



Regione Campania
 Provincia di Benevento
 Comune di Amorosi



Impianto FV "AMOROSI"

Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
 Integrato con l'Agricoltura

con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie

Potenza 20,00 MW

Titolo:

RELAZIONE AGRONOMICA E FLORISTICA
 inerente la valenza **agrivoltaica** del progetto

Numero documento:

Commessa						Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.
2	2	3	6	0	1	D	R	0 5 0 0	0 0

Committente:



SINERGIA GP12

SINERGIA GP12 S.R.L.
 CENTRO DIREZIONALE, IS. G1, SCC, INT 58
 80143 NAPOLI

PEC: sinergia_gp12@pec.it

Rappresentante, Sviluppatore e Coordinatore: **ing. Filippo Mercorio**



PROGETTO DEFINITIVO

Dottore Forestale

Tito Angelini

Tito Angelini



Sul presente documento sussiste il DIRITTO di PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
	00	08.05.2022	EMMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE			

SOMMARIO

1. PREMESSE E GENERALITÀ

2. INDIVIDUAZIONE DEI LUOGHI, GEO-PEDOLOGICO, CLIMATICO E VEGETAZIONALE.

3. IL POSSIBILE UTILIZZO AGRICOLO DI UN CAMPO FOTOVOLTAICO : L'AGRIVOLTAICO.

3.1 COLTIVAZIONE ERBACEA

3.1.3 Ciclo colturale della patata

3.1.3 Ciclo colturale del fagiolo

3.1.3 Ciclo colturale dell'orzo

3.2 COLTIVAZIONE DI SPECIE FRUTTICOLE ARBOREE

3.2.1 Ciclo colturale dell'olivo

4. COMPATIBILITÀ E COESISTENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO E ATTIVITÀ DI COLTIVAZIONE.

5. ESTENSIONE DEL TERRENO COLTIVABILE.

6. CONCLUSIONI.

1. PREMESSE R GENERALITÀ .

Lo scrivente dottore forestale Tito Angelini da Piedimonte Matese (CE), iscritto all'Albo dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali della Provincia di Caserta con il n° 134 di sigillo, è stato incaricato di redigere la presente relazione agronomica, a supporto specialistico del progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaico in agro del Comune di Amorosi (Bn).

Proponente del progetto è la Società SINERGIA GP12 s.r.l., con sede in Napoli, che ha anche commissionato la presente relazione.

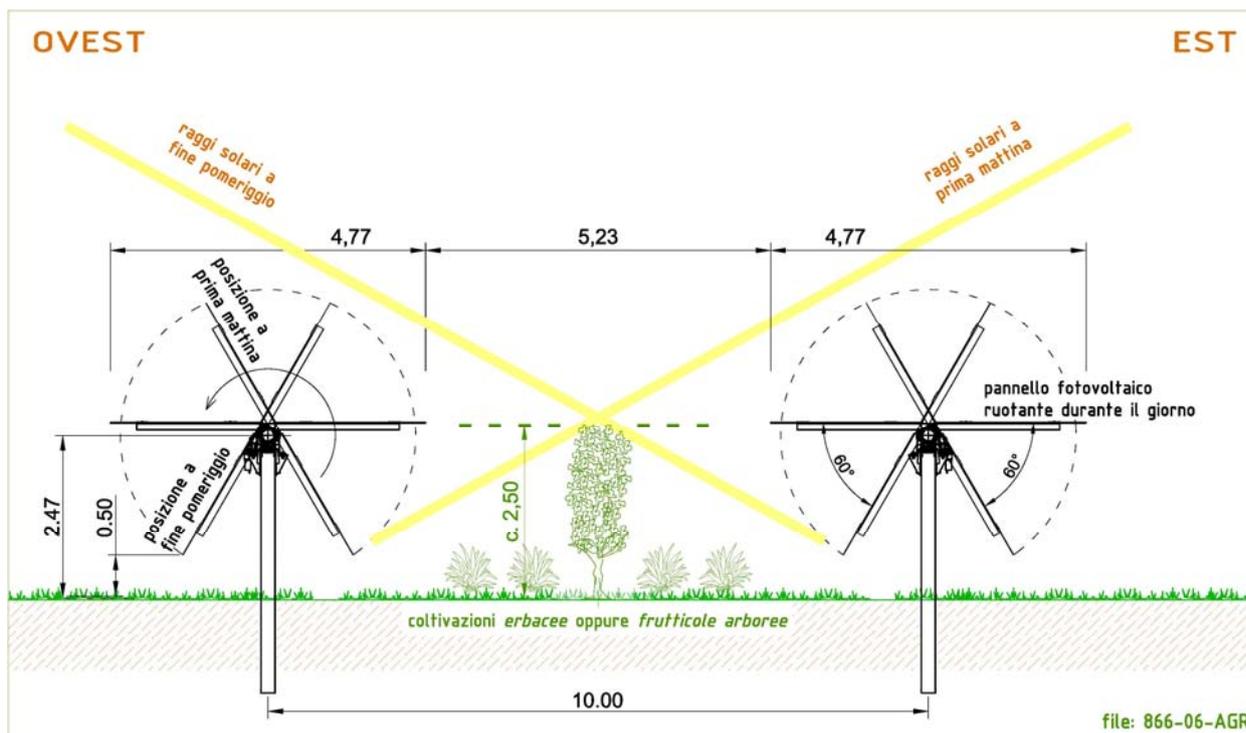
L'agrovoltaico è un sistema di produzione energetica sostenibile che permette la generazione di energia pulita continuando a coltivare i terreni, nelle porzioni lasciate libere tra le file dei moduli fotovoltaici.

Atteso che l'impianto fotovoltaico sarà realizzato con pannelli su strutture non fisse, ma incernierati e rotanti cosiddette "tracker", per poter "inseguire" il sole quotidianamente, restano disponibili, per gli usi agricoli, delle strisce di terreno interposte ai pannelli, di larghezza completamente libera di circa 5 metri.

Tali strisce di terreno, ben si prestano ad ospitare colture agrarie; ciò al duplice scopo di:

- incrementare il reddito, seppure in maniera non preponderante, derivante dalla gestione del campo;
- rendere meno impattante, dal punto di vista agricolo, la realizzazione dell'impianto di produzione energetica.

Il grafico seguente mostra lo schema costruttivo dell'impianto, con gli effetti di ombreggiamento a carico della coltivazione.



Va subito evidenziato che in questo schema AGRIVOLTAICO, la componente agricola è complementare alla presenza delle strutture/pannelli, per cui la coltivazione agricola sviluppabile potrà essere compatibile con il buon funzionamento dell'impianto fotovoltaico (non si potranno utilizzare, infatti, specie arboree che si sviluppino più alte di circa 2,3÷2,5 m, né che ingombrino troppo in larghezza).

Ciò nondimeno, il mantenimento in attività del terreno dal punto di vista agricolo, con la presenza di un reddito aggiunto, evita l'abbandono dello stesso e contemporaneamente evita anche rischi di suo impoverimento per eventuale uso di diserbanti che potrebbero utilizzarsi per tenere il campo pulito in assenza di coltivazioni controllate.

Il sito interessato dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico integrato con la permanenza della coltivazione dei terreni nelle porzioni lasciate libere tra le file dei moduli fotovoltaici, così da ottenere l'impianto AGRIVOLTAICO di cui trattasi è situato nel Comune di Amorosi (Bn) e fa parte della azienda agricola dei fratelli Andrea, Giuseppina, Placido e Augusto Parente, con cui la società Sinergia GP12 Srl ha in essere (quale cessionaria della sua controllante Sinergia EGP1 Srl) un contratto preliminare per la cessione del diritto di superficie dell'intero appezzamento di terreno, per una superficie di 50,36 ettari.

Catastalmente l'appezzamento di terreno tutto ricadente nel foglio 3 ed è così ripartito:

- per la proprietà del signor Parente Andrea, particelle 146, 147, 148, 149, 150, 153, 154, 155, 910 e 912 (*catasto terreni*) e 3 (*catasto fabbricati: fabbricato dismesso*), per una superficie catastale complessiva di circa 12,02 ettari;
- per la proprietà del signor Parente Augusto, particelle 61 e 913 (*catasto terreni*) e 2 (*catasto fabbricati: fabbricato dismesso*), per una superficie catastale complessiva di circa 12,37 ettari;
- per la proprietà della signora Parente Giuseppina, particelle 11, 54, 66, 76, 79, 84, 86 e 9 (*catasto terreni*), per una superficie catastale complessiva di circa 12,67 ettari,
- per la proprietà del signor Parente Placido, particelle 1, 100, 60 e 98 (*catasto terreni*), per una superficie catastale complessiva di circa 13,30 ettari.

Per clausole contrattuali tra i suddetti proprietari e la società Sinergia GP12 Srl, che è la proponente dell'impianto fotovoltaico, viene lasciato ai proprietari stessi la facoltà di condurre, durante l'intero ciclo di vita dell'impianto fotovoltaico (previsto per non meno di 30 anni), la attività agricola all'interno del parco fotovoltaico, facendo così coesistere la *primaria* attività di produzione di energia elettrica da fonte solare e la *secondaria* attività agricola nello spazio lasciato libero dalle strutture tracker, fermo restando il rispetto, da parte dei proprietari conduttori della attività agricola di regole comportamentali, secondo precisi disciplinari, che dovranno essere rispettate per non interferire con la funzionalità e produttività dei pannelli fotovoltaici.

Detti disciplinari riguarderanno, tra l'altro, i tempi e gli orari di lavorazione e la tipologia dei macchinari e attrezzature compatibili con la presenza dell'impianto fotovoltaico, tali da prevenire ed evitare pericoli di danneggiamenti allo stesso.

Le coltivazioni dovranno essere compatibili con l'impianto fotovoltaico, oltre che rispettose delle tradizioni agricole del luogo, benché queste dovranno essere collaterali e non prevalenti rispetto alla attività primaria di produzione di energia elettrica.

In tale ottica sono state valutate, insieme ai proprietari, le possibili coltivazioni sia erbacee che arboree sviluppabili e compatibili con la presenza dell'impianto, e quindi di accettabili dalla società Sinergia GP12 Srl, detentrica della titolarità, una volta autorizzato, dell'impianto fotovoltaico.

La presente relazione agronomica, quindi, tende anche a fornire un contributo all'approfondimento delle colture sviluppabili nel caso di specie, tenendo conto, già in questa fase, delle possibili compatibilità delle attività agricole "non invasive" rispetto alla presenza dell'impianto fotovoltaico, e che, naturalmente, non siano esse stesse negativamente condizionate nel loro ciclo di sviluppo (*germinazione, fioritura, maturazione dei frutti*) dalla presenza dei pannelli fotovoltaici.

2. INDIVIDUAZIONE DEI LUOGHI, INQUADRAMENTO GEO-PEDOLOGICO, CLIMATICO E VEGETAZIONALE

Come già detto, il terreno interessato dall'installazione dell'impianto agrivoltaico è ubicato in agro del Comune di Amorosi (Bn), alla località "Cerracchio".

Cartograficamente il comune è riportato in parte sul foglio IGM n.172, I° quadrante S.E. Caiazzo e in parte in quello n. 173 IV° quadrante S.O. Telese.

Il territorio è caratterizzato da fattori geologici ed idrogeologici che hanno fatto assumere allo stesso una forma pianeggiante con quote minime di metri 45 s.l.m. e massime di metri 80 s.l.m.. Ciò è stato dovuto soprattutto a fattori idrologici che hanno in gran parte modellato il territorio sia con una azione di erosione ma soprattutto di deposito da parte dei due fiumi che cingono il paese, il Volturno ad Ovest-Sud Ovest e il Calore a Sud, Sud-Est. La zona è caratterizzata da suoli tendenzialmente pianeggianti su terrazzi alluvionali ghiaiosi e ciottolosi.

