

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN  
POTENZA NOMINALE 49,75 MWp**

*Località "Casalgismondo Sottano" - Comune di Aidone (EN)*

**PROPONENTE:**

**TEP RENEWABLES (AIDONE PV) S.R.L.**  
Via Giorgio Castriota, 9 – 90139 Palermo  
P. IVA e C.F. 06983550820– REA PA - 429397

**PROGETTISTI:**

**ING. GIOVANNI ANTONIO SARACENO**  
Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Reggio Calabria  
al n. 1629

**ING. GIULIA GIOMBINI**  
Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo  
al n. A-1009

**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)

***Relazione tecnica del progetto***

<b>Cod. Documento</b>	<b>Data</b>	<b>Tipo revisione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
21-0003-IT- AIDONE_R02_Rev0_Relazione tecnica del progetto	01/2022	Prima emissione	GS	GG	F. Battafarano

## INDICE

1	PREMESSA .....	2
1.1	DATI GENERALI DEL PROGETTO .....	3
2	STATO DI FATTO .....	4
2.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO .....	4
2.2	IRRAGGIAMENTO SUL PIANO DEI MODULI .....	6
3	DIMENSIONAMENTO E PRODUCIBILITÀ .....	7
4	CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI .....	9
5	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	10
6	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI PRESCELTI .....	18
7	IMPIANTO FOTOVOLTAICO – CARATTERISTICHE DI DETTAGLIO .....	19
7.1	POTENZA NOMINALE .....	19
7.2	MODULI FOTOVOLTAICI .....	19
7.3	GENERATORE IN CORRENTE CONTINUA .....	19
7.4	CONFIGURAZIONE STRINGHE FOTOVOLTAICHE .....	19
7.5	CONVERSIONE STATICA CC/CA – CABINA ELETTRICA DI CONVERSIONE .....	20
7.6	QUADRI ELETTRICI .....	22
7.7	CABINE DI TRASFORMAZIONE .....	22
7.8	PROTEZIONE GENERALE E PROTEZIONE DI INTERFACCIA .....	23
7.9	CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEI QUADRI ELETTRICI .....	23
7.10	CAVI ELETTRICI .....	23
7.11	MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA .....	24
7.12	PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI .....	24
7.13	PROTEZIONE COMBINATA DAI CONTATTI DIRETTI E INDIRECTI .....	24
7.14	PROTEZIONE DEI CIRCUITI DALLE SOVRACORRENTI E SEZIONAMENTI .....	24
8	IMPIANTO DI MESSA A TERRA .....	26
9	BILANCI ENERGETICI .....	27
9.1	STIMA DEL RENDIMENTO ENERGETICO DELL’IMPIANTO .....	27
9.2	PERDITE DI RADIAZIONE PER OMBREGGIAMENTI .....	27
9.3	STIMA DELLA PRODUZIONE ENERGETICA DELL’IMPIANTO .....	27
10	VERIFICHE TECNICO – FUNZIONALI (COLLAUDO) .....	35

## 1 PREMESSA

TEP Renewables (Aidone PV) S.r.l. è una società del Gruppo TEP Renewables. Il gruppo, con sede legale in Gran Bretagna, ha uffici operativi in Italia, Cipro e USA. Le attività principali del gruppo sono lo sviluppo, la progettazione e la realizzazione di impianti di medie e grandi dimensioni per la produzione di energia da fonti rinnovabili in Europa e nelle Americhe, operando in proprio e su mandato di investitori istituzionali. La filiale italiana del gruppo, TEP Renewables (Italia) S.r.l., è stata costituita nel marzo del 2019 per poter contribuire, con la propria esperienza e capacità realizzativa, allo sviluppo del settore delle energie rinnovabili in un mercato importante come quello italiano. TEP Renewables è “Advanced Partner” di Enel Green Power Italia S.p.a. (di seguito EGPI), che appartiene al gruppo Enel Green Power S.p.a. il più grande player mondiale privato nel settore delle rinnovabili con oltre 43 GW di capacità rinnovabile gestita. Per la costruzione dei nuovi impianti da fonti rinnovabili, EGPI ha sottoscritto accordi di co-sviluppo con primari operatori di settore, quali TEP, che prevedono la progettazione e l’ottenimento delle autorizzazioni necessarie per la costruzione, l’avviamento e la gestione di impianti di fonti rinnovabili da parte del partner ingegneristico. Il progetto in questione prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico nel comune di Aidone (EN) di potenza pari a 49.75 MW su un’area di circa 75.7 ha complessivi e si inserisce nella strategia di de-carbonizzazione perseguita da EGPI.

Il progetto nel suo complesso ha contenuti economico-sociali importanti e tutti i potenziali impatti sono stati sottoposti a mitigazione. La tecnologia impiantistica prevede l’installazione di moduli fotovoltaici bifacciali su strutture mobili sospese (tracker) di tipo mono-assiale ancorate a terra mediante pali infissi nel terreno. La distanza tra l’interasse di ciascun tracker è pari a 9,8 metri e i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l’ombreggiamento. L’impianto fotovoltaico è suddiviso in 24 sottocampi, ciascuna delle quali afferente ad una cabina di campo. Le cabine di campo saranno da 1600kVA o da 2000kVA collegate tra loro in entra-esce mediante linee interrate in MT a 30°kV in maniera tale da suddividere in tre parti la potenza dell’impianto fotovoltaico. Le tre linee in cavo saranno infine collegate ad una cabina di impianto installata nella sottostazione di utenza MT/AT che sarà costruita all’interno dell’impianto, in prossimità del BESS (Battery Energy Storage System) da 24.5MW/196MWh. Dalla sotto stazione MT/AT partirà un cavidotto interrato a 150kV di lunghezza pari a circa 5,5 km che confluirà l’energia prodotta dall’impianto fotovoltaico alla Nuova SE "Raddusa 380" di Terna, da inserire in entra-esce sul nuovo

elettrodotto a 380 kV “Chiaramonte G. – Ciminna”. Il presente documento costituisce la Relazione Tecnica del Progetto Definitivo.

## 1.1 DATI GENERALI DEL PROGETTO

Nella Tabella 1.1 sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell’impianto in progetto.

VOCE	DESCRIZIONE
Richiedente	TEP RENEWABLES (AIDONE PV) S.R.L.
Luogo di installazione	Aidone (EN)
Denominazione impianto	Aidone
Dati catastali area di progetto	Foglio 136 particella 120, 121, 122, 123 Foglio 138 particella 48, 50, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 155, 194, 195, 198, 210, 211, 212, 213, 214, 203
Potenza di picco (MWp)	49,75 MWp
Informazioni generali del sito	Sito ben raggiungibile, adiacente a strade esistenti idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell’impianto e di facile accesso. La morfologia è regolare, l’area presenta delle ondulazioni non troppo accentuate
Connessione	Connessione alla RTN attraverso la nuova SE "Raddusa 380"; modalità di interfacciamento con la rete secondo Norma CEI 0-16
Tipo strutture di sostegno	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker fissate a terra su pali direttamente infissi nel terreno
Inclinazione piano dei moduli	+55°/-55°
Azimuth di installazione	0°
Caratterizzazione urbanistico-vincolistica	Il PdF del Comune di Aidone (EN) colloca l’area di intervento in zona “area agricola”
Cabine PS	N°24 distribuite in campo
Posizione cabina elettrica di connessione e distribuzione	N°1 cabina di impianto interna alla stazione di utenza e n°1 SE "Raddusa 380" di Terna lungo SP n.103
Rete di collegamento	Media tensione 30 kV e alta tensione 150 kV
Coordinate	Lat. 37.38 °N Lon. 14.56 °E Altitudine media 230 m s.l.m.

Tabella 1.1: dati di progetto

## 2 STATO DI FATTO

### 2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

L'area di intervento è sita in provincia di Enna, località "Casalgismondo Sottano", in un terreno agricolo a circa 10 km a sud-est dalla città di Aidone. Il sito è raggiungibile attraverso la via di comunicazione esistente in quanto si stacca dalla viabilità principale SP n.103. L'area presenta delle ondulazioni non particolarmente accentuate e caratterizzata da un buon irraggiamento solare.



