



REGIONE PUGLIA



COMUNE DI POGGIO
IMPERIALE



COMUNE DI LESINA



COMUNE DI SAN PAOLO
CIVITATE



COMUNE DI APRICENA

Nome Progetto / Projet Name

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO,
DENOMINATO POGGIO 2
POTENZA INSTALLATA 20,35 MW
CON PANNELLI SU SUPPORTO TRACKER
AD ASSE ORIZZONTALE IN AGRO DI
POGGIO IMPERIALE, LESINA, SAN PAOLO CIVITATE,
E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

committente	Titolo documento /Document title		
	PIANO COLTURALE		
GC POGGIO IMP II	Tavola /Pannel	Codice elaborato /Code processed	
	PNO	PG2_PNO_CLT_004	

00	12/2022	PROGETTO DEFINITIVO			
N.	Data Revisione	Descrizione revisione	Preparato	Vagliato	Approvato

Specialista / Specialist	Sviluppatore / Developer	
Dott.ssa Agr. Francesca De Santo		RENEWABLE CONSULTING

Progettisti / Planner	Renewable Consulting Srl		
	Nome file	Dimensione cartiglio	Scala
	PG2_PNO_CLT_004	A4	/

Sommario

2.DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
2.1 Definizioni	4
3.EFFETTI MICROCLIMATICI DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO.....	6
3.1 Radiazione Solare.....	6
3.2 Temperatura	7
3.3 Evapotraspirazione	7
4.ESPERIENZE DI COLTIVAZIONE CON IL SISTEMA AGRIVOLTAICO.....	8
5.STATO ATTUALE DELLA SUPERFICIE AGRICOLA INTERESSATA DALL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO	9
6.COLTIVAZIONE FUTURA.....	12
6.1 Superficie effettiva a scopo agricolo.....	12
6.2 Suddivisione delle coltivazioni per area di impianto	12
6.2.1 Area 1	12
6.2.2 Area 2.....	13
6.2.3 Area 3.....	14
6.3 Coltivazione del suolo coperto dalle stringhe di impianto	15
6.4 Coltivazione delle fasce ecologiche.....	16
7.TECNICHE AGRONOMICHE	17
7.1 Avvicendamenti colturali.....	17
7.2 Consociazione.....	18
7.3 Lavorazioni	18
7.3.1 Lavori preparatori principali	19
7.3.2 Lavorazioni complementari e di coltivazione	19
7.4 Irrigazione.....	22
7.5 Trapianto e semina.....	22
7.6 Concimazione	23
7.7 Difesa integrata	23
8.MITIGAZIONI E COMPENSAZIONI	24
8.1 Definizioni	24
8.2 Misure per incremento e tutela della fauna e biodiversità	24
8.3 Misure a protezione del suolo dagli inquinanti di origine agricola.....	26
9.MONITORAGGIO DELLA COLTIVAZIONE	27
8.1 Sensore di Bagnatura fogliare	27
8.2 Sensori di Umidità, Temperatura e Conducibilità elettrica del suolo.....	27
9.ANALISI MULTICRITERIO	28

10.CONCLUSIONI.....31
11.BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....32

1.PREMESSA

Con la presente relazione si vuole illustrare il piano colturale relativo al progetto riguardante la realizzazione di un sistema agrivoltaico di 20,35 MW in agro di Lesina e Poggio Imperiale (FG) su una superficie totale di 35 ha. L'impianto è incluso nel progetto denominato "Agripuglia", che prevede la realizzazione di cinque sistemi agrivoltaici ubicati in siti differenti, con il coinvolgimento di più partner come Legambiente Puglia, CIA Agricoltori Italiani Capitanata, Università degli Studi di Foggia Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria, la Diocesi di San Severo e Anffas Torremaggiore.

2.DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto riguarda la realizzazione di un sistema integrato agrivoltaico, caratterizzato dalla realizzazione di un impianto solare monoassiale orizzontale e la coltivazione del suolo sottostante l'impianto.

La superficie interessata dal progetto, in agro di Lesina e Poggio Imperiale (FG), al fine di agevolare la scelta del piano colturale è suddivisa in 3 aree di seguito illustrate (**Tab.1**), ed è relativa alle particelle indicate in tabella (**Tab.2**). (**Fig.1**)

L'impianto è costituito da pannelli incernierati a 1,65 m di altezza su piloni inseriti nel terreno. La distanza interfilare, calcolata tra un pilone e l'altro è di 5 m.

Essendo il raggio di rotazione di ciascun asse di $\pm 55^\circ$, la copertura fotovoltaica lascia tra i filari una zona priva di ingombro (in proiezione verticale) di larghezza variabile in funzione dell'orario del giorno, da un minimo di 2,83 m (mezzogiorno, ora solare) ad un massimo di 3,73 m (alba e tramonto). Tale larghezza consente ai mezzi meccanici di passare per la gestione delle ordinarie attività di coltivazione del terreno.

(**Fig.2**)

La superficie tra le stringhe di moduli, identificata come interfila, può essere coltivata scegliendo opportunamente le colture, nel rispetto dell'agroecosistema locale. Le specie oggetto di interesse saranno specie dal portamento basso (h minore di 0,80 m), caratterizzate da facile coltivazione ed elevata adattabilità. La scelta sarà orientata verso colture tipiche del territorio locale in modo da favorire la biodiversità e da contribuire alla conservazione del materiale genetico, che a causa dei sempre più diffusi sistemi monocolturali è in crescente perdita. Detto fenomeno è meglio conosciuto con il termine di "erosione genetica".

Direttamente al di sotto delle stringhe di moduli verranno coltivate specie tipiche del territorio; tali specie favoriscono la crescita delle coltivazioni da reddito soprattutto grazie alla presenza di fiori che attraggono gli insetti pronubi e favoriscono gli antagonisti di molti patogeni ed insetti dannosi per la coltura.

Ai lati dell'impianto è predisposta la fascia ecologica dalla larghezza di 2 m, al termine della quale verrà posto un recinto.

All'interno di detta fascia ecologica saranno coltivate specie selezionate in base alla capacità di adattamento, alle caratteristiche pedoclimatiche territoriali e caratterizzate da portamento arbustivo.

Tali specie avranno triplice funzione:

- 1) Favorire la biodiversità;
- 2) Creare reddito per l'agricoltore;

- 3) Mascherare la presenza dell'impianto tramite la creazione di un muro vegetale dell'altezza di minimo 2 m, in modo da ridurre il possibile impatto visivo dell'impianto.

2.1 Definizioni

Ai fini del calcolo delle superfici risulta utile riportare alcune definizioni delle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (Giugno, 2022), di cui all'art. 2 del decreto legislativo n.199 del 2021:

- Volume Agrivoltaico (o Spazio poro): spazio dedicato all'attività agricola, caratterizzato dal volume costituito dalla superficie occupata dall'impianto agrivoltaico (superficie maggiore tra quella individuata dalla proiezione ortogonale sul piano di campagna del profilo esterno di massimo ingombro dei moduli fotovoltaici e quella che contiene la totalità delle strutture di supporto) e dell'altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo;
- Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}): somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice);
- Superficie di un sistema agrivoltaico (S_{tot}): area che comprende la superficie utilizzata per la coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico;
- 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.
- LAOR (*Land Area Occupation Ratio*): rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S_{tot}). Il valore è espresso in percentuale.
- Indice di coltivabilità: rapporto tra la superficie disponibile per le coltivazioni e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S_{tot}).

Aree	Altezza minima moduli	Spazio poro (m^3)	S_{pv} (m^2)	S_{tot} (m^2)	LAOR	Indice di coltivabilità
Area 1	0,80 m	155.625,6	68.479,55	194.532		
Area 2	0,80 m	51.703,2	19.242,74	64.629		
Area 3	0,80 m	65.743,2	13.977,99	82.179		
Totale	/	/	101.700,28	341.340	29,79%	70,20%

Tabella 1: Tabella indicante la suddivisione delle aree di progetto. Le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (Giugno 2022), definiscono il limite massimo di LAOR del 40%, dal calcolo delle superfici si evince che per tutte e tre le aree di impianto il rapporto LAOR è di 29,79%. Essendo invece l'indice di coltivabilità il rapporto tra la superficie coltivabile e la superficie totale dell'intero sistema agrivoltaico questo deve essere maggiore del 70%, in particolare il valore che ne risulta è pari a 70,20%.

Foglio	Particella	Comune
9	2-68-132-134-135	Poggio Imperiale
18	64-184-185-263	Lesina
19	74-127-129-155-156-198-262-266	Lesina

Tabella 2: Tabella indicante le particelle interessate dalla realizzazione del progetto.



Figura 1: Ortofoto delle aree interessate dal progetto.

