

COMUNE DI

PROGETTO



ELABORATO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

LIV. PROG.	VERSIONE	TIPO DOC.	CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	DATA	SCALA

REVISIONI

REV	DATA	AUTORE	DESCRIZIONE	VER.	APP.

PROGETTAZIONE



Maya Engineering S.r.l.

Via M. D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)  
T: +39 080 8937976 | E: info@maya-eng.com  
CF e P.IVA 08365980724

GRUPPO DI LAVORO

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

RICHIEDENTE

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. LOCALIZZAZIONE SITO</b> .....	<b>3</b>
2.1 Disponibilità delle aree e stato "ante-operam" .....	3
<b>1. GENERALITA'</b> .....	<b>5</b>
1.1 Rispondenza con la Norma italiana CEI 82-75.....	5
<b>2. CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI DI MONITORAGGIO DEGLI IMPIANTI AGRIVOLTAICI</b> .....	<b>6</b>
2.1 D.1) Monitoraggio del risparmio idrico .....	6
2.2 D.2) Monitoraggio della continuità dell'attività agricola.....	7
2.3 E.1) Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo .....	7
2.4 E.2) Monitoraggio del microclima .....	7
2.5 E.3) Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici.....	8
2.6 Tecnologie e vantaggi dell'agricoltura 4.0 .....	8
2.6.1 Applicazione dei sistemi IoT per il monitoraggio: la stazione meteo.....	8
2.6.1.1 Monitoraggio dell'irraggiamento solare (solarimetri e piranometri).....	11
2.6.1.2 Solarimetro .....	11
2.6.1.3 Piranometro.....	12
2.6.2 Applicazione dei sistemi IoT per il monitoraggio: risparmio idrico e strategie di irrigazione .....	12
2.6.3 Applicazione dei sistemi IoT per il monitoraggio: difesa delle colture .....	13
2.6.4 Applicazione dei sistemi IoT per il monitoraggio: apicoltura 4.0.....	14
2.6.5 Resilienza dell'impianto agrivoltaico .....	15
<b>3. IL MONITORAGGIO TECNICO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>16</b>
3.1 Il Performance Ratio (PR).....	16
3.2 La "disponibilità tecnica". .....	16
3.3 I sensori.....	18
3.4 Caratteristiche dei software di controllo ed elaborazione dei dati. ....	20
3.5 Monitoraggio e manutenzione. ....	21
3.5.1 Monitoraggio in loco .....	21
3.6 Prove a vuoto ed a carico sugli impianti.....	22
3.7 Rilievi con "termocamera". .....	23
3.8 Test ad elettroluminescenza. ....	24
3.9 Manutenzione. ....	24
3.10 Manutenzione ordinaria. ....	25

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	1

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 1. PREMESSA

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato **"Tavernola"** destinato alla produzione di coltivazioni orticole e la produzione di energia elettrica da fonte solare tramite l'impiego di moduli fotovoltaici. L'impianto verrà installato a terra utilizzando una tecnologia ad inseguimento solare con movimentazione mono-assiale (da est verso ovest).

L'iniziativa prevede la realizzazione di un impianto agro-voltaico destinato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare integrato da un progetto agronomico.

Il modello, meglio descritto nelle relazioni specialistiche, si prefigge l'obiettivo di ottimizzare e utilizzare in modo efficiente il territorio, producendo energia elettrica pulita e garantendo, per il miglior utilizzo del suolo, una produzione agricola che ne mantenga il grado di fertilità.

L'iniziativa si inserisce nel quadro istituzionale identificato dall'art.12 del D.lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003, che dà direttive per la promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

L'impianto fotovoltaico produrrà energia elettrica rinnovabile da fonte solare fotovoltaica. Il progetto si inserisce nel quadro generale della riconversione degli impianti per la produzione di energia elettrica da fonte fossile in favore degli impianti da fonte rinnovabili, in grado di produrre energia a prezzo concorrenziale senza l'utilizzo di materie prima di origine fossile.

E' ormai evidente come il clima negli ultimi anni ha subito un forte cambiamento con il verificarsi in maniera sempre più frequente eventi climatici estremi e di notevole intensità come alluvioni, uragani, scioglimento dei ghiacciai sulle montagne e quello dei ghiacciai delle calotte polari con la deriva di iceberg dell'estensione di centinaia di chilometri quadrati.

Con gli accordi sanciti dal Protocollo internazionale di Kyoto del 1997 e dal Libro Bianco italiano scaturito dalla Conferenza Nazionale Energia e Ambiente del 1998, l'Italia si è dotata di un piano Energetico Nazionale 2030, con l'obiettivo di raggiungere attraverso le energie rinnovabili l'indipendenza dalle materie prime di origine fossile provenienti dall'estero.

Questa nuova opportunità può contribuire a incrementare l'occupazione sul territorio con la creazione di migliaia di posti di lavoro e migliorare il tenore di vita e il reddito nelle regioni più svantaggiate e contribuire a conseguire una maggiore coesione economica e sociale.

In tale contesto lo sfruttamento dell'energia solare da fonte fotovoltaica, costituisce una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	2

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 2. LOCALIZZAZIONE SITO

Dalla verifica cartografica condotta sul portale geografico dei comuni di **Foggia** e **Manfredonia** si evince che tutti i terreni oggetto di intervento ricadono in zona agricola **E**.

La superficie totale dell'intervento è pari a circa **87,16** ha. Di questa quella recintata ed utilizzata per l'installazione dei moduli fotovoltaici è circa **689.882,2 m<sup>2</sup> (68,99 ha)** e le restanti aree saranno destinate alle fasce di rispetto.

L'area impianto risulta essere distante dai centri abitati collocandosi ad una distanza di circa **12,0** km dal Comune di **Foggia**, **24** km dal Comune di **Manfredonia**.

L'area è servita dalla SP 116 Adriatica e dalla viabilità locale ed interpodereale. Di seguito si riportano le coordinate geografiche e l'ubicazione:

- o Latitudine: 41.491253°N
- o Longitudine: 15.690981°E
- o Altitudine: 32 m s.l.m.



Figura 1: Rappresentazione del tracciato degli elettrodotti su base Ortofoto

Nella Tabella sono riassunti i dati di progetto relativi all'ubicazione dell'impianto (attraverso coordinate geografiche identificative del suo punto baricentrico), nonché l'estensione dell'area su cui ricade l'intervento.

<b>Denominazione impianto</b>	TAVERNOLA
<b>Regione</b>	PUGLIA
<b>Provincia</b>	FOGGIA
<b>Comune</b>	FOGGIA, MANFREDONIA
<b>Estensione area interessata dall'intervento</b>	689.882,2 m <sup>2</sup> (68,99 ha)
<b>Longitudine</b>	15.600981°E
<b>Latitudine</b>	41.491253°N
<b>Elevazione</b>	32 m. s.l.m.

Tabella 1: Dati geografici di progetto

### 2.1 Disponibilità delle aree e stato "ante-operam"

Si precisa che le particelle su cui ricadrà l'impianto fotovoltaico in oggetto sono nella disponibilità della società, con contratti preliminari di diritto di superficie e/o compravendita legalizzati, ciò nonostante, le suddette aree sono state inserite nel presente piano particellare di esproprio/servitù con lo scopo di garantire l'eseguibilità dell'opera ad autorizzazione ottenuta:

Nella seguente tabella vengono riportati i dati catastali relativi alle aree di intervento:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	3

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Fogli e particelle catastali interessate dal progetto		
<b>Area impianto</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Foggia (FG)	106	42-43-152-154-157
Foggia (FG)	107	3-4-13-20-21
Manfredonia (FG)	99	6-7-58-72
<b>Area Sistema di Accumulo (SdA)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	129	486
<b>Collegamento in MT al Sistema di Accumulo (interrato)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Foggia (FG)	107	4-20-21-SP76
Foggia (FG)	108	SP76-SP73
Foggia (FG)	109	SP73
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	99	SP73
Manfredonia (FG)	96	SP73
Manfredonia (FG)	96	S76
Manfredonia (FG)	95	SP76
Manfredonia (FG)	101	SP76-SP70-113
Manfredonia (FG)	129	485
<b>Collegamento in AT alla Stazione Elettrica (interrato)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	129	485
Manfredonia (FG)	101	113-SP70
Manfredonia (FG)	128	SP70-52-97-139-79

Tabella 2: Dati catastali di progetto

Nella tabella seguente sono elencate e descritte le principali caratteristiche tecniche e i dati di impianto:

<b>Potenza nominale generatore</b>	45 MWp
<b>Tipo strutture di montaggio moduli fotovoltaici</b>	Inseguitori (tracker) mono-asse infissi al suolo
<b>Moduli fotovoltaici (tipo)</b>	RISEN TITAN RSM120-8-605M – bifacciali - monocristallino
<b>Tensione max sistema</b>	1500 Volt
<b>Potenza nom. modulo fotovoltaico</b>	605 Wp
<b>Totale moduli fotovoltaici</b>	82.076
<b>Moduli per stringa</b>	34
<b>Totale stringhe</b>	1500
<b>Potenza nominale impianto fotovoltaico (DC)</b>	49,66 MWp
<b>Inverter (tipo)</b>	SUNGROW SG350HX
<b>Potenza max inverter</b>	350 MW (PF=1)
<b>Totale inverter</b>	141
<b>Potenza max totale inverter (AC)</b>	45,12 MW (PF=1)
<b>Tensione uscita inverter</b>	800 Volt
<b>Trasformatore (tipo)</b>	Skid (aperti) completi di protezioni MT (IP65)
<b>Potenza trasformatore</b>	3.150 kVA
<b>Tensione primario/secondario trasformatore</b>	36/0,8 kV
<b>Totale trasformatori</b>	21
<b>Potenza totale trasformatori</b>	51.100 kVA
<b>Unità di accumulo</b>	3,727 MWh
<b>Potenza max unità di accumulo</b>	3,450 MW
<b>Totale unità di accumulo</b>	3
<b>Potenza totale sistema di accumulo</b>	10,35 MW
<b>Rete di collegamento</b>	Alta tensione 36 kV
<b>Gestore della rete</b>	TERNA S.p.A.
<b>Potenza immissione richiesta</b>	55 MW

Tabella 3: Specifiche e caratteristiche dell'impianto di produzione

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	4

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA3_1.PMIA

## 1. GENERALITA'

Con la presente relazione di "Piano di Monitoraggio dell'impianto Agrivoltaico" (PMIA), facente parte integrante del progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico "a terra" e con inseguitori solari bifacciali, ubicato nella porzione occidentale dell'area SIN del Comune di Brindisi e sui Foglio n. 154, 155 e 169, si intende riportare gli elementi di intervento di valutazione e controllo tali da costituire un "Piano di Monitoraggio dell'impianto", definito in seguito come "Piano" e/o come "PMI".

Nel merito del "monitoraggio", due sono gli aspetti di un impianto agrivoltaico "a terra" che lo caratterizzano, quali:

- o **Punto 1:** Quello connesso al monitoraggio di alcune matrici ambientali (atmosfera, ambiente idrico, suolo e sottosuolo, biodiversità, agenti fisici e paesaggio e beni culturali). Per tale "monitoraggio" vengono in soccorso alcune "Linee Guida" regionali e quella, più probante, dell'ISPRA e relative alle "Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs.163/2006 e s.m.i.)- Indirizzi metodologici generali- Rev. Del 16/06/2014 su Capitoli 1-2-3-4 e 5".
- o **Punto 2:** Quello relativo alla rispondenza con la Norma italiana CEI 82-75, ultima versione, relativa a: "Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione". Tale normativa finalizza, in particolare, il "monitoraggio" tecnologico dell'efficienza dell'impianto in tutte le sue componenti strutturali, tenendo presente che trattasi di trackers di ultima generazione e del tipo bifacciale.

In relazione i due richiamati punti che, globalmente, vengono a costituire il "Piano di Monitoraggio", sono stati distinti in due relazioni allegate al progetto; in questa si tratta in merito al "monitoraggio" delle caratteristiche tecnologiche delle varie componenti dell'impianto da realizzare, al fine di controllare le varie peculiarità impiantistiche, di gestione, di rendimento, di impatto ecc.

Di seguito, quindi, si riportano, anche con riferimenti normativi, le varie attività da svolgere per rispondere adeguatamente alla realizzazione concreta ed efficace del "Piano di Monitoraggio dell'Impianto".

### 1.1 Rispondenza con la Norma italiana CEI 82-75.

L'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili (IAFR) prevede attività di monitoraggio, manutenzione e di gestione più o meno complesse, le quali permettono di garantire il funzionamento dei macchinari e di ottimizzarne le performances.

