriale del *Basso Tavoliere*, che descrive i ripiani più bassi del Tavoliere di Foggia, e che viene solitamente distinto dalla porzione di cerniera con i Monti Dauni, invece riferibile all'*Alto Tavoliere*.



**Figura 1** - Localizzazione del sito progettuale su Ortofoto.

## 2. Descrizione delle soluzioni colturali scelte per l'agrovoltaico

L'impianto fotovoltaico in oggetto si svilupperà all'interno di un singolo lotto ubicato in territorio di Foggia, provvisto di recinzione. All'interno dell'area recintata ogni pannello sarà ancorato al suolo con una base in metallo a **2,50 m** di altezza, ed avrà possibilità di oscillazione sul montante di ancoraggio rispetto all'orizzontale, per far in modo che essi risultino sempre perpendicolari al sole incidente. La distanza dell'interfilare dei moduli nella loro massima ampiezza (a mezzogiorno) è pari a **5,02 m**.

Nella tabella sottoindicata vengono riportati i valori dimensionali delle distinte destinazioni di superfici che compongono il lotto.

Superficie contrattualizzata (lotto + fascia esterna mitigazione) <b>(Sc)</b> (ha)	Superficie Lotti progettuali <b>(Si)</b> (ha)	Superficie delimitata da recinzione (ha)	Superficie destinata alla viabilità <b>(Sv)</b> (ha)	Superficie occupata da moduli, tracker, cabine <b>(St)</b> (ha)	Ground Coverage Ratio <b>(St+ Sv/Sc)</b> %	Superficie agricola utilizzabile (inclusa la fascia esterna di mitigazione) (ha)
32,72,36	31,29,09	31,29,09	1,97,36	25,03,03	82,52	5,71,97

**Tabella 1** – Valori complessivi delle dimensioni delle varie superfici nelle particelle progettuali.

La superficie complessiva dell'impianto è pari a **32,72,36 ha**, in gran parte rappresentata dalla superficie del lotto progettuale (**31,29,09 ha**), più la parte dedicata alla superficie agricola esterna (**1,43,27 ha**), avente anche funzione di mitigazione estetico-paesaggistica dell'impianto.

Il valore complessivo della superficie potenzialmente utilizzabile dalle colture è pari a **5,71,97 ha**, considerando anche la quota esterna alla recinzione per la fascia di mitigazione prima citata. La SAU (Superficie Agricola Utilizzata) totale dell'impianto, risulta dunque così composta.

Superficie Agricola Utilizzabile interna alla recinzione (ha)	Superficie Agricola Utilizzabile esterna alla recinzione (fascia perimetrale esterna alla recinzione) (ha)	Superficie Agricola Utilizzata (SAU) TOTALE (ha)
4,28,70	1,43,27	<b>5,71,97 ha</b>

**Tabella 2**– Dettaglio della SAU complessiva dell'impianto.

La superficie esterna alla recinzione, con funzione anche di mitigazione estetico-ambientale, darà destinato ad **oliveto**.

La superficie interna alla recinzione (4,2870 ha), che risentirà di uno scarto valutato nel 20% per tare varie (fascia di rispetto dai pannelli, prossimità alla recinzione, ecc.), e che corrisponde pertanto a **3,4296** ha, sarà interessato da **colture ortive** in avvicendamento (cima di rapa e pisello).

Invece il dato totale della superficie agricola disponibile, con la sola eccezione dell'interfilare destinata alle ortive poc'anzi indicate, sarà destinato ad un **prato di erba medica**: dunque esso si rileverà esternamente alla recinzione in consociazione con l'oliveto, e internamente, al di sotto dei pannelli (con lievi arrotondamenti nella superficie, per la presenza di cabine).

La tabella successiva esprime il dettaglio delle superfici relative alle 3 tipologie colturali individuate per l'abbinamento colturale nell'impianto fotovoltaico.

COLTURA		SUPERFICIE (ha)
Oliveto perimetrale		<b>1,4327</b>
	<i>cima rapa</i>	<b>3,4296</b>
Colture interfila	<i>pisello</i>	<b>3,4296</b>
Prato erba medica		<b>27,29</b>

**Tabella 3**– Utilizzazione agricola del sito.

### Oliveto

L'olivo è l'unica coltura legnosa agraria che sarà impiegata nell'impianto; nella fattispecie esso sarà impiantato lungo la fascia esterna alla recinzione, dove assolverà anche un ruolo di mitigazione paesaggistica dell'impianto. L'uliveto in esame avrà forma e sesto tradizionale, anche in considerazione dell'assenza di disponibilità irrigua a servizio dell'impianto, e sarà impiegata la cultivar *Coratina*, molto produttiva e diffusa in questa porzione del Basso Tavoliere (per la vicinanza alla sua area di origine nel Nord-Barese). Altre cultivar diffuse in area vasta, sono l'*Ogliarola* e la *Rotondella*, quest'ultima più tipica però della Daunia. L'ulivo (*Olea europaea*) è la forma domestica dell'ulivo - distinta dalla sua forma selvatica, l'olivastro (*Olea europea var. sylvestris*) -, ed è la specie legnosa agraria mediterranea per antonomasia. La distribuzione della coltura, come del resto l'areale di distribuzione naturale dell'olivastro, esprime chiaramente quanto esposto.



**Figura 2** – Distribuzione attuale dell'ulivo e dell'olivastro nel Bacino del Mediterraneo (Fonte:Badal *et al.*, 2013).

La specie è infatti rappresentativa del piano bioclimatico *termomediterraneo* (anche se si spinge fino al *mesomediterraneo inferiore*), oltre a essere autoctona del Mediterraneo, dove assume inoltre un forte valore simbolico.

L'optimum per la specie è rappresentato dunque da aree calde, assolate, con medie annue comprese tra 17 - 19° C, in settori costieri e sub-costieri. L'ulivo infatti soffre il freddo, motivo per cui si rinviene sempre meno spingendosi nell'entroterra e a quote altimetriche più

elevate; una media del mese più freddo di 6°C è da ritenersi il limite inferiore per la presenza della specie. I primi danni da freddo iniziano a manifestarsi a temperature di - 6°C, diventando progressivamente più importanti man mano che le temperature scendono, oltre che col perdurare della gelata.