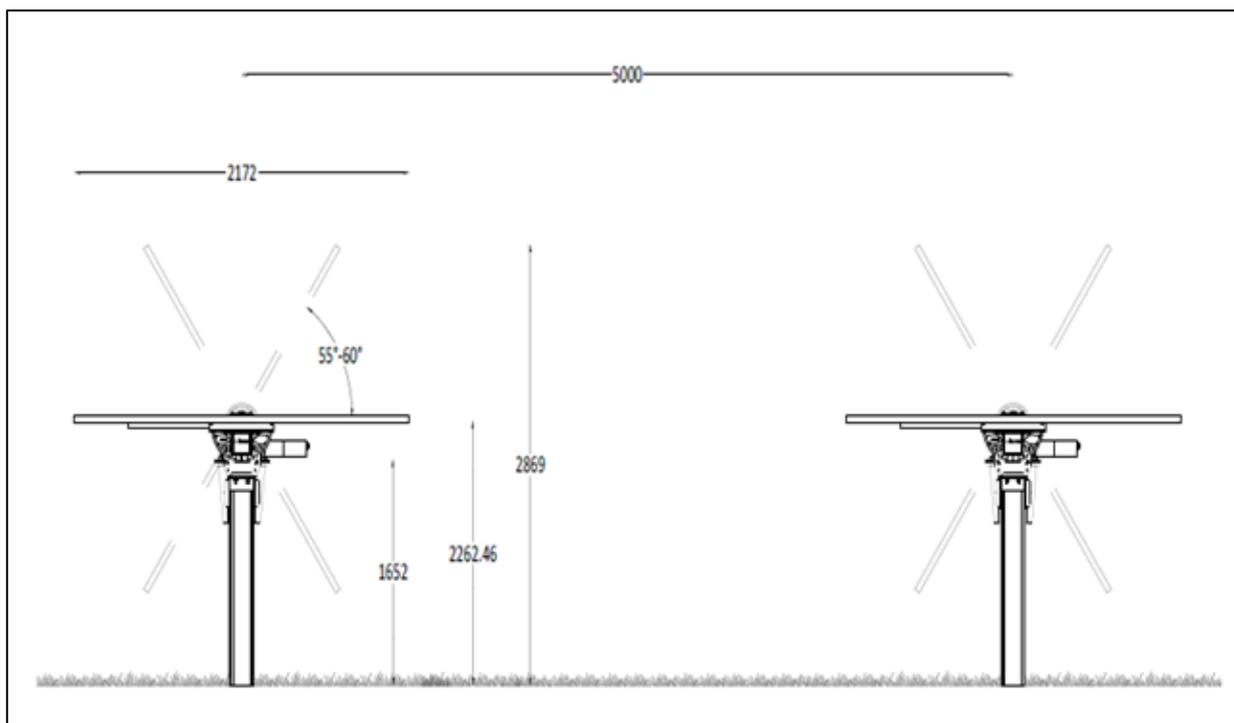


Figura 2: Immagine illustrante le dimensioni caratteristiche dell'impianto.

3.EFFETTI MICROCLIMATICI DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO

La presenza dei pannelli fotovoltaici influisce su alcune caratteristiche microclimatiche come la radiazione solare, la temperatura e l'umidità. Dette influenze possono avere sia effetti positivi che negativi che nulli sulle specie selezionate per la coltivazione. È dimostrato come alcune specie giovano dell'ombreggiamento creato dall'impianto, in quanto dimostrano una maggiore superficie fogliare, il che è riferibile a una maggiore presenza di auxine (Fitormone della crescita) che risulta essere fotolabile. La presenza dei pannelli influisce anche sull'evapotraspirazione della pianta, in quanto una posizione maggiormente ombreggiata comporta una minore evapotraspirazione, incidendo anche sulle richieste irrigue. Inoltre, la copertura generata dai pannelli potrebbe proteggere le coltivazioni dall'effetto abbattente di alcuni fenomeni atmosferici, tra cui la grandine.

3.1 Radiazione Solare

La fotosintesi clorofilliana è il metabolismo principale delle piante.

Il fattore essenziale per far sì che avvenga questo processo è la radiazione solare. Le piante utilizzano solo una minima parte della radiazione solare riferibile al 2-5%, corrispondente alla frazione visibile, definita PAR (*Photosynthetically active radiation*), compresa tra 400 e 700 nm di lunghezza d'onda. In condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale si compone per il 50% di radiazione diretta e per l'altro 50% di radiazione diffusa. La percentuale di radiazione diretta è ridotta per la presenza del pannello fotovoltaico; essa si riduce con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno.

In base alla richiesta di intensità luminosa le piante vengono classificate in eliofile e sciafile. Le prime (dal greco *hélíos* "sole" e *phílos* "amico") richiedono un'elevata quantità di radiazione solare, mentre le sciafile (dal greco *σκιά* "ombra" e *φίλος* "amico") soffrono per un eccesso di illuminazione, prediligendo al contrario luoghi ombreggiati. La maggior parte delle piante coltivate devono essere considerate sciafile facoltative, dato che le elevate densità di semina creano condizioni di ombreggiamento che non permettono alle piante di ricevere una corretta intensità luminosa. In generale vengono considerate eliofile i cereali, le piante da zucchero e le specie oleaginose, da fiore e da frutto. Sono invece considerate sciafile, le specie da fibra, le piante foraggere e alcune piante orticole.

3.2 Temperatura

La temperatura dell'aria rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare. In condizioni di ombreggiamento ci si aspetta una riduzione dei valori termici anche di 3-4°C rispetto alle zone di pieno sole. Al di sotto dell'impianto, inoltre, si potrebbe rilevare, rispetto alle zone di pieno sole, una maggiore umidità relativa al mattino e minore nel tardo pomeriggio-sera.

Ciascuna specie vegetale è caratterizzata da una temperatura ottimale di crescita e da temperature minime e massime che è in grado di tollerare; al di sotto o al di sopra di queste temperature la pianta smette di crescere e subisce danni a volte irreversibili. L'esposizione della pianta al di sopra della sua temperatura massima di crescita, per un periodo più o meno prolungato, causa uno stress più o meno grave; a questo si associa anche lo stress idrico che comporta quindi una maggiore richiesta di acqua. Il caldo eccessivo è una delle conseguenze dei cambiamenti climatici.

L'applicazione di reti ombreggianti è uno dei metodi più utilizzati in orticoltura per ovviare a questo problema e anche per ottenere produzioni di maggiore qualità. L'impianto fotovoltaico grazie al suo effetto ombreggiante potrebbe quindi, giovare alle specie orticole limitando così i danni da elevate temperature.

In funzione delle esigenze termiche le piante vengono raggruppate in microterme, generalmente ciclo autunno-primaverile, con modeste esigenze termiche e macroterme, piante estive che necessitano di temperature più elevate. In un modo o nell'altro tutte e due i gruppi di piante potrebbero trarre vantaggio dalla situazione di ombreggiamento creata dall'impianto. In ultimo, il parziale ombreggiamento ha degli effetti positivi anche sul suolo e sulle sue caratteristiche, in quanto, in estate, si presenta con una maggiore umidità e di conseguenza una minore tenacità, indice del fatto che anche i fenomeni di mineralizzazione della sostanza organica sono ridotti, con conseguente minore perdita di essa e successiva minore erosione del suolo. Nel periodo invernale, durante la notte, la presenza dell'impianto potrebbe riflettere i raggi infrarossi al suolo, evitando un raffreddamento totale del suolo; condizione che potrebbe giovare alle piante, creando migliori condizioni di temperatura con conseguente maggior accrescimento.

3.3 Evapotraspirazione

L'evapotraspirazione è definita come la somma delle perdite di acqua dovute all'evaporazione dal suolo e alla traspirazione fogliare. Quest'ultima avviene grazie all'apertura degli stomi che consentono gli scambi gassosi durante la fotosintesi. In condizione di ombreggiamento, diminuendo la radiazione luminosa e lo stress termico a cui la pianta è sottoposta ci si aspetta minore traspirazione

ed anche una minore evaporazione di acqua dal suolo. Tutto questo si traduce con una maggiore efficienza d'uso delle risorse idriche del suolo, con duplice vantaggio: diminuzione dei costi delle spese idriche e diminuzione di consumo di acqua; beneficio piuttosto rilevante se si considera che a causa dei cambiamenti climatici si riscontra una forte riduzione delle risorse idriche disponibili all'agricoltura.

4.ESPERIENZE DI COLTIVAZIONE CON IL SISTEMA AGRIVOLTAICO

Le esperienze di agrivoltaico nel mondo sono molteplici. **(Fig.3)** Alcuni progetti sono ancora in fase di sperimentazione altri invece, come in Giappone, sono diventati il pilastro fondante dell'economia locale. In Cina è stato realizzato l'impianto agrivoltaico più grande al mondo (640 MW) dal gruppo Baofeng e la divisione Solar di Huawei, al di sotto di esso sono coltivate le bacche di Goji, la coltivazione sembrerebbe giovare molto dalla presenza dell'impianto. Altri progetti di agrivoltaico si rilevano in Germania con coltivazione di mirtilli e lamponi; in Francia, leadership europea in termini di agrivoltaico, viene applicato soprattutto nella viticoltura; i moduli riescono a proteggere le viti tramite l'ombreggiamento, migliorando il raccolto. In Germania è stato già dimostrato come la coltivazione al di sotto dell'impianto offre buoni risultati per i frutti di bosco, mele, ciliegie, patate, pomodori e cetrioli.