Una corretta gestione degli impianti IAFR non può quindi prescindere dall'accurata supervisione continua e dal controllo (anche da remoto) dei loro parametri di funzionamento.

La scelta del set di parametri da monitorare viene definita in base al dettaglio delle analisi necessarie per il completo controllo della capacità produttiva degli impianti e della loro conformità alle eventuali prescrizioni amministrative/autorizzative.

Tutti i sistemi di monitoraggio e acquisizione dati sono infatti assimilabili a tecnologie Programmable Logic Controller (PLC) e Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), tecnologie ormai consolidate nelle applicazioni di controllo automatico in ambito industriale.

L'utilizzo dei PLC permette di applicare una logica di controllo e di attuazione di comandi automatici che, opportunamente programmati, consentono il funzionamento automatico o semi-automatico degli impianti IAFR.

Le caratteristiche distintive tra i sistemi di monitoraggio sono quindi concentrate nelle tecnologie e nel numero dei dispositivi di rilevazione delle grandezze misurate (sonde), nelle caratteristiche di archiviazione e presentazione dei dati e nei software di analisi e controllo di cui sono dotati.

Attualmente, esistono diversi prodotti sul mercato proposti da produttori specializzati o dai produttori degli altri apparati elettronici/elettrici utilizzati negli impianti di produzione.

Proprio nel settore del agrivoltaico, i produttori dei gruppi di conversione (inverter) propongono sistemi di "monitoraggio" integrati con la logica di controllo degli inverter che sono progettati per leggere le grandezze di esercizio del sistema e quelle provenienti da stazioni meteo appositamente studiate.

Esistono inoltre produttori specializzati che commercializzano soluzioni integrate (hardware + software) appositamente personalizzate secondo le necessità del cliente e della specifica architettura dell'impianto.

In sintesi, si può affermare che, pur riconoscendo una significativa base comune di tecnologie e di architetture HW e SW tra i sistemi offerti nel settore del monitoraggio degli impianti di produzione IAFR, la scelta del sistema di monitoraggio per un impianto deve comunque essere operata in base alle necessità specifiche del progetto, non ultimo il rapporto costi-benefici.

Di seguito si riportano le caratteristiche tipiche dei sistemi di monitoraggio che trovano maggiore diffusione negli impianti di produzione fotovoltaici.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	5

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA3_1.PMIA

## 2. CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI DI MONITORAGGIO DEGLI IMPIANTI AGRIVOLTAICI

I valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto.

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

Gli esiti dell'attività di monitoraggio, con specifico riferimento alle misure di promozione degli impianti agrivoltaici innovativi citate in premessa, sono fondamentali per valutare gli effetti e l'efficacia delle misure stesse.

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

D.1) il risparmio idrico;

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

Nel seguito si riportano i parametri che dovrebbero essere oggetto di monitoraggio a tali fini.

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

E.1) il recupero della fertilità del suolo;

E.2) il microclima;

E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

Infine, per monitorare il buon funzionamento dell'impianto fotovoltaico e, dunque, in ultima analisi la virtuosità della produzione sinergica di energia e prodotti agricoli, è importante la misurazione della produzione di energia elettrica.

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

### 2.1 D.1) Monitoraggio del risparmio idrico

I sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo. L'impianto agrivoltaico, inoltre, può costituire un efficace infrastruttura di recupero delle acque meteoriche che, se opportunamente dotato di sistemi di raccolta, possono essere riutilizzate immediatamente o successivamente a scopo irriguo, anche ad integrazione del sistema presente. È pertanto importante tenere in considerazione se il sistema agrivoltaico prevede specifiche soluzioni integrative che pongano attenzione all'efficientamento dell'uso dell'acqua (sistemi per il risparmio idrico e gestione acque di ruscellamento).

Il fabbisogno irriguo per l'attività agricola può essere soddisfatto attraverso:

- auto-provvigionamento: l'utilizzo di acqua può essere misurato dai volumi di acqua dei serbatoi/autobotti prelevati attraverso pompe in discontinuo o tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi di acqua o bacini idrici, o tramite la conoscenza della portata concessa (l/s) presente sull'atto della concessione a derivare unitamente al tempo di funzionamento della pompa;
- servizio di irrigazione: l'utilizzo di acqua può essere misurato attraverso contatori/misuratori fiscali di portata in ingresso all'impianto dell'azienda agricola e sul by-pass dedicato all'irrigazione del sistema agrivoltaico, o anche tramite i dati presenti nel SIGRIAN;
- misto: il cui consumo di acqua può essere misurato attraverso la disposizione di entrambi i sistemi di misurazione suddetti

Al fine di monitorare l'uso della risorsa idrica a fini irrigui sarebbe, inoltre, necessario conoscere la situazione ex ante relativa ad aree limitrofe coltivate con la medesima coltura, in condizioni ordinarie di coltivazione e nel medesimo periodo, in modo da poter confrontare valori di fabbisogno irriguo di riferimento con quelli attuali e valutarne l'ottimizzazione e la valorizzazione, tramite l'utilizzo congiunto delle banche dati SIGRIAN e del database RICA. Le aziende agricole del campione RICA che ricadono nei distretti irrigui SIGRIAN possono considerarsi potenzialmente irrigate con acque consortile in quanto raggiungibili dalle infrastrutture irrigue consortili, quelle al di fuori irrigate in autoapprovvigionamento. Le miste sono individuate con un ulteriore livello di analisi dei dati RICA-SIGRIAN.

Nel caso in cui questi dati non fossero disponibili, si potrebbe effettuare nelle aziende irrigue (in presenza di impianto irriguo funzionante, in cui si ha un utilizzo di acqua potenzialmente misurabile tramite l'inserimento di contatori lungo la linea di adduzione) un confronto con gli utilizzi ottenuti in un'area adiacente priva del sistema agrivoltaico nel tempo, a parità di coltura, considerando però le difficoltà di valutazione relative alla variabile climatica (esposizione solare).

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	6

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA3_1.PMIA

Gli utilizzi idrici a fini irrigui sono quindi funzione del tipo di coltura, della tecnica colturale, degli apporti idrici naturali e dall'evapotraspirazione così come dalla tecnica di irrigazione, per cui per monitorare l'uso di questa risorsa bisogna tener conto che le variabili in gioco sono molteplici e non sempre prevedibili.

In generale le imprese agricole non misurano l'utilizzo irriguo nel caso di disponibilità di pozzi aziendali o di punti di prelievo da corsi d'acqua o bacini idrici (auto-provvigionamento), ma hanno determinate portate concesse dalla Regione o dalla Provincia a derivare sul corpo idrico a cui si aggiungono i costi energetici per il sollevamento dai pozzi o dai punti di prelievo.

Negli ultimi anni, in relazione alle politiche sulla condizionalità, il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali ha emanato, con Decreto Ministeriale del 31/07/2015, le "Linee Guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo", contenenti indicazioni tecniche per la quantificazione dei volumi prelevati/utilizzati a scopo irriguo. Queste includono delle norme tecniche contenenti metodologie di stima dei volumi irrigui sia in auto-provvigionamento che per il servizio idrico di irrigazione laddove la misurazione non fosse tecnicamente ed economicamente possibile.

Nel citato decreto è indicato che riguardo l'obbligo di misurazione dell'auto-provvigionamento, le Regioni dovranno prevedere, in aggiunta a quanto già previsto dalle disposizioni regionali, anche in attuazione degli impegni previsti dalla eco-condizionalità (autorizzazione obbligatoria al prelievo), l'impostazione di banche dati apposite e individuare, insieme con il CREA, le modalità di registrazione e trasmissione di tali dati alla banca dati SIGRIAN.

Si ritiene quindi possibile fare riferimento a tale normativa per il monitoraggio del risparmio idrico, prevedendo aree dove sia effettuata la medesima coltura in assenza di un sistema agrivoltaico, al fine di poter effettuare una comparazione. Tali valutazioni possono essere svolte, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

## 2.2 D.2) Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

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

Tale attività può essere effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).

Ai fini della concessione degli incentivi previsti per tali interventi, potrebbe essere redatto allo scopo una opportuna guida (o disciplinare), al fine di fornire puntuali indicazioni delle informazioni da asseverare. Fondamentali allo scopo sono comunque le caratteristiche di terzietà del soggetto in questione rispetto al titolare del progetto agrivoltaico.

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

Inoltre, allo scopo di raccogliere i dati di monitoraggio necessari a valutare i risultati tecnici ed economici della coltivazione e dell'azienda agricola che realizza sistemi agrivoltaici, con la conseguente costruzione di strumenti di benchmark, le aziende agricole che realizzano impianti agrivoltaici dovrebbero aderire alla rilevazione con metodologia RICA, dando la loro disponibilità alla rilevazione dei dati sulla base della metodologia comunitaria consolidata. Le elaborazioni e le analisi dei dati potrebbero essere svolte dal CREA, in qualità di Agenzia di collegamento dell'Indagine comunitaria RICA.

## 2.3 E.1) Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo

Importante aspetto riguarda il recupero dei terreni non coltivati, che potrebbero essere restituiti all'attività agricola grazie alla incrementata redditività garantita dai sistemi agrivoltaici. È pertanto importante monitorare i casi in cui sia ripresa l'attività agricola su superfici agricole non utilizzate negli ultimi 5 anni.

Il monitoraggio di tale aspetto può essere effettuato nell'ambito della relazione di cui al precedente punto, o tramite una dichiarazione del soggetto proponente.

## 2.4 E.2) Monitoraggio del microclima

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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	7

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> ITOPW004.PD.01.REL.VIA3_1.PMIA

L'insieme di questi elementi può causare una variazione del microclima locale che può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento).

L'impatto cambia da coltura a coltura e in relazione a molteplici parametri tra cui le condizioni pedoclimatiche del sito.

Tali aspetti possono essere monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto. In particolare, il monitoraggio potrebbe riguardare:

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.

I risultati di tale monitoraggio possono essere registrati, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

## 2.5 E.3) Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici

La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici deve essere realizzata in condizioni che non pregiudichino l'erogazione dei servizi o le attività impattate da essi in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri.

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

- in fase di progettazione: il progettista dovrebbe produrre una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;
- in fase di monitoraggio: il soggetto erogatore degli eventuali incentivi verificherà l'attuazione delle soluzioni di adattamento climatico eventualmente individuate nella relazione di cui al punto precedente (ad esempio tramite la richiesta di documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale).

## 2.6 Tecnologie e vantaggi dell'agricoltura 4.0

L'agricoltura 4.0 si può identificare come un insieme di strumenti e informazioni di tecnologia avanzata che permettono la definizione di strategie mirate sul campo, e che consentono all'azienda agricola di utilizzarle con l'obiettivo di rendere più efficiente e sostenibile la produzione, la qualità dei prodotti, le condizioni di lavoro con una possibile riduzione dei costi.

Utilizzando ad esempio strumenti **Internet of Things (IoT)** si possono monitorare migliaia di ettari di terreno agricolo tenendo sotto controllo il fabbisogno idrico e l'insorgenza delle patologie. Questa tecnologia sta dando un nuovo impulso all'agricoltura di precisione perché oltre ad aver migliorato le performance in termini di monitoraggio, ne consente una sensibile riduzione dei costi di investimento, di installazione e manutenzione, rendendole accessibili a tutte le realtà aziendali, anche alle più piccole.

### 2.6.1 Applicazione dei sistemi IoT per il monitoraggio: la stazione meteo

Adottare soluzioni 4.0 nel campo agricolo con installazioni di sistemi professionali e sensori meteo collegati a un software che raccoglie tutti i dati è molto vantaggioso, e rientra perfettamente nelle agevolazioni previste dal piano Agricoltura 4.0. Un corretto uso di questa tecnologia permette di poter calcolare in maniera precisa qual è il fabbisogno idrico di una determinata coltura per evitare gli sprechi, prevedere l'insorgenza di malattie delle piante e parassiti che potrebbero attaccare le coltivazioni, riducendo di fatto anche l'utilizzo di pesticidi e l'impiego dei mezzi necessari agli interventi fitosanitari. Inoltre aiuta a prevedere gelate o colpi di calore straordinari, con possibilità di impiego anche nel settore delle coltivazioni in serre e vivaistica.