Figura 2-1: inquadramento territoriale

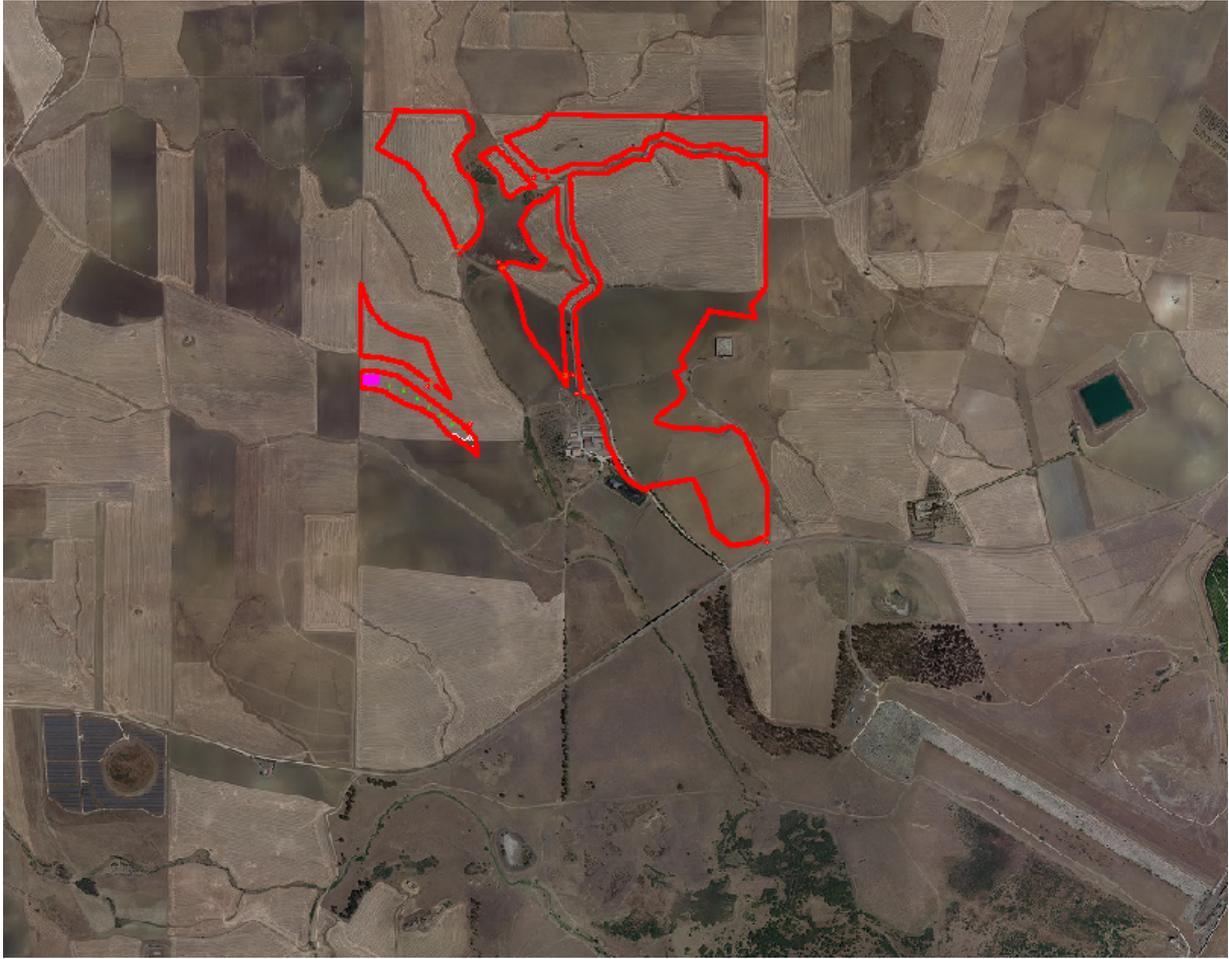
La connessione dell'impianto alla rete RTN prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

1. la realizzazione di n°1 stazione di utenza 30/150kV a servizio dell'impianto;
2. la realizzazione di un nuovo cavidotto interrato a 150 kV dalla Stazione di Utenza alla Nuova SE "Raddusa 380" di Terna, di lunghezza pari a circa 5500 m;

Le aree scelte per l'installazione dell'impianto fotovoltaico sono interamente contenute all'interno di proprietà private (vedasi Tav. "Inquadramento catastale impianto"), su cui TEP Renewables (Aidone PV) S.r.l. ha acquisito il diritto di superficie.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo, presentando una buona esposizione; inoltre come già detto raggiungibile ed accessibile attraverso la via di comunicazione esistente.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.



*Figura 2-2: stato di fatto dell'area di progetto*

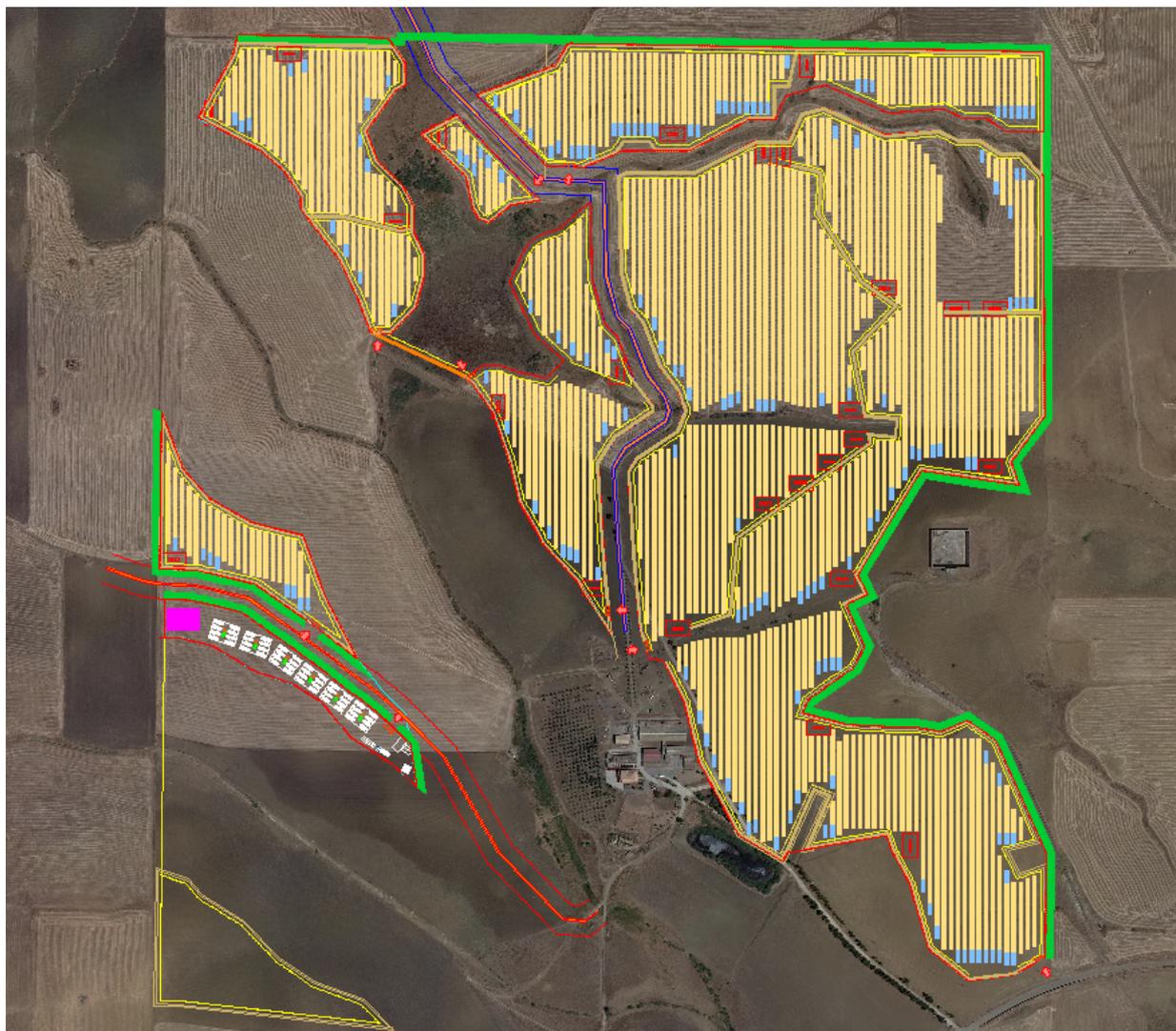


Figura 2: layout di impianto su ortofoto

## 2.2 IRRAGGIAMENTO SUL PIANO DEI MODULI

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata utilizzando il database Meteonorm. Il software PV Syst si basa sull'utilizzo di un database di radiazione solare ricavato da dati climatologici normalizzati. L'algoritmo del modello stima l'irradianza/irradiazione globale (diretta, diffusa e riflessa), in assenza ed in presenza di fenomeni meteorologici reali (pioggia, nebbia, nuvole, etc...), su superficie orizzontali o inclinate.

L'irradiazione giornaliera totale ( $\text{Wh/m}^2$ ) è calcolata attraverso l'integrazione dei valori dell'irradianza calcolata ad intervalli regolari di tempo durante l'arco della giornata e considerando l'ombreggiamento causato dai rilievi locali (colline e montagne), prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze.

### 3 DIMENSIONAMENTO E PRODUCIBILITÀ

Ai fini della valutazione della producibilità di un impianto fotovoltaico, bisogna sottolineare che tale dato è soggetto a perdite di diversa natura che è necessario considerare ai fini della produzione complessiva.