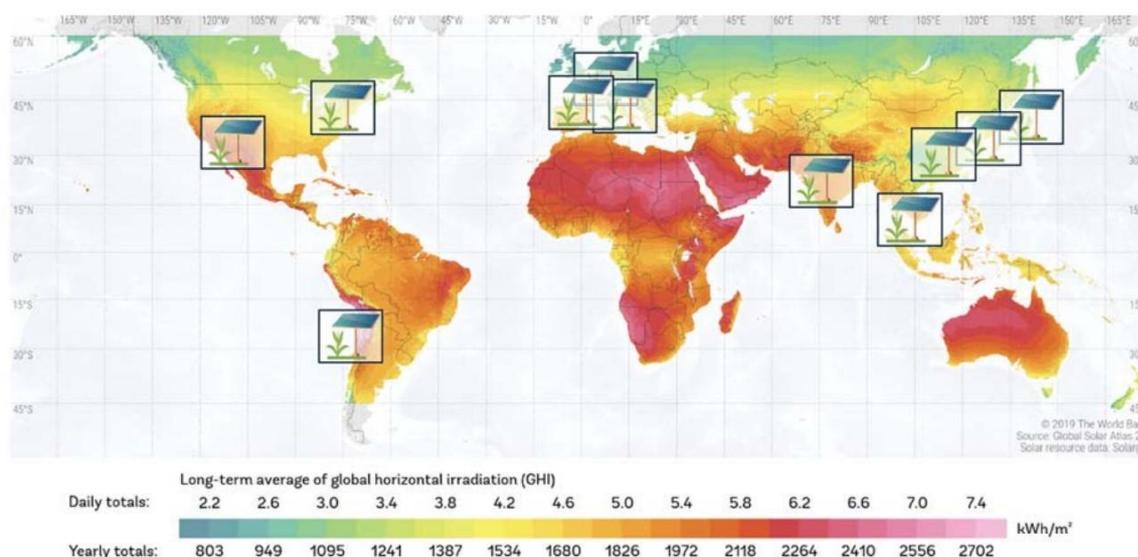


Figura 3: Carta illustrante la diffusione del sistema agrivoltaico nel mondo.

5.STATO ATTUALE DELLA SUPERFICIE AGRICOLA INTERESSATA DALL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Al momento del sopralluogo effettuato in data 28/10/21 le aree in oggetto sono descrivibili come segue:

- Area 1: un primo appezzamento (Foglio 9, particella 2) presenta il suolo nudo dedicato precedentemente alla coltivazione del pomodoro (**Fig.4**), un secondo appezzamento presenta la coltivazione del finocchio (Foglio 19 particella 198) (**Fig.5**), all'appezzamento relativo al foglio 9 particella 68 è presente un uliveto infine il resto di quest'area risulta investita a vigneto. (**Fig.6**)
- Area 2: relativa al foglio 19 particelle 129,74, 262 presenta la coltivazione dell'asparago. (**Fig.7**)
- Area 3: relativa al foglio 18 particelle 184, 185, 64 e 263, si rileva suolo lavorato con residui di coltivazione del finocchio. (**Fig.8**)



Figura 4: Foto relativa a parte dell'Area 1, suolo nudo con i residui di coltivazione del pomodoro.



Figura 5: Foto relativa a parte dell'Area 1, coltivazione del finocchio.



Figura 6: Foto relativa a parte dell'Area 1, vigneto.



Figura 7: Foto relativa all'Area 2, asparago.



Figura 8: Foto relativa all'Area 3, vigneto.

6.COLTIVAZIONE FUTURA

6.1 Superficie effettiva a scopo agricolo

L'area in oggetto ha un'estensione pari a circa 35 ha. In particolare, la superficie interessata dal sistema agrivoltaico risulta essere di circa 34,13 ha. Tale superficie, per la presenza delle stringhe di moduli dell'impianto, ai fini della coltivazione risulterà in parte ridotta. Più nello specifico la superficie utile allo sviluppo della coltivazione è stata calcolata, per ogni area di impianto in base alla larghezza dell'interfila (3,73 m) e la lunghezza delle stringhe di moduli, differenti per ogni area perché dipendenti dalla conformazione della stessa. **(Tab.3)**

Si precisa che si prevedono tre differenti tipologie di strutture: ad una stringa (26 moduli, lunghezza pari a circa 35,13 m), a due stringhe (52 moduli, lunghezza pari a circa 69,53 m) ed a quattro stringhe (78 moduli, lunghezza pari a circa 103,93 m).

La superficie utile alla coltivazione per tutta l'area di impianto è pari a 23,95 ha. Le zone non utilizzabili per le coltivazioni da reddito (zona direttamente al di sotto dei pannelli e fascia ecologica), saranno interessate dalle specie utili per l'incremento della biodiversità, mentre la fascia ecologica sarà impegnata dalle coltivazioni a portamento arbustivo/rampicante utili a mascherare l'impianto ed la recinzione.

Area	Superficie sistema agrivoltaico (S _{tot})	Numero interfila	Superficie utile alla coltivazione e alle opere di mitigazione
Area 1	19,45 ha	106	12,60 ha
Area 2	6,46 ha	51	4,53 ha
Area 3	8,21 ha	36	6,82 ha
Totale	34,12 ha		23,95 ha

Tabella 3: In tabella è illustrata la superficie utile per le coltivazioni e il numero di interfila predisposti per area.

6.2 Suddivisione delle coltivazioni per area di impianto

In questa trattazione riguardante lo sviluppo della coltivazione futura, per ogni area di impianto ci si riferirà solo alla superficie utile all'agricoltura e non alla superficie in toto. Si specifica inoltre che il piano colturale potrà subire variazione in base alle esigenze di mercato, continuando comunque a garantire la coltivazione al di sotto dell'impianto.

6.2.1 Area 1

La superficie relativa a quest'area risulta pari a 12,60 ha, è caratterizzata da due appezzamenti confinanti, il primo di un'estensione pari a circa 3,33 ha ed il secondo di circa 9,27 ha. Il primo appezzamento sarà dedicato, per il periodo autunno-vernino, alla coltivazione della cima di rapa (*Brassica rapa var. cymosa*, fam: *Brassicaceae*), seguirà, per le coltivazioni primaverili-estive quella del cece (*Cicer arietinum* fam: *Leguminosae*). **(Fig.9,10)**

Brassica rapa var. cymosa, fam: Brassicaceae

Trattasi di una pianta erbacea, ampiamente diffusa nel territorio della provincia di Foggia, che al momento di massima vegetazione raggiunge 50 cm di altezza. Il ciclo colturale dura dai due ai sei mesi a seconda della varietà, per questo progetto verrà coltivata una varietà tardiva tipica del territorio. La semina avviene a settembre in quanto il seme richiede una temperatura di circa 25°C, la distanza tra le file deve essere di 50 cm; la raccolta avviene nel momento in cui è presente l'infiorescenza con i fiori chiusi.

Cicer arietinum fam: Leguminosae

Si tratta di una pianta rustica che non necessita di irrigazione, che favorisce la fertilità in quanto capace di fissare azoto nel suolo. È caratterizzata da uno sviluppo indeterminato raggiungendo i 50 cm di altezza. La semina avviene a marzo con file distanti 40 cm e sulla fila 30 cm tra le piante, la raccolta avviene a giugno-luglio.

Il secondo appezzamento di quest'area sarà dedicato alla coltivazione dell'asparago (*Asparagus officinalis, fam: Liliaceae*). Si tratta di una coltivazione poliennale, per la quale bisognerà creare un vero e proprio impianto, della durata di dieci anni. Per l'entrata in produzione impiega circa 2 anni, i turioni quindi si raccoglieranno al secondo anno.

L'impianto si realizza per mezzo delle zampe a febbraio-aprile realizzando delle baulature in modo da favorire il defluire dell'acqua. In sintesi, la coltivazione dell'asparago necessita al primo anno di: 1) realizzazione dell'impianto; 2) normali operazioni colturali da effettuarsi a giugno; 3) taglio degli steli ingialliti e letamazione ad ottobre. Al secondo anno di impianto necessita di: 1) costante operazione di diserbo delle infestanti per mezzo di sarchiature; 2) rincalzo delle file; 3) raccolta dei primi turioni; 4) in autunno taglio della parte aerea e successiva letamazione. Dal terzo anno di impianto: 1) solite operazioni colturali; 2) in primavera raccolta dei turioni; 3) in autunno sfalcio e letamazione. **(Fig.9,10)**

6.2.2 Area 2

Quest'area è caratterizzata da un'estensione di circa 4,53 ha, sarà dedicata allo sviluppo dell'apicoltura, pertanto al fine di produrre un miele pregiato verrà coltivato il trassaco (*Taraxacum officinale, fam: Asteraceae*). In particolare, si intende realizzare l'apicoltura inserendo 5 arnie all'interno del parco agrivoltaico. Il miele di tarassaco, è caratterizzato da un colore scuro che tende a cristallizzare rapidamente in bianco, con un'elevata qualità organolettica.

Taraxacum officinale, fam: Asteraceae

Trattasi di una pianta officinale molto diffusa in tutto il territorio italiano in quanto è caratterizzata da una notevole capacità di colonizzare i campi, essendo una pianta spontanea è di semplice coltivazione. La semina del tarassaco avviene ad aprile e giugno, la distanza tra le piante deve essere tra i 15 ed i 20 cm. Il fiore è giallo e la fioritura avviene in primavera, inoltre la pianta, può essere utilizzata a scopo officinale e culinario. **(Fig.9,10)**

6.2.3 Area 3

Quest'area ha un'estensione pari a 6,8 ha, sarà dedicata alla coltivazione dell'origano (*Origanum vulgare*, fam:Lamiaceae).