Dal punto di vista edafico, la forma domestica è in grado di adattarsi a vari tipi di suolo, prediligendo però suoli calcarei e terre rosse, rifuggendo invece da suoli pesanti dal drenaggio difficile, dunque soggetti al ristagno idrico che la specie soffre particolarmente.

Il sito progettuale ricade all'interno di un territorio importante dal punto di vista delle produzioni-olivicole, non tanto per quantità, ma soprattutto per aspetti qualitativi, infatti esso ricade nell'area di produzione del prodotto agricolo di pregio olio extra-vergine a Denominazione di Origine Protetta **Dauno**, mezzogiorno geografica **Basso Tavoliere**.

### Cima di rapa

La cima di rapa (*Brassica rapa*) è una specie mediterranea di antica origine, indicata anche col nome di broccolo di rapa o broccoletto di rapa. Risulta molto diffusa nel meridione d'Italia dove viene coltivata in tutti i periodi dell'anno (quando si dispone di irrigazione), tuttavia le condizioni ideali di coltivazione si verificano nel periodo autunno-vernino. È una pianta erbacea appartenente alla famiglia delle *Brassicaceae*, con radici superficiali e foglie ad elevato polimorfismo, la lamina è verde chiaro, lucida, glabra, fusti ricoperti di pruina cerosa, infiorescenze (parte edule) a corimbo con fiori gialli.

La cima di rapa è considerato un ortaggio tipico pugliese, infatti è stato inserito nel 2006 nell'elenco dei prodotti tipici regionali (PAT), ed è di fatto uno degli ortaggi più importanti in termini di superfici investite nel territorio regionale. Più recente la sua diffusione anche in Italia settentrionale, nonché all'estero (USA e Canada). In provincia di Foggia le *Brassicaceae* (quali la cima di rapa e altri cavoli) assumono un ruolo importante sia dal punto di vista economico che agronomico, entrando a far parte delle rotazioni colturali tipiche per la Capitanata, con il ruolo di specie intercalari nella stagione autunno-invernale, a seguire o a precedere colture principali quali il grano duro, il pomodoro da industria o la barbabietola da zucchero.

Le varietà coltivate (cultivar) si distinguono principalmente in funzione della precocità, carattere considerato molto importante, dal punto di vista sia agronomico sia commerciale e quindi economico. In realtà per la cima di rapa non si parla di vere cultivar, bensì di popolazioni locali costituite dalla selezione operata nel tempo dagli agricoltori delle diverse aree di diffusione. Nel sud Italia è possibile individuare oltre cento popolazioni di cima di

rapa. Le popolazioni si differenziano soprattutto per la lunghezza del ciclo colturale, variabile da 45 giorni per le popolazioni più precoci ad oltre 200 giorni per quelle tardive.

L'impianto avviene prevalentemente per semina diretta, in questo caso su sodo, con seminatrice meccanica, seguita da eventuale diradamento manuale. La semina può avvenire a fine estate dopo le prime piogge, nelle coltivazioni prive di impianto di irrigazione, prevedendo per quest'ultima interventi di soccorso durante il ciclo. Stress idrici possono determinare prefioritura oppure mancato sviluppo dell'infiorescenza e calo della produzione, così come eccessi di umidità determinano la perdita per lisciviazione degli elementi nutritivi mobili, azoto in particolare, e insorgenza di malattie e fisiopatie. La concimazione del terreno durante la crescita delle piantine non è sempre necessaria, anche se è opportuno che il terreno sia ricco di sostanze nutritive già prima della semina. Poiché la coltura si avvantaggia di una buona dotazione di fertilità del terreno, si consiglia di inserirla nell'avvicendamento in successione ad una leguminosa.

Durante il ciclo colturale sono necessari interventi manuali per eliminare le infestanti e mantenere porosa la superficie del terreno. La raccolta avviene manualmente a scalare a partire da novembre- dicembre, prima che i fiori si schiudano.

### Pisello

Il pisello (*Pisum sativum*) è una pianta erbacea annuale originaria dell'area mediterranea orientale appartenente alla famiglia delle Leguminose (*Fabacee*). Risulta provvista di un solo stelo cilindrico sottile e debole di lunghezza variabile da 0,30 a 3 metri, a seconda della varietà ("piselli nani", "piselli seminani" e "piselli rampicanti"). L'epidermide è glabra e glauca, l'infiorescenza è ascellare, a racemo pedunculato, con 1-2 fiori vistosi, bianchi e grandi. Il frutto è un legume tipico costituito da un baccello contenente da 4 a 10 semi. Il pisello ha una radice marcatamente fittonante che si sviluppa fino a 80 cm di profondità, con numerose ramificazioni; mentre le foglie sono composte da 1-2 paia di foglioline grandi, da uno o più paia di foglioline piccole e da un cirro terminale ramificato sviluppatissimo. Il ciclo biologico varia da 2 a 5 mesi, è più breve nelle cultivar nane.

La granella, ricca di amidi e proteine, può essere consumata fresca o secca, tuttavia oggi è più diffuso l'utilizzo del fresco, la cui consumazione è estesa a tutto l'arco dell'anno e ciò è anche favorito dalle moderne tecniche di surgelazione.

Il pisello ha limitate esigenze di temperature per crescere e svilupparsi, e rifugge dai forti calori e dalla siccità, per questo motivo può essere coltivata con successo negli ambienti o nelle stagioni fresche. Teme moltissimo i ristagni di umidità che rendono il terreno freddo e

asfittico, ma non ha esigenze particolari circa la natura del terreno, purché siano terreni piuttosto sciolti, per tessitura e struttura, caldi, ben areati, con moderato contenuto di calce e pH compreso tra 6,5 e 7,5 e di buona capacità idrica.

