

Ricerca di Sistema elettrico



Realizzazione e monitoraggio di un Impianto agrivoltaico dimostratore (LA2.5)

C. Cancro, A. Scognamiglio, M. Atrigna, E. Terzini, P. Delli Veneri

REALIZZAZIONE E MONITORAGGIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DIMOSTRATORE (LA2.5)

C. Cancro, A. Scognamiglio, M. Atrigna, E. Terzini, P. Delli Veneri

ENEA - TERIN

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: 1.1 "Fotovoltaico ad alta efficienza"

Linea di attività: LA2.5

Responsabile del Progetto: Paola Delli Veneri, ENEA

Responsabile Linea di Attività: ENEA

Mese inizio previsto: 01/12/2022

Mese inizio effettivo: 01/12/2022

Mese fine previsto: 31/12/2024

Mese fine effettivo: 31/12/2024

Indice

1	Risultati attesi	4
2	Risultati ottenuti.....	5
3	Prodotti attesi	6
4	Prodotti sviluppati	7
5	Analisi degli scostamenti su attività e risultati.....	8
6	Sintesi delle attività svolte	9
7	Dettaglio delle attività svolte.....	10
7.1	Progettazione e realizzazione dell'impianto	10
7.2	Esercizio e gestione degli asset agrivoltaici	4
7.3	Monitoraggio preliminare delle prestazioni elettriche dell'impianto	5
8	Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte.....	10
9	Pubblicazioni scientifiche	11
10	Eventi di disseminazione	12

Indice delle figure

Figura 1 – Nuovo impianto agrivoltaico fisso realizzato presso il sito di Scalea (CS)	2
Figura 2 – Impianto agrivoltaico ad inseguimento: dettaglio dei nuovi moduli fotovoltaici.....	2
Figura 3- Dettaglio inverter e batterie di accumulo	3
Figura 4- Sistema dissalatore installato presso il sito sperimentale	3
Figura 5- Produzioni giornaliere dell’impianto fisso e ad inseguimento nel mese di Ottobre 2024	7
Figura 6 - Produzioni giornaliere dell’impianto fisso e ad inseguimento nel mese di Novembre 2024.....	7
Figura 7 - Produzioni giornaliere dell’impianto fisso e ad inseguimento nel mese di Dicembre 2024.....	8

Indice delle tabelle

Tabella 1 -Elenco degli elaborati prodotti dalla ATI per la redazione del progetto esecutivo del nuovo impianto	2
Tabella 2 -Parametri misurati dall’inverter	6
Tabella 3 -Confronto delle produzioni mensili tra impianto fisso ed impianto ad inseguimento	8

1 Risultati attesi

Progettazione e realizzazione di un impianto dimostratore agrivoltaico fisso presso Scalea, dotato dei necessari strumenti di monitoraggio dei parametri elettrici e agronomici. Monitoraggio dei dati di irraggiamento, dei parametri elettrici e della produzione energetica dell'impianto. Le prestazioni dell'impianto saranno confrontate con quelle di un impianto ad inseguimento già esistente nello stesso sito. I dati sperimentali, raccolti e validati attraverso una opportuna metodologia consolidata in sinergia con la LA2.6 per la parte agricola, forniranno utili indicazioni agli operatori che intendano progettare e realizzare sistemi agrivoltaici nelle regioni caratterizzate da condizioni climatiche simili a quelle dei siti di riferimento. In particolare, i risultati relativi agli aspetti di sostenibilità ambientale dei due sistemi - i.e resa e qualità delle colture, biodiversità del suolo - insieme a quelli di sostenibilità economica delle due scelte (i.e. operatività e manutenzione) saranno utili a supportare scelte preliminari in merito alla realizzazione di sistemi agrivoltaici in caso di vitigni ed alberi da frutto.

2 Risultati ottenuti

È stato progettato e realizzato un impianto dimostratore agrivoltaico elevato fisso della potenza nominale di circa 18kW, collegato ad un impianto di dissalazione.

L'impianto è stato monitorato rispetto a parametri energetici (elettrici) ed agronomici agronomici (questi ultimi dati sono stati condivisi con la LA2.6 per le elaborazioni previste in quella LA).

Nelle adiacenze di questo impianto è situato un impianto simile per dimensioni (i.e. altezza dei moduli da terra e distanza tra le file dei moduli) che adotta un sistema ad inseguimento fisso. E' presente, inoltre, un'area di riferimento per il confronto con la produzione agricola di colture identiche a quelle impiegate presso i dimostratori agrivoltaici, in pieno campo. L'insieme delle tre unità costituisce un hub agrivoltaico sperimentale.

3 Prodotti attesi

Report tecnico dal titolo "Realizzazione e monitoraggio di un Impianto agrivoltaico dimostratore"

Dimostratore: Impianto agrivoltaico elevato fisso da circa 18 kW presso Scalea.