È una pianta aromatica erbacea perenne tipica della regione mediterranea, risulta di semplice coltivazione in quanto tollera suoli poveri e resiste alla scarsità idrica. Il trapianto delle piantine è da effettuarsi ad aprile maggio a seguito delle lavorazioni del terreno e del livellamento del terreno. Il sesto di impianto è pari a 50x40 cm. La raccolta può essere effettuata al momento della formazione delle infiorescenze.

Il prodotto trova il suo utilizzo sia a scopo officinale che culinario. (Fig.9 e 10)



Figura 9: Ortofoto dell'area di impianto indicante le aree sulle quali saranno predisposte le relative coltivazioni: in giallo: coltivazione della cima di rapa, in verde area della coltivazione dell'asparago, in arancione coltivazione del tarassaco e sviluppo dell'apicoltura infine in viola la coltivazione dell'origano.



Figura 10: Ortofoto dell'area di impianto indicante le aree di sviluppo della coltivazione, nel periodo primaverile-estivo a variare è solo la coltivazione delle cime di rapa che è seguita da quella del cece.

6.3 Coltivazione del suolo coperto dalle stringhe di impianto

Questa superficie della larghezza di circa 2,17 m, per ogni area, non potrà essere coltivata con specie orticole in quanto, la presenza dei moduli di pannelli creerebbe un ingombro per le lavorazioni; per questo detta superficie sarà interessata dalla coltivazione di specie tipiche del territorio utili alla crescita delle specie da reddito. Più in particolare si favorirà la diffusione della malva (*Malva sylvestris*, fam: *Malvaceae*) e della calendula (*Calendula officinalis*, fam: *Asteraceae*).

Malva sylvestris, fam: *Malvaceae*

Trattasi di una pianta officinale, preziosa per le sue molteplici proprietà, ampiamente diffusa nel territorio della provincia di Foggia in quanto cresce spontaneamente nei terreni incolti ma anche sulle bordure. Per la sua elevata adattabilità e rusticità risulta di semplice coltivazione, inoltre teme il caldo eccessivo giovando di una copertura ombreggiante potendo così trarre beneficio dalla presenza dell'impianto. Si semina in primavera e la sua propagazione avviene spontaneamente.

Calendula officinalis, fam:*Asteraceae*

La pianta di calendula si caratterizza per un'infiorescenza a capolino dal vivace colore tra il giallo e l'arancio, fiorisce dalla primavera fino all'autunno e i suoi fiori giovano alla coltivazione di specie orticole in quanto hanno l'effetto di attrarre api e altri insetti utili; inoltre questa pianta è conosciuta anche per le sue straordinarie proprietà officinali. Risulta di semplice coltivazione, si semina a spaglio in primavera dopo aver preparato il terreno con le opportune lavorazioni, al secondo anno non necessita di un'ulteriore semina in quanto dotata di autosemina.

6.4 Coltivazione delle fasce ecologiche

Per la fascia ecologica si intende quella fascia di terreno posta tra l'impianto ed il recinto, è caratterizzata da una larghezza di 2 m, e verrà coltivata maggiormente con specie dal portamento arbustivo o rampicante, oltre a creare un muro verde tale da mascherare l'impianto, costituiranno un ulteriore reddito per il coltivatore. In ultimo le siepi svolgono diverse funzioni ecologiche, favorendo la biodiversità, come ad esempio offrire siti di nidificazione ad uccelli e insetti e riparo a piccoli mammiferi. (**Tab.4**)

AREA	Lunghezza recinto	Tipologia di coltivazione
Area 1	2.600,61 m	Gelso nero (<i>Morus nigra</i>)
Area 2	942,12 m	Edera (<i>Hedera helix</i>)
Area 3	867,54 m	Alloro (<i>Laurus nobilis</i>)

Tabella 4: Tabella illustrante le specie da coltivare nell'area dedicata alla fascia ecologica ed al recinto.

Morus nigra, fam:*Moraceae*

Trattasi di una pianta dimenticata non più coltivata come un tempo, infatti il gelso ha rappresentato per secoli una risorsa di immenso valore. Un tempo file di gelsi adornavano i viali e i confini dei campi. Tollera bene sia la siccità che il freddo intenso, la riproduzione avviene per talea il periodo ideale per la messa a dimora è la primavera, quando termina il riposo vegetativo, il sesto di impianto corrisponde a 5 m. Per il mantenimento della chioma questa pianta richiede delle potature, per regolare la forma a siepe.

Hedera helix, fam:*Araliaceae*

Trattasi di una pianta diffusa su tutto il territorio nazionale, è una sempreverde, lianosa che fornita di sostegni (recinto) assume un portamento rampicante, la sua fioritura è molto importante per l'equilibrio dell'ecosistema, infatti è una delle ultime piante a fiorire (da ottobre in poi); i fiori sono ricchi di nettare e polline, per questo vengono bottinati in modo massiccio dalle api e altri impollinatori, motivazione per la quale impegnerà la fascia ecologica dell'area 2, dedicata allo sviluppo dell'apicoltura. Tale pianta si riproduce per talea ed il sesto di impianto corrisponde a 70 cm.

Laurus nobilis, fam:Lamiaceae

Questa pianta è una tipica pianta ornamentale sempreverde mediterranea ideale per formare siepi fitte. L'alloro trova il suo utilizzo anche come pianta aromatica. È caratterizzata da portamento arbustivo, se la si lascia crescere può raggiungere anche i 10 m di altezza. Essendo una specie molto rustica non richiede cure particolari, si adatta a svariati tipi di suolo e richiede irrigazioni solo allo stato di giovane pianta, come tutte le siepi richiede delle potature da effettuarsi tra settembre-ottobre e marzo. La messa a dimora avviene tra ottobre e marzo con una distanza tra le piante dai 50 ai 100 cm.

7.TECNICHE AGRONOMICHE

Per tecniche agronomiche si intende l'insieme di tutte quelle attività volte all'ottenimento di una produzione agricola ottimale per le coltivazioni selezionate. Tali tecniche si attuano seguendo degli schemi precisi in modo da conservare la fertilità del suolo e l'ecosistema agrario.

Da esse dipende l'esito economico della coltivazione. Tra le tecniche agronomiche rientrano: gli avvicendamenti colturali, le consociazioni, semina e trapianto, le lavorazioni, le irrigazioni, i trattamenti fitosanitari e la raccolta.

7.1 Avvicendamenti colturali

Con il termine di avvicendamento colturale si indica la successione di colture diverse sullo stesso appezzamento. Ai fini di tale tecnica agronomica le colture sono tradizionalmente distinte in:

-depauperanti: colture esigenti dal punto di vista nutritivo, sfruttano il terreno e lo impoveriscono. Ad esse appartengono ad esempio tutti i cereali da granella;

-preparatorie: colture che richiedono cure colturali particolari (accurati lavori di preparazione e coltivazione, concimazioni organiche e chimiche abbondanti) i cui effetti positivi vanno a vantaggio anche delle piante che seguono; tra le colture da rinnovo si annoverano il pomodoro e le leguminose così come fagiolini, fava e piselli.

-miglioratrici: colture che accrescono la fertilità del terreno influenzando beneficamente sulla struttura e anche sulla fertilità, ad esempio, sull'arricchimento di azoto (Leguminose).

Nella pratica di avvicendamento si utilizzano anche le colture intercalari. Queste sono caratterizzate da rapido sviluppo e buon adattamento, la loro coltivazione si localizza tra due colture principali. I vantaggi dell'utilizzo della coltura intercalare sono:

-arricchimento della componente azotata e della sostanza organica del suolo impiegando le leguminose e praticando il sovescio;

-azione positiva sul fenomeno della stanchezza del suolo (progressivo impoverimento del terreno, minore produttività, diffusione di parassiti specifici).

Tra gli svantaggi invece si riscontrano:

-Interferire negativamente sulle lavorazioni della coltura principale;

-Utilizzazione delle riserve idriche a scapito della coltura principale.

Più in particolare nel progetto in esame la rotazione avverrà soltanto per le coltivazioni poste nell'appezzamento più piccolo dell'area 1, alternando specie orticole (cima di rapa) a leguminose (cece). Le altre aree invece saranno dedicate a coltivazioni poliennali.

7.2 Consociazione

Con il termine di consociazioni si vuole indicare quella tecnica agronomica che riguarda la coltivazione di più specie sullo stesso appezzamento. Si tratta di una pratica agricola di antiche origini, in cui la biodiversità vegetale spontanea aiuta a mantenere l'ambiente sano. La monosuccessione o la presenza di una sola coltura in campo, pratiche tipiche dell'agricoltura moderna, rende le piante più esposte alla presenza di parassiti patogeni che possono quindi compromettere l'intero raccolto. Questo obbliga all'utilizzo massivo di contromisure drastiche come utilizzo dei pesticidi. L'impiego della tecnica della consociazione punta ad attivare la sinergia tra le piante, le quali interagiscono sia tra loro che con il suolo, in diversi modi: scambiano sostanze nutritive, attirano o allontanano insetti utili tramite i loro fiori e profumi, ombreggiano il suolo e lo mantengono umido. L'utilizzo di questa tecnica permette di prevenire molti problemi che potrebbero riscontrarsi durante le coltivazioni. In sintesi, con l'utilizzo delle consociazioni si ottengono molti vantaggi, tra cui l'allontanamento di insetti nocivi e spore patogene, con la conseguente salvaguardia delle colture e l'incremento della percentuale di sostanze nutritive, nonché l'aumento della fertilità del suolo, ciò si traduce in un miglioramento quantitativo e qualitativo del raccolto finale. Questa tecnica verrà applicata coltivando la zona direttamente al di sotto delle stringhe che non potrà essere occupata da specie orticole, in quanto risulta complessa per la gestione delle lavorazioni, con specie utili alla crescita delle specie orticole. Dette specie sono in particolare, la malva e la calendula.