Tali perdite sono riassumibili nelle seguenti categorie:

- perdite per riflessione, generate da una quota parte di radiazione luminosa riflessa dal vetro posto a protezione delle celle; la riflessione riduce quindi la potenza radiante effettivamente captata dai moduli ed utilizzata per la conversione fotovoltaica. Sulla base dell'esperienza, tale perdita in percentuale varia fra l'1 ed il 3%;
- perdite per ombreggiamento, sia prodotte da ostacoli esterni (costruzioni e vegetazione) sia prodotte dalle file di moduli del campo poste in successione. Anche l'ombreggiamento riduce la potenza radiante effettivamente captata dai moduli ed utilizzata per la conversione fotovoltaica;
- perdite per sporcamento, sono dovute a depositi di pulviscolo e calcare sulle superfici captanti e sono dipendenti, dunque, dal sito di installazione, dalle condizioni meteorologiche e dall'inclinazione dei moduli stessi. Per moduli fotovoltaici disposti con un'inclinazione superiore a 20° ed installati in siti ubicati in aree normali, come per il sito considerato, tali perdite possono essere dell'ordine dell'1%;
- riduzione di potenza dovuta allo scostamento delle condizioni reali di funzionamento dei moduli fotovoltaici dalle condizioni STC ("Standard Test Conditions"): 1.000 W/m<sup>2</sup> per l'irraggiamento solare, 1.5 per l'Air Mass, 25 °C per la temperatura dei moduli). L'incremento della temperatura delle celle, evento normale durante il ciclo di funzionamento, ha come effetto una perdita di potenza generabile dal modulo: la tensione delle celle decresce con l'aumentare della temperatura, mentre non si registrano variazioni significative della corrente. L'ammontare di tali perdite varia tra il 4% ed il 7%;
- perdite di potenza per mismatching, causate dal collegamento in serie di più moduli fotovoltaici con caratteristiche elettriche non perfettamente identiche. La disomogeneità del comportamento elettrico delle celle è causata sia dal processo di produzione industriale che dalle differenti condizioni operative (temperatura ed irraggiamento). In un sistema con moduli in serie, il valore della corrente di stringa è limitato dal modulo che eroga la corrente più bassa; in un sistema con moduli in parallelo, la tensione di stringa è limitata dal modulo che eroga la tensione più bassa. Un valore attendibile per questo tipo di perdite può variare fra il 2% ed il 3%. Si sottolinea che tali perdite potrebbero essere ridotte in fase di installazione andando a collegare moduli in serie con caratteristiche elettriche simili fra loro, sulla base del flash report dei moduli fotovoltaici fornito dal costruttore degli stessi e che si raccomanda di richiedere;
- perdite di potenza lungo le tratte in CC, causate dalla dissipazione di energia elettrica in calore per effetto Joule nei cavi, sui diodi di blocco e sulle resistenze di contatto degli interruttori. Tali perdite dipendono dalla lunghezza dei cavi e dalla sezione. È bene, in fase progettuale, limitare tali perdite fra il 2 ed il 3%, compatibilmente con valutazioni di carattere economico (costo dei cavi);
- perdite di potenza nel sistema di conversione, sono dovute all'efficienza dell'inverter ed alle perdite del trasformatore. Tali perdite possono essere stimate intorno al 3%;
- perdite per livello di irraggiamento, dovute alle ore di inattività dell'inverter che si originano per irraggiamento troppo basso sul piano dei moduli, ad esempio alle prime ore del mattino, alla sera o in momenti di nuvolosità particolarmente intensa, quando l'energia irraggiata sul piano dei moduli genera una tensione troppo bassa e non compresa nel range di funzionamento dell'apparato di conversione. Tali perdite variano fra il 2 ed il 5% in base anche alla latitudine del sito.

Il calcolo della producibilità dell'impianto, suddiviso nei suoi campi, è stato effettuato partendo dai dati climatici di irraggiamento e temperatura ambiente forniti dal data base PVGIS. Si riporta a seguire una tabella riassuntiva con i dati di irraggiamento, producibilità e performance, estrapolata dal report fornito dal software PVsyst 7.2.11. Le ultime pagine di questa relazione tecnica riportano il report completo.

#### Sommario del progetto

<b>Luogo geografico</b> <b>Belmontino Soprano</b> <i>Italia</i>	<b>Ubicazione</b> <i>Latitudine</i> 37.38 °N <i>Longitudine</i> 14.56 °E <i>Altitudine</i> 211 m <i>Fuso orario</i> UTC+1	<b>Parametri progetto</b> <i>Albedo</i> 0.20
<b>Dati meteo</b> <i>Belmontino Soprano</i> <i>Meteonorm 8.0 (1989-2003), Sat=100% - Sintetico</i>		

#### Sommario del sistema

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> <i>Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S</i> <i>Asse dell'azimut</i> 0 °	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b> <b>Ombre vicine</b> <i>Ombre lineari</i>	<b>Bisogni dell'utente</b> <i>Carico illimitato (rete)</i>
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> <i>Numero di moduli</i> 91280 unità <i>Pnom totale</i> 49.75 MWc	<b>Inverter</b> <i>Numero di unità</i> 222 unità <i>Pnom totale</i> 44.40 MWac <i>Rapporto Pnom</i> 1.120	

#### Sommario dei risultati

<i>Energia prodotta</i> 88 GWh/anno	<i>Prod. Specif.</i> 1761 kWh/kWc/anno	<i>Indice rendimento PR</i> 85.16 %
-------------------------------------	--	-------------------------------------

#### 4 CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

Al presente progetto definitivo si giunge dopo l'effettuazione di verifiche progettuali inerenti la fattibilità dell'intervento dal punto di vista tecnico-economico. I criteri seguiti per la progettazione dell'impianto e delle strutture sono in linea con gli usuali criteri di buona tecnica e di regola dell'arte applicati conformemente alle normative obbligatorie vigenti.

In particolare, la progettazione è stata elaborata conformemente alle disposizioni del D.M. 5-5-2011 e s.m.i. *"Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387"*, come integrate dalle deliberazioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas.

## 5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La legislazione e normativa nazionale cui si fa riferimento nel progetto è rappresentata dai seguenti documenti.

### Leggi e decreti

*Direttiva Macchine 2006/42/CE - “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” indicate dal DM del 14 Gennaio 2008, pubblicate sulla Gazzetta ufficiale n° 29 del 4/2/2008 - Suppl. Ordinario n. 30, integrate dalle “Istruzioni per l’applicazione delle Norme NTC “ di cui al DM 14/01/2008, Circolare del 02/02/2009 n.617, Pubblicate nella Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n. 27*

### Eurocodici

*UNI EN 1991 (serie) Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture.*

*UNI EN 1993 (serie) Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio.*

*UNI EN 1994 (serie) Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo.*

*UNI EN 1997 (serie) Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica.*

*UNI EN 1998 (serie) Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.*

*UNI EN 1999 (serie) Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture di alluminio.*

### Altri documenti

*Esistono inoltre documenti (Istruzioni CNR) che non hanno valore di normativa, anche se in qualche caso i decreti ministeriali fanno espressamente riferimento ad essi:*

*CNR 10022/84 Costruzioni di profilati di acciaio formati a freddo;*

*CNR 10011/97 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione;*

*CNR 10024/86 Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.*

*CNR-DT 207/2008, "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".*

*Eventuali normative non elencate, se mandatorie per la progettazione del sistema possono essere referenziate.*

*In caso di conflitto tra normative e leggi applicabili, il seguente ordine di priorità dovrà essere rispettato:*

*Leggi e regolamenti Italiani;*

*Leggi e regolamenti comunitari (EU);*

*Documento in oggetto;*

*Specifiche di società (ove applicabili);*

*Normative internazionali.*

### Legislazione e normativa nazionale in ambito Civile e Strutturale

*Decreto Ministeriale Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”;*

*Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 “Istruzioni per l’applicazione norme tecniche per le costruzioni”;*

*Legge 5.11.1971 N° 1086 - (norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica);*

*CNR-UNI 10021- 85 - (Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione).*

### Legislazione e normativa nazionale in ambito Elettrico

*D. Lgs. 9 Aprile 2008 n. 81 e s.m.i..*

*(Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro).*

*CEI EN 50110-1 (Esercizio degli impianti elettrici)*

*CEI 11-27 (Lavori su impianti elettrici)*

*CEI 0-10 (Guida alla manutenzione degli impianti elettrici)*

*CEI 82-25 (Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione)*

*CEI 0-16 (Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica)*

*CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura*

*CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici*

*CEI EN 60445 (CEI 16-2) Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori*

### Sicurezza elettrica

*CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica*

*CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici*

*CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua*

*CEI 64-8/7 (Sez.712)- Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari*

*CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario*

*CEI 64-14 Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori*

*IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

*IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

*CEI EN 60529 (CEI 70-1) Gradi di protezione degli involucri (codice IP)*

*CEI 64-57 Edilizia ad uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici - Impianti di piccola*