4 Prodotti sviluppati

- Report tecnico dal titolo "Realizzazione e monitoraggio di un Impianto agrivoltaico dimostratore" - RdS_PTR 22-24_PR1.1_LA2.5_422
- Impianto dimostratore agrivoltaico elevato fisso da circa 18 kW presso Scalea.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Il lavoro è proceduto secondo le previsioni e le attività pianificate hanno raggiunto gli obiettivi stabiliti. Non si segnalano, quindi, scostamenti tra i risultati attesi e quelli ottenuti.

6 Sintesi delle attività svolte

È stato realizzato un impianto agrivoltaico dimostrativo (18 kWp) su struttura con moduli bifacciali elevati dal suolo ad un'altezza di 5m. L'impianto è costituito da 4 file parallele da 8 moduli (di dimensioni 2,3x1,1 m²), lo sviluppo lineare di ogni fila di 4 moduli è di circa 4,5 m e l'interasse è di 5 m. L'impianto è dotato di un sistema di monitoraggio dei parametri energetici e agronomici e alimenta un dissalatore per l'irrigazione. I risultati agronomici mostrano che le colture (limone) si sono sviluppate regolarmente, con risparmi idrici fino al 70%, riduzione dello stress idrico e migliore qualità dei frutti. I dati di monitoraggio di questo impianto sono stati comparati con quelli di un impianto del tutto simile ma dotato di sistema ad inseguimento, la resa energetica di quest'ultimo è stata migliore del 18%. Il progetto conferma la fattibilità tecnica ed economica dell'agrivoltaico in contesti mediterranei, offrendo un modello replicabile per vitigni e frutteti.

7 Dettaglio delle attività svolte

Questa sezione descrive le attività svolte nella LA2.5 che hanno avuto come obiettivo la progettazione e la realizzazione di un impianto dimostratore agrivoltaico e il monitoraggio delle prestazioni elettriche.

7.1 Progettazione e realizzazione dell'impianto

L'attività ha avuto inizio con una serie di colloqui tecnici con le aziende coinvolte nella progettazione e realizzazione dell'impianto che erano state individuate nelle fasi di predisposizione della proposta progettuale. In particolare, è stato svolto un dialogo tecnico con le aziende Greenhouse, EF Solare, Set Energie e Alma Lao che si sono poi costituite come ATI a cui è stato poi affidata una consulenza con lo scopo di supportare la fase di progettazione esecutiva e realizzazione dell'impianto. Durante questa fase sono stati svolti alcuni sopralluoghi nel sito individuato presso Scalea, dove era già presente un impianto dimostratore agrivoltaico elevato ad inseguimento. Dopo una laboriosa fase di definizione preliminare del progetto e una lunga fase di predisposizione della procedura amministrativa determinata dalla necessità di affidare le attività ad una ATI viste le diverse competenze necessarie alla realizzazione dell'impianto, si è entrati nella fase di progettazione esecutiva dell'impianto e alla sua realizzazione.

ENEA ha definito le specifiche tecniche degli interventi che prevedono in estrema sintesi:

- il riammodernamento dell'impianto agrivoltaico esistente su strutture ad inseguimento con la sostituzione dei moduli presenti mediante moduli bifacciali di ultima generazione;
- la costruzione di un nuovo impianto agrivoltaico, avente le medesime caratteristiche elettriche di quello esistente, ma dotato di strutture fisse per il sostegno dei moduli, inclinate di 24° rispetto al piano orizzontale e orientate verso Sud
- l'installazione di adeguata sensoristica per monitorare sia la produzione fotovoltaica che quella agricola
- la messa a coltura di specie vegetali simili sotto i due impianti
- la conduzione dei due impianti sia per la sezione fotovoltaica che per quella agronomica
- il monitoraggio ed il confronto dei dati sperimentali relativi alla produzione elettrica e agricola per i due impianti.

La ATI affidataria del contratto ha pertanto predisposto tutta la documentazione del progetto esecutivo che consta degli elaborati riportati in tabella 1, parte dei quali allegati alla documentazione di progetto

Una parte di questi riguarda il Progetto Strutturale dell'opera che è stato depositato presso gli Uffici Regionali del Genio Civile della Calabria, mentre gli altri sono stati utilizzati per ottenere il Nulla Osta per la realizzazione dell'Impianto dal Comune di Scalea (CS) e dalla Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la provincia di Cosenza, essendo l'area interessata dall'intervento soggetta a vincolo naturalistico. Inoltre, poiché la zona si trova in prossimità del percorso di alcuni corsi d'acqua di una certa importanza come il fiume Lao, è stato fatto uno studio specifico per verificare l'entità del rischio idrogeologico e da alluvione. Sono poi stati redatti altri elaborati sulla cartografia dei beni paesaggistici riguardanti le interferenze con le aree sottoposte a vincolo archeologico, boschivo, fluviale, degli usi civici, delle aree a notevole interesse pubblico e di quelle tutelate ai sensi della Rete Natura 200. Da questi si evince che l'area di intervento non ricade in alcuno di tali vincoli.