Le condizioni climatiche sono assimilabili al clima temperato caldo del mediterraneo anche se risentono in parte del clima delle zone interne dell'Appennino meridionale. La temperatura media annua è di 15,9°C, la media delle massime è di 20,5° C e quella delle minime di 11,6° C.

Il mese più freddo è gennaio con una media di 7,3° C mentre quello più caldo è luglio con una media di 25,3°C; si possono verificare, durante l'anno, anche giornate di gelo.

I dati pluviometrici riflettono il caratteristico clima mediterraneo.

Le precipitazioni medie annue si aggirano intorno ai 1150 mm e sono concentrate prevalentemente nel periodo autunno-vernino. Le giornate piovose per anno sono circa 100, i mesi più piovosi sono novembre, dicembre gennaio quelli meno piovosi luglio ed agosto.

I venti dominanti, nei mesi primaverili estivi sono quelli occidentali mentre nei mesi invernali quelli che spirano da Nord-Est e da Est. Va rilevato, comunque, che la zona è discretamente riparata e la ventosità non costituisce un ostacolo. I terreni hanno una buona esposizione e sono di medio impasto. Sono per buona parte di natura alluvionale con una presenza di materiali vulcanici. Le loro caratteristiche idrogeologiche sono tali da farli raggruppare in terreni del complesso piroclastico composto da prodotti piroclastici da caduta e da flusso riferibili al tufo giallo litoide al tufo cineritico e grigio campano poco coerente e sciolto con grado di permeabilità relativamente basso. Sono presenti terreni del complesso alluvionale costituiti da depositi ghiaiosi, sabbiosi e limo-argillosi di fondo valle.

I terreni dell'azienda da un punto di vista pedologico, non sono omogenei in quanto talvolta prevalgono plaghe tendenzialmente più compatte e più coerenti che offrono una maggiore resistenza. Sono terreni di origine vulcanico-terroso derivante dalla alterazione del tufo grigio campano, di medio impasto con qualche plaga di terreno del complesso alluvionale (ghiaia e sabbia).

Dalla relazione specialistica pedologica, per la valutazione delle caratteristiche dei suoli e delle loro attitudini colturali per l'agricoltura, è stato rilevato che *"tutto il lotto interessato dal progetto del campo fotovoltaico, con area di ingombro dei pannelli fotovoltaici di 44 Ha, è caratterizzato da terreni di classe III, a meno di una piccola zona di circa 1 Ha, quasi trascurabile rispetto all'insieme, avente caratteristiche borderline di classe III, che per dovizia di analisi è stata segnalata, la cui valutazione di utilizzazione è lasciata dapprima al Progettista dell'impianto e, successivamente, in analisi finale alla istruttoria e valutazione in corso di procedura autorizzatoria."*

La classificazione della Tabella per la Valutazione delle Capacità d'Uso dei Suoli, indicata nelle Linee Guida della Regione Campania :

Parametro	CLASSE								sottoclasse
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Pendenza (%)	< 5	>5 e ≤10	>10 e ≤15	>15 e ≤35	> 35	-	-	-	e
Rischio potenziale di erosione	E1	E2	E3	E4-E5	-	-	-	-	e
Pietrosità Totale (%)	assente o scarsa	moderata	comune	elevata, molto elevata, eccessiva	-	-	-	-	s
Rocciosità (%)	assente o scarsamente roccioso	-	-	roccioso o molto roccioso	estremamente roccioso	-	-	roccia affiorante	s
Profondità utile alle radici (cm)	>150	>100 e ≤150	>50 e ≤100	>20 e ≤50	-	-	< 20	-	s
Scheletro (%) orizzonte arato/superficiale	≤ 5	>5 e ≤15	>15 e ≤35	>35 e ≤ 70	>70	-	-	-	s
Disponibilità di ossigeno per le piante	buona, moderata	buona, moderata	imperfetta	scarsa	molto scarsa	-	-	-	s
Classe Tessiturale (USDA) orizzonte arato/superficiale	F, FS, FA, FL, FSA, FLA	SF, AS	AL, L, A	S	-	-	-	-	s
Fertilità orizzonte arato/superficiale	buona	moderata	scarsa	-	-	-	-	-	s
Capacità assimilativa	molto alta	alta, moderata	bassa, molto bassa	-	-	-	-	-	s
AWC (mm d'acqua) (1)	>150	>100 e ≤150	>50 e ≤100	< 50	-	-	-	-	w
Rischio di inondazione (2)	assente	lieve	moderato	-	alto	-	-	-	w

riassume le caratteristiche del lotto interessato, classificato di classe III (terza) , e ne conferma la predisposizione al possibile utilizzo agricolo, e quindi anche agrivoltaico.

3. L'UTILIZZO AGRICOLO DI UN CAMPO FOTOVOLTAICO : L'AGRIVOLTAICO.

Anche se la produzione agricola è da considerarsi complementare, come indicato in premessa, la coesistenza sullo stesso terreno di colture agricole e pannelli fotovoltaici può creare una virtuosa sinergia da cui sia la produzione elettrica sia quella agricola traggono reciproco beneficio.

La produzione agricola può essere orientata verso coltivazioni erbacee oppure arboree, secondo scelte che potranno essere fatte dal conduttore del fondo dal punto di vista agricolo.

Nel seguito si forniscono indicazioni generali sulla metodologia e caratteristiche del tipo di coltivazioni, nell'ottica di evidenziare la possibilità di coesistenza della attività agricola con la presenza delle strutture e dei pannelli fotovoltaici, che non ne impediscono né la vegetazione né la conduzione.

Una prima distinzione va fatta innanzitutto tra :

- coltivazioni **ERBACEE**, che presentano il vantaggio di raggiungere già entro il primo anno la produzione, ma con lo svantaggio di avere più difficoltà a conciliare i metodi di semina e raccolta automatici con la presenza e l'inerenza delle strutture dei pannelli fotovoltaici;
- coltivazioni **FRUTTICOLE ARBOREE**, che presentano lo svantaggio di aver bisogno di almeno 3-4 anni, se non di più, per cominciare a produrre frutti, ma con il vantaggio, d'altra parte, di avere meno problematiche di metodologie di gestione e raccolta che, essendo meno meccanizzate e più manuali rispetto a quelle delle erbacee, presentano meno potenziali difficoltà di interferenza per la presenza delle strutture dei pannelli fotovoltaici.

La scelta dell'una o dell'altra resta nelle valutazioni del conduttore della parte agricola del campo agrivoltaico, che, naturalmente, potrebbe anche intercambiarle a sua discrezione durante il ciclo di vita, previsto trentennale, del campo fotovoltaico.

3.1 COLTIVAZIONE ERBACEA

Qualora si dovesse optare per la coltivazione erbacea, sarà fondamentale rispettare il principio della **"rotazione culturale"**, ossia la successione di colture diverse tra di loro sullo stesso appezzamento, che prevede il ritorno dopo un certo numero di anni della coltura iniziale.

Tale alternanza ha l'obiettivo di riequilibrare le proprietà biologiche, chimiche e fisiche del suolo coltivato, che tendono a perdersi con la coltivazione prolungata della stessa specie vegetale.

Le colture, secondo il loro effetto sul terreno di coltivazione, possono suddividersi in tre gruppi principali:

- colture **preparatorie (o "da rinnovo")**: richiedono cure colturali particolari, quali ottima preparazione del terreno ed equilibrate concimazioni organiche, che a fine ciclo incidono positivamente sulla struttura del terreno (es. mais, barbabietola da zucchero, patata, pomodoro, tabacco, girasole, fava, fagiolo, pisello, lupino ecc.);
- colture **miglioratrici**: aumentano la fertilità del terreno, influenzando sulla struttura fisica, chimica e biologica (es. graminacee pratensi) oppure lo arricchiscono d'azoto (es. leguminose da granella e da foraggio);
- colture **sfruttanti (o "depauperanti")**: sfruttano gli elementi nutritivi presenti nel terreno e lo impoveriscono (ad es. frumento, avena, orzo, segale, riso, mais, sorgo e generalmente tutti i cereali da granella).

Praticare una rotazione culturale è estremamente importante e vantaggioso, per motivi sia di carattere tecnico agronomico sia di carattere economico.

Tra i caratteri agronomici, possono evidenziarsi:

- miglioramento della struttura del suolo e della sua funzionalità;
- incremento dei microrganismi del terreno;
- arricchimento in termini di elementi nutritivi;
- controllo delle avversità biologiche;
- gestione delle erbe infestanti;

Tra i vantaggi economici:

- riduzione del rischio economico sulle colture dovuto a crolli di produzione o di prezzo di un determinato prodotto;
- distribuzione in maniera più regolare dell'impiego delle macchine e della manodopera nel tempo;

Lo schema classico di avvicendamento/rotazione colturale prevede la seguente successione delle colture:

Coltura da Rinnovo --->> Coltura Miglioratrice --->> Coltura Depauperante

Tenuto conto del ciclo colturale delle diverse specie vegetali, delle rispettive esigenze lavorative - in termini di dimensioni delle macchine e degli attrezzi - anche in rapporto alla necessità della indispensabile periodica manutenzione dei pannelli fotovoltaici, oltre che delle condizioni pedoclimatiche stagionali, si ritiene di poter proporre le seguenti tipologie di coltivazione erbacee da effettuare negli spazi compresi tra le file dei pannelli sono:

- coltura da rinnovo: patata;
- coltura miglioratrice: legumi da granella (fagiolo);
- coltura depauperante: cereali da granella (orzo).

Nel seguito vengono fornite alcune indicazioni sulla tecnica colturale delle specie vegetali sopra evidenziate, da cui si può desumere la possibilità della loro coesistenza con la presenza dell'impianto fotovoltaico.

In particolare, ciò è possibile presupponendo di utilizzare per le lavorazioni agricole dei macchinari di piccole dimensioni, non invasivi, che possono agevolmente muoversi nelle strisce di terreno larghe 4,0÷4,4 m senza danneggiare le strutture e/o i pannelli fotovoltaici.

3.1.1 CICLO COLTURALE DELLA PATATA

Caratteristiche del tubero

La patata, di norma, viene riprodotta per via vegetativa, cioè per mezzo di tuberi-seme (patate da semina). Il tubero possiede delle gemme, dette anche "occhi", disposte con andamento a spirale, da queste gemme ha origine la nuova pianta.

Caratteristiche del terreno e lavorazioni necessarie

Il terreno ideale per la coltivazione della patata è fertile e sciolto, privo di grossi sassi o zolle eccessivamente dure, permettendo pertanto ai tuberi d'ingrandirsi velocemente e raggiungere buone dimensioni.

Il ph del terreno dev'essere compreso tra 5,5 e 7,5.

Il terreno destinato alla patata dev'essere lavorato in profondità (40÷50 cm) in estate, effettuando così anche l'interramento della sostanza organica che, preferibilmente, deve essere sparsa sul terreno prima della fine dell'inverno precedente la semina.

All'aratura si fa seguire una adeguata erpicatura allo scopo di perfezionare il letto di semina. Con gli ultimi interventi preparatori, la superficie del terreno deve essere perfettamente livellata (per la successiva semina meccanizzata) o assolcata (per la semina a mano).