Per il pisello da pieno campo, si tende alla completa meccanizzazione dalla semina fino alla raccolta che deve essere unica. Per cui le regole da seguire sono: scelta di varietà nane, a maturazione contemporanea, a bassa “velocità di maturazione”, cioè che si mantengano teneri e dolci anche in caso di raccolta un po’ ritardata; è inoltre necessario assicurare all’industria una lavorazione prolungata e uniforme, mediante coltivazioni opportunamente pianificate per quanto riguarda l’epoca di semina e la precocità di raccolta. Le varietà adatte alla coltura di pieno campo, e quindi alla raccolta meccanica, sono quelle nane o semi-nane, a maturazione contemporanea; il panorama varietale è vastissimo e in rapida evoluzione.

Il pisello è un’ottima coltura miglioratrice in quanto libera presto il terreno, lo lascia pulito dalle malerbe e lascia un buon residuo di azoto, stimabile dell’ordine di 40-60 Kg/ha, pertanto è utile coltivarlo in avvicendamento con colture sfruttanti (ad esempio cereali).

Per la preparazione del terreno, in occorrenza della semina è sufficiente un affinamento superficiale dello stesso, data la grossezza del seme. Per la semina si usano in genere le seminatrici universali da frumento, avendo cura di controllare che i semi non siano spaccati dal distributore; i semi vanno posti alla profondità di 50-70 mm, onde ridurre la predazione da parte degli uccelli e roditori.

Il pisello destinato all’industria di surgelazione va raccolto ad un giusto grado di maturazione, che va valutata dalla tenerezza del seme, misurata in gradi tenderometrici. Un altro aspetto qualitativo importante da determinare al momento della raccolta del pisello è il calibro dei semi, il cui valore per le diverse varietà presenti in commercio deve variare tra 8,75 e 12,20 millimetri.

La raccolta del pisello da industria avviene attraverso l’operazione di pettina-sgranatura, con macchina semovente che stacca i baccelli e sgrana solo questi.

Si vuole evidenziare, come l’importanza delle leguminose da granella sia un tema molto attuale, tanto che la Food and Agriculture Organization (FAO) ha dedicato il 2016 a tale tema (Anno internazionale dei legumi), definiti “semi nutrienti per un futuro sostenibile”.

### Cover crops

L’intera superficie agricola utilizzabile dell’impianto con la sola eccezione dell’interfila destinata alle ortive in precedenza indicate, e incluso il complesso della superficie

ombreggiata sotto i moduli fotovoltaici, sarà interessata dalla trasemina di colture dette *cover crops*. Il termine si riferisce al complesso delle leguminose foraggere autoriseminanti in grado di assolvere a molteplici importanti funzioni, grazie alle caratteristiche ecologiche e produttive delle specie considerate. Questo prezioso gruppo di colture ha inoltre il pregio di essere adattabili a situazioni climatiche difficili, di avere una bassa richiesta di input energetici (autosufficienza nei riguardi dell'azoto) e di persistere sulla stessa superficie per più anni grazie al meccanismo dell'autorisemina.

Dal punto di vista gestionale, nella consociazione con colture arboree diventa fondamentale ridurre al minimo la competizione per l'acqua e nutrienti tra specie erbacea e specie arborea. Nell'ambiente mediterraneo, la maggior parte delle specie arboree si sviluppano e fruttificano in estate, periodo in cui le leguminose sono presenti nel terreno come seme in uno stato di vita latente. In questo modo si realizza una spiccata complementarità che riduce al minimo i fenomeni di competizione e permette una maggiore efficienza d'uso delle risorse ambientali. In generale le specie arboree manifestano delle flessioni nelle produzioni nell'anno d'impianto delle *cover crops*, ma successivamente le rese tendono a crescere per poi stabilizzarsi a livelli anche superiori a quelli ottenuti con la gestione convenzionale del suolo.

Tra le leguminose pratensi autoriseminanti si ricordano la sulla (*Hedysarum coronarium*), l'erba medica (*Medicago sativa*), i trifogli (*Trifolium* sp.), la lupinella (*Onobrychis viciifolia*), il ginestrino (*Lotus corniculatus*), la veccia (*Vicia sativa*), la vigna (*Vigna unguiculata*). Tra queste, l'erba medica è considerata la regina delle foraggere grazie alla elevata appetibilità, all'elevato contenuto in sostanze nutritive, in particolare proteine (22% s.s. nel foraggio fresco) ed estrattivi inazotati (43% s.s. nel foraggio fresco), e alla elevata produttività (quantità di biomassa foraggera/ha). La sulla è particolarmente resistente alla siccità, adattabile e rustica, tanto che si trova spesso spontanea nelle praterie mediterranee.

Tornando all'erba medica, come detto, la specie di riferimento per questo gruppo di colture, è una sottospecie della *Medicago sativa*: *Medicago falcata* subsp. *falcata* (famiglia *Fabaceae*), ed è una pianta erbacea poliennale, diffusa a livello spontaneo in tutte le regioni italiane (si ricorda però come la specie rifugga da suoli acidi). Questa che è da considerarsi come vera eccellenza tra le piante foraggere, sarà la specie che andrà a costituire il prato monospecifico di *cover crops* previste nell'impianto, nelle modalità già precedentemente descritte.

### 3. Considerazioni inerenti il fabbisogno idrico delle colture scelte

L'irrigazione deve soddisfare il fabbisogno idrico della coltura evitando di superare la capacità di campo allo scopo di contenere lo spreco di acqua, la lisciviazione dei nutrienti e lo sviluppo di avversità. L'inizio della stagione irrigua, i turni, i volumi di adacquamento e la fine della stagione irrigua richiedono una serie di conoscenze e la considerazione dei parametri di seguito indicati.