7.3 Lavorazioni

Le lavorazioni del terreno sono un'importante pratica agronomica volta a creare e mantenere, mediante operazioni meccaniche eseguite dall'uomo, un profilo colturale idoneo a favorire la nascita e lo sviluppo delle piante. Gli obiettivi delle lavorazioni sono molteplici:

- ripristinare e migliorare la struttura del suolo;
- aumentare la porosità, promuovendo i processi di respirazione radicale e l'attività dei microrganismi;
- regolare il bilancio idrico, aumentando la permeabilità, favorendo l'immagazzinamento dell'acqua negli strati inferiori, riducendo le perdite di evaporazione con l'interruzione della capillarità e limitando il ruscellamento;
- migliorare il radicamento e l'espansione radicale;
- ripulire il terreno dalle infestanti e da alcuni parassiti animali e vegetali;
- interrare concimi, sementi e residui colturali;
- aumentare la capacità di riscaldamento del terreno influenzando sugli elementi che la limitano (umidità, presenza dei residui colturali, conformazione della superficie);
- consentire la preparazione di un buon letto di semina e facilitare le operazioni colturali (irrigazioni, raccolta).

Le lavorazioni del terreno si possono classificare in modo cronologico come segue:

- preliminari o di messa a coltura (disboscamento, spietramento, spianamento, scasso e dissodamento)
- preparatorie principali (aratura);
- preparatorie complementari (estirpatura, erpicatura, fresatura, rullatura);
- consecutive e colturali (erpicatura, scarificazione, sarchiatura, rincalzatura, rullatura fresatura).

Nel presente progetto le lavorazioni di messa a coltura non verranno effettuate in quanto la superficie interessata è già utilizzata a scopo agricolo.

7.3.1 Lavori preparatori principali

Questo tipo di lavorazioni vengono effettuate tra la raccolta di una coltura e la semina o la piantagione della successiva. A volte sono preceduti da operazioni preliminari di trinciatura e interrimento parziale o totale dei residui colturali. Servono per ottenere un miglioramento duraturo delle condizioni del terreno. Detti lavori corrispondono ad: aratura, vangatura, fresatura e scarificazione.

L'aratura è una delle tecniche di lavorazione più utilizzate, consiste nel ribaltare la fetta di terreno dopo aver proceduto al distacco dal suolo. Lo scopo è dunque quello di rimescolare gli strati superficiali del terreno, riossigenare il suolo, ricreare la struttura glomerulare, aumentare la capacità idrica, interrare i residui colturali o i concimi. L'aratura presenta alcuni aspetti negativi come quelli di riportare in superficie strati inerti, distruggere degli aggregati strutturali del suolo, ossidare, mineralizzare e diminuire la sostanza organica. Per questo per evitare l'alterazione della stratigrafia del suolo e l'eccessivo ribaltamento degli orizzonti, per il progetto in oggetto si opterà per l'utilizzo della scarificazione o ripuntatura. Suddetta lavorazione si utilizza in sostituzione all'aratura e permette di ottenere il minimo disturbo del suolo con conservazione della fertilità, mancato trasporto in superficie di suolo indesiderato, parziale interrimento delle erbe infestanti, dei residui colturali e dei concimi. I vantaggi di questo tipo di lavorazione sono: miglior utilizzo della potenza della trattrice, diminuzione dei consumi energetici e dei tempi di lavorazione, conservazione della fertilità, limitazione della formazione della suola di lavorazione. La lavorazione complementare alla ripuntatura corrisponde alla fresatura. Tale lavorazione consiste nell'amminutamento del terreno eseguito con strumenti il cui corpo lavoratore è un rotore orizzontale dotato di utensili rigidi (zappatrice) o elastici (fresatrice). Come lavoro principale si sostituisce all'aratura e ai lavori complementari nella preparazione del letto di semina. È convenientemente utilizzata in terreni sciolti o di medio impasto. I vantaggi di questa lavorazione sono: preparazione del letto di semina in un unico passaggio, diminuzione della zollosità, interrimento concimi ed erbicidi volatili, sminuzzamento dei residui colturali, distruzione delle infestanti annuali. La profondità di lavoro corrisponde ai 15-20 cm.

7.3.2 Lavorazioni complementari e di coltivazione

Le lavorazioni complementari si rendono necessarie in quanto l'aratura o la ripuntatura non risultano sufficienti per la preparazione di un adeguato letto di semina. I lavori di coltivazione invece si realizzano dopo la semina o impianto e hanno la funzionalità di mantenere la stabilità della coltivazione e di ottenere una produzione efficiente.

Tra queste lavorazioni si annoverano:

-Erpatura: è una lavorazione superficiale caratterizzata da una profondità di 10-20 cm, di norma completa l'aratura. Come lavorazione preparatoria complementare sminuzza e frantuma le zolle, livella il terreno, interra i concimi ed elimina le infestanti. Come lavorazione consecutiva, rompe la crosta superficiale in colture non sarchiate, interra i semi, diserbanti e concimi, elimina le infestanti superficiali nelle colture in atto.

-Rullatura: questa è una lavorazione complementare che si esegue per facilitare la circolazione dell'acqua e per far aderire le particelle di suolo al seme ed alle radici. Importante è il momento di intervento, in quanto con terreno troppo secco si ha un'eccessiva polverizzazione e le zolle non vengono rotte ma compresse nello strato attivo; se il terreno è troppo umido e quindi plastico si può

avere l'occlusione definitiva degli spazi vuoti. Come lavorazione di coltivazione questa comprime il suolo scalzato dal gelo favorendo il radicamento delle colture invernali.

-Sarchiatura: è la lavorazione consecutiva più importante e consiste nello smuovere lo strato più superficiale del terreno (2-5 cm). Gli effetti maggiori che si ottengono sono: distruzione delle infestanti, eliminazione della crosta superficiale con successivo arieggiamento delle piantine, riscaldamento del terreno, interrimento dei concimi aumentando la permeabilità superficiale ed influenzamento del bilancio idrico nel terreno. A tal proposito, infatti, lo strato mosso viene arieggiato essiccandosi più rapidamente e ottenendo così un effetto pacciamante che limita il fenomeno della crepacciatura ed interrompe i casi di risalita capillare evitando ulteriori perdite di acqua per evaporazione;

-Rincalzatura: consiste nell'addossare una certa quantità di terreno ai piedi della pianta solitamente utilizzando degli aratri assolcatori. Ha diverse funzioni: proteggere le piante dai geli invernali e dalle brinate tardive, preparare il terreno all'irrigazione per infiltrazione laterale, eliminare infestanti e migliorare il radicamento favorendo l'emissione delle radici avventizie.

Le lavorazioni rappresentano, forse, la maggiore problematica per lo sviluppo del sistema integrato agrivoltaico; il sistema deve essere sviluppato con misure e larghezze tali da permettere il passaggio dei mezzi agricoli. In particolare, come suddetto, la larghezza massima dell'interfila corrisponde a 5 m e la larghezza minima corrispondente al momento della giornata in cui i pannelli sono orientati a 180° è di 2,83 m. L'ampiezza dell'interfila ritenuta coltivabile corrisponde a 3,73 m. Per le lavorazioni si potrà utilizzare una trattrice, cosiddette trattrici "strette", già ampiamente utilizzate in zona per le lavorazioni effettuate al di sotto del vigneto. Tali trattrici sono caratterizzate da una larghezza compresa tra 0,90 e 1,25 m, luce da 0,20 e 0,35 m, ruote di diametro ridotto, grande manovrabilità, ridotta distanza tra l'asse posteriore e l'estremità dell'attrezzo portato, sedile del conducente tenuto in posizione bassa. Di solito la potenza di queste trattrici è compresa normalmente tra 30 kW e 55 kW. (Fig.12)

Per le lavorazioni, gli attrezzi agricoli utilizzabili sono:

-Ripuntatore: larghezza massima di ingombro pari a 200 cm, larghezza di lavorazione 170 cm;

-Fresatrice agricola: larghezza massima 138 cm, larghezza di lavorazione 114 cm;

-Spandiconcime: dimensioni 163x127x92 cm;

-Trapiantatrice agevolatrice: fino ad 8 file (corrispondenti ad 8 moduli), per ottenere una larghezza minima è possibile utilizzare anche solo una fila o massimo due raggiungendo così una larghezza massima di 100 cm;

-Seminatrice: a seconda dei moduli da aggiungere potrà raggiungere una larghezza massima di 2,55 m, larghezza corrispondente al telaio principale.

-Sarchiatrice: 6 file, larghezza 350 cm;

-Rincalzatrice: larghezza massima di ingombro pari a 200 cm.