Tali lavorazioni serviranno, inoltre, al terreno per assumere caratteristiche essenziali di permeabilità. I ristagni idrici sono infatti molto temuti dalla patata che, con eccessi d'umidità nel terreno, potrebbe andare incontro a marciumi dei tuberi.

Concimazione

La patata ha esigenze assai alte di fosforo, molto alte di potassio. Il potassio facilita la sintesi degli zuccheri nelle foglie e la traslocazione di questi nei tuberi. Una buona alimentazione in potassio migliora la qualità dei tuberi, ad esempio abbassando gli zuccheri riduttori. Il fosforo è un fattore di precocità e favorisce lo sviluppo radicale. Le concimazioni di fosforo e potassio che più comunemente si praticano alla patata sono le seguenti:

- fosforo (P_2O_5) 70÷100 kg ha come perfosfato 18÷20 o perfosfato triplo;
- potassio (K_2O) 200÷300 kg ha meglio come solfato potassico.

I concimi fosfo-potassici devono essere interrati se non con l'aratura, almeno con uno dei lavori complementari invernali.

L'azoto è l'elemento più importante in quanto determina l'ampiezza dell'apparato fogliare e la sua efficienza fotosintetica, fattori sui quali si basa l'accumulo di amido nei tuberi. Tuttavia l'azoto in eccesso promuove un eccessivo sviluppo fogliare a scapito dei tuberi, ne ritarda la maturazione e ne diminuisce il contenuto di sostanza secca.

La somministrazione dell'azoto deve avvenire frazionata, in parte prima dell'interramento del "seme" (50%), in parte con localizzazione alla semina, ed in copertura, poco dopo la completa emergenza delle piante. La forma di azoto che meglio si adatta è quella ammoniacale.

Epoca di semina

La semina delle patate (anche se il termine "semina" è improprio, atteso che non vengono interrati semi, ma altre parti della pianta: i tuberi, ossia fusti modificati che crescono sotto terra), nelle zone a clima mite avviene a partire dalla fine del mese di febbraio.

Preparazione dei tuberi e semina

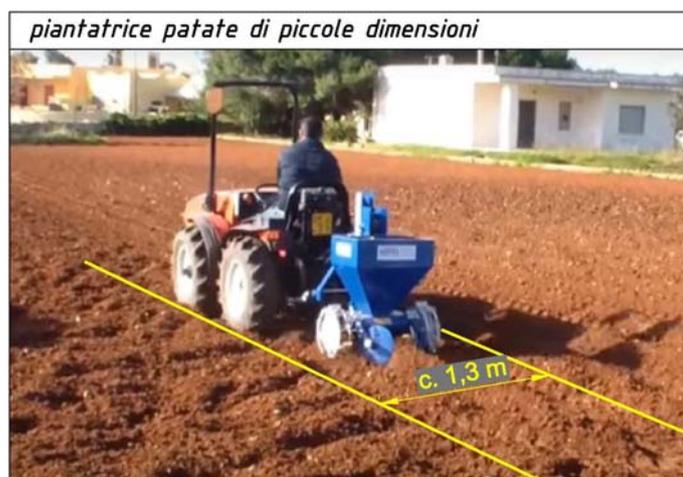
Prima di interrare le patate-seme è necessario stimolarle per indurle a germogliare, mettendo le cassette contenenti i tuberi alla luce e una volta germogliati, controllare che ogni tubero sia sano e rigoglioso.

Al momento della messa a dimora, i getti dovranno essere lunghi circa 1 cm, robusti e vigorosi, in maniera da non provocarne la rottura nel momento in cui verranno ricoperti con la terra.

Se il tubero da interrare è più grande della misura di un uovo, si può dividere in più parti, avendo l'accortezza di lasciare almeno due gemme per pezzo.

Il quantitativo di tuberi normalmente impiegato per la semina è di 20÷30 quintali ad ettaro.

La semina sarà effettuata a mano oppure con piantatrici automatiche; in tal caso le dimensioni possono essere molto contenute, e tali da muoversi agevolmente nella striscia di 4,0÷4,4 m lasciata a completa disposizione della parte agricola.



Sesto di impianto

L'interramento della patata si effettua predisponendo dei solchi sui quali la patata viene adagiata, avendo cura di posizionarla con i germogli rivolti verso l'alto.

La distanza sulla fila (ossia tra ogni singola patata della fila) è di 25-30 centimetri, la distanza tra le file è di 60-70 centimetri.

Dopo la posa dei tuberi-seme il solco viene chiuso, ricoprendo le patate, che devono restare ad una profondità di circa cm 8-10.

CURE COLTURALI

Sarchiatura

Nei terreni soggetti a incrostamento, in relazione all'andamento climatico, è utile una sarchiatura non appena le file siano ben visibili sul terreno. L'operazione è efficace anche come completamento alla lotta chimica contro le infestanti.

Questa operazione consiste nello smuovere e lavorare lo strato superficiale del terreno fino a circa 3÷4 cm di profondità per ossigenare la terra sotto la superficie. Il rimescolamento dello strato superficiale serve anche a rimuovere ed eliminare eventuali elementi estranei presenti, in particolare vecchie radici e piante infestanti e favorire la respirazione delle radici delle piante.

Rincalzatura

La rincalzatura consiste nell'addossare terra dell'interfila alla fila di piante di patata, in modo da favorire l'emissione di rizomi e di radici dalla parte interrata degli steli. Si fa in uno o due passaggi nelle 2÷3 settimane successive alla semina con i germogli allo stadio di 2÷3 foglie formando una "porca"¹ di 20 cm di altezza sul piano di campagna: questo assicura condizioni ottimali di sviluppo alle radici, ai rizomi e ai tuberi-figli.

La rincalzatura favorisce il radicamento, la tuberizzazione e la nutrizione, evita l'inverdimento dei tuberi e protegge questi, sia pur parzialmente, dall'infezione delle spore di peronospora cadute sul terreno.

Irrigazione

La patata ha esigenze idriche abbastanza elevate durante un periodo dell'anno in cui le precipitazioni sono ridotte. Il suo apparato radicale poco profondo, a debole capacità di penetrazione e di suzione, la rendono sensibile allo stress idrico.

Negli ambienti centro-meridionali l'irrigazione è indispensabile; il periodo critico per l'acqua va da 20 giorni prima a 20 giorni dopo l'inizio della fioritura, allorché la patata sviluppa la fase più delicata del suo ciclo che è quella dell'ingrossamento dei tuberi.

In questo periodo non dovranno mancare mai condizioni di buona umidità nel terreno.

I sistemi di irrigazione maggiormente indicati sono l'infiltrazione da solchi e l'aspersione.

RACCOLTA

La raccolta delle patate novelle è anticipata, per motivi di mercato, ad uno stadio in cui il periderma (la "buccia") non è ancora suberificato e si distacca facilmente esercitando con le dita una pressione tangenziale sul tubero.

La raccolta sarà meccanizzata, effettuata utilizzando semplici macchine escavatrici, le quali lasciano in file sul campo i tuberi, che vengono successivamente prelevati, oppure macchine escavatrici raccogliatrici.

Sarà opportuno che la raccolta avvenga con terreno asciutto, non soltanto perché l'operazione è più

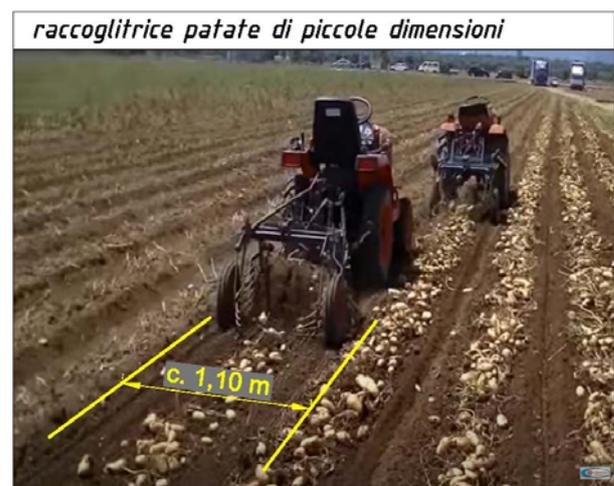
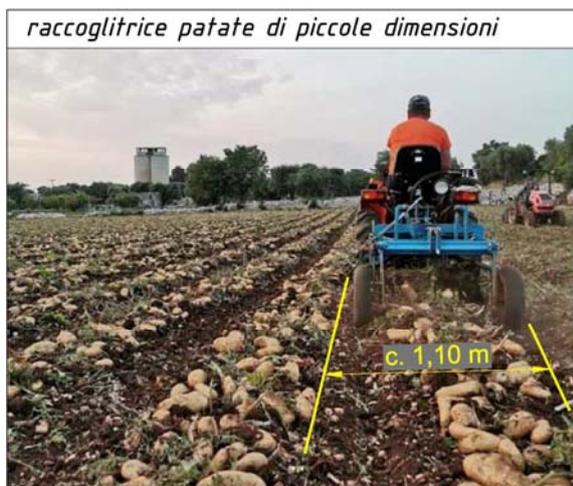
¹ Striscia di terreno di varia ampiezza, sopraelevata sul livello del suolo e compresa tra due solchi, che ha lo scopo di smaltire celermente l'acqua di precipitazione.

agevole, ma anche per raccogliere i tuberi asciutti e puliti.

Le rese unitarie possono variare notevolmente in relazione all'ambiente e alle condizioni di coltura.

Nel caso in esame, si stima una resa in tuberi di 250÷300 q/ha.

Tali operazioni vengono normalmente svolte sia a mano che con macchinari automatici, che in ogni caso sono sempre di modeste dimensioni, così da non avere problemi di interferenze per la presenza delle strutture dei pannelli fotovoltaici.



Avversità. Come per ogni coltura, andranno gestite possibili avversità climatiche e/o da parassiti che potrebbero danneggiare il buon andamento della coltivazione.

3.1.2 CICLO CULTURALE DEL FAGIOLO

Preparazione del terreno.

La preparazione del terreno nel caso di semina primaverile in coltura viene fatta secondo l'itinerario tecnico tradizionale: lavorazione principale a media profondità in estate e ripassature in autunno e/o inverno per affinare il terreno.

La sistemazione idraulica dei campi va curata perché il fagiolo stenta molto a nascere e a crescere su terreni freddi e umidi. La preparazione del letto di semina deve essere particolarmente accurata facendo in modo che il terreno sia molto ben amminutato e non soggetto a formare crosta.

Nel caso di coltura intercalare è conveniente guadagnare tempo, senza preparare il terreno, con buoni risultati ottenibili con la lavorazione minima o, addirittura, con la non lavorazione.

Semina

La semina del fagiolo si può fare su un lungo arco di tempo: da aprile alla fine di luglio- primi di agosto.

Le semine primaverili vanno bene per tutte le varietà e per tutti i tipi di coltura, mentre le semine ritardate presentano vincoli tanto più stretti quanto più avanzata è la data di semina. Per granella secca le ultime semine possibili con le varietà più precoci sono quelle di metà giugno.

Nella grande coltura, dove la meccanizzazione della raccolta s'impone sia nei casi di coltura per granella sia per fagiolini, le varietà sono nane e si seminano a file.

Le quantità di seme variano molto secondo la densità desiderata, la dimensione dei semi e lo stato di preparazione del letto di semina: in genere si va da 100 a 200 Kg di seme per ettaro.

La profondità di semina ottimale è di 40÷60 mm in terreni a grana media, fino a 60÷80 mm in terreni sciolti. Il seme deve essere sempre conciato.

La concimazione del fagiolo deve basarsi sul fosforo e se scarseggia sul potassio.