Il sistema di monitoraggio sarà costituito da una **stazione meteo principale**, dotata dei tradizionali sensori meteo-climatici (pioggia, vento, radiazione solare, pressione atmosferica), e di più unità wireless dotate di sensori micro-climatici (temperatura ed umidità dell'aria, bagnatura fogliare, umidità del terreno); le unità wireless, posizionate all'interno degli appezzamenti, acquisiscono i dati micro-climatici e li trasmettono via radio alla stazione principale; questa, disponendo di un sistema GSM-GPRS e della relativa SIM, trasmettendo tutti i dati ad un centro servizi. I Clienti possono quindi visualizzare tutti i dati (sia in tempo reale che storici) ed utilizzare i modelli che elaborano tali dati e che sono necessari per fare fronte alle diverse esigenze agronomiche.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	8

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



**AGRISMART** è un nodo IOT per l'acquisizione e la trasmissione dei parametri meteorologici e agricoli per applicazioni nell'agricoltura di precisione (controllo e prevenzione). Utilizza il protocollo radio a bassa potenza SigFox. Il nostro sistema non necessita di alcuna connessione a reti telefoniche, a reti elettriche e non utilizza pannelli solari.

#### CARATTERISTICHE GENERALI

- Microcontrollore Low Power ad architettura ARM
- Contenitore a tenuta stagna IP65
- Alimentazione a batteria
- Misura e trasmissione ogni 30 minuti
- Comunicazione immune da sistemi Jammer
- Alta autonomia. Fino a 8 mesi con una singola ricarica

#### SENSORISTICA STAZIONE 'METEO'

Il nodo consente l'acquisizione dei seguenti dati:

- Monitoraggio bagnatura fogliare
- Monitoraggio temperatura del suolo su un livello
- Monitoraggio potenziale idrico del suolo su un livello
- Monitoraggio dei parametri atmosferici (temperatura, umidità relativa e pressione atmosferica)
- Monitoraggio irradianza solare
- Monitoraggio precipitazioni (pioggia)

#### OPZIONI

- Monitoraggio velocità e direzione del vento
- Monitoraggio temperatura sul secondo livello di profondità
- Monitoraggio potenziale idrico del suolo sul secondo livello di profondità
- Monitoraggio dei parametri atmosferici per il controllo degli stessi in ambienti o situazioni particolari
- Monitoraggio accrescimento (misura dendrometrica)
- Monitoraggio pH
- Monitoraggio conducibilità elettrica
- Monitoraggio millimetri di acqua in uscita dal gocciolatoio negli impianti di irrigazione



<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	9

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
Oggetto:	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
Committente:	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
Data:	06/2022	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	IT0PW004.PD.01.REL.VIA3_1.PMIA

# AGRISMART-IOT

## Caratteristiche tecniche

ELETTRICHE	
Tensione di Batteria	Li-Ion
Capacità Batteria	2500mAh
Tensione Massima Batteria	4.2V
Tensione di Sistema	3.3V
Corrente in Trasmissione	60 - 65mA
Corrente in Stand-by	10uA
RADIO*	
Frequenza (Europa)	868.13MHz
Potenza Radiante	12.5 - 13.0dBm
Data Rate	100B/s - 600B/s
Modulazione	DBPSK
Tasso di messaggi al giorno	96
Tipo di Antenna	Elica o Monopolo (opzionale in base alla copertura)
Pattern di Radiazione	Omnidirezionale

\*Grandezze misurate in UpLink: trasmissione dal nodo al network

SENSORI			
PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	RANGE	RISOLUZIONE
Bagnatura Fogliare	%	0 ÷ 100	1
Temperatura Suolo	°C	-55 ÷ +125	
Tensione Idrica Suolo	cBar	0 ÷ 200	
Temperatura Atm.	°C	-40 ÷ +85	
Umidità Relativa Atm.	%	0 ÷ 100	
Pressione Atm.	kPa	30 ÷ 110	
Velocità Vento	m/s	0 ÷ 89	
Direzione Vento	Punti sulla bussola	1 ÷ 16	
Irradianza Solare	W/m²	0 ÷ 1800	
Precipitazione	mm	-	

Figura 2: Esempio stazione meteo

Tutti i dati che i sensori wireless trasmettono, restano memorizzati e archiviati, fornendo nel tempo una importante base di informazioni e di analisi confrontabile tra un anno e l'altro.

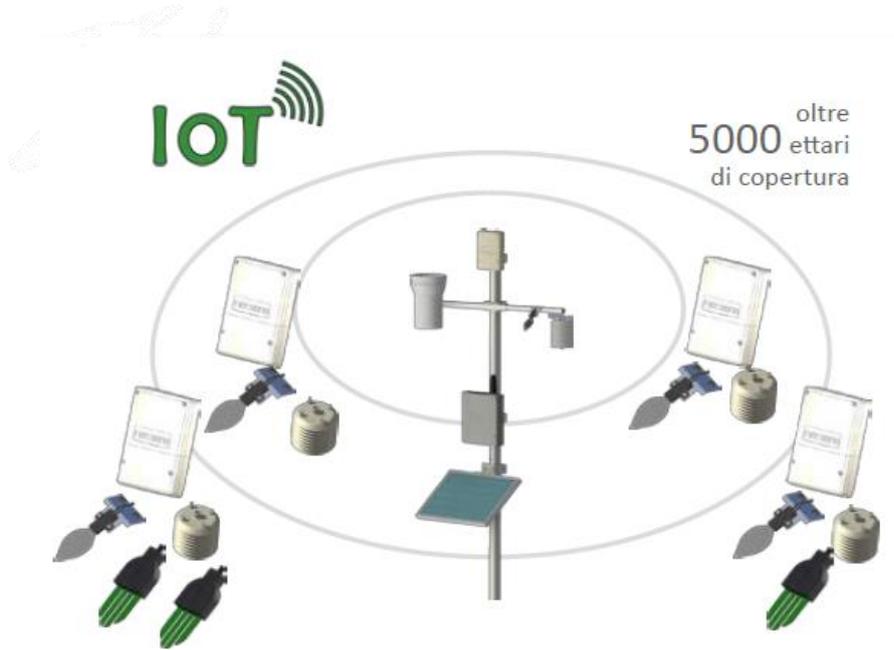


Figura 3: Schema comunicazione IoT sistema

Subject:	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	Project Code:	IT0PW004.071024
Document Title	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	Date:	JUNE 2022
Client:	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	Page:	10

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

### 2.6.1.1 Monitoraggio dell'irraggiamento solare (solarimetri e piranometri)

La producibilità di una cella solare dipende da diversi fattori: prima di tutto, una cella solare non risponde in maniera costante a tutte le frequenze della radiazione solare incidente.

L'efficienza di una cella al silicio è massima in corrispondenza dell'intervallo di frequenze della luce visibile.

In secondo luogo, la producibilità di una cella solare e di conseguenza, di un sistema fotovoltaico, dipende dalla "radiazione incidente" sulla sua superficie e la figura che segue riporta il classico grafico dello spettro solare.

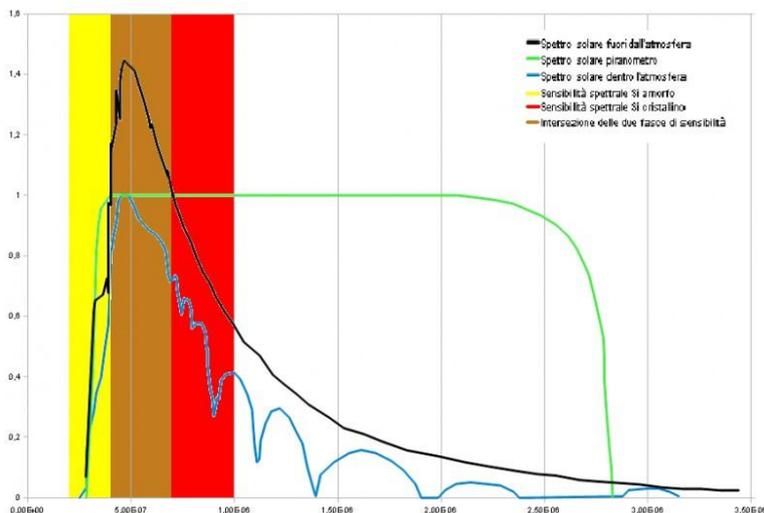


Figura 4: La misura dell'irraggiamento solare

C'è un altro effetto che influenza le prestazioni di un sistema fotovoltaico: la temperatura. Come tutti gli altri strumenti a semiconduttore, le celle solari sono sensibili alla temperatura ed un aumento della temperatura riduce la "band gap" di un semiconduttore, influenzando quindi la maggior parte dei parametri dei semiconduttori. Valori alti della temperatura causano una riduzione nella produzione energetica di un sistema fotovoltaico.

Poiché la producibilità energetica (ed economica) di un impianto fotovoltaico è una funzione prevedibile di questi fattori, una sua diminuzione nella produzione di energia, fuori da quanto prevedibile da questa funzione, deve essere interpretata come sinonimo di anomalia o guasto, per il quale è necessario prendere provvedimenti.

Allora, per conoscere in un dato istante quanta energia dovrebbe produrre un impianto fotovoltaico, bisogna conoscere quanta energia sta giungendo sulla superficie dei moduli fotovoltaici in quell'istante.

Meglio sarebbe conoscere quanta "radiazione solare" utile (lunghezze d'onda che attivano il processo fotovoltaico nelle celle di silicio sono 300 nm – 1100nm) giunge sui moduli fotovoltaici, così da sapere quanta energia dovrebbe produrre un impianto FV in ogni momento della giornata.

I sensori di irraggiamento solare sono in grado di rilevare quanta radiazione solare giunge sul sito ove essi sono installati.

Di tali sensori ve ne sono di 2 tipi.

### 2.6.1.2 Solarimetro

Il solarimetro è uno strumento usato per la misurazione del flusso della radiazione solare ed usa l'effetto fotovoltaico per misurare la quantità di irraggiamento solare che colpisce una data superficie.

Un solarimetro che utilizzi l'effetto fotovoltaico ha lo stesso comportamento di un sistema fotovoltaico: produce un segnale elettrico in funzione della luce incidente, risponde in special modo alla luce visibile e la sua risposta dipende anche dalla temperatura della cella.

Più in particolare, un solarimetro con cella al silicio è in grado di captare le onde luminose con uno spettro compreso approssimativamente da 330 nm a 1100 nm.

Al fine di ottenere una misura scevra dall'effetto "temperatura", i valori misurati da un solarimetro che utilizzi l'effetto fotovoltaico devono essere corretti in base alla temperatura della cella fotovoltaica.

Questa misura può essere fatta grazie ad una termocoppia, mentre la correzione deve avere dei livelli di precisione non facili da raggiungere.

Lo strumento tende ad essere obsoleto e non verrà utilizzato nell'impianto fotovoltaico da realizzare.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	11

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA3_1.PMIA

### 2.6.1.3 Piranometro

Fatto salvo che l'irraggiamento solare incidente su di un pannello è il parametro climatico più importante per valutare le prestazioni di un impianto fotovoltaico, i piranometri, a norma ISO 9060, costituiscono, da lustri, i supporti più adeguati alla valutazione dell'irraggiamento e quindi del rendimento dell'impianto.

I piranometri sono strumenti che servono a misurare la "radiazione globale" su di una superficie (radiazione diretta e diffusa); il principio di funzionamento è generalmente basato sulla misura di una differenza di temperatura tra una superficie chiara ed una scura.

Una superficie scura può assorbire la maggior parte della radiazione solare, mentre una superficie chiara tende a riflettere, assorbendo una minor quantità di calore. Questa differenza di temperatura viene misurata utilizzando una "termopila".

La differenza di potenziale che si genera nella "termopila", a causa del gradiente di temperatura tra le due superfici, permette di misurare il valore della radiazione solare globale incidente.

Una "termopila" è composta da termocoppie generalmente connesse in serie, dove una termocoppia è una giunzione tra due differenti metalli utilizzata per misurare la differenza di temperatura tra due punti.

Una termocoppia produce un potenziale che dipende dal gradiente di temperatura.

La risposta di un piranometro di questo tipo può coprire tutto il range di lunghezze d'onda dello spettro solare che va, approssimativamente, da 300 nm a 2800 nm.

È da notare che, poiché l'intervallo spettrale rilevabile con un piranometro è più ampio rispetto a quello che può essere misurato da un solarimetro con cella al silicio, utilizzare un piranometro per testare il corretto funzionamento e le prestazioni di un impianto fotovoltaico potrebbe portare a credere che in talune condizioni ambientali l'impianto non funzioni correttamente.