*produzione distribuita.*

CEI EN 61140 (CEI 0-13) Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature

### Parte fotovoltaica

ANSI/UL 1703:2002 Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels

IEC/TS 61836 Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols

CEI EN 50380 (CEI 82-22) Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici

CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione

CEI EN 50461 (CEI 82-26) Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino

CEI EN 50521(82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove

CEI EN 60891 (CEI 82-5) Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e irraggiamento

CEI EN 60904-1 (CEI 82-1) Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione

CEI EN 60904-2 (CEI 82-2) Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per i dispositivi solari di riferimento

CEI EN 60904-3 (CEI 82-3) Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento

CEI EN 60904-4 (82-32) Dispositivi fotovoltaici - Parte 4: Dispositivi solari di riferimento -Procedura per stabilire la tracciabilità della taratura

CEI EN 60904-5 (82-10) Dispositivi fotovoltaici - Parte 5: Determinazione della temperatura equivalente di cella (ETC) dei dispositivi solari fotovoltaici (PV) attraverso il metodo della tensione a circuito aperto

CEI EN 60904-7 (82-13) Dispositivi fotovoltaici - Parte 7: Calcolo della correzione dell'errore di disadattamento fra le risposte spettrali nelle misure di dispositivi fotovoltaici

CEI EN 60904-8 (82-19) Dispositivi fotovoltaici - Parte 8: Misura della risposta spettrale di un dispositivo fotovoltaico

CEI EN 60904-9 (82-29) Dispositivi fotovoltaici - Parte 9: Requisiti prestazionali dei simulatori solari

CEI EN 60068-2-21 (91-40) 2006 Prove ambientali - Parte 2-21: Prove - Prova U: Robustezza dei terminali e dell'interconnessione dei componenti sulla scheda

CEI EN 61173 (CEI 82-4) Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida

CEI EN 61215 (CEI 82-8) Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo

CEI EN 61646 (CEI 82-12) Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e approvazione di tipo

CEI EN 61277 (CEI 82-17) Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida

CEI EN 61345 (CEI 82-14) Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV)

*CEI EN 61683 (CEI 82-20) Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza*

*CEI EN 61701 (CEI 82-18) Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV)*

*CEI EN 61724 (CEI 82-15) Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati*

*CEI EN 61727 (CEI 82-9) Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete*

*CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione*

*CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Prescrizioni per le prove*

*CEI EN 61829 (CEI 82-16) Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V*

*CEI EN 62093 (CEI 82-24) Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali*

*CEI EN 62108 (82-30) Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) – Qualifica del progetto e approvazione di tipo*

#### Quadri elettrici

*CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione*

*(quadri BT) – Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);*

*CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione*

*(quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione ASD;*

*CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.*

#### Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

*CEI 99-2 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata*

*CEI 99-3 Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata*

*CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo*

*CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria*

*CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante*

*CEI 11-20, V2 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro-generatori*

*CEI EN 50110-1 (CEI 11-48) Esercizio degli impianti elettrici*

*CEI EN 50160 (CEI 8-9) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica*

### *Cavi, cavidotti e accessori*

*CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV*

*CEI 20-14 Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV*

*CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria*

*CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata*

*CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione*

*CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente*

*CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV*

*CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici*

*CEI EN 50086-1 (CEI 23-39) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali*

*CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati*

*CEI EN 50262 (CEI 20-57) Pressacavo metrici per installazioni elettriche*

*CEI EN 60423 (CEI 23-26) Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori*

*CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali*

*CEI EN 61386-21 (CEI 23-81) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori*

*CEI EN 61386-22 (CEI 23-82) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori*

*CEI EN 61386-23 (CEI 23-83) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori*

### Conversione della potenza

*CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione*

*CEI EN 60146-1-1 (CEI 22-7) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali*

*CEI EN 60146-1-3 (CEI 22-8) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori*

*CEI UNI EN 45510-2-4 (CEI 22-20) Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4:*

*Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza*

### Scariche atmosferiche e sovratensioni

*CEI EN 50164-1 (CEI 81-5) Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione*

*CEI EN 61643-11 (CEI 37-8) Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove*

*CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali*

*CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio*

*CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone*

*CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture*

### Dispositivi di potenza

*CEI EN 50123 (serie) (CEI 9-26 serie) Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua*

*CEI EN 50178 (CEI 22-15) Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza*

*CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata*

*CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua*

*CEI EN 60947-1 (CEI 17-44) Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali*

*CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 2: Interruttori automatici*

*CEI EN 60947-4-1 (CEI 17-50) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori– Contattori e avviatori elettromeccanici*

### Compatibilità elettromagnetica

*CEI 110-26 Guida alle norme generiche EMC*

*CEI EN 50263 (CEI 95-9) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i rele di misura e i dispositivi di protezione*

*CEI EN 60555-1 (CEI 77-2) Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni*

*CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione*

*CEI EN 61000-2-4 (CEI 110-27) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali*

*CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2: Limiti – Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso 16 A per fase)*

*CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-3: Limiti – Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione*

*CEI EN 61000-3-12 (CEI 210-81) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso > 16 A e ≤ 75 A per fase.*

*CEI EN 61000-6-1 (CEI 210-64) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera*

*CEI EN 61000-6-2 (CEI 210-54) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali*

*CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera*

*CEI EN 61000-6-4 (CEI 210-66) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali*

### Energia solare

*UNI 8477-1 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta*

*UNI EN ISO 9488 Energia solare - Vocabolario*

*UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici*

### Sistemi di misura dell'energia elettrica

*CEI 13-4 Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica*

*CEI EN 62052-11 (CEI 13-42) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Parte 11: Apparato di misura*

*CEI EN 62053-11 (CEI 13-41) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 11: Contatori elettromeccanici per energia attiva (classe 0,5, 1 e 2)*

*CEI EN 62053-21 (CEI 13-43) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2)*

*CEI EN 62053-22 (CEI 13-44) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 22: Contatori statici per energia attiva (classe 0,2 S e 0,5 S)*

*CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C)*

*CEI EN 50470-2 (CEI 13-53) Apparatı per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 2: Prescrizioni particolari - Contatori elettromeccanici per energia attiva (indici di classe A e B)*

*CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparatı per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C)*

*CEI EN 62059-31-1 (13-56) Apparatı per la misura dell'energia elettrica – Fidezza Parte 31-1: Prove accelerate di affidabilit  - Temperatura ed umidit  elevate*

## 6 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI PRESCELTI

L'impianto fotovoltaico è sostanzialmente un impianto elettrico, collegato alla rete di distribuzione locale.

Questo tipo di impianti, come previsto dallo stesso D.M. 5-5-2011 e s.m.i., presentano un alto livello di regolamentazione tecnica obbligatoria, sia a riguardo della architettura della progettazione (documenti obbligatori, caratteristiche del progetto, ecc.), sia a riguardo dei materiali da utilizzare (compatibilità elettrica ed elettromagnetica, marchi di qualità, prestazioni, etc). Le scelte dei materiali impiegati, quindi, hanno fatto riferimento a questo quadro normativo obbligatorio, in certo senso "standardizzato", il quale, di per sé, garantisce l'alta qualità costruttiva e prestazionale dei materiali utilizzati.

## 7 IMPIANTO FOTOVOLTAICO – CARATTERISTICHE DI DETTAGLIO

### 7.1 POTENZA NOMINALE

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza di picco pari a circa 49,75 MWp, valore facilmente ricavabile dal prodotto tra il numero totale dei moduli da utilizzare e la potenza nominale del singolo modulo:

$91.280 \text{ moduli} \times 545 \text{ W/modulo} = 49,75 \text{ MWp}$ .

I moduli fotovoltaici saranno fissati sul terreno per mezzo di apposite strutture composte da profili di acciaio di varie sezioni, tagliati e perforati a misura, per le quali si prevede come tipologia di infissione il palo battuto in acciaio zincato a caldo.

Tale sostegno prevede una struttura metallica solitamente in acciaio zincato tipo Tracker mono-assiale fissato a terra su pali con dimensioni variabili.

La procedura di infissione è estremamente semplice ed immediata; necessita di macchinari (battipalo) facilmente trasportabili e manovrabili.

### 7.2 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici disponibili sul mercato sono di tipo policristallino o monocristallino.

La taglia dell'impianto in oggetto comporta inevitabilmente l'utilizzo di un modulo ad alta efficienza che risulti essere disponibile nel periodo in cui si ipotizza l'inizio dei lavori.

Ciò comporta una difficoltà oggettiva a scegliere un modello definitivo con così largo anticipo, ma occorre comunque fare una scelta ragionevole, sulla base delle previsioni di produzione. All'interno dei parametri elettrici individuati, il modulo potrebbe effettivamente essere assimilabile al modello Longi\_LR5-72HBD-545M del produttore LONGI Solar Technology; tale modulo sviluppa una potenza pari a 545 Wp.