La semina sarà effettuata a mano oppure con piantatrici automatiche; in tal caso le dimensioni possono essere molto contenute, e tali da muoversi agevolmente nella striscia di 4,0÷4,4 m lasciata a completa disposizione della parte agricola.

CURE COLTURALI

Una rullatura dopo la semina è in genere molto utile.

Il controllo delle infestanti è indispensabile o con la sarchiatura o con il diserbo. In semina primaverile e in ambienti a clima piovoso e/o con terreni freschi, varietà di fagiolo molto precoci possono maturare la granella senza irrigazione, ma nella generalità dei casi, di varietà a ciclo lungo o di semine ritardate, l'irrigazione è indispensabile.

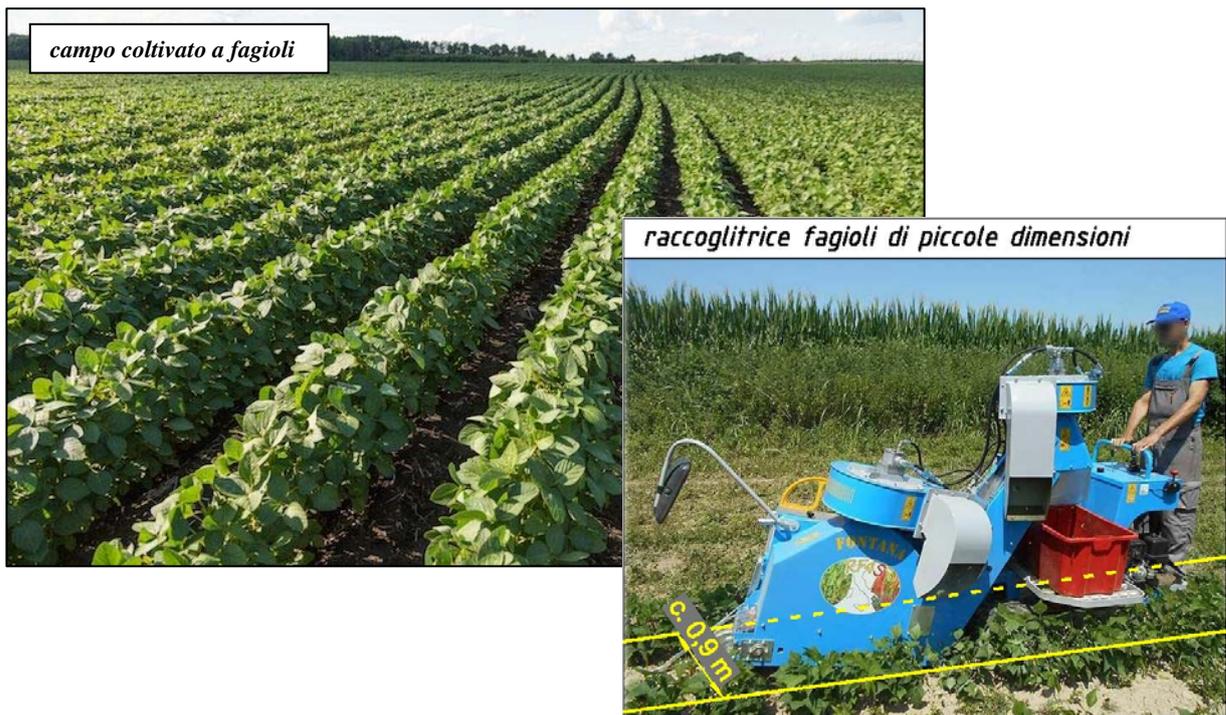
RACCOLTA.

Nella piccola coltura i fagiolini e i baccelli freschi si raccolgono a mano scalarmene, mentre le piante di fagiolo da granella secca si estirpano a mano quando i baccelli hanno cominciato a disseccarsi, si lasciano completare l'essiccazione in campo per essere poi sgranate.

Nella grande coltura tutti i tipi di raccolta possono essere meccanizzati purché le piante siano nane e a maturazione contemporanea. I fagiolini si raccolgono con apposite macchine raccogliatrici (pettinatrici); i fagioli da seme fresco si raccolgono con macchine pettinatrici-sgranatrici semoventi; i fagioli secchi si raccolgono con le normali mietitrebbiatrici.

È considerata buona una produzione di fagioli secchi di 2-2,5 t/ha. Nel caso di fagioli freschi, produzioni buone sono di 12 t/ha da baccelli da sgranare o di 5-6 t/ha di cornetti secondo la varietà e il grado di sviluppo del baccelli.

I semi in magazzino sono molto soggetti agli attacchi del tonchio, per cui il controllo è indispensabile.



La raccolta sarà effettuata a mano oppure con piantatrici automatiche; in tal caso le dimensioni possono essere molto contenute, e tali da muoversi agevolmente nella striscia di 4,0÷4,4 m lasciata a completa disposizione della parte agricola.

Avversità. Come per ogni coltura, andranno gestite possibili avversità climatiche e/o da parassiti che potrebbero danneggiare il buon andamento della coltivazione.

3.1.3 CICLO CULTURALE DELL'ORZO

Preparazione del terreno

I lavori preparatori hanno lo scopo di preparare un appropriato letto di semina e di creare migliori condizioni di abitabilità per la coltura.

Analogamente a quanto per il frumento, tradizionalmente le lavorazioni preparatorie per l'orzo sono le seguenti:

- trinciatura dei residui della coltura precedente;
- aratura, con rovesciamento completo della fetta, a $0,35\div 0,45$ m di profondità;
- affinamento superficiale con successivi passaggi di estirpatore o di erpici divario tipo; non è necessario uno sminuzzamento molto spinto: una leggera zollosità non pregiudica la germinazione e riduce i rischi di formazione di crosta nei terreni limosi in caso di piogge battenti dopo la semina.

Il tempo disponibile per eseguire la sequenza di lavorazioni necessarie per la semina dell'orzo in ottobre-novembre, varia con la successione colturale, ossia con la data alla quale è raccolta la coltura precedente. Come regola generale prima si ara, meglio è.

Semina

In Italia meridionale la semina autunnale è la norma, scartando le varietà più sensibili al freddo; come intervento di ripiego, a carattere di assoluta eccezionalità, si può ricorrere a quella marzuola.

La semina si fa con la stessa tecnica del frumento.

La concia della semente con anticrittogamici è ancor più importante che nel frumento, per il pericolo aggiuntivo di elmintosporiosi. La carbossina è l'anticrittogamico migliore.



La semina sarà effettuata con piantatrici automatiche; in tal caso le dimensioni potranno essere poco più larghe di un trattore medio, e quindi con larghezza di circa 3,0 m, tali da muoversi con buona tolleranza nella striscia di $4,0\div 4,4$ m lasciata a completa disposizione della parte agricola.

Concimazione

Criteri generali: anche se specie rustica e adattabile, l'orzo si avvantaggia di razionali concimazioni.

Per ogni 100 di granella prodotta e della paglia relativa, il fabbisogno è il seguente:

- Fosforo P_2O_5 - 1,5 kg di cui: 1,1 asportati con la granella - 0,4 residuali nella paglia;
- Potassio K_2O - 2,5 kg di cui: 0,5 asportati con la granella - 2 residuali;
- Azoto - 2 kg.

Con le varietà a taglia bassa, dosi di concimazione usuali sono di $80\div 100$ kg di azoto per ettaro.

Tecnica

Per gli orzi zootecnici la tecnica di concimazione indicata per il frumento è pienamente rispondente.

Per gli orzi da birra, che si vogliono a basso contenuto di sostanze azotate, la concimazione va fatta con un particolare accorgimento: evitare di fare l'ultima azotatura alla levata, e dare tutto l'azoto all'accestimento. In questo modo si tende ad evitare che la coltura trovi azoto da assorbire durante la fase di granigione, azoto che andrebbe ad arricchire troppo le cariossidi.

Diserbo

I principi del diserbo del frumento si applicano anche all'orzo tenendo però presente che questo è più di quello sensibile a certi prodotti, ad esempio i fitormonici.

RACCOLTA

A parità di condizioni inizia 8÷10 giorni prima del frumento tenero, ciò consente una migliore utilizzazione delle macchine di raccolta nelle aziende che coltivano sia l'uno che l'altro cereale.

La raccolta deve essere molto tempestiva, a causa della fragilità della spiga. L'orzo zootecnico è utilizzato insieme con il mais e altri cereali, per la preparazione di mangimi concentrati per gli animali domestici, sfarinato tal quale o fioccato o decorticato.

L'utilizzazione per malto comporta diversi passaggi di lavorazione che esulano dagli scopi della presente relazione e che, pertanto, vengono tralasciati.



La raccolta potrà essere effettuata con mini-mietitrebbiatrici ; in tal caso le dimensioni potranno essere contenute a circa 1,2 ml, e quindi tali da muoversi senza problemi nella striscia di 4,0÷4,4 m lasciata a completa disposizione della parte agricola.

Avversità. Come per ogni coltura, andranno gestite possibili avversità climatiche e/o da parassiti che potrebbero danneggiare il buon andamento della coltivazione.

3.2 COLTIVAZIONE DI SPECIE FRUTTICOLE ARBOREE

Si è già detto precedentemente, come la coltivazione degli interfilari dei pannelli fotovoltaici possa riguardare anche specie frutticole arboree.

Nello specifico, potrebbe prevedersi l'impianto di un **uliveto**, quale coltura già largamente praticata nella zona di AMOROSI e del circondario, adottando tecniche colturali orientate alla meccanizzazione della coltivazione con macchinari che non interferiscono con la presenza delle strutture dei pannelli.

Nella zona sono stati già impiantati uliveti di nuova generazione, del tipo semi-intensivo, ove si riscontrano distanza tra le piante di una stessa linea di circa 1,5 ml. Questa scelta rispetto ad una distanza maggiore è giustificata dal creare una concorrenza più spinta tra le piante e quindi un minore sviluppo delle stesse, idoneo per tale tipo di allevamento in quanto crea una situazione favorevole alla meccanizzazione, evitando di avere piante che si sviluppano con dimensioni troppo ingombranti.

La distanza tra le file può essere scelta tenendo solamente presente lo spazio da mantenere per il transito delle macchine automatiche (cosiddette *scavallatrici*) necessarie per le fasi di potatura e raccolta meccanizzata; tale spazio può scendere fino a 5,0 ml.

Da ciò, nel caso di specie, si potrebbe sicuramente prevedere un impianto "agrivoltaico" con file di olivi, a distanza/interasse tra loro di 10,0 ml, interposte e sfalsate rispetto a file di tracker di pannelli fotovoltaici, anche queste distanza/interasse tra loro di 10,0 ml, così da poter avere uno spazio tra i pannelli di non meno di circa 5,0 ml e quindi sufficiente per il transito delle macchine automatiche *scavallatrici*.

La durata di un impianto semintensivo, con sesto di impianto 10,0x2,5 m, è stimabile in non meno di 20 anni, con forte riduzione di mano d'opera rispetto ad un impianto classico (sesto di impianto di circa 6,0x6,0 m); inoltre la coesistenza tra i due impianti (di olivi e fotovoltaico) può avvantaggiare lo sviluppo vegetazionale delle piante di olivo per gli effetti di una schermatura e protezione dei pannelli che, ruotando, evitano anche zone sempre in ombra o sempre assolate.

3.2.1 CICLO COLTURALE DELL' OLIVO - scelta varietale e del materiale di propagazione.

Caratteristiche generali

L'olivo (*Olea europaea* L.), detto anche ulivo, è una pianta sempreverde appartenente alla famiglia delle *Oleaceae*.