Le nuove tecnologie hanno del tutto eliminato questo problema e la risposta di un piranometro è sempre più immediata, superando il gap che aveva nei confronti del solarimetro.

Oggi in commercio ci sono piranometri con diverse classificazioni, sempre secondo la ISO 9060, in funzione del tipo di impianto nel quale si vanno ad inserire.

Per l'impianto, considerate le dimensioni e per il quale solitamente verrebbe utilizzato un piranometro identificato come "Second Class", la cui accuratezza nelle misurazioni è inferiore alla "First Class", si ritiene utile utilizzare, comunque, un sensore che fornisca la migliore risposta possibile e la maggiore istantaneità, per cui verrà utilizzato il meglio della tecnologia esistente e quindi un sensore in "First Class".

Il mercato permette la scelta di diverse tipologie di piranometri che qui di seguito si elencano:

- **Piranometri con uscita diretta:** costituiscono sensori adatti alla connessione a sistemi in grado di leggere la sensibilità del sensore ( $\mu V$ ) e convertirla in  $W/m^2$ .
- **Piranometri con uscita analogica:** diversi sono i range utilizzati, ma quelli più d'uso sono fra 4-20 mA, integrati ed alimentati in uno scarto di 9-30 Vcc/ca.;
- **Piranometri con uscita "modbus":** questi, oltre all'irraggiamento misurano la temperatura del corpo del sensore. I modelli "First Class" e "Second Class" hanno inoltre un ingresso per connettere una sonda esterna per la misura della temperatura a contatto dei moduli fotovoltaici.

Inoltre, negli impianti ad alta tecnologia come quello presentato, vengono utilizzati ulteriori sensori, connessi ai piranometri, in grado di migliorare ulteriormente il monitoraggio climatico del pannello/stringa, quali:

- **Sensori per correzione della temperatura:** questi piranometri montano una sonda di temperatura interna e correggono l'uscita del valore di irraggiamento con una correzione in base alla temperatura misurata;
- **Sensori per la misura della radiazione diffusa:** questa è una semplice soluzione per la misura della "radiazione diffusa", in quanto la banda ombreggia continuamente il "duomo" del piranometro dalla radiazione diretta. Questa è solitamente realizzata in alluminio. Inoltre, la "banda" oscura anche una parte di cielo e per questo motivo solitamente si applica un fattore di correzione che deve essere applicato alle misure.

### 2.6.2 Applicazione dei sistemi IoT per il monitoraggio: risparmio idrico e strategie di irrigazione

L'evoluzione dei sistemi di irrigazione, dai classici sistemi a pioggia ai moderni impianti a goccia, fino alla sub-irrigazione, richiede di disporre di strumenti altrettanto evoluti per conoscere l'effettivo deficit idrico e valutare le migliori strategie di irrigazione.

L'installazione di queste unità è stata pensata poiché apporta molti vantaggi nella programmazione dei vari interventi agronomici. L'impiego dei sensori meteo-climatici consente infatti di ottenere, in modo chiaro e semplice, i dati di evapotraspirazione relativi alle colture agrumicole.

Le sonde di umidità del suolo forniscono una misura immediata sul contenuto di acqua a livello dell'apparato radicale e permettono quindi di valutare il fabbisogno idrico effettivamente necessario.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	12

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA3_1.PMIA

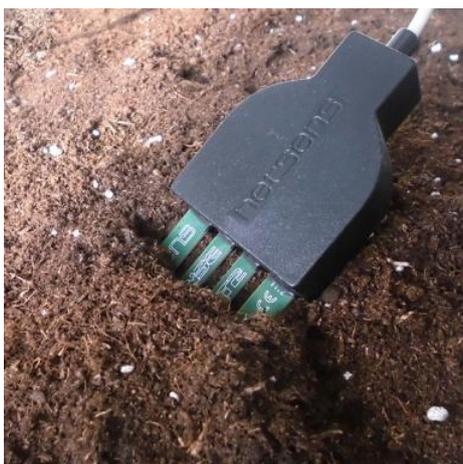


Figura 5: Sensore di umidità

Il sistema riesce a determinare con puntualità e precisione quando una coltivazione necessita di essere irrigata, evitando al coltivatore una inutile somministrazione di acqua. I risparmi sono consistenti e il beneficio per l'ambiente rende l'azienda realmente sostenibile.

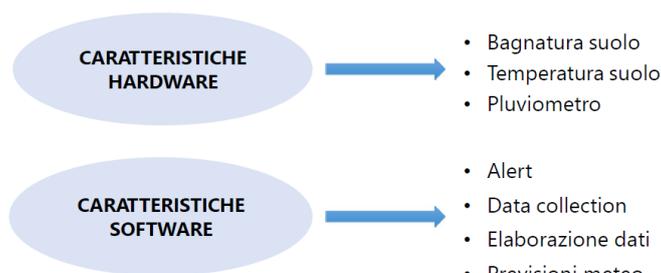


Figura 6: Logica riduzione consumo idrico

E' inoltre possibile automatizzare l'impianto di irrigazione, utilizzando direttamente i dati acquisiti dai sensori, ed i modelli calcolati automaticamente (es. evapotraspirazione) per regolare i turni irrigui da remoto e ricevere allarmi in caso di malfunzionamenti.

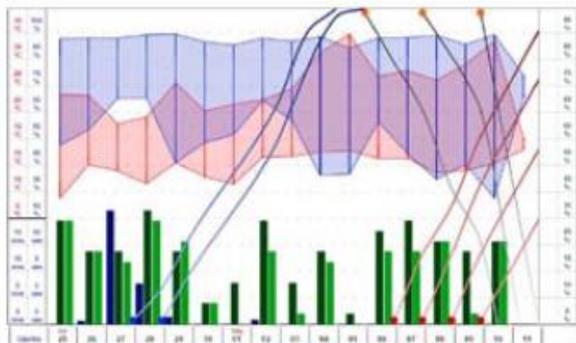
Punto di forza della tecnologia IOT è la possibilità di programmare anche a distanza i turni di irrigazione: una soluzione "ottimale" per ridistribuire la forza lavoro su altre attività aziendali di carattere straordinario. Inoltre, l'impiego di questa tecnologia è l'occasione per riconsiderare le competenze del lavoro agricolo in uno scenario di sostenibilità.

### 2.6.3 Applicazione dei sistemi IoT per il monitoraggio: difesa delle colture

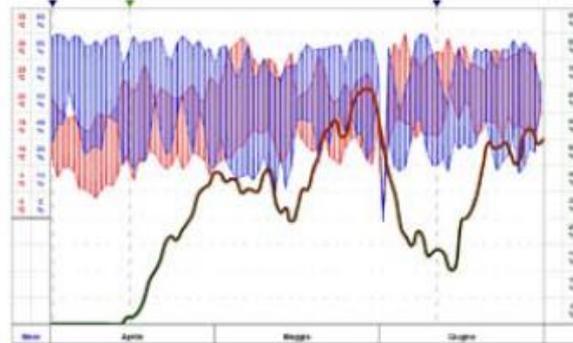
I sistemi da noi proposti offrono, oltre all'analisi dei dati raccolti, anche modelli per l'analisi dello sviluppo e/o del rischio di infezione delle principali avversità fitosanitarie (funghi, batteri, virus, insetti, grandine, gelata). Per ciascun punto di rilevazione il sistema valuta le condizioni micro-climatiche in relazione ai diversi cicli di sviluppo dei patogeni, con particolare riferimento alle temperature ed alle ore di bagnatura fogliare (distinguendo tra pagina superiore ed inferiore delle foglie) rilevate all'interno della chioma e/o al livello della vegetazione, caratteristica essenziale per ottenere una maggiore affidabilità dei modelli agronomici, e caratteristica unica dei sistemi da noi prodotti. Con l'ausilio di questi modelli, gli agronomi possono avere dati oggettivi e misurabili per decidere le migliori strategie fitosanitarie e verificare l'efficacia dei trattamenti effettuati.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	13

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



Indicazione delle fasi infettive e delle sporulazioni



Valutazione del rischio di infezione

Figura 7: Esempi modelli fitosanitari

#### 2.6.4 Applicazione dei sistemi IoT per il monitoraggio: apicoltura 4.0

Negli ultimi anni l'apicoltura, un settore essenziale dell'agricoltura, sta acquisendo sempre più attenzione sia a livello nazionale che internazionale, a seguito della crescente consapevolezza del ruolo che gli impollinatori hanno nel mantenimento della biodiversità e della sicurezza alimentare.

Chi pratica apicoltura si ritrova quindi a dover far fronte a differenti tipologie di problematiche non sempre facilmente e rapidamente risolvibili.

Durante i periodi primaverili e di piena attività delle famiglie di api, l'apicoltore si trova a dover controllare frequentemente le postazioni di apiari per determinare se ci sono problemi sanitari o sciamature imminenti e per valutare se le famiglie stanno soffrendo la fame o se è invece necessario posizionare un melario a causa di un rapido accumulo di miele. La gestione aziendale risulta, di conseguenza, non essere efficiente e razionale, con elevate spese dovute agli spostamenti per le visite alle postazioni degli apiari e con perdite economiche relative a cali produttivi o a perdite di famiglie.

Se la ricerca e l'innovazione tecnologica hanno portato tramite l'agricoltura di precisione miglioramenti produttivi e organizzativi in diversi settori dell'agricoltura agevolandone le attività, negli ultimi anni l'innovazione sta venendo in aiuto anche al settore apistico, tanto che si può parlare di apicoltura di precisione o apicoltura 4.0, in cui le tradizionali tecniche apistiche si avvalgono di tecnologie e conoscenze moderne sia per agevolare il lavoro dell'apicoltore che per migliorare il benessere animale, in questo caso delle famiglie di api e per conoscere la situazione ambientale circostante l'apiario e quella inerente le principali fioriture, essenziale per la sopravvivenza delle api. In questo contesto quindi, ben si inseriscono i Decision Support System che negli ultimi anni si sono rapidamente diffusi nel settore apistico anche come conseguenza dell'esigenza sempre più diffusa di avere conoscenze in tempo reale di ciò che avviene in apiario e nell'ambiente circostante.

nello specifico si tratta di sistemi quali bilance, sensori di temperature, umidità e suoni interni all'arnia, che rilevano dati e li inviano a piattaforme dedicate.



Figura 8: Apiario con bilancia e sensori installati

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	14

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Attraverso un'interfaccia software, l'apicoltore può vedere e valutare l'andamento delle proprie famiglie, avere una indicazione di ciò che succede nell'arnia e pianificare al meglio le attività aziendali, andando ad agire per tempo dove è maggiormente necessario e riducendo di conseguenza i costi aziendali. ad esempio, poter monitorare a distanza l'andamento del peso dell'arnia, permette di capire quando è il momento di portare i melari negli apiari, toglierli o, in caso di una elevata riduzione del peso dell'arnia, eseguire per tempo controlli per capirne il motivo. oltre a ciò, negli ultimi anni cominciano ad assumere importanza sempre più rilevante sia la conoscenza della situazione meteorologica puntuale della postazione in cui si trovano le arnie, e rilevabile tramite il posizionamento di una stazione meteorologica in prossimità dell'apiario, sia le informazioni riguardanti il territorio circostante l'apiario. in quest'ultimo caso, si tratta di avere informazioni inerenti gli inquinanti presenti nell'ambiente (tramite analisi dei prodotti dell'alveare), e informazioni sullo sviluppo fenologico delle principali essenze nettarifere, ottenute tramite la realizzazione di modelli specifici, ed essenziali per determinare in modo razionale gli spostamenti delle arnie.

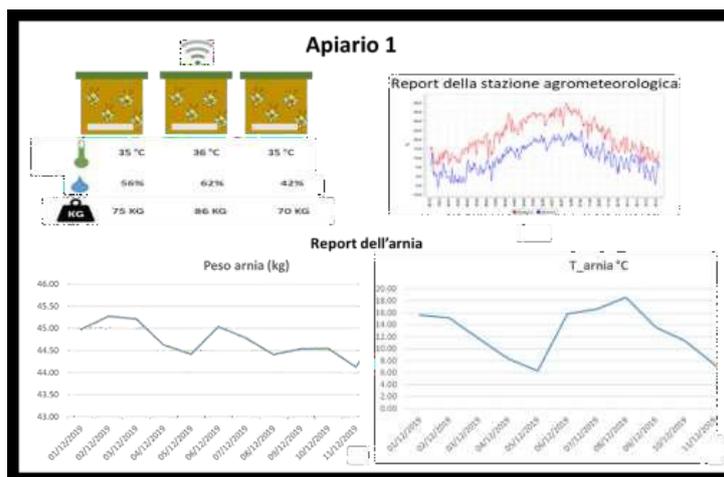


Figura 9: Schermata per la visualizzazione dei dati raccolti

L'applicazione dei dss all'ambito apistico è una innovazione relativamente recente, ma con elevate potenzialità applicative, sia per il monitoraggio a distanza degli apiari che per il monitoraggio dell'ambiente che li circonda che per approfondire la conoscenza del comportamento delle famiglie di api e della loro interazione con l'ambiente esterno.