In fase costruttiva, in relazione alle disponibilità sul mercato potranno essere utilizzati moduli aventi prestazioni almeno pari a quelli sopra elencati, con una superficie massima inferiore 2,5 mq (larghezza pari a circa 1 - 1,13 m ed altezza massima 2,28 m).

### 7.3 GENERATORE IN CORRENTE CONTINUA

Il generatore avrà la medesima esposizione per tutti i sotto-campi, in questo caso l'impianto viene suddiviso in n°24 sotto-campi, collegati tra loro in maniera tale da ripartire la potenza complessiva del parco fotovoltaico in tre parti e convogliare l'energia prodotta alla cabina d'impianto della stazione di utenza alla rete MT a 30 kV.

$P = 49.75 \text{ MW}$ , n.24 cabine Power Stations, n°222 inverter da 215 kVA.

### 7.4 CONFIGURAZIONE STRINGHE FOTOVOLTAICHE

Si prevede di collegare i complessivi n. 91.280 moduli fotovoltaici in n.3260 stringhe composte da n.28 moduli fotovoltaici, come indicato nei paragrafi successivo.

Il sezionamento e la protezione delle stringhe avverranno all'interno degli inverter di stringa opportunamente accessoriati. Gli input di stringa varieranno fino ad un massimo di 18 stringhe.

## 7.5 CONVERSIONE STATICA CC/CA – CABINA ELETTRICA DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione da corrente continua a corrente alternata dell'energia elettrica prodotta sarà costituito complessivamente da n.222 inverter SUN2000-215KTL-H0 Huawei Technologies (inverter di stringa).

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza);
- Ingresso lato CC da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT;
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8;
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico
- Conformità marchio CE;
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione per esterno (IP65);
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto;
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV;
- Efficienza massima >90 % al 70% della potenza nominale.

Gli inverter suddetti hanno caratteristiche tecniche compatibili con la configurazione stringhe e sono di taglia adeguata alle potenze sviluppate dai sotto-campi. Di seguito vengono riportati i principali dati tecnici.

Efficiency	
Max. Efficiency	99.00%
European Efficiency	98.60%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	50 A
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Number of Inputs	18
Number of MPP Trackers	9
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Max. AC Apparent Power	215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	215,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Max. Output Current	155.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (189.6 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

Gli inverter di stringa saranno distribuiti all'interno del parco fotovoltaico in maniera baricentrica alle stringhe da collegare ed in prossimità dei trackers, dai quali partiranno linee trifasi a 800V verso le cabine di campo, opportunamente dislocate all'interno dell'area di proprietà del committente, dove avverrà il parallelo in AC degli inverter e l'elevazione della tensione a 30kV. Le cabine di campo ospiteranno quindi i quadri elettrici generali di parallelo inverter di stringa in corrente alternata, il trasformatore elevatore BT/MT e quello dei servizi ausiliari di cabina ed il quadro generale di MT.

## 7.6 QUADRI ELETTRICI

I collegamenti elettrici in campo prevedono un'organizzazione del tipo serie / parallelo secondo lo schema descritto in questo paragrafo. Le stringhe verranno collegate direttamente agli inverter di stringa realizzando tra di loro il parallelo. L'uscita dagli inverter di stringa andrà poi a collegarsi al quadro di parallelo posizionato all'interno della cabina di campo.

I sopra citati quadri di parallelo in corrente alternata potranno al massimo mettere in parallelo tra loro n° 5 inverter di stringa da 215kVA, il generale del quadro sarà poi collegato ad uno dei due secondari del trasformatore elevatore BT/MT di cabina. Il quadro elettrico di parallelo AC sarà realizzato in carpenteria metallica portante con posa a pavimento (tipo power center) dotato di interruttori automatici di protezione di adeguato potere di interruzione, sistemi di barrature ed accessori che si rendessero necessari a rendere idonea e funzionante a regola d'arte l'apparecchiatura.

A ciascun inverter di stringa afferisce al massimo n°15 stringhe, sebbene il modello in esame, abbia un numero max di input pari a 18, questa scelta permette una più facile riconfigurazione in caso di eventuali guasti ad uno degli ingressi e ciascuno inverter risulta essere inoltre allo stesso modo caricato, avendo suddiviso più o meno equamente il numero delle stringhe dell'impianto fotovoltaico con il numero degli inverter a disposizione.

Gli inverter di stringa, predisposti all'utilizzo in ambiente esterno avente un grado di protezione IP66, saranno opportunamente dislocati all'interno dell'area di proprietà del committente.

## 7.7 CABINE DI TRASFORMAZIONE

Ogni cabina di trasformazione, in grado di gestire la potenza ad essa confluyente, sarà costituita dai seguenti componenti:

- Locale 1 contenente:
  - quadro di parallelo bassa tensione (QPBT);
  - quadro di alimentazione dei servizi ausiliari (QSA);
  - il gruppo UPS;
- Locale 2 contenente:
  - trasformatore BT/MT;
- Locale 3 contenente:
  - quadro di media tensione (QMT).

Nello specifico per ogni sottocampo si prevede di utilizzare al massimo un trasformatore da 2000 kVA del tipo DYn11 30/0.8kV.

I passaggi previsti per il transito delle persone saranno larghi almeno 80 cm, al netto di eventuali sporgenze. La cabina sarà posta su fondazione prefabbricata tipo vasca, che fungerà da vano per i

cavi e che sarà accessibile da apposita botola posta sul pavimento dei vari locali. Il calore prodotto dal trasformatore e dai quadri sarà smaltito tramite ventilazione naturale per mezzo di griglie di areazione e da aspiratori ad asse verticale comandati in temperatura. Infine, sarà realizzato un impianto di messa a terra tramite dispersore orizzontale ad anello in corda di rame nuda sez. 50 mmq e da n. 6 dispersori verticali in acciaio zincato con profilo a croce 50x50x5 mm di lunghezza pari a 2,5 m.

## 7.8 PROTEZIONE GENERALE E PROTEZIONE DI INTERFACCIA

Le cabine elettriche di trasformazione ospiteranno, entro apposito vano, gli scomparti elettromeccanici destinati a svolgere le funzioni di protezione generale e di protezione di interfaccia. Essi saranno installati a monte del trasformatore BT/MT, a livello 30 kV.

## 7.9 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEI QUADRI ELETTRICI

Ai fini della sicurezza, tutti i quadri elettrici saranno dotati di sportelli con chiusura a chiave per impedire manovre ad individui estranei al personale autorizzato e per evitare l'ingresso di corpi estranei.

Nel seguito si fornisce una descrizione qualitativa delle caratteristiche principali dei quadri elettrici prescelti:

1. Quadri di bassa tensione (QPBT): si tratta dei quadri contenenti i dispositivi di protezione magnetotermici posti all'uscita in corrente alternata degli inverter;
2. Quadri di Media Tensione (QMT): si tratta dei quadri contenenti le unità di arrivo/partenza e le protezioni delle linee/apparecchiature presenti sulla rete MT di utente;
3. Quadro servizi ausiliari (QAUX): si tratta del quadro che fornisce le alimentazioni ausiliarie agli inverter, ai sistemi informatici del monitoraggio/controllo del funzionamento del generatore fotovoltaico e degli inverter, agli impianti di raffreddamento delle apparecchiature elettroniche principali.

## 7.10 CAVI ELETTRICI

Saranno impiegate le seguenti tipologie di cavi in funzione delle condizioni di posa:

1. cavo "solare" tipo FG21M21 0,6/1 kV, unipolare, resistente all'ozono e ai raggi UV, conforme alle Norme IMQ CPT065 / CEI 20-35 / 20-37P2 / EN 60332-1-2 / EN 50267-1-2 / EN 50267-2-
2. Saranno utilizzati per l'intera connessione dei moduli fotovoltaici e per il collegamento delle stringhe ai quadri di campo;
2. cavo unipolare tipo FG16 0,6/1 kV o multipolare tipo FG16(O)R 0,6/1 kV, o equivalenti, adatti per pose in ambienti interni o esterni anche bagnati. Saranno utilizzati per pose prevalentemente in tubazioni interrato e/o per condutture in esterno;
3. cavo unipolare tipo FS17 o equivalente. Saranno utilizzati prevalentemente per i cablaggi all'interno dei quadri elettrici in bassa tensione e per realizzare le condutture elettriche in bassa tensione entro tubi in aria in interni;
4. cavo unipolare tipo FS17, o equivalente per collegamenti equipotenziali ai fini della messa a terra di sicurezza.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto riguarda le cadute di tensione

massime ammissibili (inferiori al 2%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8. Particolare attenzione è stata riservata alla scelta delle sezioni dei cavi dei circuiti afferenti ai gruppi di misura dell'energia prodotta al fine di rendere trascurabili le perdite energetiche per effetto joule sugli stessi.