Anche se si ritiene sia originario dell'area sud caucasica, esso è molto diffuso nella zona mediterranea, dove si concentra la maggior parte della produzione mondiale di olive.

Caratteri botanici

L'olivo è una pianta assai longeva che può facilmente raggiungere alcune centinaia d'anni: questa sua caratteristica è da imputarsi soprattutto al fatto che riesca a rigenerare completamente o in buona parte l'apparato epigeo e ipogeo che siano danneggiati. L'olivo è inoltre una pianta sempreverde, ovvero la sua fase vegetativa è pressoché continua durante tutto l'anno, con solo un leggero calo nel periodo invernale.

L'olivo presenta delle foglie opposte di forma lanceolata e allungate, hanno un picciolo corto, la pagina superiore è di colore verde scuro, quella inferiore è bianco argento. I fiori sono piccoli ed ermafroditi di colore bianco e presenti in infiorescenze a grappolo che prendono il nome di "mignole". Il frutto è una drupa di forma ovale, a seconda della varietà può avere varie dimensioni e un peso variabile dai 2 ai 6 grammi, è dalla polpa del frutto che viene ricavato l'olio alimentare.

Molto importante, per la coltivazione dell'olivo, è la corretta individuazione degli stadi fenologici, che sono particolari stadi di crescita della pianta e sono fortemente influenzati dalle condizioni climatiche esterne; ad esempio, il precoce germogliamento seguito da ritorni di freddo e gelate può portare a danni importanti sulla produzione dell'anno.

La conoscenza delle fasi fenologiche e il monitoraggio delle condizioni ambientali permettono l'esecuzione di interventi, quando possibile, per ridurre gli effetti negativi sulla produttività.

L'alternanza di produzione è un aspetto che deve essere tenuto in considerazione, perché i suoi effetti si ripercuotono sia sul prezzo sia sulla qualità del prodotto finito.

Le cause a cui si può ricondurre tale evento sono un mix di condizioni climatiche, attacchi parassitari, potatura e concimazioni sbagliate, eccessivo ritardo nella raccolta dei frutti e, non meno importante, la predisposizione della cultivar stessa. Per ovviare a tale evento si deve operare in modo tempestivo e continuato nel tempo, con diversi interventi di tecnica agronomica.

Scelta della varietà

La scelta varietale è eseguita valutando le specifiche condizioni pedoclimatiche in cui si opera. In linea generale, una volta verificata l'idoneità ambientale, si preferiranno le **cultivar** (*varietà di pianta coltivata, nella nostra fattispecie "olivo"*) più accettate dal mercato per i caratteri qualitativi dei frutti.

Nella fattispecie potranno essere impiegate le varietà tipicamente coltivate in zona, quali: Ortice, Ortolana, Raccioppella, Sprina, ovvero FavolosaFS17, Arbequina, Arbosana (Spagnole), Giulia (Italiana), idonee per impianti di tipo semintensivo.

Impianto dell'oliveto

Lavorazioni all'impianto

L'impianto di un nuovo oliveto si effettua all'inizio della primavera, precedendo la ripresa vegetativa.

Prima di mettere a dimora le piantine d'olivo si devono eseguire le seguenti operazioni:

- livellamento e, se necessario, spietramento;
- lavorazione profonda del terreno con "ripper" (aratro ripuntatore) per dissodare il terreno in profondità;
- concimazione a base di letame (300-400 q.li/ha) e concimi fosfo-potassici (150-200 kg/ha);
- messa in opera di una rete di scolo (fossi e dreni);
- tracciamento dei sestri e messa dei tutori (picchetti in legno) delle future piantine;
- eventuale potatura di trapianto delle piantine.

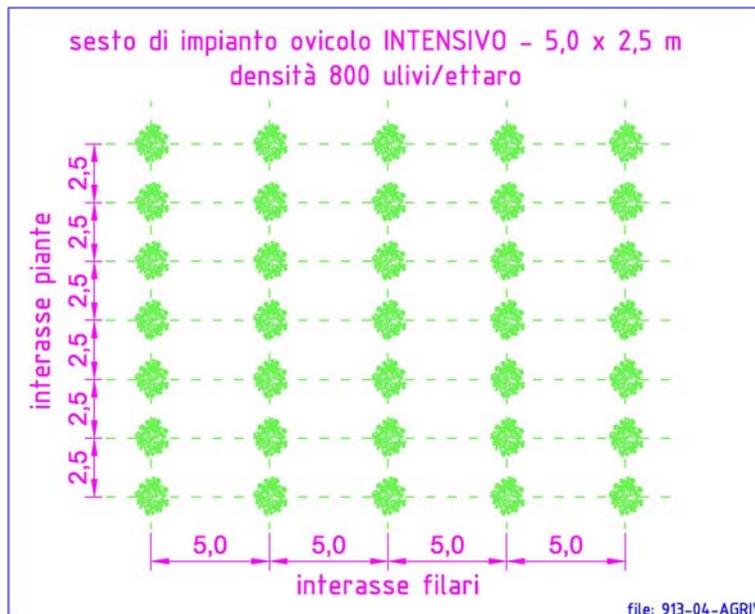
Nella messa a dimora è necessario evitare il danneggiamento dell'apparato radicale e fare in modo che, dopo il riempimento e l'assestamento del terreno nella buca, la pianta conservi la stessa profondità che aveva in vivaio.

Sistemi e distanze di piantagione

Nel caso di specie si può prevedere di poter reimpiantare impianti olivicoli di nuova concezione, ossia con sestri d'impianto consoni alle tecniche colturali olivicole moderne e che vanno, quindi, a privilegiare le fasi di lavorazioni meccanizzate (rispetto a quelle manuali), in particolare per le fasi di potatura e raccolta; in tal caso la larghezza tra i filari può essere di 5,0 m.

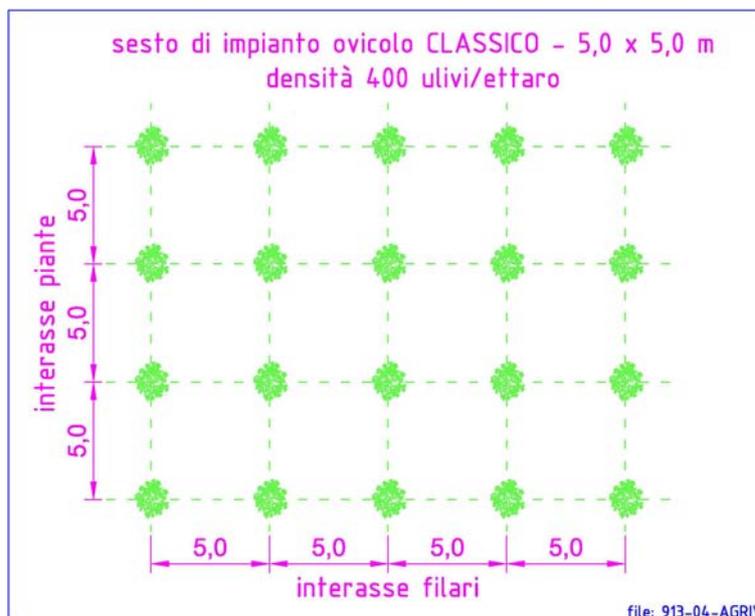
Un tal tipo di impianto olivicolo potrebbe presentare un sesto di impianto (*intendendo per "sesto di impianto" le relazioni di distanza fra le piante all'interno di un appezzamento: il primo numero indica la distanza tra i filari, mentre il secondo indica la distanza tra le piante all'interno di ogni singolo*

filare) nell'ordine medio di 5,0x2,5 , e quindi con il seguente schema planimetrico definibile INTENSIVO :



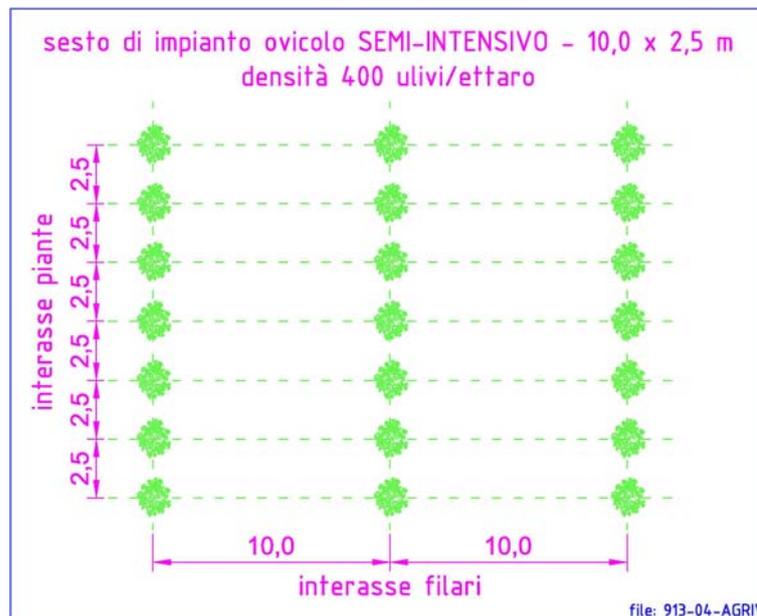
che porterebbe a un risultato di densità di 800 ulivi/ettaro.

Un tale sesto d'impianto rappresenterebbe, in pratica, il "doppio" di quello CLASSICO, con sesto di impianto 5,0x5,0 :



che porterebbe a un risultato di densità di 400 ulivi/ettaro.

Per quanto si dirà più avanti, il sesto d'impianto olivicolo che potrebbe risultare perfettamente compatibile dal punto di vista di geometria planimetrica con un impianto fotovoltaico è intermedio tra i due precedenti, potrebbe definirsi SEMI-INTENSIVO e sarebbe da **10,0 x 2,5** :



e porterebbe a un risultato di densità di 400 ulivi/ettaro (risultato, questo, coincidente con il sesto d'impianto classico 5,0x5,0).

Gestione dell'albero e fruttificazione

Forma di allevamento

Le forme di allevamento cambiano da zona a zona, da varietà a varietà ma, soprattutto, in funzione del tipo di raccolta da praticare. Non si deve dimenticare, comunque, che l'olivo è una pianta mediterranea: come tale essa ha bisogno di luce e aria e ha bisogno della maggior massa di foglie per dare buoni risultati produttivi, che produce su rami di un anno compiuto, da rinnovare annualmente, evitando, allo stesso tempo, ombreggiamenti continuativi che hanno effetti sensibili e negativi sui risultati produttivi ed economici della coltura.

La forma più diffusa tra i sistemi di allevamento dell'olivo è quella "a vaso". Dal fusto, una volta reciso a una determinata altezza, si fanno partire esternamente delle branche (in modo diverso) che daranno alla chioma la forma di cono, o di cilindro, oppure conico-cilindrica, o tronco-conica. E un sistema che permette un buon arieggiamento della chioma evitando l'eccessivo infittimento della vegetazione. Il vaso policonico, con le branche impalcate a 1,0÷1,5 m da terra, permette le lavorazioni e la crescita sottochioma delle specie erbacee.

La caratteristica di questa forma è che essa, consentendo alle piante di fruttificare molto in alto, rendendo difficili e costose le operazioni di potatura e raccolta. Inoltre, tale aspetto è ancor più negativo nel caso di coltivazione in un campo agrivoltaico, per gli evidenti problemi di ingombro.

Pertanto, sarà più opportuno scegliere una forma di allevamento maggiormente compatibile con la contemporanea presenza in campo dei pannelli fotovoltaici.