Per la maggior parte delle coltivazioni, la raccolta non potrà avvenire con le solite macchine raccogliatrici, in quanto, queste, sono caratterizzate da una larghezza di lavorazione elevata rispetto allo spazio a disposizione presente nel sistema agrivoltaico. Per questo la raccolta è da effettuarsi a mano oppure con macchine parcellari caratterizzate da una larghezza che va dai 125 ai 150 cm, diversamente, per l'asparago, la sua raccolta potrà essere effettuata con le macchine ad essa già dedicate, perché caratterizzate da una carreggiata di massimo 125 cm.



Figura 12: Immagini esemplificative di una trattrice da frutteto in alto, mietitrebbia parcellare, e macchina di raccolta asparagi.

7.4 Irrigazione

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. I volumi di irrigazione sono determinati in relazione al bilancio idrico che deve tener conto delle differenti fasi fenologiche, delle tipologie di suolo e delle condizioni climatiche dell'ambiente di coltivazione. Facendo riferimento alla sistemazione dei terreni, le diverse tecniche seguite nell'erogazione dell'acqua possono essere ricondotte a tre gruppi fondamentali: metodi per espansione superficiale, metodi per aspersione e a microportata di erogazione e subirrigazione nella quale l'apporto idrico viene erogato al di sotto della superficie. Per la superficie interessata e per il tipo di coltivazioni selezionate si utilizzerà il metodo di irrigazione a microportata. Questo metodo permette di erogare l'acqua in piccolissime quantità attraverso numerosi gocciolatori presenti sulla tubazione (generalmente in PVC). Queste tubazioni sono poste sul terreno. I vantaggi del sistema a microportata sono molteplici:

- Viene bagnata solo la frazione di terreno interessata dagli apparati radicali;
- Consentono un'elevata efficienza irrigua (90%);
- Limitano notevolmente la crescita delle erbe infestanti;
- Evitano fenomeni di ruscellamento, erosione e costipamento del suolo;
- Riducono le perdite per evaporazione e non favoriscono la formazione di crosta;
- Non sono influenzati dalla ventosità;
- Non bagnano la coltura;
- Necessitano di pressioni di esercizio basse diminuendo anche la i costi di pompaggio;
- Bassa richiesta di manodopera e sono facilmente automatizzabili;
- Particolarmente indicati per distribuire fitofarmaci, fertilizzanti ed erbicidi;
- Consentono l'esecuzione di altre operazioni colturali durante l'intervento irriguo.

Questo sistema necessita però di filtraggio delle acque per evitare l'ostruzione dei gocciolatori.

7.5 Trapianto e semina

Le modalità di trapianto e semina (epoca, distanze e densità) devono consentire di raggiungere le rese produttive adeguate, nel rispetto dello stato fitosanitario, ottimizzando l'uso dei nutrienti e consentendo il risparmio idrico. Le coltivazioni saranno realizzate rispettando i sestri di impianto definiti dal Disciplinare di Produzione Integrata Puglia 2021. (**Tab. 5 e 6**)

Coltura	Sesto di impianto	di Estensione	Numero interfila	Lunghezza (m)	N° di file per interfila, n° piante per fila
Cima di rapa	50x50 cm	3,33 ha	31	275 m	5 file 550 p/fila
Asparago	100x35 cm	9,27 ha	75	450 m	2 file 1200 p/fila
Tarassaco	20x20 cm	4,53 ha	51	175 m	12 file 870 p/fila

Origano	50x40 cm	6,8 ha	36	170 m	5 file 425 p/fila
Cece	40x30 cm	3,33 ha	31	275 m	100 kg/ha

Tabella 5: Tabella illustrante i sestri di impianto e la densità delle colture in oggetto. Si è considerato come larghezza dell'interfila 2,5 m, in quanto è stato sottratto lo spazio necessario al passaggio delle macchine agricole.

Coltura	Sesto di impianto	Lunghezza recinto	N° di piante
Gelso nero	5x5 m	2.600,61 m	520
Edera	70x70 cm	942,12 m	1.345
Alloro	60x60 cm	867,54 m	1.445

Tabella 6: Tabella illustrante il numero di piante ipotizzate per la realizzazione delle fasce ecologiche adiacenti al recinto.

7.6 Concimazione

Per un'opportuna concimazione nel rispetto dei fabbisogni colturali e in un'ottica di sostenibilità, sarà messa in atto la tecnica della fertirrigazione; quest'ultima consiste nello spargimento di acqua e sostanze fertilizzanti. Il materiale concimante, opportunamente miscelato in acqua e dosato alla concentrazione voluta mediante apposite apparecchiature, verrà introdotto nella rete irrigua e distribuito con sistemi a pressione o a gravità sulle colture. I vantaggi dell'utilizzo di questo metodo sono: riduzione dei tempi di distribuzione, minor danno al terreno per la diminuzione dei passaggi delle macchine e possibilità di adattare la concimazione alle esigenze della pianta.

La coltivazione si rifarà all'utilizzo del disciplinare di produzione integrata della regione puglia. Per questo, per il piano di concimazione verranno calcolati gli opportuni fabbisogni colturali e si terrà conto delle schede tecniche di ogni coltura oggetto di coltivazione.

7.7 Difesa integrata

Per la difesa delle colture in oggetto verranno utilizzati i criteri di difesa integrata. Questi comprendono tutti quei criteri d'intervento, le soluzioni agronomiche e le strategie da adottare per la difesa delle colture ed il controllo delle infestanti, nell'ottica di un minor impatto verso l'uomo e l'ambiente, consentendo di ottenere produzioni economicamente sostenibili. La difesa si deve sviluppare valorizzando prioritariamente tutte le soluzioni alternative alla difesa chimica che possano consentire di razionalizzare gli interventi salvaguardando la salute degli operatori e dei consumatori, allo stesso tempo limitando i rischi per l'ambiente in un contesto di agricoltura sostenibile.

Quindi occorrerà:

- adottare sistemi di monitoraggio razionali che consentano di valutare adeguatamente la situazione fitosanitaria delle coltivazioni;

- favorire l'utilizzo degli ausiliari e la difesa a basso apporto di prodotti chimici attraverso l'adozione di tecniche agronomiche e mezzi alternativi;
- razionalizzare la distribuzione dei prodotti fitosanitari limitandone la quantità, lo spreco e le perdite per deriva, ruscellamento e percolazione;
- mettere a punto adeguate strategie di difesa che consentono di prevenire e gestire lo sviluppo di resistenze dei parassiti ai prodotti fitosanitari.

Con disciplinari di difesa integrata si stabiliscono per ogni coltura le tecniche di difesa da utilizzare.

8.MITIGAZIONI E COMPENSAZIONI

8.1 Definizioni

Con "misure di mitigazione" si intendono diverse categorie di interventi:

- Quelle direttamente collegate agli impatti (ad esempio le barriere antirumore), esplicate nella relazione delle mitigazioni e compensazioni.
- Le "opere di ottimizzazione" del progetto (le fasce vegetate);
- Le opere di compensazione, cioè gli interventi non strettamente collegati all'opera, che vengono realizzati a titolo di "compensazione" ambientale (ad esempio la creazione di habitat umidi o zone boscate o la bonifica e rivegetazione di siti, anche se non prodotti dal progetto in esame).

Il presente capitolo tratta le misure di mitigazione, intese come opere di ottimizzazione del progetto e opere di compensazione prettamente ambientale, riferite a fasce vegetate e creazione di habitat già presenti nel sito di intervento ma che a seguito della intensificazione dell'attività agricola sono stati degradati.

Le opere previste sono:

1. Misure per incremento e tutela della fauna e biodiversità. (Trattate anche nella relazione sulle mitigazioni e compensazioni);
2. Misure a protezione del suolo dagli inquinanti di origine agricola;
3. Misure per la tutela del paesaggio. (Trattate anche nella relazione sulle compensazioni e mitigazioni)

8.2 Misure per incremento e tutela della fauna e biodiversità

1. Isolette di specie a buona fioritura, sassaie e vegetazione prettamente mediterranea;
2. Siepi perimetrali;
3. Fasce di impollinazione.

1. Realizzazione di isole di specie a buona fioritura e sassaie

Come consigliato dalla relazione sulle compensazioni e mitigazioni, per ogni area progettuale saranno realizzate delle isolette di specie a buona fioritura, più nello specifico si prevede:

- Isolette area 1: caratterizzate ognuna da una superficie di circa 212,7 m² prevede in totale la messa a dimora di circa 12 piante di *Buddleja davidii* (Albero delle farfalle) e 9 piante di Rose spp. Sarà inoltre creato un habitat ideale per i rettili tramite la creazione di sassaie. Infine è previsto il reimpianto di 58 alberi di ulivo (*Olea europea*).
- Isoletta area 2: Per una superficie di circa 687,7 m², è prevista la messa a dimora di n°2 piante di Erica (*Erica vulgaris*), n° 3 piante di Cisto (*Cisto spp.*) e n° 4 piante di Ginestra (*Spartium junceum*); infine è prevista la realizzazione di sassaie.
- Isoletta area 3: all'interno di quest'area è previsto il reimpianto di n°35 piante di ulivo (*Olea europea*) e la messa a dimora n° 5 piante di rosmarino (*Rosmarinus officinalis*), e di n° 4 piante di Agave (*Agave americana*).