### 7.11 MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA

L'impianto in oggetto e tutte le parti che lo costituiscono sono progettati e realizzati in modo tale da assicurare, nelle condizioni che possono essere ragionevolmente previste, la protezione delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni derivanti dal loro utilizzo nonché garantire il loro corretto funzionamento per l'uso previsto.

Sono quindi adottate le seguenti misure di protezione:

- protezione relative ai contatti diretti e indiretti;
- protezione relativa alle sovracorrenti;
- protezione relativa alle sovratensioni.

Inoltre, è opportunamente garantito il sezionamento dei circuiti ove necessario.

### 7.12 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

La protezione contro i pericoli derivanti da contatti con parti ordinariamente in tensione è realizzata conformemente alle disposizioni della Norma CEI 64-8 mediante opportuno isolamento delle parti attive, rimovibile solo mediante distruzione ed in grado di resistere a tutte le sollecitazioni meccaniche, termiche, elettriche alle quali può essere sottoposto nel normale esercizio e mediante l'utilizzo di involucri idonei ad assicurare complessivamente il grado di protezione IP XXB (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova) e, sulle superfici orizzontali superiori a portata di mano, il grado di protezione IP XXD (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova). A tal fine saranno impiegati cavi a semplice isolamento posati entro canalizzazioni in materiale isolante e/o cavi a doppio isolamento; le connessioni verranno realizzate all'interno di apposite cassette con coperchio apribile esclusivamente mediante attrezzo.

La protezione contro i pericoli derivanti dal contatto con parti conduttrici normalmente non in tensione ma che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale è realizzata, sul lato bassa tensione dell'impianto gestito come sistema TN-S, conformemente alle disposizioni della Norma CEI 64-8 mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione impiegando interruttori magnetotermici e, all'occorrenza differenziali, inoltre essa è coordinata con l'impianto di terra, in modo da soddisfare le condizioni prescritte della stessa Norma CEI 64-8.

### 7.13 PROTEZIONE COMBINATA DAI CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

Per quanto riguarda i circuiti di comando e segnalazione che collegano fra loro i vari quadri elettrici dell'impianto, verrà adottata una protezione combinata contro i pericoli derivanti dai contatti diretti con parti normalmente in tensione o indiretti con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, da realizzare mediante sistema a bassissima tensione di sicurezza (SELV) conformemente alle disposizioni della Norma CEI 64-8.

### 7.14 PROTEZIONE DEI CIRCUITI DALLE SOVRACORRENTI E SEZIONAMENTI

La protezione delle linee dagli effetti delle sovracorrenti è realizzata mediante dispositivi di interruzione (interruttori magnetotermici o fusibili) installati a monte di ciascuna condotta ed

aventi caratteristiche tali da interrompere automaticamente l'alimentazione in occasione di un sovraccarico o di un cortocircuito, conformemente alle disposizioni della Norma CEI 64-8, in relazione alle portate dei cavi in regime permanente come indicate dalle tabelle CEI-UNEL.

Per il sezionamento dei circuiti verranno impiegati dispositivi onnipolari. Tutti i quadri saranno dotati di interruttori generali onnipolari che rendano possibile il sezionamento completo delle varie sezioni di impianto.

## 8 IMPIANTO DI MESSA A TERRA

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un impianto di messa a terra per la protezione dai contatti indiretti, coordinato con le caratteristiche di intervento degli interruttori automatici magnetotermici differenziali.

L'impianto sarà inoltre dotato di dispersore di terra del tipo a maglia e collegamenti equipotenziali per la connessione delle masse al dispersore stesso.

La configurazione geometrica e il dimensionamento dei conduttori della maglia di terra saranno determinati conformemente alle disposizioni della Norma CEI 99-2 e CEI 99-3, al fine di evitare che le tensioni di contatto e di passo superino i massimi valori ammissibili determinati in base ai valori della corrente di guasto e del tempo di eliminazione in media tensione.

## 9 BILANCI ENERGETICI

### 9.1 STIMA DEL RENDIMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO

Per poter stimare il valore della produzione energetica di un impianto fotovoltaico bisogna considerare vari parametri, tra cui il B.O.S. (Balance Of System), il quale fornisce informazioni sulle perdite del sistema in termini di:

- perdite per riflessione: generate da un'aliquota di radiazione luminosa che viene riflessa dal vetro posto a protezione delle celle (3,5%);
- perdite per scostamento e mismatching: ovvero calo di rendimento generale causato dal collegamento in serie di più moduli fotovoltaici con caratteristiche non perfettamente identiche, dovute alle tolleranze di potenza del modulo fotovoltaico utilizzato e dal non perfetto allineamento delle superfici del modulo stesso. In questo caso il circuito di inseguimento del punto di massima potenza MPPT, non trovando la curva di funzionamento ottimale, si posiziona sulla curva del modulo peggiore penalizzando complessivamente il rendimento dell'intera stringa (11%);
- perdite lungo le tratte DC: causate dalla resistenza offerta dai cavi elettrici, dalle perdite per cadute di tensione sui diodi di blocco e dalle resistenze di contatto sugli interruttori (2%);
- perdite nel gruppo di conversione statica: comprendono le perdite di efficienza dell'inverter e le perdite sul lato ca (3,5%).

Per mezzo delle valutazioni sopra elencate, il rendimento dell'impianto (B.O.S.) è pari a circa l'**80%**.

### 9.2 PERDITE DI RADIAZIONE PER OMBREGGIAMENTI

Il sito in esame non è soggetto a fenomeni di ombreggiamento significativo da parte di edifici, alberi, tralicci o altri elementi di tipo puntuale quali antenne, fili ecc...; dal momento che i moduli fotovoltaici sono posizionati a terra, la sporcizia sui pannelli dovuti a polvere, terra ed agenti atmosferici ecc., in condizioni ordinarie di manutenzione, avrà un'incidenza non inferiore al 5%. Per cui, si considera un fattore di riduzione per ombreggiamenti (K) pari a 0,95, che corrisponde ad una perdita di produttività del 5%.

### 9.3 STIMA DELLA PRODUZIONE ENERGETICA DELL'IMPIANTO

La produzione energetica annua in corrente alternata dell'impianto fotovoltaico è stimata in circa 87.587 MWh/anno, a monte delle interruzioni di servizio ordinarie/straordinarie e della naturale riduzione delle prestazioni dell'impianto negli anni. Al suddetto valore si giunge sulla base delle seguenti considerazioni:

- 1) produzione energetica annua netta per unità di potenza nominale:

$$H = 1761 \text{ kWh/kWp*anno (Fonte PV Syst)}$$

- 2) potenza nominale dell'impianto:

$$P \approx 49.748 \text{ kWp};$$

- 3) rendimento dell'impianto o performance ratio: **PR = 85,16 %**;

La produzione energetica annua dell'impianto fotovoltaico risulta pertanto **E = 87.587 MWh/anno**.

Si riportano di seguito alla presente relazione i calcoli di producibilità elaborati con il software PV Syst.

# *PVsyst - Rapporto di simulazione*

## *Sistema connesso in rete*

---

*Progetto: AIDONE*

*Variante: Meteonorm*

*Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)*

*Potenza di sistema: 49.75 MWc*

*Belmontino Soprano - Italia*



**PVsyst V7.2.11**  
 VC1, Simulato su  
 19/01/22 11:56  
 con v7.2.11

Progetto: AIDONE

Variante: Meteonorm

3e ingegneria (Italy)

### Sommario del progetto

<b>Luogo geografico</b> Belmontino Soprano Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 37.38 °N Longitudine 14.56 °E Altitudine 211 m Fuso orario UTC+1	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> Belmontino Soprano Meteonorm 8.0 (1989-2003), Sat=100% - Sintetico		

### Sommario del sistema

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b> <b>Ombre vicine</b> Ombre lineari	<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Numero di moduli 91280 unità Pnom totale 49.75 MWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 222 unità Pnom totale 44.40 MWac Rapporto Pnom 1.120	

### Sommario dei risultati

Energia prodotta 88 GWh/anno	Prod. Specific. 1761 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 85.16 %
------------------------------	-----------------------------------	------------------------------

### Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	4
Risultati principali	5
Diagramma perdite	6
Grafici speciali	7



PVsyst V7.2.11  
VC1, Simulato su  
19/01/22 11:56  
con v7.2.11

Progetto: AIDONE

Variante: Meteonorm

3e ingegneria (Italy)

### Parametri principali

<b>Sistema connesso in rete</b>		<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>	
<b>Orientamento campo FV</b>		<b>Strategia Backtracking</b>	
<b>Orientamento</b>		<b>N. di eliostati</b> 1602 unità	
Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S		<b>Dimensioni</b>	
Asse dell'azimut 0°		Distanza eliostati 9.80 m	
		Larghezza collettori 4.53 m	
		Fattore occupazione (GCR) 46.2 %	
		Phi min / max +/- 55.0°	
		<b>Angolo limite indetreggiamento</b>	
		Limiti phi +/- 62.3°	
<b>Orizzonte</b>		<b>Ombre vicine</b>	
Orizzonte libero		Ombre lineari	
		<b>Bisogni dell'utente</b>	
		Carico illimitato (rete)	