Si potrà optare tra la palmetta libera, il vaso cespugliato, il cespuglio allargato lungo il filare (ellittico) o espanso (circolare), monocono o a cordone, a **siepone**. Queste forme tendono a realizzare una massa continua di vegetazione lungo il filare alta fino a 4 m; altezza che, invece, nel nostro caso dovrà essere tenuta non superiore a 2,5 m. Il vaso cespugliato presenta 3-4 branche principali che si

dipartono dal suolo e possono derivare da gruppi di 3-4 piantine. Il monocono è una forma a tutta cima, molto simile al fusetto utilizzato in frutticoltura, di semplice manualità nella potatura.

Irrigazione

Sarà necessario effettuare delle irrigazioni nei primi anni di vita della pianta, particolarmente in quei terreni molto asciutti.

La pianta di ulivo non ha bisogno di particolari accorgimenti riguardo all'acqua, tuttavia, se la pianta andasse in carenza idrica durante l'estate e la primavera si incorrerebbe in aperture anomale dei fiori e conseguente aborto dell'ovario, in una ridotta dimensione dei frutti e poca polpa rispetto all'intero frutto che darebbe meno olio.

Per ovviare a tale problema si interviene con l'istituzione in campo di sistemi di irrigazione gravitazionali tradizionali oppure a microportata (spruzzo e goccia).

Concimazione

La concimazione è importante, come già detto, al momento dell'impianto ma anche nel momento della piena produzione se si vogliono ottenere indici di conversione molto elevati. Ci sono degli elementi che rivestono un ruolo fondamentale nella nutrizione di queste piante e sono: boro e magnesio (assieme al ferro servono per la nutrizione minerale della pianta), calcio (favorisce la sintesi di amido, regola l'accumulo idrico ed aumenta la resistenza alle avversità ambientali), fosforo (regola l'accrescimento e la fruttificazione) e potassio (regola il vigore della pianta e regola il suo equilibrio vegeto-produttivo).

Raccolta e potatura

Per le olive non esiste un'epoca di raccolta ben precisa. Le olive si dividono, a seconda della maturazione dei frutti, in: a maturazione scalare, a maturazione contemporanea.

Inoltre a differenza della loro precocità si suddividono in: precoci, medie, e tardive.

Ad esempio, le varietà Ortice e Ortolana sono varietà medio-tardive.

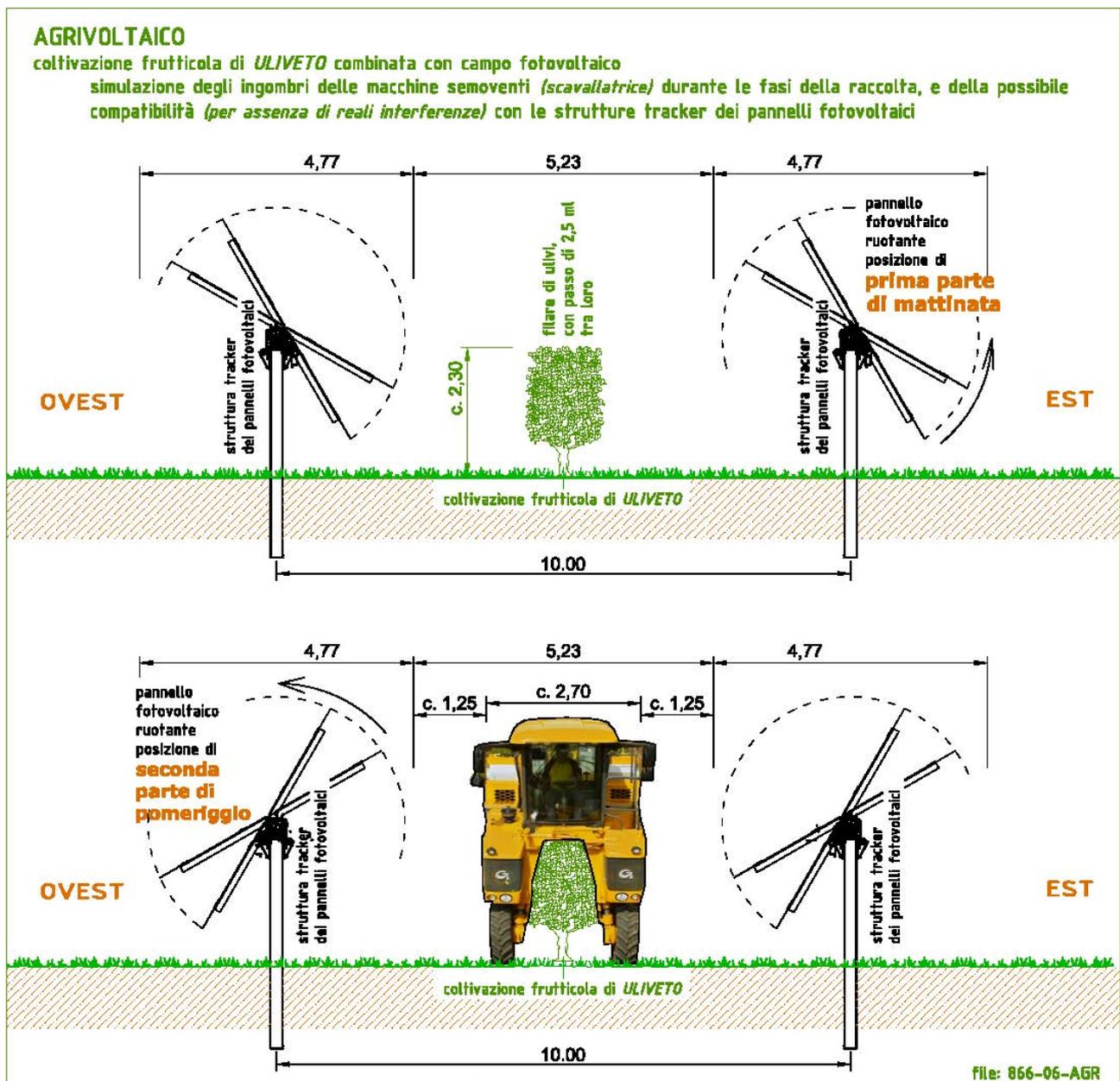
L'avvento della raccolta meccanica in continuo con macchine *scavallatrici* ha rappresentato, a partire dalla fine degli anni Novanta, la seconda "rivoluzione olivicola" che ha permesso di estendere l'altissima densità, fino a circa 1.500 alberi per ettaro, anche all'olivicoltura. Il sistema superintensivo concepito in quegli anni si è oggi evoluto verso l'olivicoltura superintensiva di seconda generazione (SHD 2.0), basata sull'allevamento *smart tree* degli olivi, senza l'ausilio di strutture di sostegno, che consente la meccanizzazione integrale anche della potatura anche in fase di allevamento in campo.



Con tale macchinario, che transita per sua concezione, a "cavallo" del filare di olivi e quindi perfettamente al centro dello spazio lasciato libero dalle strutture orientabili che portano i pannelli, non si pone alcun rischio di interferenza con tali strutture, in quanto lo spazio libero è di tutta sicurezza, anche nei momenti in cui le strutture di ritrovassero orizzontali (verso l'orario di mezzogiorno durante la giornata)

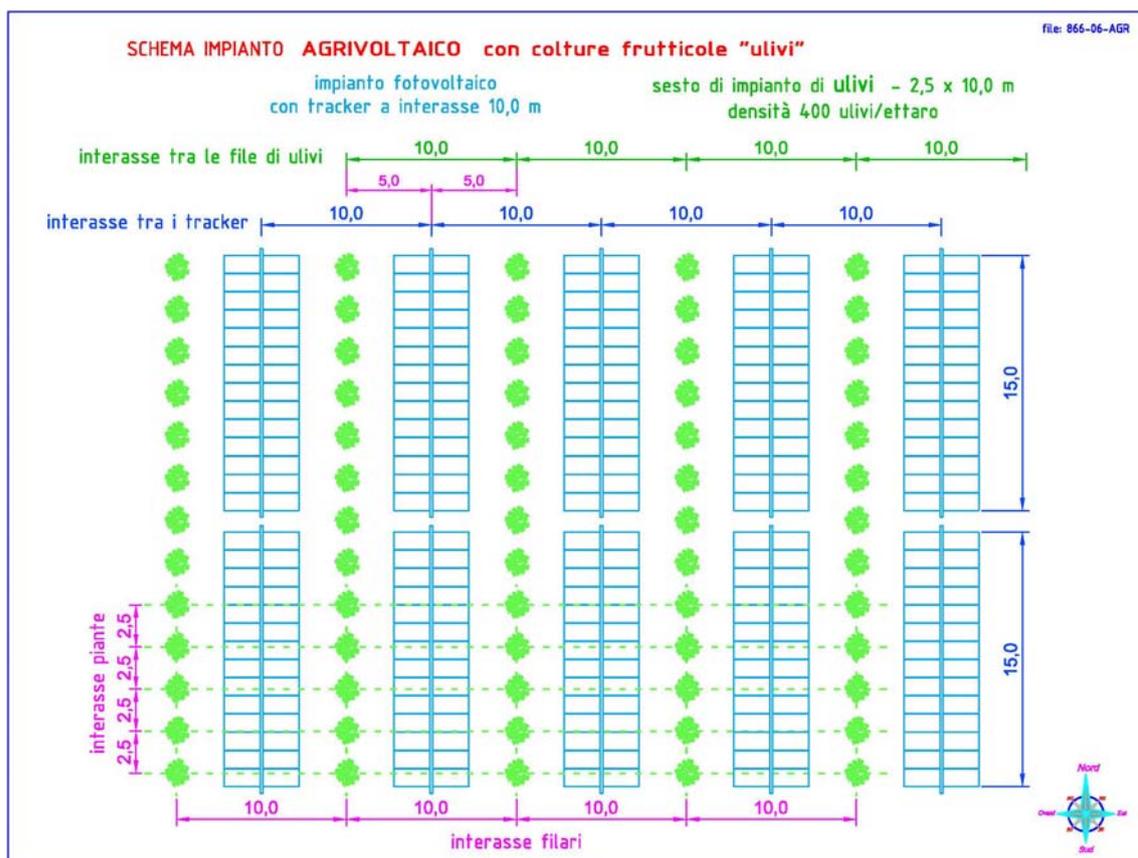
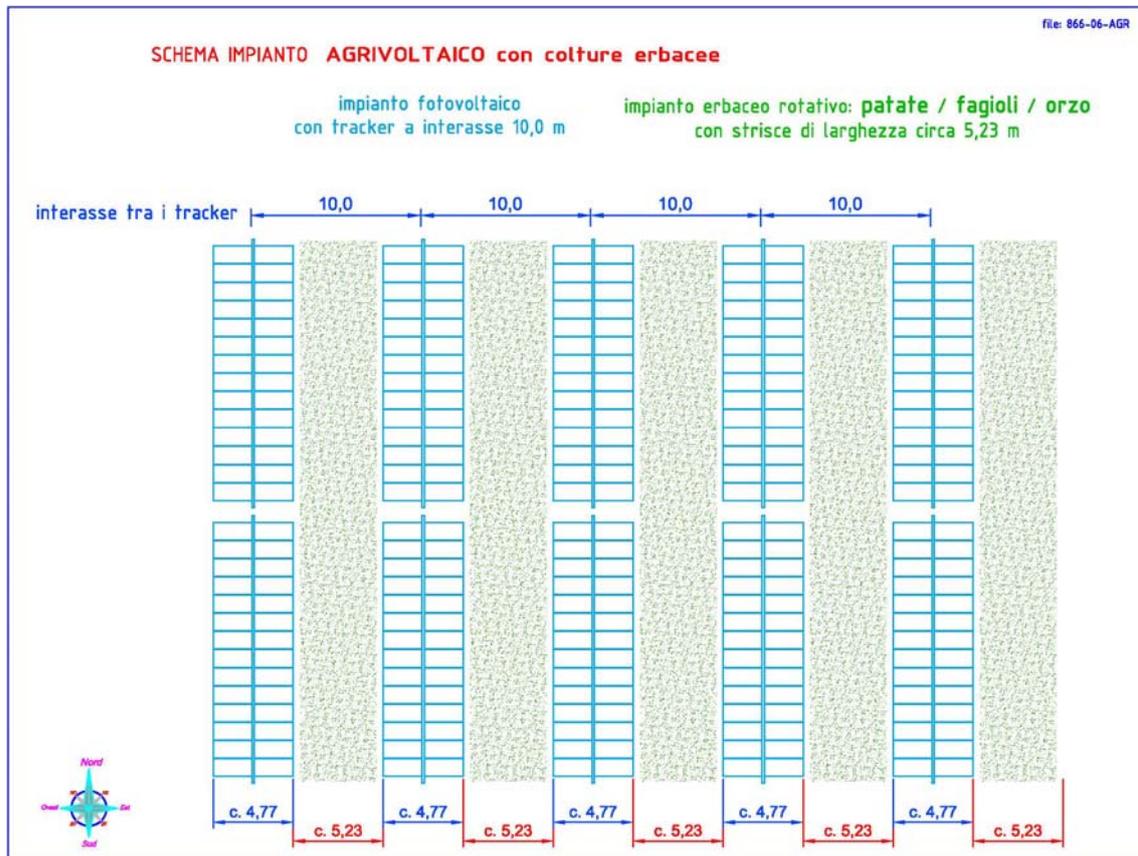
Le fasi di raccolta o di potatura, con l'ausilio di tali macchine semoventi, non presenterebbero particolari problematiche, in quanto gli spazi tra i filari delle piante e il massimo ingombro delle strutture tracker ruotate (nella posizione orizzontale, verso l'orario di mezzogiorno durante la giornata) lascerebbero comunque uno spazio di circa 1,25 cm per lato per il transito, appunto, delle macchine semoventi, così come rilevabile dallo schema di cui appresso.