2.Siepi perimetrali

Le funzioni agro-ecologiche delle siepi sono:

- Funzioni di isolamento fisico tra microambienti e sistemi dissipativi;
- Funzioni di filtro selettivo, di microrganismi, polveri, pollini, assicurando una maggiore stabilità degli agro-ecosistemi interni;
- Funzione di superficie di comunicazione, tramite lo scambio della flora e della fauna in esse contenute, con gli agroecosistemi confinanti, conferendo maggiore stabilità a quest'ultimi;
- Funzione biochimica di superficie e sotto-superficiale (apparati radicali) con scambio sinergico dei principi attivi con le specie circostanti.
- Sono luogo di conservazione e riproduzione dei predatori dei parassiti delle colture messe a dimora.
- Possono essere inoltre considerate elementi di diversificazione del paesaggio valorizzandolo.

Più nello specifico e come precedentemente riportato le specie interessate dal progetto saranno:

- Area 1: Gelso nero (*Morus nigra*);
- Area 2: Edera (*Hedera helix*);
- Area 3: Alloro (*Laurus nobilis*);

3.Fasce di impollinazione

L'agricoltura intensiva ed estensiva e l'uso dei pesticidi ed erbicidi sono tra i fattori di rischio più rilevanti per le api, sia selvatiche che allevate. Le monoculture rappresentano di per sé ambienti poco favorevoli alla sopravvivenza di queste, per la presenza di una sola tipologia di polline spesso di scarsa qualità, e per un periodo limitato nella stagione.

Una pubblicazione della IUCN sullo stato di conservazione delle api selvatiche, ha rilevato che il 4% delle specie di api conosciute in Europa è in pericolo di estinzione e un altro 5,2% corre il rischio di esserlo; il fenomeno della moria delle api prende il nome di "sindrome da spopolamento degli alveari" o CCD (*Colony Collapse Disorder*).

Per contrastare questo fenomeno, all'interno di tale progetto è prevista la realizzazione di fasce di impollinazione al di sotto delle stringhe di impianto per una superficie totale di 180.586,42 m².

In particolare, le specie interessate saranno: la malva (*Malva sylvestris*) e la calendula (*Calendula officinalis*).

Inoltre è previsto lo sviluppo dell'apicoltura e la produzione di miele di tarassaco, per mezzo di 5 arnie.

8.3 Misure a protezione del suolo dagli inquinanti di origine agricola

Una delle prime cause di inquinamento da origine agricola è l'utilizzo dei prodotti fitosanitari.

“Si definiscono prodotti fitosanitari i preparati contenenti una o più sostanze attive, destinate a proteggere i vegetali o i prodotti vegetali da tutti gli organismi nocivi o a prevenirne gli effetti; influire sui processi vitali dei vegetali, senza peraltro fungere da fertilizzanti; conservare i prodotti vegetali, ecc..”

Un prodotto fitosanitario è composto normalmente da quattro elementi: sostanza attiva, coadiuvante, coformulante e sinergizzante. Le modalità attraverso le quali i prodotti fitosanitari si disperdono nell'ambiente sono le seguenti:

- La **deriva**
- La **volatilità**;
- Il **ruscellamento**
- La **lisciviazione**

Nell'ambito di tale progetto seppur verranno applicate le Buone Pratiche Agricole allo scopo di realizzare un'agricoltura sostenibile, essendo la maggior parte delle coltivazioni specie orticole, non può essere totalmente esclusa l'applicazione di prodotti fitosanitari; pertanto con il fine di ridurre gli impatti sopra elencati, all'interno delle aree interessate saranno predisposte opportune misure di mitigazione.

In particolare: la fascia di rispetto vegetata e alcune superfici vegetate (tappeti vegetati) a protezione del suolo nel momento di lavaggio esterno dell'irroratrice.

1.Fasce di rispetto vegetate

Una fascia di rispetto vegetata è collocata nello spazio tra la sorgente emissiva, il prodotto inquinante (la barra, l'atomizzatore, il terreno trattato) e l'elemento da proteggere.

In particolare, tali fasce saranno realizzate in Area 1 e saranno caratterizzate da una superficie di circa 590 m². È prevista la coltivazione dell'erba medica (*Medicago sativa*); essa è caratterizzata da una crescita rapida, radici profonde ed è ampiamente utilizzata per il fitorisanamento dei suoli dai metalli tossici. (Grifferty et al., 2000; Peralta et al., 2001; Jadia et al, 2008)

L'esteso apparato radicale potenzia inoltre l'attività dei batteri degradanti, favorendo il tasso di biorisanamento da numerosi contaminanti organici come i policlorobifenili (PCB), idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e il trinitrotoluene (TNT). (Chekol et al., 2001; Fan et al., 2008; Sun et al., 2011).

2.Tappeti vegetati

Il piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari definisce le linee guida per l'utilizzo dei prodotti fitosanitari in agricoltura. In particolare, nelle operazioni successive al

trattamento è obbligatorio gestire correttamente ogni tipo di residuo al fine di evitare danni alle persone, agli animali e all'ambiente.

È importate eseguire inoltre la pulizia interna ed esterna dell'irroratrice, a cadenza regolare ma anche in relazione ai trattamenti da effettuare su colture differenti o sulla stessa coltura con prodotti fitosanitari differenti. Oltre al lavaggio interno dell'irroratrice, che se effettuato in campo prevede la dispersione dell'acqua residua sulla coltura appena trattata; il lavaggio esterno dell'irroratrice può essere effettuato in campo per mezzo di una lancia.

Al fine di mitigare l'inquinamento del suolo dovuto da eventuali residui di miscela presenti sulle componenti esterne dell'irroratrice, sarà predisposto in Area 1, Area 2 e Area 3 un tappeto vegetato con funzioni di protezione e fitodegradazione.

Il tappeto vegetato sarà caratterizzato da una superficie di circa 1000 mq, e prevederà la coltivazione di Erba medica, Lino e Colza. Quest'ultime si distinguono per la capacità di degradare sia sostanze organiche che inorganiche presenti all'interno della miscela del trattamento.

9.MONITORAGGIO DELLA COLTIVAZIONE

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

- Ambiente: temperatura dell'aria e umidità relativa;
- Piovosità: pluviometro;
- Vento: Velocità del vento;
- Sole: Radiazione solare totale, PAR e UV;
- Piante: Bagnatura fogliare;
- Suolo: Umidità, Temperatura e Conducibilità elettrica.

In particolare, tra tutti i parametri, a scopo agronomico, si esplicherà di seguito l'importanza dei sensori di bagnatura fogliare e di umidità, temperatura e conducibilità elettrica del suolo che permetteranno l'implementazione di tecniche di agricoltura 4.0 con maggiori benefici sia di efficientamento di utilizzo delle risorse idriche che delle concimazioni e gestione delle patologie.

8.1 Sensore di Bagnatura fogliare

La bagnatura fogliare è un parametro agronomico che permette di misurare la quantità di acqua che si accumula sulle superfici fogliari. Il sensore ha un comportamento simile a quello di una foglia e fornisce il grado di bagnatura fogliare in termini percentuali, viene utilizzato per il monitoraggio ambientale come il controllo dei patogeni, sistemi di irrigazione e condizioni di umidità dovuti alla nebbia e rugiada.

8.2 Sensori di Umidità, Temperatura e Conducibilità elettrica del suolo

I sensori di umidità consentono una gestione dell'irrigazione in linea con le migliori pratiche irrigue che tengono conto della Capacità di Campo (FC), del Punto di Appassimento Permanente (PWP), del

contenuto di acqua disponibile (AWC) e dell'intervallo ottimale di irrigazione (MAD), in base alla tipologia di terreno e della coltivazione.

Il contenuto di acqua disponibile (*Available Water Content, AWC*) è la quantità massima di acqua che il terreno può immagazzinare per essere estratta dalle piante. Si tratta dell'acqua trattenuta tra la capacità di campo e il punto di appassimento permanente.

Il valore di MAD (*Management Allowable Depletion*) specifica la % minima del contenuto di acqua disponibile (AWC) che si ritiene di voler mantenere nella gestione dell'irrigazione. Infatti, la coltura utilizza solo una parte della capacità di ritenzione idrica disponibile prima di sviluppare lo stress idrico. Quindi il valore di MAD è inferiore al suo AWC totale. I benefici che si ottengono dall'utilizzo di questo sensore sono: risparmi significativi sull'utilizzo della risorsa idrica, riduzione del rischio di stress delle piante e incremento generale della coltivazione.

Il monitoraggio della temperatura del suolo risulta fondamentale in quanto quest'ultima influenza le reazioni biochimiche nel terreno, i processi fisiologici (fotosintesi, respirazione), i flussi di acqua e l'attività microbica. L'insieme di questi fattori determina la disponibilità di sostanza organica e dei nutrienti utili alla crescita delle piante.

Il sensore di conducibilità elettrica (ECB), misura la conducibilità elettrica totale che rappresenta la misura di tutti gli ioni che conducono elettricità all'interno delle soluzioni acquose del suolo. Dato che la concentrazione di sali minerali nell'acqua influenza direttamente la sua conduttività, la misurazione della conduttività elettrica è un modo per stimare le concentrazioni di sali minerali. Quest'ultimi sono fonti di nutrimento per la pianta e sono responsabili della crescita sia in senso di deficit che di eccesso. Inoltre una maggiore concentrazione di Sali comporta una maggiore pressione osmotica che causa la diminuzione della capacità di assorbimento dell'acqua.