- *Esigenze della specie.*

- *Quantità dell'acqua disponibile.*

- *Qualità dell'acqua disponibile.* La conoscenza delle caratteristiche dell'acqua è importante per la scelta dei filtri e dell'eventuale trattamento preventivo a cui sottoporre l'acqua. I principali parametri da valutare sono sia di natura biologica (batteri, ecc.) che di natura chimica. In particolare la conducibilità dell'acqua, espressa in  $E_{cw}$  (mS/cm) deve essere  $< 1,0$ . Nei climi mediterranei è abbastanza comune l'irrigazione con acque sub-ottimali per la salinità. In tal modo si avrebbe un accumulo di sali nel terreno che diventerebbe molto pericoloso se non intervenisse l'azione dilavante delle piogge autunno-invernali. Per questo motivo nei climi caldo aridi può essere utile talora irrigare anche colture autunno vernine (ad es. lattuga, cavolfiore, spinacio, finocchio) o autunno primaverili (ad es. erbai, pisello) che si dimostrano mediamente tolleranti all'impiego di acque salse. Infatti nel periodo delle piogge tali acque hanno minore salinità e il terreno viene dilavato dalle piogge.

- *Caratteristiche del terreno* (in particolare il potenziale idrico, e la conducibilità idraulica).

- *Parametri climatici* (con particolare riferimento alla temperatura, all'umidità, al vento, alla radiazione solare, e i conseguenti livelli di traspirazione ed evapotraspirazione, e alla piovosità).

Di seguito vengono descritti i fabbisogni delle colture che saranno impiegate nell'impianto.

### Olivo

Il volume irriguo stagionale dell'olivo deve contenersi tra **i2000 e i 3000 mc/ha**. Esso varia in funzione dell'andamento climatico e della densità d'impianto. Le punte massime si raggiungono con circa 400 piante/ha (sesto d'impianto 5 x 5 m o 6 x 4 m). L'olivo è particolarmente sensibile alla carenza idrica in fase di: accrescimento dei nuovi rami al risveglio vegetativo, fioritura – allegagione, accrescimento dei frutti.

In annate particolari con inverni a decorso siccitoso, in cui si arriva al risveglio vegetativo con scarsa umidità nel terreno, si consiglia di intervenire con una irrigazione (in aprile) con 500 mc/ha.

Con il metodo irriguo a pioggia, per una produzione ottimale, mediamente si suggeriscono i seguenti interventi irrigui:

- 2 interventi da 500 mc/ha ognuno tra metà maggio e fine giugno;
- 2 interventi da 600 mc/ha ognuno tra fine giugno e metà agosto.

Con l'irrigazione a goccia (o a zampillo), si possono mantenere intervalli irrigui più corti e fare salire massimo fino a 10 il numero degli interventi. Per ogni intervento non si deve in ogni caso superare un volume d'adacquamento di 300 mc/ha.

### *Cima di rapa*

La coltura si beneficia di adacquate di soccorso in particolare nella fase di germogliamento in tarda estate. Per ottenere elevate produzioni tuttavia è necessario che il terreno si mantenga umido durante tutto il ciclo colturale. Considerando che l'apparato radicale non si approfondisce oltre i 30-50 cm nel terreno, non sono necessari elevati volumi di adacquamento. Tuttavia, a causa dello scarso approfondimento delle radici la pianta ha scarsa capacità di estrazione idrica, per cui stress all'inizio e alla fine del ciclo possono pregiudicare qualità e quantità. Il fabbisogno irriguo della coltura, se il ciclo si svolge in autunno-inverno, è di circa **1500-2500 mc/ha**.

### *Pisello fresco da industria*

La coltura è normalmente condotta in asciutto, essendo sufficiente l'umidità del terreno nel ciclo vernino-primaverile ed essendo tali piante dotate di un apparato radicale in grado di approfondirsi dai 60 ai 120 cm nel terreno. Tuttavia la produzione si avvantaggia della presenza di acqua nella fase dalla semina fino alla formazione del seme. Regimi idrici elevati aumentano l'altezza delle piante, la lunghezza e il numero degli internodi, il peso fresco della

granella e ne ritardano la maturazione. Di contro una eccessiva umidità durante la maturazione del prodotto favorisce lo sviluppo vegetativo della pianta rendendo difficoltosa la raccolta. Il volume di irrigazione stagionale ottimale può considerarsi di **1200–1900 mc/ha**.

#### *Prato leguminose autoriseminanti*

Il fabbisogno irriguo della cover crops che sarà impiegata nell'impianto è molto contenuto, e di circa **350 a 550 mc/ha** al netto delle piogge. Ciò si deve all'origine dell'antenato spontaneo dell'erba medica, negli altipiani dell'Iran, da cui la coltura ha ereditato una moderata resistenza al freddo, e soprattutto una spiccata al caldo torrido e secco. La resistenza alla siccità si deve anche al suo apparato radicale, che laddove non trova ostacoli e dunque in suoli adatti, è in grado di approfondirsi notevolmente.

Di seguito si riporta la stima dei costi correlati all'irrigazione delle colture nel sito in esame, i valori sono basati sul tariffario dell'Ente Acquedotto Pugliese delle acque per uso agricolo.