Peraltro, a vantaggio di sicurezza di tali movimentazioni con le scavallatrici, vi sarà la possibilità di coordinare le fasi di raccolta anche di prima mattina o nel secondo pomeriggio, in modo da massimizzare lo spazio tra i tracker ruotati, il cui movimento è estremamente lento, ruotando da -60° a $+60^\circ$ nell'arco dell'intera giornata di sole.



4. COMPATIBILITA' E COESISTENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO E ATTIVITA' DI COLTIVAZIONE

Da quanto sin qui illustrato appare più che ragionevole la possibilità di realizzare, senza interferenze negative reciproche, un campo agrivoltaico, sia con colture erbacee che con colture frutticole arboree; le due soluzioni, dal punto di vista planimetrico avrebbero le seguenti impostazioni:



Verificata la possibile congruenza geometrica planimetrica, resta da esaminare la effettiva possibilità di benessere vegetazionale dell'impianto agricolo posizionato tra le file di tracker con pannelli fotovoltaici, le cui sezioni/viste schematiche sono state riportate nelle pagine precedenti, e per i quali impianti agricoli durante le condizioni di vita dell'impianto agri-voltaico, potrebbero verificarsi alcune interferenze tra le diverse operazioni connesse alla coltivazione agricola del fondo e la gestione/operatività dei moduli fotovoltaici, che invece, di fatto, non rappresentano grosse problematiche se valutate senza preconcetti.

In particolare vi è da considerare ed esaminare:

- l'ombreggiamento che i pannelli produrrebbero alle colture sottostanti,
- la radiazione solare alle colture in presenza dei pannelli;
- la temperatura del campo in presenza dei pannelli;
- la evapotraspirazione in presenza dei pannelli;
- l'ingombro dei pannelli fotovoltaici;
- la possibilità che le lavorazioni del terreno potrebbero danneggiare i cavi elettrici interrati.

L'ombreggiamento

La luce solare è indispensabile sia per la produzione di energia fotovoltaica, sia per il ciclo biologico delle colture agrarie.

L'impianto in progetto, costituito da tracker (*e non da strutture fisse*) che ruotano inseguendo la posizione del sole, mantiene l'orientamento dei moduli in posizione perpendicolare a quella dei raggi solari, proiettando delle ombre che saranno tanto più ampie quanto più basso sarà il sole all'orizzonte.

Pertanto, è opportuno praticare prevalentemente colture che svolgano il ciclo riproduttivo e la maturazione nel periodo primaverile/estivo, così che il sole è più alto sull'orizzonte.

D'altro canto, l'ombreggiamento non arreca soltanto svantaggi alle colture, ma anche vantaggi perché riduce l'evapotraspirazione, diminuendo il rischio di eccessiva perdita d'acqua dei tessuti vegetali; ciò si tradurrà, anche, in una maggiore efficacia delle scarse (data la posizione geografica) precipitazioni del periodo estivo che non apportano molta acqua.

La radiazione solare

La radiazione solare è un fattore essenziale per le piante: garantisce lo svolgimento della fotosintesi clorofilliana, l'accrescimento e la produzione dei prodotti agricoli. Le piante, tuttavia, utilizzano solo una minima parte della radiazione solare, dal 2 al 5%, ed in particolare possono impiegare per la fotosintesi solo la frazione visibile, definita PAR (radiazione fotosinteticamente attiva), compresa tra 400 e 700 nm di lunghezza d'onda, che è pari a circa il 40% della radiazione globale. Le piante, peraltro, riflettono alla superficie delle foglie il 25% della radiazione globale, pari al 10% della radiazione visibile PAR.

Va sottolineato che, in condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale che raggiunge la superficie del terreno si compone per metà di radiazione diretta e per metà di radiazione diffusa priva di direzione prevalente. La presenza dei pannelli fotovoltaici riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno, mentre è prevedibile un aumento della quantità di radiazione diffusa.

In realtà, le riduzioni di radiazione diretta devono considerarsi meno marcate nel periodo primaverile/estivo durante il quale si realizza lo sviluppo delle maggior parte delle piante coltivate,

essendone soddisfatte le esigenze termiche, per effetto del maggior angolo di elevazione solare. Inoltre, la tipologia mobile del pannello fotovoltaico adottata in progetto, per effetto della riflessione indotta dai pannelli consente alle piante coltivate di sfruttare la radiazione sia riflessa che diffusa dai pannelli stessi.

La temperatura

In riferimento alla temperatura dell'aria, questa rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare.

Sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei valori termici dell'atmosfera in zone ombreggiate rispetto alle zone in pieno sole, anche di 3÷4 °C, l'ombreggiamento determina generalmente uno sfasamento termico, con un ritardo termico al mattino in fase di riscaldamento dell'atmosfera, e un rallentamento del raffreddamento pomeridiano-serale (Panozzo et al., 2019).

Al di sotto dell'impianto fotovoltaico inoltre, è lecito attendersi una maggiore umidità relativa dell'aria al mattino, e minore nel tardo pomeriggio-sera rispetto a zone in pieno sole.

L'ombreggiamento delle colture è una pratica agricola molto utilizzata, ad esempio nelle serre per ridurre le temperature nel periodo estivo tramite reti ombreggianti (*dal 30 al 50% di ombreggiamento*); l'ombreggiamento riduce la percentuale di nicotina nel tabacco e, nelle serre serve per favorire la colorazione rossa del pomodoro che sarebbe ostacolata da temperature troppo elevate. Ogni specie vegetale necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto zero di vegetazione. Oltre questa base termica, l'accrescimento accelera all'aumentare della temperatura fino ad una temperatura ottimale, specifica per ciascun stadio di sviluppo, oltre la quale l'accrescimento rallenta fino ad arrestarsi (temperatura massima).

Le elevate temperature estive, oltre la temperatura massima, possono quindi danneggiare l'accrescimento delle piante, condizione che si sta progressivamente accentuando in pieno sole a causa del cambiamento climatico.

Per mitigare questi effetti, numerosi studi scientifici sono oggi concordi nel suggerire l'introduzione nei sistemi agricoli di filari alberati e siepi a distanza regolare, proprio per attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive.

Un effetto analogo potrebbe essere offerto dall'impianto fotovoltaico per le piante nel modello agrivoltaico che comporterebbe la generazione di un microclima stabile e favore per l'accrescimento vegetazionale della coltura

Nel periodo invernale, invece, ci si attende che la presenza del fotovoltaico mantenga la temperatura del suolo leggermente più elevata rispetto al pieno sole poiché le ali fotovoltaiche riflettono le radiazioni infrarosse (raggi caloriferi) emesse dalla terra durante il raffreddamento notturno, e questo permette un sensibile accrescimento delle piante microterme anche nei periodi più freddi dell'anno.

L'evapotraspirazione

L'evapotraspirazione è definita dalla somma delle perdite di acqua per evaporazione dal terreno e di traspirazione fogliare.

Delle due, solo la perdita dalla pianta è utile all'accrescimento delle piante poiché mantiene gli stomi aperti, e quindi consente gli scambi gassosi utili alla fotosintesi (ingresso di anidride carbonica nella foglia).

In condizioni di ombreggiamento è lecito attendersi una riduzione della traspirazione fogliare, e in modo più marcato, una riduzione dell'evaporazione dal terreno, determinando un aumento dell'efficienza d'uso delle riserve idriche del suolo ovvero in una riduzione del fabbisogno idrico richiesto dalla coltura

Ingombro dei pannelli fotovoltaici.

Vi è da considerare, e quindi escludere, la possibilità che i macchinari agricoli impiegati per le lavorazioni potrebbero collidere con i pannelli fotovoltaici.

La tecnica costruttiva impiegata per la messa in opera dei pannelli consente agli stessi la possibilità di ruotare intorno ad un asse, per poter "inseguire" il sole e avere la maggior efficacia produttiva possibile. Ne consegue che l'ingombro che i pannelli operano varia da un massimo che si verifica nelle ore centrali della giornata, quando la struttura si ritrova in posizione orizzontale, ad un minimo che si verifica nelle ore di prima mattina e di tardo pomeriggio, quando la struttura si trova in posizione di massima inclinazione in un verso e nell'altro.

Ciò influenzerà anche il ritmo di esecuzione delle operazioni meccanizzate di coltivazione: è preferibile, ed auspicabile, che il passaggio dei mezzi agricoli avvenga nei momenti in cui l'ingombro dei pannelli è minimo, per evitare, appunto, il rischio di collisioni.

D'altronde, già di per sé, la buona prassi agricola prevede che le operazioni in campo, particolarmente nelle stagioni calde, vengano effettuate con il fresco, di prima mattina oppure nel tardo pomeriggio.

Presenza dei cavidotti

Nell'area dell'impianto fotovoltaico sono interrati cavi elettrici, all'interno di opportune canalizzazioni. Alcune operazioni colturali, in particolare le lavorazioni del terreno in preparazione della semina, potrebbero interessare negativamente detti cavi.

Ciò, tuttavia, nel nostro caso non potrà avvenire, atteso che, le profondità minima di posa del cavidotto, deve essere tale da garantire almeno 1,0 m misurato dall'estradosso superiore del cavidotto stesso.

Il rischio è ancora minore, per non dire inesistente, per le operazioni colturali successive (sarchiatura, rinalzataura, raccolta meccanizzata) perché queste interesseranno strati di terreno superficiali e molto meno profondi.