Tabella 1 -Elenco degli elaborati prodotti dalla ATI per la redazione del progetto esecutivo del nuovo impianto

ELENCO ELEBORATI		
"SISTEMI AGRIVOLTAICI PROTOTIPALI" - per ricerca applicata in collaborazione con l'Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie - ENEA		
ALMA LAO s.r.l.		
Identificatore	Denominazione Elaborato	Descrizione
2303_01	Elenco Elaborati	Elenco Elaborati del Progetto
2303_R.01	Relazione Tecnica Generale	Relazione Tecnica descrittiva del progetto definitivo-esecutivo redatto ai sensi di legge vigente
2303_R.02	Relazione Geologica	Relazione Geologica, Geotecnica e Pericolosità sismica di base
2303_R.03	Relazione di Calcolo Strutturale - Telai e Nodi	Relazione di Calcolo Strutturale riguardanti i due diversi prototipi per i telai e i nodi redatta ai sensi della legge vigente
2303_R.04	Tabulati di Calcolo Strutturale - Telai e Nodi	Relazione contenente i tabulati di calcolo riguardanti i due diversi prototipi per i telai e i nodi redatta ai sensi della legge vigente
2303_R.05	Piano di manutenzione	Piano di manutenzione dei prototipi con interventi ordinari e straordinari
2303_R.06	Piano Particellare	Piano Particellare con indicazione dei titoli di disponibilità delle aree
2303_R.07	Piano di manutenzione delle strutture	Piano di manutenzione delle strutture componenti i prototipi
2303_R.08	Relazione Geotecnica e sulle fondazioni	Relazione Geotecnica e sulle fondazioni
2303_R.09	Relazione sui materiali	Disciplinare tecnico sui materiali da costruzione
2303_T.A.01	Inquadramento territoriale su IGM	Inquadramento dell'area di intervento su cartografia di base dell'Istituto Geografico Militare
2303_T.A.02	Inquadramento territoriale su CTR	Inquadramento dell'area di intervento su Carta Tecnica Regionale
2303_T.A.03	Inquadramento Territoriale su Orto-Catastale	Inquadramento dell'area di impianto su mappa Ortofoto e Catastale con evidenza delle particelle interessate
2303_T.A.04	Inquadramento Territoriale su Catastale	Inquadramento dell'area di impianto su mappa Catastale con evidenza delle particelle interessate
2303_T.A.05	Cartografia PAI - Pericolo Idrogeologico	Inquadramento area di impianto su Cartografia PAI - Pericolo Idrogeologico
2303_T.A.06	Cartografia PAI - Rischio Idrogeologico	Inquadramento area di impianto su Cartografia PAI - Rischio Idrogeologico
2303_T.A.07	Cartografia PGRA - Piano di Gestione Rischio Alluvioni	Inquadramento area di impianto su Cartografia del Piano di Gestione Rischio Alluvioni
2303_T.A.08	Cartografia Beni Paesaggistici - Archeologici e Architettonici	Inquadramento area di impianto su Cartografia Beni Paesaggistici con evidenza dei Beni Archeologici ed Architettonici
2303_T.A.09	Cartografia Beni Paesaggistici - Boschi e Foreste	Inquadramento area di impianto su Cartografia Beni Paesaggistici con evidenza dei boschi e delle foreste vincolate
2303_T.A.10	Cartografia Beni Paesaggistici - Fascia di Rispetto Fluviale	Inquadramento area di impianto su Cartografia Beni Paesaggistici con evidenza delle fasce di rispetto fluviale di 150 m
2303_T.A.11	Cartografia Beni Paesaggistici - Usi Civici	Inquadramento area di impianto su Cartografia Beni Paesaggistici con evidenza degli usi civici
2303_T.A.12	Cartografia Beni Paesaggistici - Immobili ed Aree di Notevole Interesse Pubblico	Inquadramento area di impianto su Cartografia Beni Paesaggistici con evidenza delle aree di notevole interesse pubblico
2303_T.A.13	Cartografia Aree Naturali Tutelate Rete Natura 2000 - IBA - EUAP - RAMSAR - OASI	Inquadramento area di impianto con evidenza delle Aree Naturali Tutelate - Rete Natura 2000, IBA, Ramsar, EUAP e Oasi
2303_T.A.14	Estratto Piano Strutturale Comunale di Sclea	Inquadramento area di impianto su Estratto del Piano Strutturale Comunale Interessato - Sclea
2303_T.P.01	Area Impianto su Orto-Catastale - Stato di Fatto	Area impianto su mappa catastale e ortofoto allo stato di fatto
2303_T.P.02	Layout Impianto su Catastale - Stato di Progetto	Layout impianto su mappa Catastale
2303_T.P.03	Layout Impianto su Orto-Catastale - Stato di Progetto	Layout impianto su mappa Catastale e Ortofoto
2303_T.P.04	Layout Impianto con cavidotti - Stato di Progetto	Layout impianto agrivoltaico con rilievo delle interferenze dell'area d'impianto e superamento delle stesse
2303_T.P.05a	Dettagli Costruttivi Strutture ad Inseguimento - Prototipo 1	Dettagli costruttivi esecutivi per l'installazione della Strutture ad inseguimento - Prototipo 1
2303_T.P.05b	Dettagli Costruttivi Strutture Fisse - Prototipo 2	Dettagli costruttivi esecutivi per l'installazione della Strutture Fisse - Prototipo 2
2303_T.P.06	Dettagli Costruttivi Inverter e Accumulo	Dettagli costruttivi per l'installazione degli inverter e batterie d'accumulo sotto copertura
2303_T.P.07	Scheda Tecnica Moduli FTV	Scheda Tecnica con le specifiche dei Moduli Fotovoltaici
2303_T.P.08	Scheda Tecnica Inverter e batteria accumulo	Scheda Tecnica con le specifiche degli Inverter del sistema di accumulo
2303_T.P.09	Schema Elettrico Unifilare	Schema Elettrico Unifilare d'impianto