In sintesi la conducibilità elettrica della soluzione circolante nel suolo, indicata come ECW, ottenuta dalla misurazione della ECB, è il parametro fondamentale da usare nella gestione della fertirrigazione in quanto fornisce la stima di sali minerali che effettivamente sono in circolazione nell'acqua interstiziale nei micropori e permette di definire il giusto apporto di nutrienti, ottenendo una migliore qualità del prodotto finale oltre che una coltivazione più sostenibile.

9.ANALISI MULTICRITERIO

L'analisi multicriterio consiste in un insieme di tecniche utilizzate per confrontare alternative sulla base di criteri diversi tra loro, tenendo conto in modo esplicito dell'importanza relativa attribuita a ciascuno di essi. Diversamente da un'analisi costi-benefici, nella quale gli elementi rilevanti sono resi commensurabili riportandoli a grandezze monetarie, nell'analisi multicriterio i criteri decisionali sono espressi su una scala normalizzata e poi confrontati sulla base di un peso. I criteri di valutazione possono essere obiettivi del progetto o dei portatori di interesse, criteri tecnici, sociali etc. Le alternative vengono elencate nelle colonne della matrice, mentre i criteri di valutazione sono descritti nelle righe. Il grado di raggiungimento di ogni obiettivo da parte delle alternative considerate può essere indicato tramite un indice che può variare da 0 a 5 e assumere anche valori negativi nel caso di non raggiungimento dell'obiettivo, in questo caso il valore 0 assume valore nullo. Ad ogni criterio può essere quindi dato un peso (valore compreso tra 0 e 1) che può essere moltiplicato per ogni valore assegnato ai vari obiettivi. I valori di ogni obiettivo vengono sommati per ogni alternativa in modo da assegnare un punteggio totale ad ogni alternativa progettuale. L'AMC permette di arrivare alla

scelta della soluzione preferibile in quanto tiene conto di tutti i benefici e gli impatti, inclusi quelli di difficile quantificazione.

VOCE	COLTIVAZIONE ATTUALE (SPECIE ORTICOLE E ARBOREE)	SISTEMA INTEGRATO AGRIVOLTAICO (COLTIVAZIONE DI SPECIE ORTICOLE E APICOLTURA)
1	Occupazione (impiego di personale)	
	(+3) Parziale, meccanizzazione quasi completa.	(+5) Quasi totale, per le operazioni di trapianto, coltivazione e raccolta. Impiego di personale per la manutenzione del recinto vegetale/fascia ecologica e per lo sviluppo dell'apicoltura. Altra voce è rappresentata dai tecnici impiegati nella costruzione e manutenzione dell'impianto.
2	Fertilità agronomica del suolo (contenuto di sostanza organica)	
	(+3) La coltivazione di specie orticole non viene effettuata con arature profonde, gli impianti arborei per lo più vigneti sono caratterizzati dalla forma di allevamento a tendone. Il metodo di coltivazione è intensivo, causa anch'esso della perdita di sostanza organica.	(+4) Il sistema integrato agrivoltaico non permette lo sviluppo dell'agricoltura intensiva, non verranno effettuate lavorazioni profonde se non per la realizzazione dell'impianto per la fascia ecologica e per la coltivazione dell'asparago. I moduli fotovoltaici saranno fissati ad un telaio in acciaio che ne forma il piano di appoggio a sua volta incernierato ad un palo da applicare direttamente al suolo, evitando così opere in calcestruzzo, diminuendo l'impatto sul suolo agricolo.
3	Effetti sul sistema idrico (consumo di acqua e qualità)	
	(+2) Necessita di irrigazione, viene utilizzato maggiormente il sistema a microportata di erogazione che permette interventi più puntuali con risparmio della risorsa idrica. Trattamenti antiparassitari e concimazioni abbondanti (soprattutto per le superfici vitate), causa principale dell'inquinamento delle acque superficiali e di falda.	(+3) Necessita di irrigazione solo in parte; l'utilizzo del sistema a microportata di erogazione permetterà l'utilizzo della fertirrigazione e monitoraggi dello stato delle piante permettendo l'intervento in via preventiva nel controllo delle malattie, diminuendo così l'apporto di prodotti fitosanitari.

4	Utilizzo di carburanti fossili per le macchine agricole	(+2) La quasi completa meccanizzazione richiede un elevato consumo di carburante.	(+3) La coltivazione richiede un ridotto utilizzo di macchine agricole, con una conseguente riduzione del consumo di carburante.
5	Biodiversità floristica e faunistica	(0) La coltivazione avviene con un sistema monocolturale, con minimo sviluppo della biodiversità.	(+5) La coltivazione permette di avere una biodiversità elevata dovuta alla coltivazione di più specie orticole ponendo attenzione alle varietà locali, alle fasce ecologiche ed alla coltivazione di specie importanti per gli insetti pronubi. Ulteriore vantaggio per la biodiversità sarà dato dallo sviluppo dell'apicoltura.
6	Margine lordo (valore economico del prodotto agricolo)	(+5) Le colture orticole e la viticoltura permettono di avere un reddito elevato.	(+5) Le colture orticole permettono di avere un reddito elevato; inoltre la realizzazione di coltivazioni innovative e lo sviluppo dell'apicoltura consentono un ulteriore incremento del reddito.
7	Produzione di energia rinnovabile	(0) La coltivazione attuale non permette la produzione di energie rinnovabili.	(+5) Il sistema integrato agrivoltaico permette la produzione di energie rinnovabili raggiungendo annualmente 20,35 MW.
	PUNTEGGIO TOTALE	15	30

La matrice costruita confronta i due sistemi, quello attuale e quello futuro, in base ad alcuni criteri socioeconomici ed ambientali. Si assume che tutti i criteri abbiano un'egual misura pari a 1. La matrice evidenzia come il sistema integrato agrivoltaico abbia un punteggio significativamente maggiore pari a 30, rispetto al sistema colturale attuale con punteggio pari a 15. Risulta evidente come il sistema agrivoltaico renda possibile il raggiungimento di maggiori obiettivi rispetto al sistema di semplice coltivazione; quindi, il suo sviluppo risulta favorevole per il territorio in oggetto.

10.CONCLUSIONI

Dagli studi e le analisi effettuate si evince che il sistema agrivoltaico:

- ✓ si integra bene con la coltivazione di specie orticole a portamento basso;
- ✓ l'acqua di lavaggio dei pannelli non costituisce una problematica in quanto non vengono utilizzati solventi cavi interrati non costituiscono un ingombro per le lavorazioni in quanto interrati a 0,80 m seguendo uno schema ben preciso;
- ✓ la presenza dell'impianto potrebbe permettere anche l'utilizzo di sistemi di supporto delle decisioni, utili alle irrigazioni e al controllo dei patogeni ed allo stato delle colture;
- ✓ favorisce la biodiversità, tramite la coltivazione di più specie orticole tradizionali, specie officinali, apicoltura e realizzazione delle isolette di specie a buona fioritura.
- ✓ favorisce lo sviluppo di nuove filiere, favorendo la coltivazione di specie innovative per il territorio e la produzione di miele.

Il sistema previsto rispetta gli indici identificati dalle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (Giugno 2022), di cui all'art. 2 del decreto legislativo n.199 del 2021; in quanto dal calcolo delle superfici, risulta un valore di LAOR minore del 40% (**29,79%**) ed un indice di coltivabilità maggiore del 70% (**70,20%**); prevede inoltre lo sviluppo delle tecniche di agricoltura 4.0 ed il mantenimento della coltivazione è garantito per tutti gli anni di attività dell'impianto.

Infine, così come risulta dall'analisi multicriterio lo sviluppo del sistema agrivoltaico nei territori in oggetto, può rappresentare una valida alternativa alla coltivazione tradizionale.

11. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. Adeh, E. H., Selker, J.S. & Higgins, C.W. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. Plos One 13, doi: 10.1371/journal.pone.0203256 (2018).
2. Toledo C. & Sconamiglio A. Agrivoltaic System Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns).
3. Svanera L., Ghidese G. & Knoche R. Agrovoltaico: 10 Years Design and Operation Experience. AIP Conference Proceedings 2361, 090002; <https://doi.org/10.1063/5.0055869>. (2021)
4. 4. Disciplinare di Produzione Prodotti di Qualità Puglia: Alberi da frutto.
5. Disciplinare di Produzione Prodotti di Qualità Puglia: Ortaggi a Frutto.
6. Disciplinare di Produzione Prodotti di Qualità Puglia: Ortaggi in Foglia o A Fusto.
7. Bollettino Ufficiale della Regione Puglia- n.40 del 18-3-2021, Determinazione del Dirigente sezione competitività delle filiere agroalimentari 2 marzo 2021, n.67. “Disciplinare di Produzione Integrata Regione Puglia”, adozione “Piano di Controllo Nazionale” - Anno 2021.
8. Bollettino Ufficiale della Regione Puglia- n.60 del 29-4-2021, Determinazione del Dirigente Sezione Osservatorio fitosanitario 21 aprile 2021, n. 32, Norme Eco-sostenibili per la difesa fitosanitaria e il controllo delle infestanti delle colture agrarie nella Regione Puglia- Aggiornamento 2021.
9. <https://biodiversitapuglia.it>
10. Giardini, L., 2012, Pàtron editore, “L’agronomia per conservare il futuro”, sesta edizione.
11. Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, Giugno 2022.