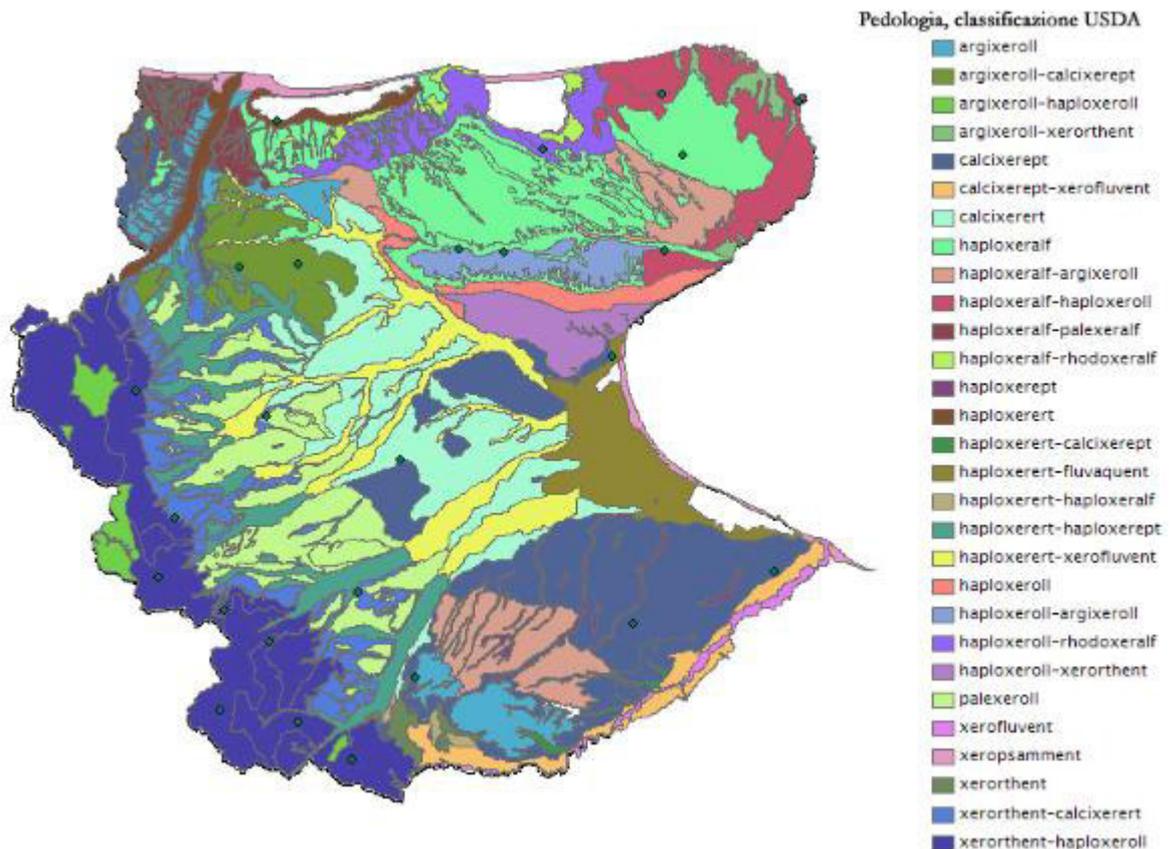
COLTURE	Superficie investita		fabbisogno irriguo unitario	fabbisogno totale annuo	tariffa base (fino a 365 mc)	tariffa eccedenza (oltre 365 mc)	spesa base	spesa eccedenza	Spesa irrigua totale/anno
	(ha)		mc/ha	mc	€/mc (*)	€/mc (*)	€	€	€
<b>Oliveto</b>		1,4327	2500	3581,75	1,325	1,76	483,62 5	3757,6	<b>4241,23</b>
<b>Ortive interfila</b>	<i>cima rapa</i>	3,4296	2000	6859,2	1,325	1,76	483,62 5	2877,6	<b>3361,225</b>
	<i>pisello</i>	3,4296	1550	5315,88	1,325	1,76	483,62 5	2085,6	<b>2569,225</b>
<b>Prato erba medica</b>		27,2901	450	12280,545	1,325	1,76	483,62 5	149,6	<b>633,225</b>
<b>TOTALE</b>									<b>10804,9</b>

**Tabella 4** – Stima del fabbisogno idrico delle colture previste nell'impianto.

#### 4. Considerazioni inerenti l'analisi del suolo

(in collaborazione col dott. agr. Filippo Mele)

Le unità geologiche del Tavoliere hanno generato in particolare suoli riferibili ai *Cambisol*, *Vertisol*, *Luvisol*. In accordo alla Soil Taxonomy trattasi essenzialmente di *Palixeralfs*, su argille, e *Palixerolls*, sui conglomerati (USDA, 1998).



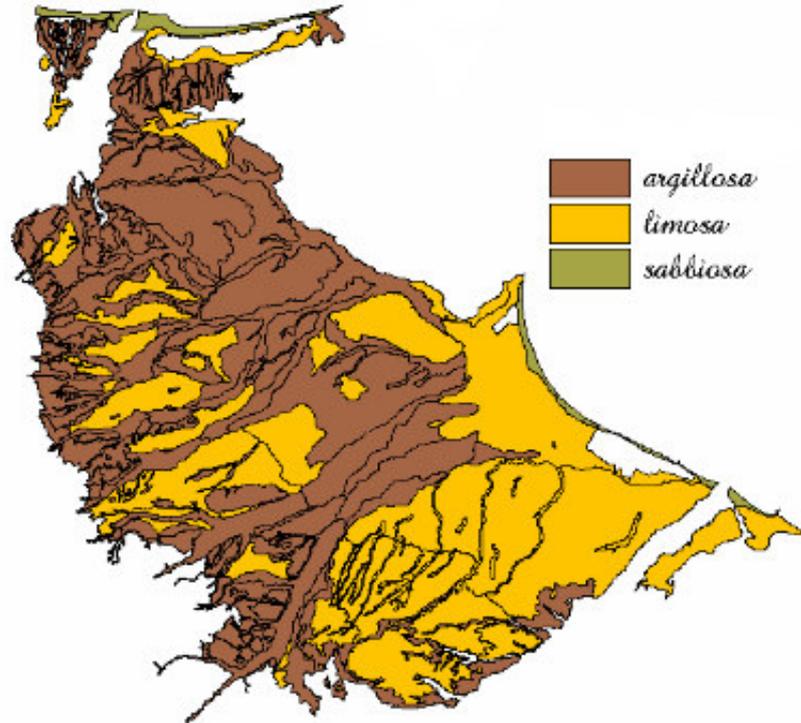
**Figura 3** – Mappa pedologica (classificazione USDA) della provincia di Foggia

I suoli appartenenti alla classe *Palixeroll* presentano la peculiarità di un orizzonte petrocalcico molto indurito (anche noto con i termini gergali *chitro*, o *crusta*) difficilmente penetrabile dall'apparato radicale, che può incontrarsi nell'orizzonte pedologico a profondità

variabili (35-100 cm). Tale strato si forma nei clima aridi e sub-aridi per arricchimento di carbonati dovuto all'eccesso di traspirazione. Quando tale orizzonte è piuttosto superficiale, esso viene macinato con conseguente aumento dello scheletro, ma non nel calcare attivo. La mappa pedologica sopra raffigurata, mostra come tale tipologia di suoli sia tuttavia diffusa nell'area dell'Alto Tavoliere.