## 2.6.5 Resilienza dell'impianto agrivoltaico

Per **resilienza** si intende **la capacità di un ecosistema di ripristinare la condizione di equilibrio a seguito di un intervento esterno** che può provocare un deficit ecologico (erosione della consistenza di risorse che il sistema è in grado di produrre).

Più specificatamente in agricoltura il termine resilienza serve ad indicare la capacità del suolo di resistere e di ricominciare a dare frutti anche quando è stato duramente colpito/impovertito da calamità naturali o da tecniche di coltivazione ad alto impatto con elevato utilizzo di fertilizzanti e fitofarmaci.

A causa dei cambiamenti climatici drastici e repentini, l'evoluzione tecnologica e l'innovazione delle pratiche culturali non sono più un'opzione, ma una necessità in grado di permettere all'agricoltore di essere competitivo e migliorarsi, non subendo passivamente le avversità. Sino a qualche anno fa le scelte colturali previste erano basate su prassi consolidate e tramandate, ma affidarsi esclusivamente a metodi tradizionali potrebbe compromettere il raccolto.

Il **Decision Support System** è un sistema software che mette a disposizione dell'utente, il decisore, una serie di funzionalità di analisi dei dati e utilizzo di modelli in maniera interattiva ed estremamente semplice, allo scopo di aumentare l'efficienza e l'efficacia del processo decisionale.

I DSS in agricoltura di precisione rappresentano un fattore chiave per gestire in modo efficiente l'azienda agricola e prendere le giuste decisioni nel momento più opportuno. Lo scopo dei DSS non è quello di "imporre" una scelta, ma di fornire un supporto (come dice la parola stessa) a tecnici e agricoltori nell'analisi delle decisioni da prendere.

I DSS progettati per l'agricoltura, grazie alla loro specificità settoriale, integrano differenti modelli orientati alle complesse esigenze dell'agricoltore. Tutti questi dati vengono elaborati attraverso database e algoritmi sofisticati di analisi che permettono il passaggio dal dato grezzo al dato elaborato fino al consiglio agronomico.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	15

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

### 3. IL MONITORAGGIO TECNICO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO

#### 3.1 Il Performance Ratio (PR).

Il principale indice di performance per gli impianti fotovoltaici è il "Performance Ratio" (PR), definito dalla Norma CEI 82-25 come il rapporto tra l'energia prodotta dall'impianto e l'energia producibile dall'impianto nel periodo analizzato.

Tale indicatore prestazionale esprime la capacità di trasformare l'energia solare in energia elettrica ed è funzione delle perdite di sistema (mismatch, riflessione, ombreggiamento, sporcamento della superficie dei moduli, decadimento delle prestazioni dei moduli, effetti della temperatura, perdite per effetto joule, rendimento inverter).

La figura seguente schematizza il processo di produzione di energia elettrica per via fotovoltaica, evidenziando le varie cause di perdita di energia caratteristiche del processo di conversione

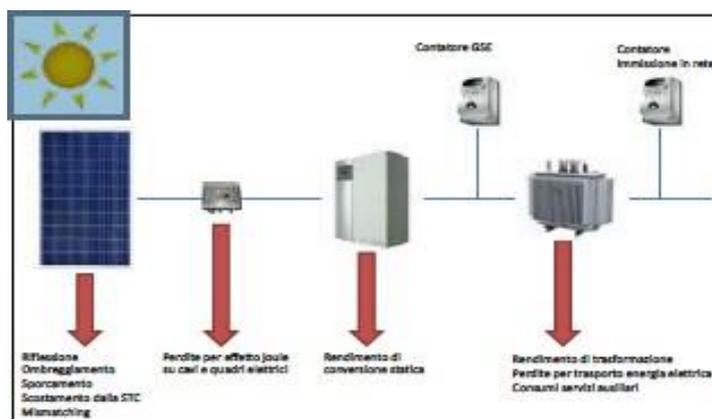


Figura 10: Processo di conversione

La complessità oggettiva di rilevare e quantificare gli effetti di determinate perdite di sistema (ad esempio: mismatch, ombreggiamenti, sporcizia sulla superficie dei moduli), fa sì che il "PR" venga rilevato come confronto tra l'energia teoricamente producibile (funzione dell'irraggiamento e della temperatura) e quella effettivamente prodotta nel medesimo periodo di osservazione.

Il calcolo del "PR" viene quindi effettuato, ai sensi della Norma CEI 82-25, mediante la seguente formula:

$$PR = \frac{Y_F}{Y_R} = \frac{E_{ca} * G_{STC}}{P_n * H_i}$$

Dove:

$E_{ca}$ : è l'energia prodotta dal lato corrente alternata (Wh)

$P_n$ : è la potenza nominale del generatore FV (W)

$H_i$ : è l'irraggiamento rilevato sul piano dei moduli (Wh/m<sup>2</sup>)

$G_{stc}$ : è l'irraggiamento in condizioni standard, quantificato in 1.000 W/m<sup>2</sup>.

La stessa Norma CEI 825 prevede la possibilità di correggere gli effetti della temperatura sulle performance, quando le celle FV raggiungono la temperatura superficiale di 40°C, applicando la seguente correzione alla potenza di picco:

$$P_p = 1 - (T_{cel} - 40) * Y / 100$$

Dove:

$T_{cel}$ : è la temperatura misurata sulla superficie della cella FV (°C);

$Y$ : è il coefficiente di perdita in temperatura caratteristica del modulo FV utilizzato (%/°C).

#### 3.2 La "disponibilità tecnica".

La "Disponibilità Tecnica", definita come il rapporto tra la potenza indisponibile pesata con l'irraggiamento occorso nel periodo nel quale è avvenuta l'indisponibilità e la potenza nominale dell'impianto, è un altro indice prestazionale comunemente utilizzato per valutare la produzione raggiunta dall'impianto in uno specifico periodo di esercizio.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	16

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

La "Disponibilità Tecnica" rappresenta la percentuale di potenza installata effettivamente in esercizio in un dato periodo ed è comunemente utilizzata, assieme al PR, per valutare la capacità produttiva raggiunta dall'impianto agrivoltaico durante l'anno di esercizio.

Le comuni pratiche di mercato considerano il "Performance Ratio" e la "Disponibilità Tecnica" come parametri di riferimento utilizzati nella contrattualistica (Costruzione e Manutenzione) per definire i livelli di producibilità raggiungibili dall'impianto e garantiti durante il suo ciclo di vita.

La riuscita economica dei progetti è strettamente connessa al raggiungimento della produzione attesa, che rappresenta il principale indicatore di successo del progetto e, come tale, è normalmente soggetto ad un sistema di garanzie e penali economiche a carico dell'appaltatore e/o del gestore.

La comune pratica di mercato, prevede che la costruzione degli impianti FV sia soggetta a garanzia contrattuali relative alle performance minime garantite, il cui mancato raggiungimento comporta normalmente il pagamento di penali compensative a carico dell'Appaltatore (EPC) a risarcimento dei danni economici derivanti dalla mancata performance.

Il mancato raggiungimento della disponibilità tecnica, al quale corrisponde immancabilmente una riduzione dell'energia prodotta, viene normalmente risarcito dall'Operatore, il quale è responsabile dell'operatività dell'impianto.

Nel caso di impianti FV di dimensioni tali da essere richiesta una garanzia di performance minima annua è quindi indispensabile disporre di un sistema di supervisione in grado di monitorare almeno il set minimo di parametri necessario al calcolo degli indici prestazionali oggetto di eventuale garanzia/penale/ecc.

Disporre di un "monitoraggio" accurato è comunque auspicabile, in quanto resta questo il principale strumento di controllo, attraverso il quale Committenza e Appaltatore/Gestore possono verificare il raggiungimento delle prestazioni attese per il progetto.

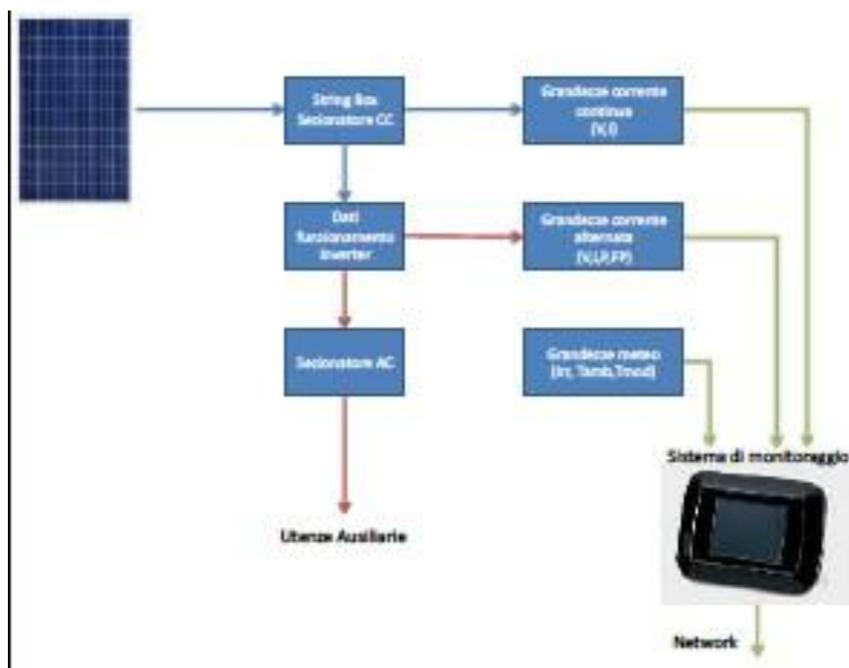


Figura 11: Architettura sistema di monitoraggio

Lo schema riportato nella figura mostra l'architettura-tipo di un sistema di monitoraggio per impianti FV, evidenziando il tipo e i punti di prelievo delle grandezze misurate dal sistema.

Il set di grandezze elettriche e meteo che occorre rilevare per una corretta supervisione dell'impianto è quindi così definito

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	17

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Grandezza	Monitoraggio	
	Necessario	Opzionale
Irraggiamento sul piano dei Moduli (W/m <sup>2</sup> )	X	
Temperatura di Cella (°C)	X	
Temperatura Ambiente (°C)		X
Grandezze elettriche (V, I, P)	di stringa	X
	ingresso inverter	
	uscita inverter	
Energia elettrica (Wh)	prodotta uscita inverter	X
	immessa in rete	X
	autoconsumi	
Segnali di errore	string box	
	Inverter	
	quadri elettrici	

Tabella 4: Set parametri supervisione

I sistemi di supervisione più avanzati dispongono inoltre di sensoristica, all'interno delle string box, attraverso la quale è possibile rilevare malfunzionamenti a livello di stringa e stimare la potenza nominale indisponibile durante il periodo analizzato.

Questo livello di dettaglio è particolarmente utile quando si intende valutare la "Disponibilità Tecnica" con precisione, ad esempio nel caso in cui tale parametro sia oggetto di specifiche garanzie contrattuali nella fase di gestione operativa dell'impianto FV.

Il dispositivo SCADA (ad esempio) utilizzato per il monitoraggio di impianti fotovoltaici viene dimensionato sulla base del numero e del tipo di sensori che dovrà gestire, strettamente dipendente dalla complessità e dall'estensione dell'impianto FV che si intende monitorare.

Lo SCADA acquisirà e memorizzerà i dati rilevati dai sensori disseminati nell'impianto, producendo eventuali messaggi di errore in caso di rilevato malfunzionamento, allertando l'Operatore che potrà così intervenire tempestivamente limitando i periodi di fermo impianto.

La cadenza di acquisizione dei dati viene comunemente fissata in 5 minuti o 15 minuti, in quanto tale intervallo temporale viene comunemente ritenuto sufficiente ai fini della verifica delle performance d'impianto.

La scelta di intervalli di campionamento così ampi nasce dalla necessità di limitare la quantità di dati che devono essere memorizzati e trasmessi dal sistema di acquisizione, per- mettendo un dimensionamento dei dispositivi di immagazzinamento dati e delle linee di trasmissione con sufficiente semplicità.