Sono presenti, infine, gli elaborati costruttivi riguardanti sia la parte meccanica che quella elettrica, con i dettagli delle strutture da realizzare, dei principali componenti elettrici, come pannelli fotovoltaici, inverter e batterie e lo schema elettrico unifilare dell'impianto.

Una volta ottenuti tutti i permessi necessari, l'intervento è stato realizzato. Nella Figura 1 è riportato il nuovo impianto con strutture fisse, già dotato di piante arboree al suolo e della sensoristica necessaria al monitoraggio.



Figura 1 - Nuovo impianto agrivoltaico fisso realizzato presso il sito di Scalea (CS)



Figura 2 - Impianto agrivoltaico ad inseguimento: dettaglio dei nuovi moduli fotovoltaici

Nella Figura 2 è riportato un dettaglio dell'Impianto agrivoltaico ad inseguimento che mostra i nuovi moduli fotovoltaici bifacciali installati che sono uguali a quelli utilizzati per l'impianto fisso.



Figura 3- Dettaglio inverter e batterie di accumulo

Nella Figura 3 si vedono l'inverter e il pacco batteria utilizzato per ognuno degli impianti (fisso ed a inseguimento).



Figura 4- Sistema dissalatore installato presso il sito sperimentale

La presenza delle batterie di accumulo elettrico è dovuta al fatto che, durante la fase autorizzativa, ci si è resi conto che la soluzione inizialmente prospettata di connettere gli impianti alla rete elettrica locale di e-distribuzione, non era fattibile. Infatti, il preventivo di connessione prevedeva dei lavori complessi per la realizzazione dell'infrastruttura elettrica di collegamento e soprattutto dei tempi molto lunghi non compatibili con il crono-programma di progetto.

Pertanto, in accordo con ENEA, la ATI ha realizzato un impianto in isola, connesso con alcune utenze elettriche interne del sito e, al fine di garantire una certa continuità di servizio, sono stati installati due sistemi di accumulo da 5,12 kWh che non erano previsti a capitolato.

Inoltre, è stato collegato all'impianto fotovoltaico un sistema (Figura 4) per desalinizzare l'acqua di un pozzo locale, che, data la vicinanza al mare ha una salinità rilevante.

Esso lavora mediante delle membrane ad osmosi inversa e può trattare circa 600 litri all'ora: l'acqua desalinizzata viene utilizzata per l'irrigazione delle specie arboree coltivate nelle serre presenti sullo stesso sito

7.2 Esercizio e gestione degli asset agrivoltaici

Nei primi mesi di esercizio dei due impianti agrivoltaici sono emerse le peculiarità, i vantaggi e gli aspetti da attenzionare nella gestione dei sistemi elettrici e agricoli.

Innanzitutto, proprio grazie alla natura avanzata (elevata) del sistema agrivoltaico non ci sono state influenze negative nella gestione operativa dell'asset elettrico e di quello agricolo. Di seguito alcuni esempi:

- Le operazioni come montaggi, controlli, manutenzioni, sostituzioni sui componenti elettrici in quota del sistema quali moduli FV e cassette di striga non hanno avuto impatto sulle piante poiché di fatto i sistemi elettrici sono posti ad altezza ben maggiore delle piante, che quindi non ne sono influenzate. Inoltre, le piante sono in posizione ben centrata rispetto alla mezzeria delle strutture, per cui non ci sono interferenze con le strutture metalliche e i moduli FV.
- Le operazioni sulle piante come irrigazione o irroramento di prodotti sulle foglie sono condotte con macchinari che passano senza problemi tra le file delle strutture e i liquidi arrivano alle piante senza ostacoli. Inoltre, essendo moduli FV ad altezza più alta delle piante, non vengono bagnati da acqua o prodotti chimici irrorate sulle piante.
- In generale il personale che svolge attività agricole continua ad operare praticamente come faceva in campo libero. È stato comunque utile impartire a questo personale delle nozioni base sui rischi intrinseci degli impianti elettrici/fotovoltaici in modo da renderli più consapevoli dei sistemi che si trovano in vicinanza delle piante. Con una formazione limitata ma mirata si è limitato il rischio di eventuali azioni improprie sui sistemi fotovoltaici, su cui di fatto il personale agricolo non è chiamato a operare.
- Da attenzionare il fatto che, nonostante l'impianto agricolo e quello fotovoltaico siano a quote diverse, è necessario che i lavoratori agricoli e i manutentori elettrici si coordinino per evitare di lavorare nello stesso momento sulla stessa porzione di impianto agrivoltaico, limitando così il rischio da interferenza.
- Le attività manutentive elettriche su moduli FV, cablaggio stringhe, quadri di parallelo stringhe (i componenti in quota) vanno eseguite utilizzando piattaforme, il che rende queste operazioni in generale più complesse e lente.