### Caratteristiche campo FV

<b>Modulo FV</b>		<b>Inverter</b>	
Costruttore	Longi Solar	Costruttore	Huawei Technologies
Modello	LR5-72HBD-545M	Modello	SUN2000-215KTL-H0
(definizione customizzata dei parametri)		(definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit.	545 Wp	Potenza nom. unit.	200 kWac
Numero di moduli FV	91280 unità	Numero di inverter	222 unità
Nominale (STC)	49.75 MWc	Potenza totale	44400 kWac
Moduli	3260 Stringhe x 28 In serie	Voltaggio di funzionamento	550-1500 V
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Rapporto Pnom (DC:AC)	1.12
Pmpp	45.74 MWc		
U mpp	1059 V		
I mpp	43174 A		
<b>Potenza PV totale</b>		<b>Potenza totale inverter</b>	
Nominale (STC)	49748 kWp	Potenza totale	44400 kWac
Totale	91280 moduli	Numero di inverter	222 unità
Superficie modulo	233316 m <sup>2</sup>	Rapporto Pnom	1.12
Superficie cella	217013 m <sup>2</sup>		

### Perdite campo

<b>Perdite per sporco campo</b>		<b>Fatt. di perdita termica</b>		<b>Perdite DC nel cablaggio</b>				
Fraz. perdite	3.0 %	Temperatura modulo secondo irraggiamento		Res. globale campo 0.40 mΩ				
		Uc (cost) 29.0 W/m <sup>2</sup> K		Fraz. perdite 1.5 % a STC				
		Uv (vento) 0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s						
<b>Perdita diodo di serie</b>		<b>LID - Light Induced Degradation</b>		<b>Perdita di qualità moduli</b>				
Perdita di Tensione	0.7 V	Fraz. perdite 2.0 %		Fraz. perdite -0.2 %				
Fraz. perdite	0.1 % a STC							
<b>Perdite per mismatch del modulo</b>		<b>Perdita disadattamento Stringhe</b>						
Fraz. perdite	2.0 % a MPP	Fraz. perdite 0.1 %						
<b>Fattore di perdita IAM</b>								
Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente								
0°	40°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.970	0.900	0.760	0.000

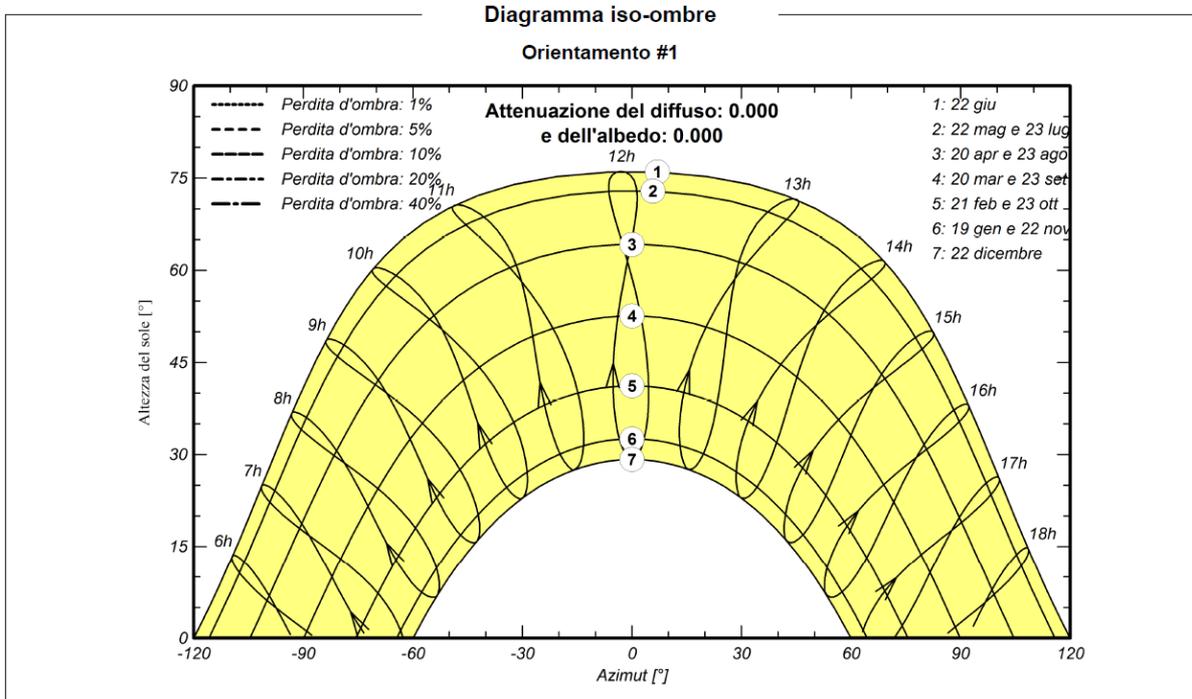
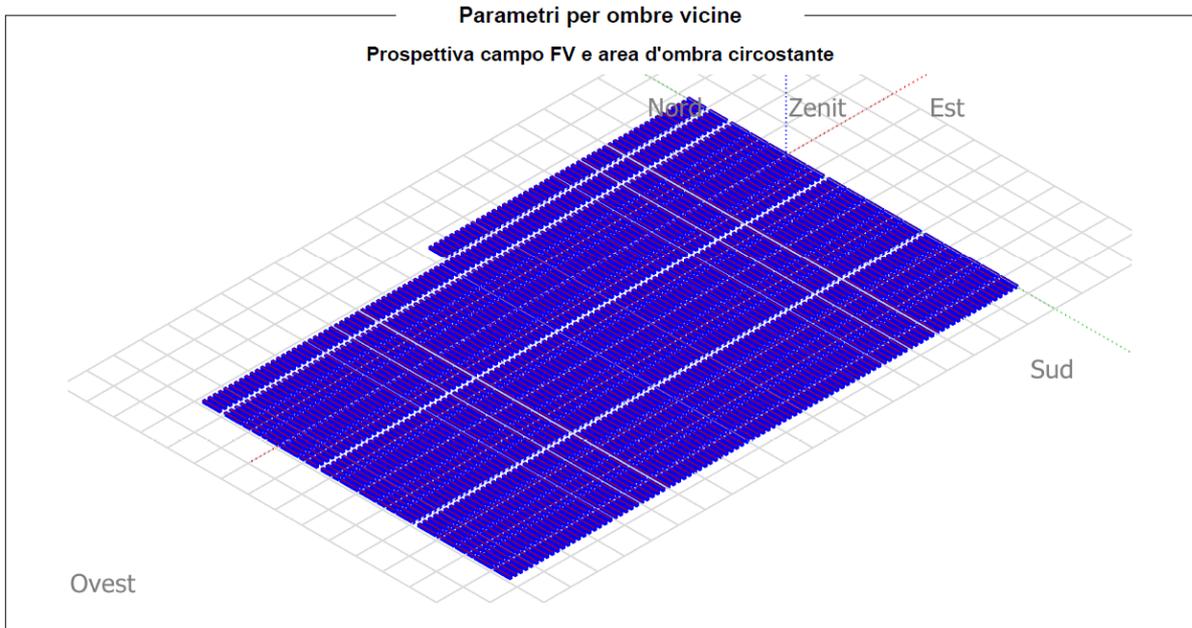


**PVsyst V7.2.11**  
 VC1, Simulato su  
 19/01/22 11:56  
 con v7.2.11

Progetto: **AIDONE**

Variante: **Meteonorm**

3e ingegneria (Italy)





**PVsyst V7.2.11**  
 VC1, Simulato su  
 19/01/22 11:56  
 con v7.2.11

Progetto: AIDONE

Variante: Meteororm

3e ingegneria (Italy)

### Risultati principali

#### Produzione sistema

Energia prodotta

88 GWh/anno

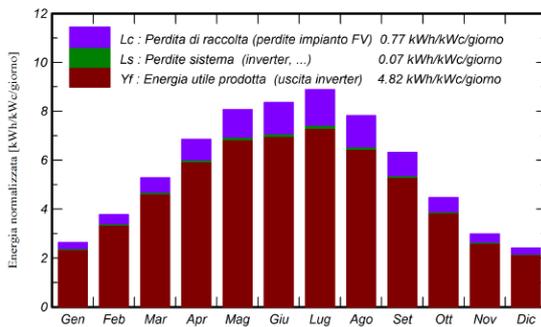
Prod. Specif.