### 3.3 I sensori.

Il monitoraggio del corretto funzionamento e delle performance degli impianti FV necessita della misura delle grandezze meteorologiche nel sito dell'impianto (irraggiamento solare, temperatura e velocità/direzione del vento).

#### I sensori d'irraggiamento

Lo scopo della misura dell'irraggiamento è quello di confrontare la risorsa solare disponibile con l'output dell'impianto, al fine di verificarne la capacità di convertire l'energia solare in elettricità e quindi valutarne le performance.

L'irraggiamento viene normalmente misurato mediante l'utilizzo di "piranometri", anche se in alcuni casi viene proposto l'utilizzo di celle di riferimento che, come meglio descritto in seguito, risultano però adatte al monitoraggio diagnostico dell'impianto ma meno adatte per la valutazione delle performance.

#### Il "piranometro".

La misura dell'irraggiamento mediante l'utilizzo dei piranometri viene normato dalla Norma IEC 61724 e viene normalmente considerata uno standard nelle analisi delle performance di impianti fotovoltaici sottoposti a valutazione finalizzata al finanziamento del progetto.

I piranometri sono dei sensori che misurano l'irraggiamento come differenza di temperatura tra superfici irraggiate utilizzando il principio delle termopile, e vengono classificati in base alla precisione della misura secondo le seguenti categorie definite dalla norma ISO9060:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	18

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



<b>Classe di precisione secondo norma ISO 9060</b>
<b>Secondary standard pyranometer</b>
<b>First class pyranometer</b>
<b>Second class pyranometer</b>

Figura 12: Piranometro e classi di precisione

La classe di precisione normalmente richiesta per valutare correttamente le performance dell'impianto è la "secondary standard", in modo che la misura (e quindi la valutazione del PR) sia affetta da un errore contenuto entro il 3%.

### La "cella di riferimento".

Le "celle di riferimento" sono dei sensori che utilizzano la stessa tecnologia fotovoltaica dei moduli e vengono comunemente utilizzate dai sistemi di monitoraggio integrati con i sistemi di controllo dei gruppi di conversione.

Questo tipo di sensori presenta una sensibilità allo spettro della luce solare comparabile al rendimento di conversione tipico delle celle fotovoltaiche, pertanto, non riescono a rilevare l'intera risorsa solare disponibile in sito (- Fonte: SMA Solar Technology AG).



Figura 13: Cella di riferimento (SMA Solar Technology AG)

### Confronto tra i sensori.

Il sensore di irraggiamento deve essere scelto in base al tipo di "monitoraggio" che si intende effettuare. La corretta misura dell'irraggiamento, al fine della valutazione delle performance d'impianto, non può difatti prescindere dalla capacità del sensore di misurare tutta l'energia solare disponibile; tuttavia, quando il monitoraggio viene effettuato principalmente per scopi diagnostici, un sensore maggiormente prestante dal punto di vista della velocità di risposta può essere preferibile ad un dispositivo più sensibile ma affetto da maggior inerzia.

Nella tabella seguente vengono messe a confronto le due principali famiglie di sensori di irraggiamento solare, mettendo in evidenza le principali caratteristiche di entrambe:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	19

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

	<b>Cella di Riferimento</b>	<b>Piranometro</b>	<b>Confronto</b>
<b>Scopo</b>	misura della quota di irraggiamento convertibile in energia elettrica	misura dell'intera risorsa solare	
<b>Errori di misura</b>	errore >5% per inclinazione superiore a 50°	errore <5% fino a 80°	la cella di riferimento sottostima la risorsa solare disponibile
<b>Irraggiamento globale su piano orizzontale</b>	non misurabile	misurabile	il piranometro può misurare irraggiamento su piano orizzontale ed inclinato
<b>Mismatch spettrale</b>	alta variabilità, incertezza >5%	bassa variabilità, incertezza entro 1%	
<b>Comparazione delle misure</b>	le misure della cella di riferimento possono essere comparate solo con misure acquisite da celle con tecnologie simili	le misure acquisite dal piranometro sono sempre comparabili	l'utilizzo dei piranometri garantisce la comparabilità delle misure acquisite su diversi siti

Tabella 5: Confronto fra sensori di irraggiamento solare

### Altri Sensori.

La temperatura ambiente e della superficie dei moduli viene misurata attraverso sensori di tipo termo resistenze (PT100) o assimilabili, la cui tecnologia è ormai consolidata da diversi anni e comunemente utilizzata in ambito industriale.

I sensori di temperatura utilizzati in ambito agrivoltaico rispondono tipicamente agli standard di qualità e di affidabilità tipici del monitoraggio dei processi industriali e dispongono di caratteristiche simili.

La velocità e la direzione del vento, pur non essendo parametri che influiscono direttamente sulla performance degli impianti FV (se non per gli effetti di trasporto delle masse d'aria sulla superficie dei moduli che migliora la dissipazione della temperatura) vengono monitorati sugli impianti FV dotati di stringhe a terra così da rilevare eventuali situazioni di pericolo per l'impianto e attivare le procedure per la messa in sicurezza.

Per questo tipo di rilevazioni vengono tipicamente utilizzati anemometri meccanici installati direttamente in campo.

### 3.4 Caratteristiche dei software di controllo ed elaborazione dei dati.

Il software di acquisizione e gestione dei dati rilevati dal sistema di "monitoraggio" è lo strumento chiave che permette di valutare e verificare il funzionamento dell'impianto.

I produttori di sistemi di monitoraggio, sia di tipo "integrato" che "custom", forniscono normalmente il software con il quale analizzare i dati di esercizio dell'impianto FV e che, grazie alle funzionalità di connessione remota di cui sono dotati i sistemi di ultima generazione (GSM/UMTS/LTE, ADSL, ecc.) permette di interrogare il dispositivo SCADA da remoto.

Molti produttori di sistemi di monitoraggio propongono sul mercato un servizio di hosting dei vari dispositivi di monitoraggio, tramite il quale i dati provenienti dai dispositivi installati in campo vengono gestiti da una centrale di controllo unica (gestita dal Produttore e Fornitore del servizio di monitoraggio) e possono essere interrogati in tempo reale tramite il software di monitoraggio fornito dal Produttore.

Attualmente la stragrande maggioranza dei software in commercio dispone di interfaccia grafica tramite la quale interrogare il dispositivo di acquisizione e visualizzare i dati di esercizio sia in forma numerica che in forma grafica.

Il set di dati di esercizio (dati meteo, parametri elettrici d'impianto e segnali d'errore/allarmi) vengono visualizzati in tempo reale permettendo al manutentore di intervenire in maniera mirata sui guasti e di ridurre i tempi di intervento, migliorando così la disponibilità tecnica e l'efficienza dell'impianto.

Prima di essere utilizzati per l'analisi delle prestazioni, i dati rilevati e registrati dal sistema di monitoraggio vengono di solito "normalizzati" tramite l'applicazione di appositi algoritmi per correggere gli errori della catena di rilevazione ed eliminare i dati spuri, ottenuti da letture dei sensori non congruenti con i valori reali della grandezza misurata.

Il filtraggio viene soprattutto applicato alle serie di dati relative alle grandezze meteo (irraggiamento e temperatura), le quali sono maggiormente soggette agli effetti del rumore di segnale e alle false letture dei sensori.

Qualora il sistema di monitoraggio sia equipaggiato con più di un sensore per ogni grandezza misurata (per esempio diversi sensori di irraggiamento installati sul campo), la riduzione

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	20

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

dell'errore di misura può essere ottenuto mediante l'esclusione delle misure dei sensori con deviazione standard più alta e la successiva applicazione di algoritmi di media alle misure rimanenti.

Molti dei software di ultima generazione permettono inoltre di produrre in automatico la reportistica relativa ai dati di esercizio, al calcolo degli indicatori di performance e alla lista dei messaggi di errore prodotti dal sistema.

Occorre notare che tali funzioni di reportistica, se pur di indiscussa utilità, possono a volte produrre degli output non completamente in linea con le analisi che si intende effettuare. È infatti comune il caso in cui gli indicatori prestazionali (PR, Disponibilità Tecnica, perdite di trasmissione) vengano contabilizzate dal software di monitoraggio non conformemente a quanto previsto dai protocolli di collaudo previsti dai contratti (EPC e O&M). La possibilità di accedere ai dati direttamente misurati dal sistema di monitoraggio, a monte dell'elaborazione software dei risultati, è quindi una caratteristica preferenziale per i sistemi di monitoraggio utilizzati in impianti FV di medie e grandi dimensioni che necessitano di analisi di performance mirate.

### 3.5 Monitoraggio e manutenzione.

Al fine di garantire le prestazioni definite in sede di progetto di un impianto agrivoltaico installato, è necessario effettuare sistematicamente operazioni di monitoraggio e manutenzione.

Questi due concetti sono l'uno la conseguenza dell'altro, poiché dal monitoraggio può affiorare la necessità di effettuare manutenzioni e dopo la manutenzione è utile effettuare un monitoraggio per verificare che non ci siano state manomissioni accidentali.

Il monitoraggio può essere effettuato recandosi fisicamente in loco, oppure valutando il funzionamento dell'impianto da remoto tramite software appositamente progettati.

#### 3.5.1 Monitoraggio in loco

##### Esame a vista

Secondo la Norma CEI 82-25 l'esame a vista deve accertare che i componenti dell'impianto agrivoltaico siano conformi alle prescrizioni delle relative norme, scelti e messi in opera correttamente e non danneggiati visibilmente.

Inoltre, l'esame a vista è teso a identificare, senza l'uso di attrezzi o di mezzi di accesso eventuali difetti dei componenti elettrici che sono evidenti

allo sguardo quali ad esempio: mancanza di ancoraggi, connessioni interrotte, involucri rotti, dati di targa assenti, ecc...

Per realizzare questa tipologia di esame è necessario recarsi fisicamente nell'impianto e controllare visivamente ogni pannello.

Se il modulo non presenta nessun segno particolare si procede oltre, altrimenti se si nota per esempio, come nella tavola sottostante, una bruciatura locale che interessa una o più celle, è opportuno fermarsi e valutare attentamente la situazione. Se necessario si procede a verifiche più approfondite con l'utilizzo di apposita strumentazione.



Figura 14: Pannello con Hot - Spot

L'esame a vista può essere effettuato in ogni parte dell'impianto stesso compresi il locale inverter e la cabina. All'interno dei locali si verifica che tutte le apparecchiature siano accese e funzionanti, nonché la presenza di eventuali roditori attratti dal clima tiepido che causano danni ai collegamenti elettrici rosicchiando i cavi fino al totale consumo dell'isolamento.

Nella Tavola seguente si può notare la presenza di un nido di roditore ed escrementi all'interno della cabina:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	21

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



Figura 15: Presenza di escrementi di roditori

### 3.6 Prove a vuoto ed a carico sugli impianti.

Dopo una prima valutazione visiva dell'impianto può essere necessario effettuare dei rilievi in loco per verificare eventuali problematiche riscontrate.

Per prove sugli impianti si intende l'effettuazione di misure o di altre operazioni mediante le quali si accerta la corrispondenza dell'impianto alle Norme CEI e alla documentazione di progetto.