Venendo alla conduzione delle attività agricole, va evidenziato che nel tempo le piante oggi giovani si svilupperanno in altezza, larghezza e profondità ed andranno opportunamente potate. Questa operazione ovviamente non rappresenta un elemento di novità dato dalla natura agrivoltaica dell'impianto, perché le piante vanno potate anche in campo libero. L'accortezza nella potatura delle piante in ambito agrivoltaico è che l'agricoltore darà alle piante una forma "a cespuglio", quindi evitando uno sviluppo spiccatamente in altezza per evitare che le chiome raggiungano i moduli FV e mantenendo una larghezza moderata della pianta, così da non interferire con il movimento della piattaforma che porta gli elettricisti in quota per la manutenzione delle componenti elettriche in quota.

Per quanto riguarda le piante dei tre campi oggetto di osservazione si conferma che sono ben curate e si stanno sviluppando in maniera regolare, fatta eccezione per una sola pianta in corrispondenza di uno dei tracker che è stata colpita da phytophthora, quindi sostituita in novembre 2024.

Il prato seminato (in maggior percentuale trifoglietto) su tutti e tre i campi cresce in maniera uniforme senza differenze.

Nel mese di novembre 2024 è stata piantumata della lavanda ad intervalli regolari sui 10 filari di limone (agrivoltaico fisso, agrivoltaico a inseguimento, campo aperto), 8 piantine per filare (80 piante in totale). Per il momento tutte le piante hanno superato la fase di attecchimento e si avviano alla fioritura primaverile.

7.3 Monitoraggio preliminare delle prestazioni elettriche dell'impianto

Come detto nei paragrafi precedenti, i due impianti fotovoltaici realizzati uno su struttura fissa e l'altro su struttura ad inseguimento, sono dotati dello stesso generatore elettrico così costituito:

- Modulo fotovoltaico: JA SOLAR, modello JAM 72D30-545/MB da 545Wp;
- Stringa : n°16 moduli fotovoltaici in serie
- Campo fotovoltaico: costituito da 2 stringhe da 16 moduli, potenza complessiva in dc pari a 17,44kWp
- Inverter: n°1 inverter ZCS AZZURRO 3PH HYD 15000 ZSS di potenza nominale AC pari a 15kW
- Batteria di accumulo: n° 1 batteria di accumulo ZCS AZZURRO HV ZBT 5K da 5,12kWh

I due sistemi fotovoltaici perfettamente uguali sono in grado di mettere a disposizione molte informazioni, sia grazie a sensori ambientali, che sfruttando le funzionalità degli inverter di raccogliere informazioni sulle grandezze elettriche degli impianti.

Ricordiamo che l'impianto agrivoltaico non è connesso in rete per cui per farlo produrre in maniera regolare è stato dotato di sistema di accumulo elettrolitico, più degli utilizzatori tra cui un sistema di trattamento delle acque per osmosi, i sistemi di sensoristica e comunicazione, e un sistema di dissipazione di emergenza. Quest'ultimo consuma l'energia in eccesso rispetto a quella richiesta dagli utilizzatori e permette all'impianto FV di funzionare regolarmente durante tutto l'arco della giornata a pieno regime, come se fosse connesso alla rete elettrica locale

Le informazioni sulle grandezze energetiche a disposizione sono indicate nella tabella sottostante.

Si noti che in base al tipo di estrazione di dati attivata, possono essere disponibili alcune grandezze ma non tutte. In ogni caso le grandezze sono tenute tutte in memoria del sistema di monitoraggio e sono presentate/esportate in base al tipo di visualizzazione richiesta.

Tabella 2 -Parametri misurati dall'inverter

Grandezza misurata	Unità di misura
Power Charging (in the the batteries)	kW
Power generated (by the PV modules)	kW
Exported Power	kW
Imported Power	kW
Power Discharged	kW
Energy Charging (in the the batteries)	kWh
Energy generated (by the PV modules)	kWh
Exported Energy	kWh
Imported Energy	kWh
Energy Discharged	kWh

Una centralina meteo misura i principali dati ambientali come la temperatura dell'aria, l'umidità, le precipitazioni piovose, la direzione e l'intensità del vento.

Mediante due piranometri installati uno a bordo della struttura fissa e l'altro a bordo del tracker, è possibile misurare la radiazione solare incidente sull'impianto fisso e su quello ad inseguimento.