1761 kWh/kWc/anno

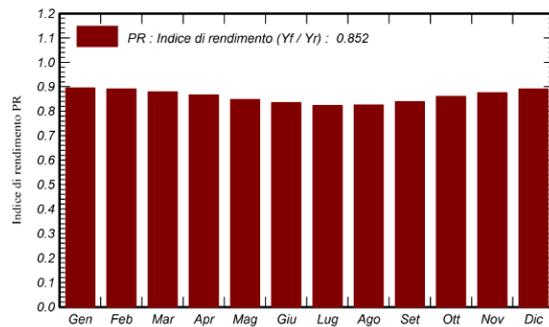
Indice di rendimento PR

85.16 %

#### Produzione normalizzata (per kWp installato)



#### Indice di rendimento PR



### Bilanci e risultati principali

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	GWh	GWh	ratio
Gennaio	63.2	32.21	10.31	81.6	77.0	3.69	3.63	0.895
Febbraio	82.0	37.54	10.29	105.5	99.8	4.74	4.68	0.891
Marzo	128.5	57.46	12.75	163.6	155.0	7.25	7.15	0.879
Aprile	162.5	70.39	15.22	205.6	195.3	8.99	8.86	0.866
Maggio	197.1	78.11	19.20	250.3	237.7	10.72	10.56	0.848
Giugno	199.3	83.61	23.46	250.8	238.3	10.58	10.42	0.835
Luglio	215.7	81.06	26.88	275.6	262.2	11.47	11.29	0.823
Agosto	191.2	76.31	27.24	242.5	230.5	10.11	9.95	0.825
Settembre	147.4	57.06	23.63	189.4	179.9	8.03	7.91	0.839
Ottobre	107.8	51.06	20.17	138.6	131.2	6.02	5.94	0.861
Novembre	69.8	33.37	15.46	89.5	84.6	3.96	3.90	0.876
Dicembre	58.8	28.50	11.84	74.5	70.3	3.35	3.30	0.891
Anno	1623.1	686.68	18.09	2067.5	1961.7	88.91	87.59	0.852

#### Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale  
 DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.  
 T\_Amb Temperatura ambiente  
 GlobInc Globale incidente piano coll.  
 GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

EArray Energia effettiva in uscita campo  
 E\_Grid Energia immessa in rete  
 PR Indice di rendimento



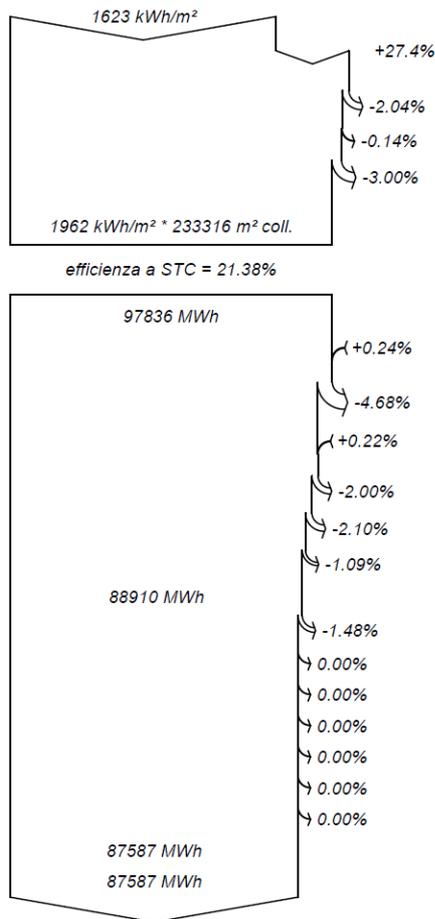
**PVsyst V7.2.11**  
 VC1, Simulato su  
 19/01/22 11:56  
 con v7.2.11

Progetto: AIDONE

Variante: Meteonorm

3e ingegneria (Italy)

**Diagramma perdite**



**Irraggiamento orizzontale globale**  
**Globale incidente piano coll.**

Ombre vicine: perdita di irraggiamento  
 Fattore IAM su globale  
 Perdite per sporco campo

**Irraggiamento effettivo su collettori**  
 Conversione FV

**Energia nominale campo (effic. a STC)**  
 Perdita FV causa livello d'irraggiamento  
 Perdita FV causa temperatura  
 Perdita per qualità modulo

LID - "Light induced degradation"  
 Perdita disadattamento moduli e stringhe  
 Perdite ohmiche di cablaggio

**Energia apparente impianto a MPPT**  
 Perdita inverter in funzione (efficienza)  
 Perdita inverter per superamento Pmax  
 Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso  
 Perdita inverter per superamento Vmax  
 Perdita inverter per non raggiungimento Pmin  
 Perdita inverter per non raggiungimento Vmin  
 Consumi notturni

**Energia in uscita inverter**  
**Energia immessa in rete**



**PVsyst V7.2.11**  
 VC1, Simulato su  
 19/01/22 11:56  
 con v7.2.11

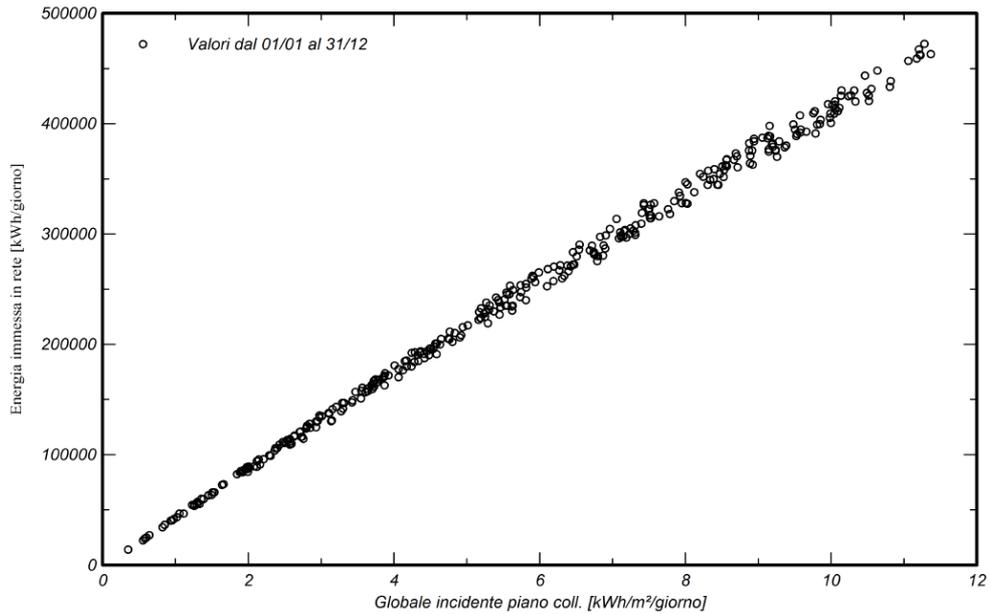
Progetto: AIDONE

Variante: Meteonorm

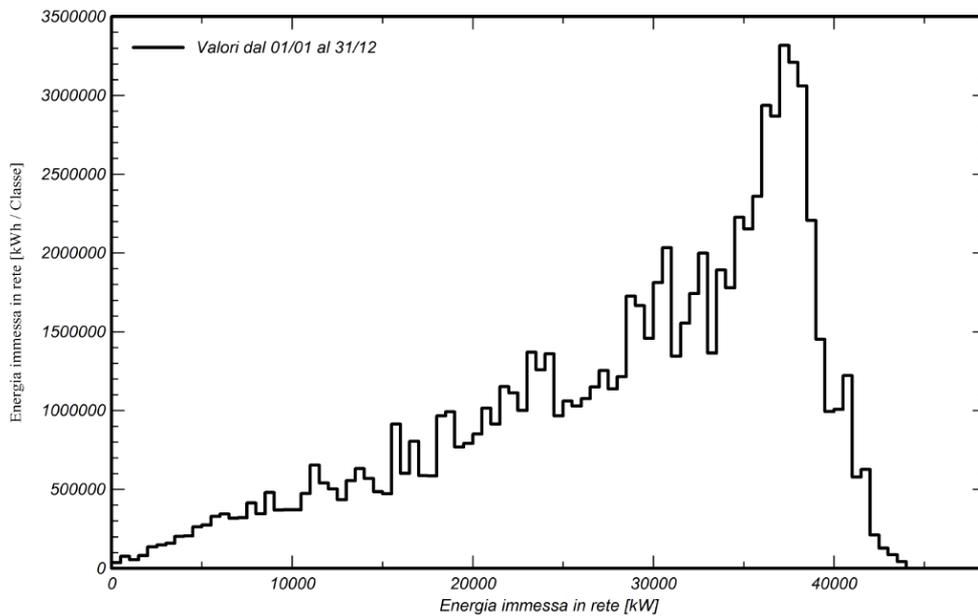
3e ingegneria (Italy)

Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



## 10 VERIFICHE TECNICO – FUNZIONALI (COLLAUDO)

Al termine dei lavori saranno effettuati tutte le verifiche tecnico–funzionali, in particolare:

- prova di continuità elettrica e connessione dei moduli;
- efficacia messa a terra di masse e scaricatori;
- misura resistenza di isolamento dei circuiti elettrici e delle masse;
- prove di corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dai gruppi di conversione (accensione spegnimento, mancanza rete).