I suoli del Basso Tavoliere a cui è riferibile il sito progettuale, appaiono generalmente piuttosto profondi, mostrano una evidente argillosità, e un caratteristico colore scuro in superficie. Trattasi, complessivamente di suoli fertili, dal buon franco di coltivazione e in cui lo scheletro è scarso o nullo. In genere sono suoli dalla buona ritenuta idrica, tale loro peculiarità li rende adatti in particolare alla coltivazione di seminativi, infatti molto diffusi. Laddove si osservano substrati originatisi su alluvioni recenti, questi possono spesso essere pesanti, a causa di un difficile drenaggio; quanto descritto rappresenta l'ostacolo principale alle colture nel Basso Tavoliere, in particolare per alcune tipologie colturali quali l'ulivo (infatti localizzato nel territorio considerato).

La mappa sottoindicata evidenzia come i suoli argillosi si concentrino in particolare nel settore centrosettentrionale del Basso Tavoliere e nell'Alto Tavoliere. Il sito progettuale si ritrova in un settore già prossimo alla transizione verso il settore meridionale del Basso Tavoliere, dove diventano diffusi i suoli limosi.



**Figura 4** – Distribuzione dei suoli nel Tavoliere di Foggia (Basso e Alto), classificati in base alla tessitura.

Al fine di una puntuale comprensione delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli che ospiteranno l'impianto, il Committente ha richiesto una specifica analisi del suolo.

Di seguito si riportano i risultati derivanti dal prelievo di campioni di suolo all'interno della particella progettuale.



RAPPORTO DI PROVA N° 38/22

LAB N° 0750 L

Modello MQ 27/01  
Ed.0 Rev.0 del 30/07/13

SPETT.  
PROGETTO ENGINEERING SRL  
VIA DEI MILLE N. 5  
74024 MANDURIA (TA)

Data emissione 21/02/2022

Tipo campione Terreni uso agricolo  
Data ricevimento campione 10/01/2022  
Descrizione campione TERRENO IN AGRO DI FOGGIA  
Foglio n. 160 particella n. 60 ^  
Il Cliente (nella figura del Dott. Agr. F. MELE Iscrizione albo n. 1336)  
Campionatore  
Confezione campione Sacchetto in plastica  
Condizione del campione/Sigilli Conforme  
Restituzione campione No

Protocollo Campione 38/1 del 10/01/22 Data Inizio Prove 10/01/2022 Data Fine Prove 14/02/2022

Etichetta/Lotto

Indagine eseguita	Risultato	U.M	Metodo	Limiti
Scheletro*	51	g / Kg	D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 2°V10/1999 Met. IL 1	
Tessitura*			D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 2°V10/1999 Met. IL 5	
Sabbia	218	g / Kg		
Limo	277	g / Kg		
Argilla	506	g / Kg		
pH in acqua*	7,5	unità di pH	D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 2°V10/1999 Met. III 1	[ Min 6,5 ; Max 7,5 ] (vc)
Conducibilità elettrica*	421	µS / cm	D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 2°V10/1999 Met. IV. 1.3	
Calcare attivo*	#45 #	g / Kg	D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 2°V10/1999 Met. V.2	[ Min 50 ; Max 150 ] (vc)
Calcare totale*	60	g / Kg	D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 2°V10/1999 Met. V.2	
Carbonio organico*	11,9	g / Kg	DM 13/09/1999 SO n°185 GU n° 248 2°V10/1999 Met.VII 3	[ Min 7 ; Max 20 ] (vc)
Sostanza organica*	20,4	g / Kg	D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 2°V10/1999 Met. VII 3	[ Min 20 ; Max 30 ] (vc)
Capacità di scambio cationico*	32,3	cmol(+)/ Kg	D.M. 13/09/99 SO n° 185 GU n° 248 2°V10/1999 Met. XIII. 2	
COMPLESSO DI SCAMBIO PERCENTUALE*			DM 13/09/1999 SO n°185 GU n°248 2°V10/1999 Met XIII.2 e XIII.5	
Potassio	4,4	% CSC		[ Min 2 ; Max 5 ] (vc)
Sodio	#1,3 #	% CSC		Max 1 (vc)
Calcio	#107,5 #	% CSC		[ Min 70 ; Max 80 ] (vc)
Magnesio	#8,6 #	% CSC		[ Min 10 ; Max 15 ] (vc)

Pagina 1 di 2

SECURITY and QUALITY s.a.s.  
S.C. Borgo Scorzone, 8 - 70013 CASTELLANA GROTTA (BA)  
P.IVA/C.F.: 05556460722 - tel. e fax: +39 080 4061511 - e-mail: [security.and.quality@libero.it](mailto:security.and.quality@libero.it)

Figura 5 – Risultati delle analisi del suolo.

**Studio ambientale-forestale Rocco Carella**

[roccocarella@yahoo.it](mailto:roccocarella@yahoo.it) [carellarocco@pec.it](mailto:carellarocco@pec.it) Tel. 3278865622 whatsapp: 3760819533

Dalle analisi chimiche e chimico-fisiche effettuate su campioni rappresentativi dei terreni destinati alla realizzazione dell'impianto agrovoltico, si possono trarre le seguenti conclusioni: i terreni in oggetto, a pH sub alcalino, mediamente argillosi, non salini, sono ben dotati di cationi scambiabili (potassio, calcio, magnesio), ben dotati di azoto e fosforo assimilabile, caratterizzati da una buona struttura (giusta dotazione di sostanza organica) e di elevato potere adsorbente (buona CSC). Pertanto essi risultano caratterizzati da elevata fertilità complessiva. La fertilità chimica e chimico-fisica può essere conservata e implementata grazie all'investimento a colture miglioratrici come le leguminose, che fissano l'azoto atmosferico e le cover crops che aiutano a mantenere una buona struttura, aiutando a ridurre la necessità della concimazione minerale. A tale scopo, è conveniente aprire l'avvicendamento con la coltura della leguminosa nell'interfila, perché possa avvantaggiarsene la coltura ortiva successiva. Allo stesso modo può essere conveniente il sovescio (interramento) della cover crop di tanto in tanto in alternativa allo sfalcio.