Il confronto giornaliero delle curve di produzione dei due impianti non è particolarmente significativo, essendo uno basato su strutture fisse e uno su inseguitore monoassiale. Infatti la campana giornaliera di produzione dell'impianto a struttura fissa è meno ripida di quella dell'impianto a tracker ma raggiunge un valore di potenza più elevato. Invece la campana di produzione dell'impianto a inseguimento è più ampia per area e con fianchi più ripidi rispetto a quella che contraddistingue l'impianto a struttura fissa.

Maggiore rilievo ha il confronto dei dati acquisiti durante i mesi tra ottobre e dicembre del 2024 riguardante i dati di produzione cumulata dei due sistemi.

Nelle figure seguenti sono riportati i confronti delle produzioni giornaliere dei due impianti nei mesi di ottobre, novembre e dicembre 2024. In blu sono indicati i dati dell'impianto fisso, mentre in arancione quelli dell'impianto ad inseguimento.

La produzione di quest' ultimo è sempre maggiore rispetto a quella dell'impianto fisso e la differenza è tanto più marcata quanto più alto è il valore medio di produzione tra i due.

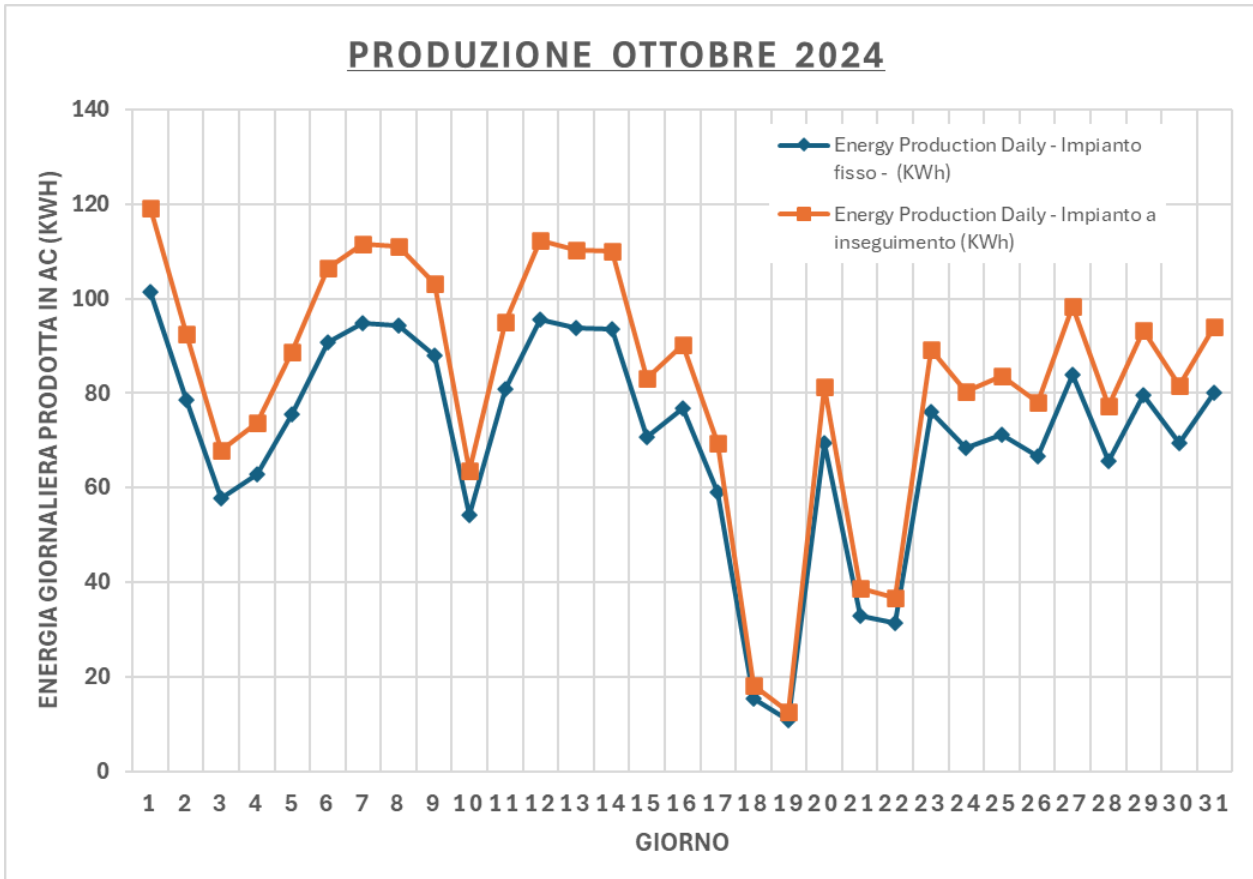


Figura 5- Produzioni giornaliere dell'impianto fisso e ad inseguimento nel mese di Ottobre 2024