5. ESTENSIONE DEL TERRENO COLTIVABILE

La fascia minima del terreno da poter utilizzare per la coltivazione avrà la larghezza, salvo migliori possibili adattamenti della attività colturale da verificare con i primi anni di conduzione, di non meno di 5,0, in base agli schemi geometrici prima illustrati.

Considerato che l'interasse delle strutture tracker (quelle portanti i pannelli) è previsto essere di 10,0 ml, ne deriva che, di fatto, lo spazio utilizzabile per la coltivazione agricola risulterà essere circa il 50% (5,0/10,0) della superficie complessiva interessata dal campo fotovoltaico.

Ciò rappresenta una buona estensione di superficie, tale da rendere sostenibile, anche dal punto di vista economico, la attività di coltivazione, seppur quale attività secondaria rispetto a quella primaria di produzione di energia elettrica.

6. CONCLUSIONI

L'esigenza di produrre energia *green rinnovabile* è oggi quanto mai sentita per ridurre gli effetti negativi dell'inquinamento e del cambiamento climatico legati all'utilizzo di energie fossili.

L'associazione tra impianto fotovoltaico di nuova generazione (*tracker ad inseguimento solare*) e l'attività agricola rappresenta una delle migliori soluzioni innovative dell'impiego del territorio, che trova giustificazione nel maggiore output energetico (LER, Land Equivalent Ratio) complessivamente ottenuto dai due sistemi combinati rispetto alla loro realizzazione individuale.

Attraverso la scelta di una idonea coltura, tollerante al parziale ombreggiamento generato dai pannelli fotovoltaici, è possibile migliorare la produttività agricola unitaria e sfruttare tutta o parte della superficie del suolo sotto ai pannelli solari per scopi agricoli.

In agricoltura è frequente la problematica derivante dalla progressiva riduzione di fertilità a causa della coltivazione agricola intensiva; perciò, la prevista utilizzazione, con l'agrivoltaico, di circa la metà del terreno disponibile potrebbe essere, oltre che una necessità derivante dalla presenza dell'impianto fotovoltaico, anche una involontaria benefica occasione di riequilibrio per il graduale re-innalzamento della fertilità agraria del territorio.

Difatti, nelle zone interessate è frequente rilevare valori di sostanza organica del terreno inferiori a 1,5%, ed in molti casi anche inferiori all'1%, condizione che agronomicamente viene definita come quella di un terreno "povero", poiché inferiore alla soglia ideale del 2%.

A tale riguardo, il terreno è considerato uno dei *sink di carbonio* ⁽²⁾ più importanti per la sua fissazione, dopo le foreste e gli oceani, e riveste quindi un ruolo fondamentale nella mitigazione climatica.

D'altra parte, si sta oramai abbastanza diffondendo l'evoluzione dei campi "fotovoltaici" in "agrivoltaici", e ciò perché inizialmente i campi fotovoltaici altro non erano che distese di pannelli solari, più o meno vaste, che di fatto sottraevano terre all'agricoltura o al pascolo.

Negli ultimi anni, invece, la ricerca ha prodotto una nuova forma di combinazione tra fotovoltaico e agricoltura che, invece di generare una competizione tra la produzione energetica e agricola, crea una virtuosa sinergia da cui entrambe traggono beneficio.

Il fotovoltaico avrà un ruolo cruciale nel futuro processo di decarbonizzazione e incremento delle fonti rinnovabili (FER) al 2030. In particolare, secondo il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima ([PNIEC](#)), l'Italia dovrà raggiungere il 30% di energia da fonti rinnovabili sui consumi finali lordi, target che per il solo settore elettrico si tradurrebbe in un valore pari ad oltre il 55% di fonti rinnovabili rispetto ai consumi di energia elettrica previsti. Per garantire tale risultato, il Piano prevede un incremento della capacità rinnovabile pari a 40 GW, di cui 30 GW costituita da nuovi impianti fotovoltaici.

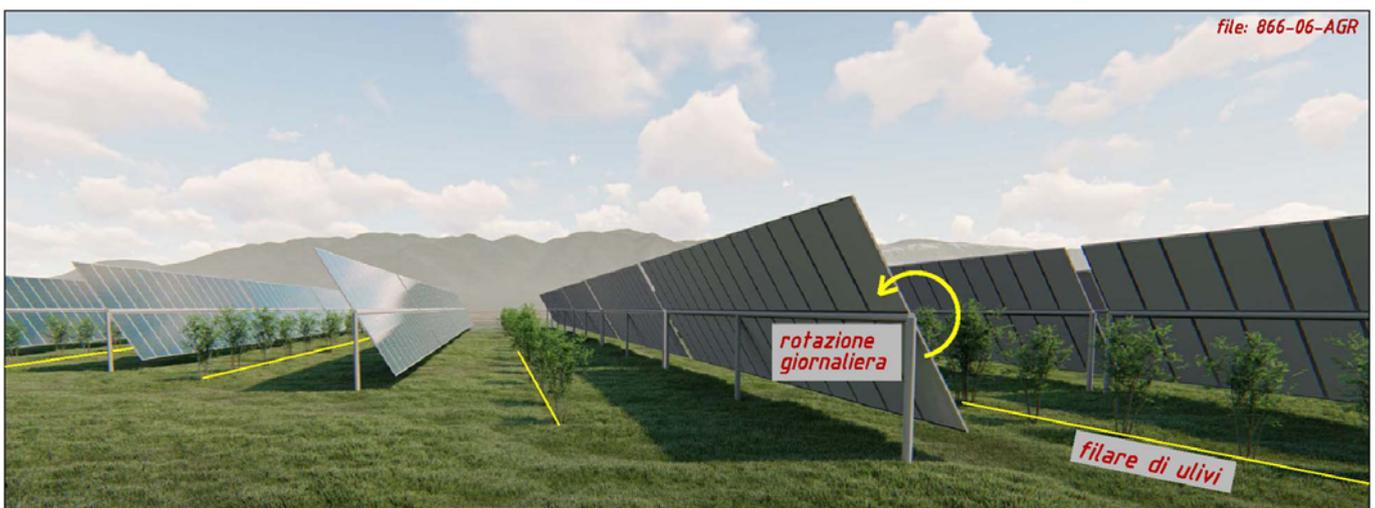
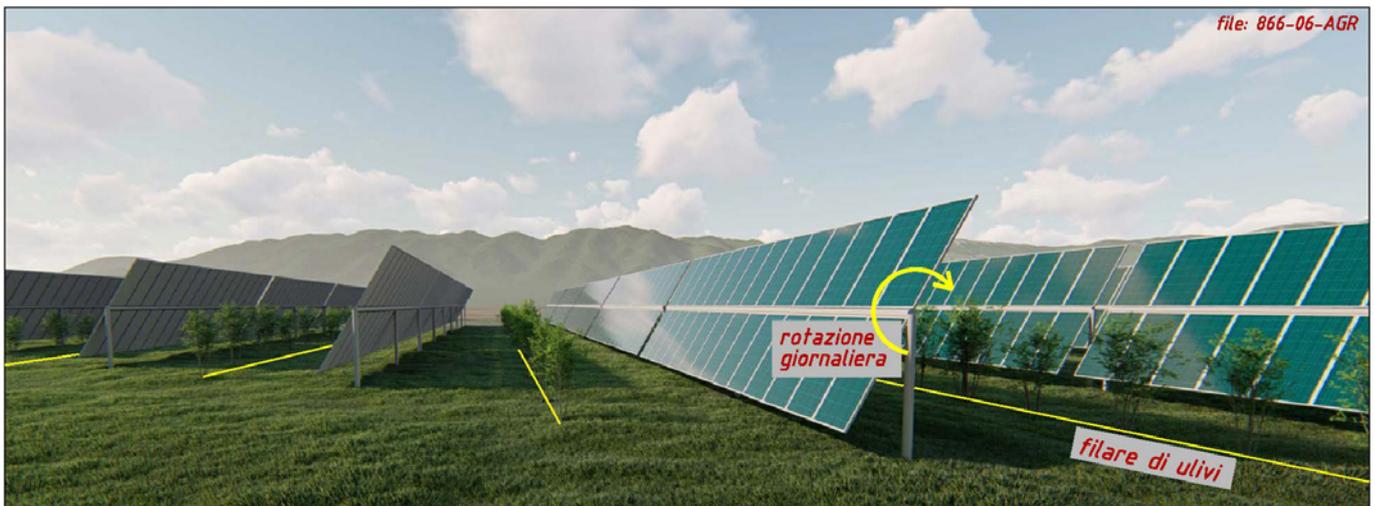
Tali target verranno rivisti al rialzo, alla luce degli obiettivi climatici previsti dal recente [Green Deal europeo](#), che mira a fare dell'Europa il primo continente al mondo a impatto climatico zero entro il 2050. Per raggiungere questo traguardo si sono impegnati a ridurre le emissioni di almeno il 55% entro il 2030 (invece dell'attuale 40%) rispetto ai livelli del 1990. Queste novità richiederanno un maggiore impegno nello sviluppo delle energie rinnovabili.

In questo attuale e futuro scenario si innesta, nel suo singolo contesto, il progetto di agrivoltaico sin qui illustrato, dal quale, per tutto quanto evidenziato nei paragrafi che precedono, non si rilevano particolari motivi ostativi per la benefica coesistenza nell'impianto AGRIVOLTAICO delle due

²(?) Per **sink di carbonio** (*carbon sink*) si intende un deposito di [carbonio](#) naturale o artificiale che assorbe l'[anidride carbonica](#) contribuendo a diminuire la quantità di CO₂ nella atmosfera, diminuendo conseguentemente il riscaldamento del pianeta causato dal cosiddetto [effetto serra](#).

componenti - fotovoltaica e agricola - come illustrato nelle pagine precedenti, e quindi la sua valutazione non può che essere positiva dal punto di vista agronomico, fermo restando la consapevolezza di non poter ottenere la massimizzazione della produttività agricola, condizione, questa, conosciuta ed accettata come presupposto di partenza, rivestendo la "agricola" la attività secondaria e non la principale, che resta, nel caso in specie, quella della produzione di energia elettrica da fonte solare rinnovabile mediate pannelli fotovoltaici.

I fotorealismi di una vista ad altezza d'uomo del campo agrivoltaico possono essere i seguenti, in diversi momenti della giornata, con i tracker ruotati in posizioni diverse.



Concludendo, in estrema sintesi, anche se a prima vista non è intuitivo, l'ombra dei pannelli solari permette un uso più efficiente dell'acqua, oltre a proteggere le piante dagli agenti atmosferici estremi e dal sole nelle ore più calde. Recenti studi internazionali indicano che la sinergia tra fotovoltaico e agricoltura crea un microclima (temperatura e umidità) favorevole per la crescita delle piante che può addirittura migliorare le prestazioni di alcune colture.

Nella fattispecie del presente progetto l'esercizio dell'impianto agrivoltaico consentirà di contribuire agli obiettivi stabiliti dalla politica energetica europea e nazionale, mantenendo, seppure in maniera secondaria rispetto all'attività primaria energetica, una produzione agricola di tipo sostenibile destinata all'alimentazione umana, che durante il ciclo di vita dell'impianto (previsto di 30 anni) potrà essere, a seconda delle valutazioni che si svilupperanno nel corso della attività, di tipo erbaceo (patate, fagioli, orzo) ovvero di tipo frutticolo (olivi).

Piedimonte Matese, 08/05/2022

Il tecnico
dott. for. Tito Angelini