Secondo la Norma CEI 82-25 le prove in oggetto consistono nel controllare i seguenti punti:

- la continuità elettrica e le connessioni tra i moduli; questa prova consiste nell'accertare la continuità elettrica tra i vari punti dei circuiti di stringhe e fra l'eventuale parallelo delle stringhe e l'ingresso del gruppo di condizionamento e controllo della potenza;
- la messa a terra di masse e scaricatori che consiste nell'accertare la continuità elettrica dell'impianto di terra, a partire dal dispersore fino alle masse estranee collegate;
- l'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse; lo scopo è quello di accertare che la resistenza di isolamento dell'impianto sia adeguata ai valori prescritti dalla Norma CEI 64-8/6; la misura deve essere eseguita tra ogni conduttore attivo, oppure ciascun gruppo completo di conduttori attivi e l'impianto di terra; le misure devono essere eseguite in c.c. mediante strumenti di prova in grado di fornire le tensioni previste con carico di 1 mA;
- il corretto funzionamento dell'impianto agrivoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di condizionamento e controllo della potenza (accensione, spegnimento, mancanza rete del distributore, ecc); questa prova consiste nel verificare che i dispositivi siano stati installati e regolati in modo appropriato. Per la prova di accensione e spegnimento automatico dell'impianto è consigliabile intervenire su sezionatori di stringa; una verifica che accerti le funzioni di protezione di interfaccia deve almeno provare il loro intervento in caso di mancanza della rete del distributore;
- il soddisfacimento delle due seguenti condizioni, in presenza di irraggiamento sul piano dei moduli superiore a 600 W/m<sup>2</sup> :

$$P_{cc} < 0.85 * P_{nom} * G_p / G_{stc} \quad (a)$$

$$P_{ca} < 0.9 * P_{cc} \quad (b)$$

Dove:

- P<sub>cc</sub> [in kW] è la potenza misurata all'uscita del generatore agrivoltaico, con incertezza non superiore al 2%;
- P<sub>ca</sub> [in kW] è la potenza attiva misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata con incertezza non superiore al 2%;
- P<sub>nom</sub> [in kWp] è la potenza fornita dal generatore agrivoltaico, determinata come somma delle singole potenze dei moduli desunte dal foglio - dati rilasciati dal costruttore;
- G<sub>p</sub> [in W/m<sup>2</sup>] è l'irraggiamento misurato sul piano dei moduli con incertezza di misura del sensore solare non superiore al 3% e con incertezza di misura della tensione in uscita dal sensore solare non superiore al 1%;
- G<sub>stc</sub> [in W/m<sup>2</sup>] è l'irraggiamento in condizioni di prova standard, pari a 1000 W/m<sup>2</sup>

La relazione (a) ammette, quindi, per le perdite del generatore agrivoltaico, un valore complessivo pari al 15% della potenza nominale dell'impianto stesso; detto limite tiene conto delle perdite ohmiche, dei difetti di accoppiamento, della temperatura (fino al valore massimo di 40 °C), della non linearità dell'efficienza dei moduli in funzione dell'irraggiamento, degli ombreggiamenti (entro il 2% massimo) e della risposta angolare.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	22

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

La misura della potenza Pcc e della potenza Pca deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento sul piano dei moduli (Gp) superiore a 600 W/m<sup>2</sup>. Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli, misurata sulla faccia posteriore dei medesimi, superiore a 40 °C, è ammessa la correzione in temperatura della potenza stessa.

In questo caso, anziché verificare la condizione (a) potrà essere verificata la seguente condizione:

$$P_{cc} < (1 - P_{tpv} - 0.08) * P_{nom} * G_p / G_{stc} \quad (c)$$

Dove:

- Ptpv indica le perdite causate dalla riduzione delle prestazioni del generatore agrivoltaico, quando la temperatura di lavoro delle celle fotovoltaiche è superiore a 25 °C, mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono state tipicamente assunte pari all'8%.

Le perdite Ptpv possono essere determinate in modo approssimativo come:

$$P_{tpv} = (T_{cel} - 25) * \gamma \quad (d)$$

Oppure:

$$P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) * G_p / 0.8] * \gamma \quad (e)$$

Dove:

- Tcel: è la temperatura delle celle di un modulo agrivoltaico; può essere misurata mediante un sensore termo resistivo (PT100) attaccato sul retro del modulo in corrispondenza di una cella o mediante la misura della tensione a vuoto secondo la Norma CEI EN 60904-5;
- Y: è il coefficiente di temperatura delle celle fotovoltaiche; questo parametro indica la diminuzione della potenza generata all'aumentare della temperatura ed è fornito dal costruttore; per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a 0.4-0.5%/°C.
- Tamb: è la temperatura ambiente;
- NOCT: è la temperatura nominale di lavoro della cella; questo parametro è fornito dal costruttore ed è tipicamente pari a 40-50°C, ma può arrivare a 60°C per moduli in vetrocamera;
- Gp: è l'irraggiamento solare, misurato sul piano dei moduli, espresso in kW/m<sup>2</sup>.

Per assicurare l'accuratezza e ripetibilità della prova, la misura di Pcc, Pca, Gp e Tamb deve essere effettuata simultaneamente in uno dei seguenti modi:

- Mediante l'utilizzo di strumenti in grado di effettuare le suddette misure simultaneamente;
- Mediante l'utilizzo di più strumenti di misura indipendenti, ma con valori di irraggiamento solare, temperatura ambiente, velocità del vento e potenza erogata praticamente costanti durante la misurazione;
- Mediante l'utilizzo di più strumenti di misura indipendenti, ma con l'ausilio di più operatori che effettuano le misurazioni in contemporanea.

La verifica delle "PR" deve avvenire ogni sei mesi a partire dalla data del collaudo fino alla fine del periodo di garanzia. Dette verifiche devono essere effettuate in condizioni di irraggiamento sul piano dei moduli superiore a 600 W/m<sup>2</sup>. Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli sulla faccia posteriore dei medesimi a 40°C, si procederà alla correzione della formula secondo quanto indicato dalla Norma CEI 82-25.

L'appaltatore, solitamente, garantisce i seguenti "Performance Rate" nel periodo di garanzia di 24 mesi dopo il collaudo dell'impianto:

- al collaudo dell'impianto: 85,15%;
- 12 mesi dal collaudo dell'impianto: 80,5%;
- 24 mesi dal collaudo dell'impianto: 79,85%.

Inoltre, viene garantito il "Performance Rate" per ulteriori 8 anni con una riduzione dello stesso su base annua dello 0,65%.

### 3.7 Rilievi con "termocamera".

Come accennato nel paragrafo precedente, effettuando un esame a vista è possibile notare delle bruciature locali sulla superficie del pannello. Queste sono conseguenza della presenza di "hot-spot", cioè di punti caldi sulla superficie dovuti a varie cause. In primis eventuali difetti sulla morfologia del pannello che non agevolano la dissipazione del calore. Inoltre la presenza di gramaglie che ombreggiano il pannello o di sporcizia sulla superficie, come escrementi di uccelli, foglie o altro, creano un surriscaldamento locale come mostrato nella Tavola seguente:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	23

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

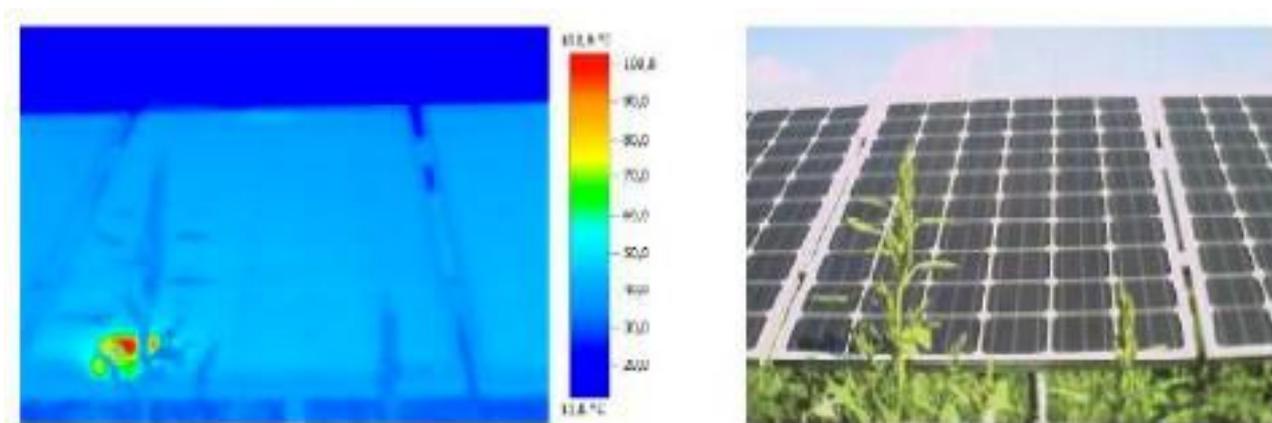


Figura 16: Esempio rilievi con termocamera

### 3.8 Test ad elettroluminescenza.

Il componente principale di un impianto agrivoltaico è costituito dal modulo agrivoltaico; risulta quindi necessario verificarne l'integrità prima dell'installazione. Per questo motivo vengono realizzati, in genere, due tipologie di test: test ad elettroluminescenza.

I test ad elettroluminescenza vengono effettuati in apposite camere ad elettroluminescenza che, supportati da un rilevamento fotografico, permettono di rilevare difetti e/o micro-fratture sulla superficie dei moduli che comprometterebbero il rendimento e la durata di vita degli stessi.

Il principio di funzionamento si basa sul processo inverso del agrivoltaico: ai moduli viene applicata una tensione per verificare i flussi di corrente, mentre una camera con appositi sensori rende visibile ad occhio nudo la luce ad infrarossi emessa dalle celle; questo avviene perché quando dall'esterno si applica una tensione sui collegamenti di un modulo, si verifica una ricombinazione degli elettroni nelle sue celle che provoca emissione di fotoni dal semiconduttore.

Poiché la radiazione emessa è vicina al campo spettrale dell'infrarosso è necessaria una specifica camera ad elettroluminescenza per rendere visibile il fenomeno. Le celle funzionanti avranno un aspetto luminoso, mentre quelle danneggiate appariranno scure.

Il test viene superato solo dai moduli che presentano una distribuzione uniforme della corrente.

I difetti rilevabili con questo metodo sono, per esempio:

- Micro fessurazioni, scheggiature o rottura completa cella;
- Presenza di impurità;
- Difetti di cristallizzazione nel wafer;
- Distacco delle piste conduttrici e/o rottura di celle che determinano l'isolamento elettrico e quindi la disattivazione parziale;
- Tracce del nastro di sinterizzazione.

Segni generali di una lavorazione imperfetta delle celle

### 3.9 Manutenzione.

Per manutenzione di un impianto elettrico si intende l'insieme dei lavori necessari per conservare in buono stato di efficienza e soprattutto di sicurezza, l'impianto stesso. Poiché qualsiasi componente elettrico e non è soggetto ad usura e/o rottura risulta necessario provvedere a una manutenzione sistematica per mantenere inalterate le prestazioni dell'impianto e le caratteristiche di sicurezza.

I principali obiettivi della manutenzione sono:

- Conservare le prestazioni e il livello di sicurezza iniziale dell'impianto contenendo il normale degrado ed invecchiamento dei componenti.
- Ridurre i costi di gestione dell'impianto evitando perdite di produzione causate dal deterioramento precoce dell'impianto.
- Rispettare le disposizioni di legge.

Gli interventi di manutenzione si distinguono in due categorie principali: manutenzione ordinaria e manutenzione straordinaria.

Prima di procedere a qualsiasi intervento su un impianto elettrico si dovrà classificare l'intervento necessario per determinare a quale categoria appartiene e, quindi, quali sono le direttive da rispettare.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	24

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA3_1.PMIA

### 3.10 Manutenzione ordinaria.

La manutenzione ordinaria comprende lavori finalizzati a:

- Contenere il degrado normale d'uso;
- Far fronte ad eventi accidentali che comportino la necessità di primi interventi che non modifichino la struttura essenziale dell'impianto e la sua destinazione d'uso.

Per questa tipologia di interventi non è previsto l'obbligo di effettuare prima un progetto, né di rilasciare una dichiarazione di conformità.

#### a. Manutenzione cabina MT/BT e di trasformazione.

In linea generale è estremamente importante che i locali destinati a contenere le apparecchiature della cabina siano tenuti puliti e sgombri da materiale non pertinente le apparecchiature stesse.

Tali apparecchiature, infatti, in caso di guasto, possono innescare un principio di incendio; è quindi chiaro che la presenza di sporco e di materiale vario può trasformare il principio d'incendio in un incendio vero e proprio. Inoltre la presenza di sporco e di una notevole quantità di polvere può provocare il mal funzionamento delle apparecchiature a causa di cattiva ventilazione dovuto all'accumulo di sporcizia sui filtri di ventilazione.

Dovrà quindi essere eseguita un'accurata pulizia dei filtri su tutte le apparecchiature provviste di sistemi di ventilazione forzata o naturale. A tal fine, ogni produttore fornisce un manuale dettagliato di funzionamento e manutenzione per ogni componente dell'impianto, le cui indicazioni devono essere osservate scrupolosamente.