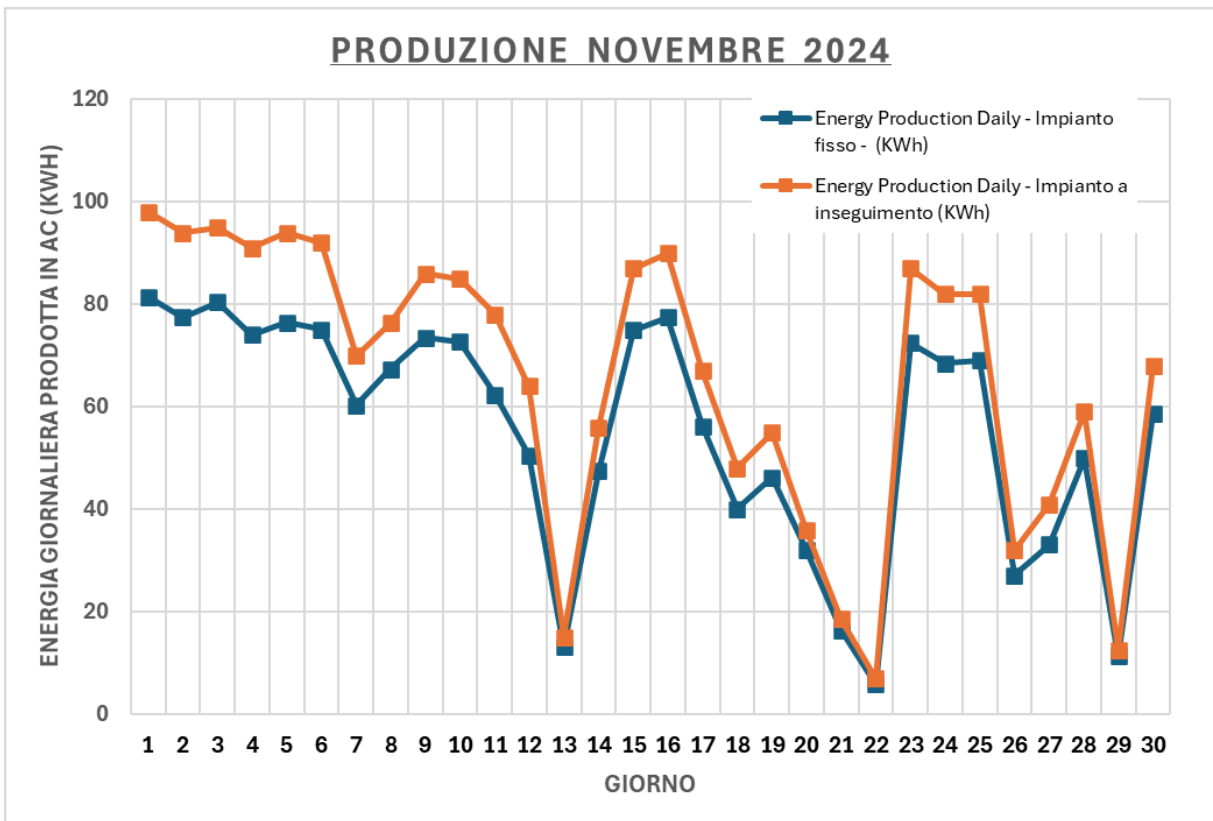


Figura 6 - Produzioni giornaliere dell'impianto fisso e ad inseguimento nel mese di Novembre 2024