## **5. Considerazioni inerenti l'ombreggiamento esercitato dai moduli fotovoltaici**

Il rendimento e la produttività di un impianto fotovoltaico dipendono da numerosi fattori, non soltanto dalla potenza nominale e dall'efficienza dei pannelli installati. La resa complessiva dell'impianto dipende anche dal posizionamento dei pannelli, dalla struttura elettrica del loro collegamento in stringhe e sottocampi, dalla tipologia e dalle prestazioni dei componenti di raccolta e conversione dell'energia prodotta, dalla tipologia e dalla lunghezza dei cablaggi e dei cavi utilizzati per il trasporto dell'energia. Oltre al posizionamento dei pannelli in configurazione fissa, che consente di massimizzare la captazione di energia radiante del sole nelle fasce orarie centrali della giornata, esistono anche tecnologie di inseguimento solare, che possono essere ad un asse o a due assi.

Per l'impianto in progetto si è optato per una tecnologia ad inseguimento monoassiale, che permette di massimizzare, con ingombri praticamente simili a quelli richiesti da una configurazione fissa, l'occupazione di territorio e al contempo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. L'inclinazione e l'orientamento dei moduli sono stati scelti per ottimizzare la radiazione solare incidente: i moduli saranno orientati a sud con inclinazione variabile da  $-55^\circ$  a  $+55^\circ$ , in modo da consentire la massima raccolta di energia nell'arco dell'anno unitamente ad una ridotta superficie di esposizione al vento con la tecnologia ad inseguimento ad un asse.

In riferimento alle zone d'ombra, sulla base della configurazione di inseguimento solare monoassiale adottata, è possibile desumere che:

- durante le prime ore del mattino e le ultime ore della sera (angolo compreso tra la direttrice dei raggi solari e l'orizzontale minore di  $20^\circ$ ) le zone interfilari saranno interessate da ombre;
- durante le ore centrali (angolo compreso tra la direttrice dei raggi solari e l'orizzontale compreso tra  $20^\circ$  e  $90^\circ$ ) le zone interfilari non saranno interessate da ombre;
- le aree sottese ai tracker monoassiali, per natura della tecnologia ad inseguimento solare, saranno interessate da ombre durante tutto l'arco della giornata.

Studio ambientale-forestale Rocco Carella

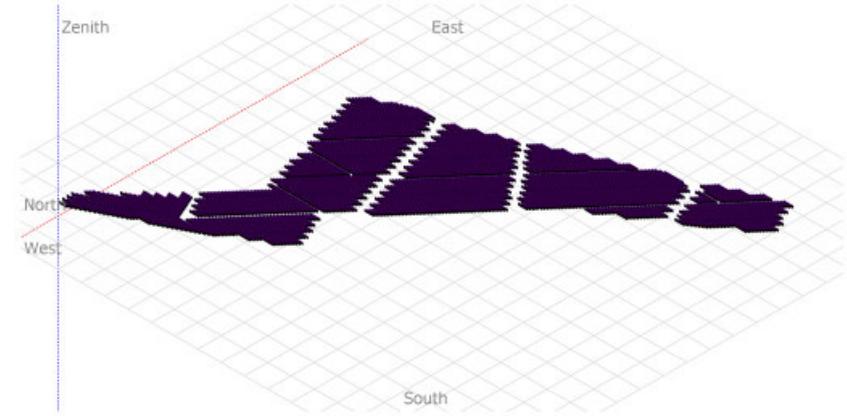
[roccocarella@yahoo.it](mailto:roccocarella@yahoo.it) [carellarocco@pec.it](mailto:carellarocco@pec.it) Tel. 3278865622 whatsapp: 3760819533

Project : 19\_28\_PV\_KLP\_MAN\_AGRI

Simulation variant : 16.12.2021

Main system parameters	System type	Tracking system	
Near Shadings	Linear shadings		
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt	0°	Axis Azimuth 180°
PV modules	Model	Trinasolar Vertex 480	Pnom 480 Wp
PV Array	Nb. of modules	59400	Pnom total 28512 kWp
Inverter	Model	SG3125HV	Pnom 3125 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 21875 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

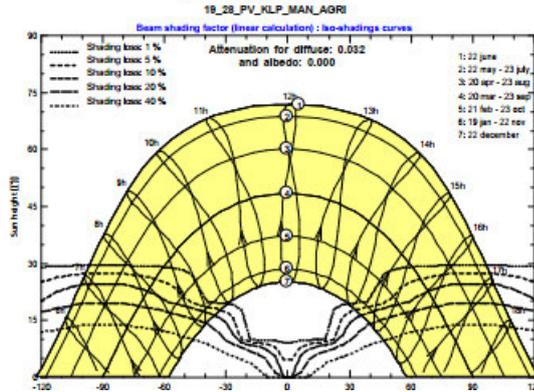


Figura 6 – Diagramma dell'ombreggiamento (Elaborazione Studio Progetto srl).

Height	Azimuth																		
	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20°	0.000	0.000	0.000	0.101	0.181	0.183	0.104	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.103	0.183	0.184	0.105	0.000	0.000	0.000
10°	0.000	0.000	0.331	0.468	0.525	0.531	0.487	0.355	0.001	0.003	0.005	0.337	0.473	0.529	0.533	0.488	0.356	0.000	0.000
2°	0.000	0.658	0.807	0.857	0.876	0.879	0.870	0.833	0.696	0.025	0.681	0.821	0.867	0.884	0.884	0.872	0.831	0.684	0.000

\*shading factor for diffuse: 0,032 and for albedo 0,000

**Tabella 5** – Shading table (Elaborazione Studio Progetto srl).

L'agricoltura ha sempre fatto i conti con l'ottimizzazione degli spazi disponibili al fine di ottenere la massima resa per ettaro, coltivando il numero massimo di piante per l'unità di superficie senza ridurre la produttività per pianta. Ciò è vero a maggior ragione nella consociazione tra colture arboree e colture erbacee o ortive, poiché la chioma degli alberi provoca intercetta parte della radiazione incidente al suolo, così traducendosi in una limitazione per l'attività fotosintetica delle coltivazioni sottostanti. Nell'agrovoltaico si presentano analoghe problematiche, per via degli ingombri e dell'ombreggiamento da parte dei moduli fotovoltaici.