Per il locale cabina MT/BT ogni sei mesi è necessario:

- Rimuovere gli eventuali materiali in deposito non attinenti agli impianti ed eseguire la pulizia del locale;
- Verificare la presenza dei dispositivi di protezione individuali e di estinzione degli incendi;
- Verificare la presenza dei cartelli monitori e della documentazione di impianto. Inoltre ogni anno è utile:
- Eseguire il controllo dello stato di conservazione delle strutture di protezione contro i contatti diretti;
- Verificare l'integrità dei dispositivi di blocco che impediscono l'accesso alle parti in tensione
- Per il quadro MT ogni anno è necessario:
- Eseguire la pulizia interna ed esterna con aspirapolvere e/o soffiando aria secca a bassa pressione;
- Rimuovere la polvere dalle parti isolanti con stracci ben asciutti;
- Eseguire il controllo visivo per verificare l'integrità delle apparecchiature;
- Controllare lo stato di conservazione delle strutture di protezione contro i contatti diretti;
- Controllare il serraggio dei bulloni e pulire le connessioni;
- Verificare, con apposito strumento, la continuità dei conduttori di terra delle strutture metalliche e delle apparecchiature installate;
- Verificare l'efficienza dei dispositivi di blocco che impediscono l'accesso alle parti in tensione;
- Verificare l'efficienza dell'illuminazione interna al quadro;
- Verificare l'integrità delle pinze di potenza sui sezionatori, rimuovere le eventuali ossidazioni e perlature e proteggere con prodotti specifici;
- Verificare il serraggio delle connessioni dei circuiti di potenza e dei circuiti ausiliari a bordo degli interruttori;
- Verificare l'efficienza dei comandi manuali ed elettrici di apertura e chiusura;
- Verificare l'efficienza del circuito di apertura simulando l'intervento delle protezioni;
- Verificare l'efficienza dei segnatori meccanici di posizione;
- Verificare l'efficienza delle connessioni a terra dei sezionatori di terra;
- Richiudere il quadro e verificare l'efficacia dei sistemi di blocco meccanici che devono impedire l'accesso a tutte le parti in tensione;
- Verificare i valori di taratura dei parametri elettrici con quelli previsti nel progetto.

Per i trasformatori ogni anno è necessario:

- Eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità dell'apparecchiatura
- Controllare lo stato di conservazione della resina esterna degli avvolgimenti
- Eseguire la pulizia completa dell'apparecchiatura con aspirapolvere o soffiando aria secca a bassa pressione, pulire gli isolatori e le barre di collegamento con stracci asciutti
- Controllare il serraggio dei cavi di potenza sui relativi morsetti con chiave dinamometrica come da indicazioni del costruttore, eliminare le eventuali ossidazioni dai morsetti di potenza e proteggere gli stessi con prodotto specifico
- Controllare serraggio dei bulloni, la pulizia delle connessioni, la continuità dei conduttori di messa a terra e sostituire gli eventuali morsetti e conduttori deteriorati
- Verificare il funzionamento delle termosonde e controllare le regolazioni impostate nelle centraline

Per il quadro elettrico generale ed eventualmente altri quadri presenti è necessario ogni anno:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	25

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

- eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità dell'apparecchiatura;
- eseguire il controllo visivo delle condutture di alimentazione;
- eseguire la pulizia interna ed esterna;
- controllare lo stato di conservazione delle strutture di protezione contro i contatti diretti;
- controllare il serraggio dei bulloni e pulire le connessioni;
- verificare la continuità dei conduttori di messa a terra delle strutture metalliche e delle apparecchiature installate;
- sostituire i morsetti e i conduttori deteriorati;
- verificare l'efficienza dei dispositivi di blocco che impediscono l'accesso alle parti in tensione;
- verificare il serraggio delle connessioni di potenza;
- eseguire la pulizia dei componenti soffiando aria secca a bassa pressione e usando stracci puliti ed asciutti;
- verificare l'efficienza della bobina e il suo ancoraggio e che non presenti segni di surriscaldamento;
- verificare la funzionalità e l'efficienza dei contatti ausiliari e delle bobine;
- controllare lo stato di conservazione dei conduttori elettrici;
- eseguire il serraggio dei morsetti;
- effettuare qualche manovra e verificare con il tester l'effettivo stato dei circuiti di potenza (aperto/chiuso) e delle bobine (eccitata/diseccitata);
- effettuare il controllo visivo del buono stato di conservazione delle protezioni (fusibili, relè termici, interruttori automatici);
- per i fusibili verificare le caratteristiche elettriche di progetto;
- per i relè verificare le tarature e le caratteristiche elettriche di progetto;
- prima della messa in tensione verificare che i circuiti amperometrici siano chiusi;
- controllare il serraggio dei collegamenti elettrici ausiliari;
- controllare l'integrità degli interruttori verificandone con il tester l'effettiva apertura e chiusura;
- controllare l'integrità, la funzionalità e l'efficienza di commutatori, pulsanti, lampade, ecc. verificando che vengano abilitati i circuiti previsti dal progetto;
- verificare l'efficienza delle apparecchiature ausiliarie alimentandole e disalimentandole, ove possibile, o effettuare la verifica con il tester.

Inoltre ogni sei mesi è utile per i relè e gli interruttori differenziali verificare il corretto intervento utilizzando il tasto di prova.

Per il pulsante di emergenza è necessario ogni sei mesi:

- eseguire il controllo visivo esterno dell'integrità dell'apparecchiatura e la presenza della cartellonistica;
- eseguire il controllo visivo delle condutture di alimentazione;
- eseguire la pulizia interna ed esterna dell'apparecchiatura;
- eseguire la verifica del corretto funzionamento del comando di emergenza controllando che si apra l'interruttore di MT;
- verificare con il tester l'assenza di tensione;
- ripristinare il comando di emergenza;
- chiudere l'interruttore MT precedentemente aperto.

Per l'impianto di illuminazione è utile ogni sei mesi:

- eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità delle apparecchiature di comando;
- eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità degli apparecchi illuminanti;
- eseguire il controllo visivo dell'efficienza delle lampade, sostituendo le lampade guaste o con evidenti segni di invecchiamento.

Inoltre ogni anno:

- eseguire la pulizia interna ed esterna degli apparecchi illuminanti;
- eseguire il controllo visivo dello stato dei componenti interni degli apparecchi illuminanti, sostituendo i componenti che presentano evidenti segni di surriscaldamento;
- controllare il serraggio delle viti;
- verificare con apposito strumento che l'apparecchio sia collegato a terra;
- eseguire il controllo visivo, per quanto possibile, delle linee derivate di alimentazione;
- verificare con apposito strumento sul punto luce più lontano dalle protezioni che sia garantito il coordinamento delle protezioni stesse.

**b. Manutenzione impianto di climatizzazione.**

Gli interventi principali per l'impianto di climatizzazione sono:

- controllo generale dello stato

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	26

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

- pulizia filtri
- pulizia delle unità interne
- controllo dei serraggi elettrici
- pulizia delle unità esterne
- controllo evaporatore
- controllo condensatore
- controllo pressione del gas e temperatura di lavoro
- controllo serraggi elettrici.

**c. Manutenzione impianto di terra.**

Per l'impianto disperdente è necessario ogni anno:

- eseguire il controllo visivo per verificare l'integrità dell'impianto;
- verificare il serraggio delle connessioni nei punti accessibili;
- sostituire i componenti che presentano evidenti segni di ossidazione o corrosione

Inoltre ogni due anni:

- verificare strumentalmente la continuità tra i vari componenti dell'impianto disperdente;
- eseguire la misura della resistenza dell'impianto di terra e verificare con il valore della corrente di guasto ed il tempo di intervento delle protezioni se sussiste la necessità di effettuare la misura della tensione di passo e contatto.

Per l'impianto di equipotenzialità della cabina elettrica è necessario ogni anno:

- eseguire il controllo visivo per verificare l'integrità dell'impianto;
- verificare il serraggio delle connessioni nei punti accessibili;
- sostituire i componenti che presentano evidenti segni di ossidazione o corrosione.

Inoltre ogni due anni:

- verificare la continuità con apposito strumento tra il conduttore di terra e le sbarre equipotenziali poste nel locale cabina;
- le sbarre equipotenziali poste nei quadri principali di distribuzione;
- le sbarre equipotenziali poste nei quadri secondari di cabina;
- le apparecchiature in MT comprese gli schermi dei cavi MT;
- le masse;
- le masse estranee.

**d. Manutenzione dell'impianto agrivoltaico.**

Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici richiedono in genere operazioni di manutenzione di entità limitata.

La periodicità con cui vengono effettuate è scelta a discrezione del proprietario in accordi con la ditta installatrice.

L'operazione di manutenzione consiste in tre punti fondamentali: pulizia del modulo, ispezione visiva dei moduli e controllo dei collegamenti elettrici e del cablaggio.

Per quanto riguarda la pulizia dei moduli essa viene effettuata periodicamente in base all'effettivo sporco accumulato. Lo sporco, infatti, si deposita sulla copertura trasparente dei moduli riducendone il rendimento. L'intensità dell'effetto dipende dall'opacità del sedimento e dalla sua disuniformità. Gli strati di polvere che riducono l'intensità del sole in modo uniforme non sono pericolosi e la riduzione della potenza non è, in genere, significativa.

La periodicità della pulizia dipende dall'intensità del processo di imbrattamento, per questo motivo non sono necessarie tubazioni fisse per il lavaggio, poiché i costi risulterebbero maggiori dei benefici.

L'azione della pioggia può in alcuni casi ridurre al minimo o eliminare il bisogno di pulizia dei moduli; in altri contribuisce al processo di imbrattamento poiché la polvere secca diventa fangosa.

L'operazione di pulizia consiste nel lavare i moduli fotovoltaici con acqua; si prevede perciò il trasporto in loco di acqua con autobotte e la pulizia dei moduli con appositi dispositivi per la pulitura, come ad esempio mostrato nelle figure che seguono, senza l'aggiunta di detersivi chimici che potrebbero essere dannosi per la superficie del modulo stesso e per lo stesso "suolo".

La pulitura può essere effettuata anche a mano, nel caso in cui i moduli non siano accessibili dal mezzo di pulizia.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	27

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



*Figura 17: Dispositivo di pulizia moduli – Pulizia dei moduli*

Per quanto riguarda l'ispezione visiva dei moduli, essa ha lo scopo di rilevare eventuali guasti quali rotture di vetro, come mostrato nella figura seguente, o ossidazioni dei circuiti e delle saldature delle celle fotovoltaiche per lo più dovute a umidità nel modulo in seguito a rottura degli strati dell'involucro nelle fasi d'installazione o trasporto.



*Figura 18: Modulo con superficie compromessa*

Per quanto riguarda il controllo dei collegamenti e del cablaggio, si effettua una manutenzione preventiva ogni sei mesi verificando il fissaggio e lo stato dei morsetti dei cavi di collegamento dei moduli e la tenuta stagna della scatola dei morsetti. Qualora si rilevassero problemi di tenuta stagna, occorre provvedere alla sostituzione degli elementi interessati e alla pulizia dei morsetti.

E' importante curare la tenuta della scatola dei morsetti, utilizzando eventualmente giunti nuovi o sigillante.

**e. Manutenzioni accessorie**

Periodicamente è necessario, provvedere alla pulizia dei sensori che rilevano l'irraggiamento poiché essendo esposti alle intemperie la loro superficie si può opacizzare per la sporcizia e rilevare un valore di irraggiamento minore del reale.

Il Progettista

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	28

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Rappresentazione del tracciato degli elettrodotti su base Ortofoto .....	3
Figura 2: Esempio stazione meteo .....	10
Figura 3: Schema comunicazione IoT sistema .....	10
Figura 4: La misura dell'irraggiamento solare .....	11
Figura 5: Sensore di umidità .....	13
Figura 6: Logica riduzione consumo idrico .....	13
Figura 7: Esempi modelli fitosanitari .....	14
Figura 8: Apiario con bilancia e sensori installati .....	14
Figura 9: Schermata per la visualizzazione dei dati raccolti .....	15
Figura 10: Processo di conversione .....	16
Figura 11: Architettura sistema di monitoraggio .....	17
Figura 12: Piranometro e classi di precisione .....	19
Figura 13: Cella di riferimento (SMA Solar Technology AG) .....	19
Figura 14: Pannello con Hot - Spot .....	21
Figura 15: Presenza di escrementi di roditori .....	22
Figura 16: Esempio rilievi con termocamera .....	24
Figura 17: Dispositivo di pulizia moduli – Pulizia dei moduli .....	28
Figura 18: Modulo con superficie compromessa .....	28

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	29

<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	PIANO di MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Dati geografici di progetto .....	3
Tabella 2: Dati catastali di progetto .....	4
Tabella 3: Specifiche e caratteristiche dell'impianto di produzione .....	4
Tabella 4: Set parametri supervisione .....	18
Tabella 5: Confronto fra sensori di irraggiamento solare .....	20

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Piano di Monitoraggio dell'Impianto	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	30