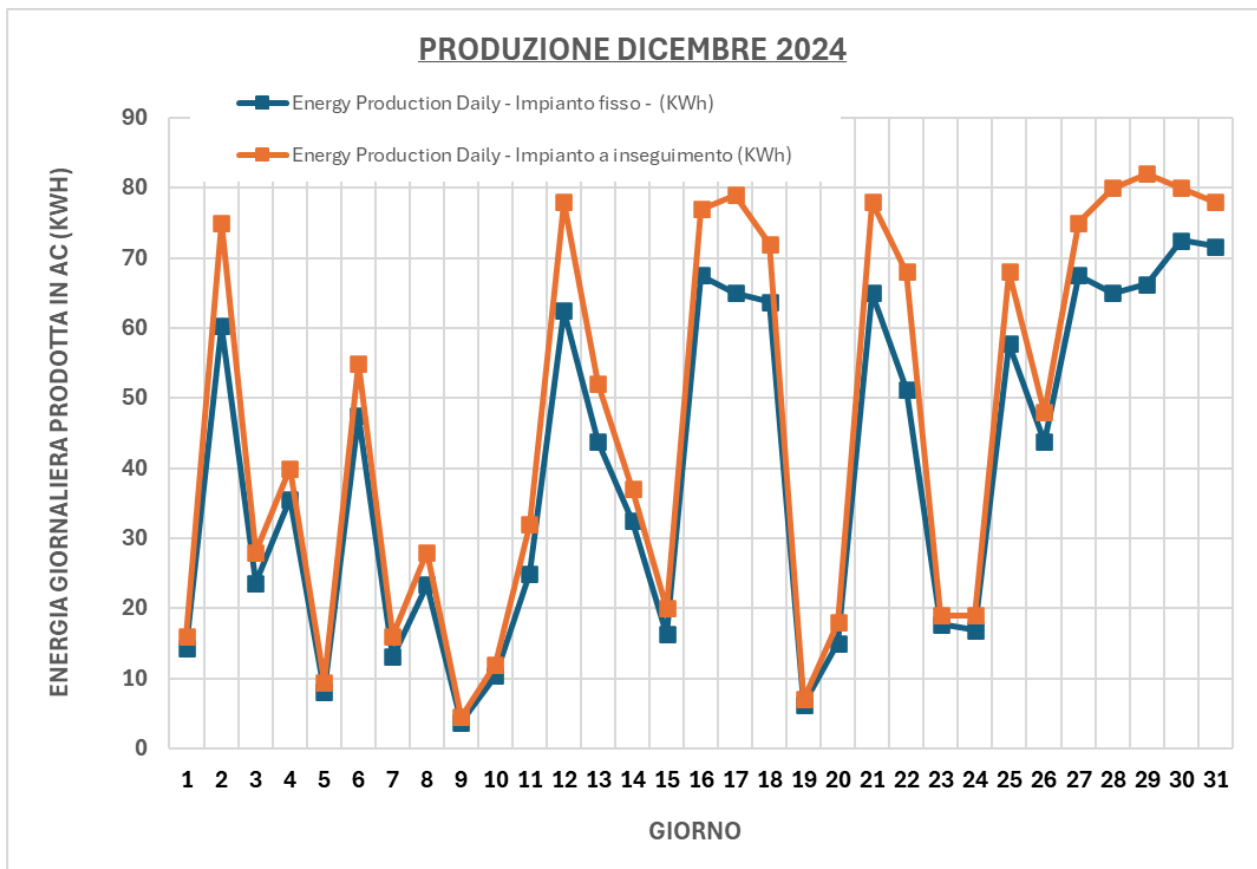


Figura 7 - Produzioni giornaliere dell'impianto fisso e ad inseguimento nel mese di Dicembre 2024

Questo è dovuto al fatto che i giorni con bassa produzione sono caratterizzati anche da basso irraggiamento o addirittura copertura nuvolosa, nei quali i moduli lavorano principalmente sfruttando la radiazione diffusa. In queste condizioni ambientali l'inseguimento solare non rappresenta un rilevante vantaggio rispetto all'impianto fisso.

Nei giorni con elevato irraggiamento, invece, la presenza di una rilevante componente diretta della radiazione solare, comporta una importante incidenza dell'inseguimento solare sulla produzione dei moduli, che vengono investiti da un irraggiamento nettamente maggiore rispetto a quelli fissi e pertanto producono significativamente in più.

Tabella 3 - Confronto delle produzioni mensili tra impianto fisso ed impianto ad inseguimento

	Impianto fisso (kWh)	Impianto inseguimento (kWh)
<i>Ottobre</i>	2190	2573
<i>Novembre</i>	1652	1966
<i>Dicembre</i>	1233	1451

La tabella 3 mostra un confronto tra le produzioni mensili dell'impianto fisso e di quello ad inseguimento nei mesi tra ottobre e dicembre 2024. L'incremento di produzione legato all'utilizzo del tracker è intorno al 18%: esso è dovuto principalmente alla maggiore quantità di irraggiamento solare cui sono sottoposti i moduli in movimento rispetto a quelli fissi. Sulla base dei dati raccolti dai piranometri, si rileva una differenza di irraggiamento del 14% che spiegherebbe, però, solo in parte la differenza del 18% di produzione. Un'altra ragione di questo gap è dovuta al miglior funzionamento delle facce posteriori dei moduli nell'impianto ad inseguimento che riescono a captare una maggior quantità di luce rispetto a quelle sull'impianto fisso che sono rivolte costantemente verso il basso. Infatti, il Performance Ratio dei due impianti, che è un indice che non dipende dal diverso valore di irraggiamento a cui essi sono sottoposti in quanto rappresenta il rapporto tra l'energia effettivamente prodotta e quella teoricamente producibile dal singolo impianto in assenza di perdite, vale 84,1% per l'impianto fisso e 86,8% per l'impianto ad inseguimento.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

La consulenza si è resa necessaria al fine di supportare la parte di progettazione esecutiva, realizzazione dell'impianto e conduzione della parte agricola. Le attività svolte sono descritte in dettaglio nel report allegato e sono state integrate nei contenuti riportati nella precedente sezione.

9 Pubblicazioni scientifiche

Non ci sono pubblicazioni scaturite da questa LA

10 Eventi di disseminazione

In data 4 settembre 2024 è stato organizzato il lancio del dimostratore agrivoltaico di Scalea, con la partecipazione congiunta degli uffici stampa di ENEA ed EF Solare e la collaborazione delle società Le Greenhouse e SET Energie. L'evento ha avuto grande risalto sulla stampa nazionale con 10 articoli; sull'argomento sono state rilasciate 5 interviste a giornali, radio e televisioni; 4 articoli su stampa locale; circa 50 pubblicazioni su web; 41 lanci di agenzia.