Nel periodo primaverile-estivo, in particolare nei climi aridi, l'ombreggiamento potrebbe essere vantaggioso per ridurre l'evapotraspirazione, mentre nel periodo autunno-invernale la riduzione dell'intensità luminosa potrebbe creare una riduzione della fotosintesi.

Ciò andrebbe a discapito dello sviluppo e della produzione di zuccheri nella pianta, in particolare nelle specie eliofile. Tuttavia se consideriamo le colture foraggere o le colture ortive da foglia, il problema è di importanza ridotta. Per quanto detto, le colture impiegate all'interno della recinzione, e quindi maggiormente sensibili all'ombreggiamento rilevato, risultano scelte in modo opportuno, trattandosi per l'appunto di ortive e foraggere.

## 6. Conclusioni

L'agrovoltaico oggetto della presentazione trattazione, è una interessante tipologia impiantistica vista la sua capacità di contenimento degli impatti di un classico impianto fotovoltaico a terra, tra l'altro rappresentando una garanzia per la persistenza dell'attività agricola (Abidin *et al.*, 2021), particolarmente rassicurante nella complicata e incerta contingenza attuale.

L'analisi qui presentata, provvedendo ad una descrizione delle principali caratteristiche delle colture scelte per l'abbinamento colturale alle strutture fotovoltaiche nell'impianto in oggetto, ha accertato come esse appaiano individuate in modo opportuno. Questo è vero, non solo in funzione delle rispettive esigenze ecologiche, colturali ed agronomiche, evidentemente consone al contesto stazionale (approfonditamente descritto nella relazione del progetto agrovoltaico), ma anche considerando la loro localizzazione all'interno dell'impianto, sulla base dello spazio e delle limitazioni qui presenti.

Va sempre considerato, approcciandosi ad analisi sull'agrovoltaico, come siano da tener conto riduzioni nelle produzioni medie, rispetto a quanto osservabile per le stesse colture presenti in pieno campo nelle prossimità di un dato sito. Tuttavia, gli indubbi vantaggi apportati da questa pratica e la capacità dell'agrovoltaico di incidere positivamente sul contesto in esame (miglioramento agro-ambientale), a tal proposito si pensi agli innumerevoli vantaggi che deriveranno dall'impiego di *cover crops* su gran parte della superficie dell'impianto, travalicano decisamente agli aspetti prima indicati.

Aprile 2022

Dott. For. Rocco Carella



## BIBLIOGRAFIA

AA. VV., 1990 – *Orticoltura*. Patron Editore

Abidin M.A.Z., Mahyuddin M.N. & Zainuri M.A.A.M., 2021. *Solar photovoltaic architecture and agronomic management in agrovoltaic system: a review*. Sustainability 13, 7846. Doi.org/10.3390/su13147846

Badal E., Carrión Y. & Ntinou M., 2013. *Neolithic woodland in the north Mediterranean basin: A review on Olea europaea L.* Proceedings of the Fourth International Meeting on Anthracology, Brussels.

Barrile V. 2011 - *Ruolo di leguminose annuali autorisemanti in ambiente mediterraneo*. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Catania.

Campos C.G.C., Malinovski L.I., Vieira H.J. & Lima Da Silva A., 2016. *Global solar radiation intercepted by grapevines trained to a vertical trellis system*. Rev. Bras. Frutic., 38 (3): e689. Doi: 10.1590/0100-29452016689.

Dalla Marta A., Di Stefano V., Cerpvic Z.G., Agati G. & Orlandini S., 2008. *Solar radiation affects grapevine susceptibility to Plasmopara vitivcola*. Sci. Agric., 65 (special issue): 65-70.

Di Gioia P. & Santamaria P., 2009. *Cavolfiore, cavolo broccolo e cima di rapa*". Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Università degli Studi di Bari.

Guidi F., 2015 - *Il settore vitivinicolo pugliese. Analisi del fabbisogno di innovazione*.

**Studio ambientale-forestale Rocco Carella**

[roccocarella@yahoo.it](mailto:roccocarella@yahoo.it) [carellarocco@pec.it](mailto:carellarocco@pec.it) Tel. 3278865622 whatsapp: 3760819533

Lorusso D., 2013 – *Il clima nel vino. Metodi di ricostituzione e impatti economici delle fluttuazioni climatiche nelle regioni vitivinicole (secoli XVII-XX)*. Tesi di dottorato di ricerca. Università degli Studi di Milano.

MIPAAF, Rete Rurale Nazionale 2007-2013 – *Atlante del Territorio Rurale, Dossier di Foggia*.

Pignatti S., 2002 - *Flora d'Italia*, Voll. I-III. Edagricole.

Riaz S., De Lorenzis G., Velasco D., Koehmstedt A., Maghradze D., Bobokashvili Z., Musayev M., Zdunic G., Lacou V., Walker M.A., Failla A., Preece J.E., Aradhya M. & Arroyo-Garcia R., 2018 – *Genetic diversity analysis of cultivated and wild grapevine (Vitis vinifera L.) accessions around the Mediterranean basin and Central Asia*. BMC Plant Biol. 18 (1): 137. doi: 10.1186/s12870-018-1351-0.

***Pagine web consultate***

<http://www.bonificacapitanata.it/irrigazione/fabbisogni-irrigui-delle-colture>

<http://www.agricoltura.regione.campania.it/disciplinari/2017/erbamedica.pdf>

<https://www.aqp.it/clienti/tariffe/prezzi-ato-puglia/dettagli-articolazione-tariffaria>