



COMUNE DI
MIGLIONICO



COMUNE DI
POMARICO



COMUNE DI
GROTTOLE



PROVINCIA DI
MATERA

PROGETTO DEFINITIVO

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

Titolo elaborato

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

Codice elaborato

F0531AR07A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

ing. Giovanni DI SANTO
ing. Mauro MARELLA
ing. Marco LORUSSO
ing. Giuseppe MANZI
dott. for. Luigi ZUCCARO
arch. Gaia TELESCA
arch. Luciana TELESCA
ing. Beniamino D'ERCOLE
ing. Rosanna SANTARSIERO
ing. Simone LOTITO



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente

Blusolar Miglionico 1st **BLUSOLAR MIGLIONICO 1 S.R.L.**
Via Caravaggio 125, 65125 Pescara (PE)

Amministratori
FABIO MARESCA MAURIZIO MARESCA

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Luglio 2022	Prima emissione	MMA	MLO	GDS

Sommario

Premessa	4
1 Descrizione generale del progetto	5
<i>Dati generali del progetto</i>	5
<i>Normativa tecnica di riferimento</i>	5
2 Descrizione di diversi elementi progettuali	7
2.1 Pannelli fotovoltaici	7
2.2 Stringhe	8
2.3 Strutture di supporto	9
2.4 Cassette di stringa (Combiner Box)	11
2.5 Cabine di campo e inverter	12
2.6 Trasformatore	14
2.7 Potenza dell'impianto	15
2.8 Conduttori elettrici e cavidotti	17
2.9 Cabina di raccolta	18
3 Aspetti energetici dell'impianto fotovoltaico	19
3.1 Stima della produzione di energia	19
3.1.1 Sito di installazione	19
3.1.2 Dati meteorologici	19
3.1.3 Dati tecnici20	
3.1.4 Ombreggiamento	20
3.1.5 Perdite energetiche	21
3.1.6 Irraggiamento e producibilità	21
3.1.7 Misure di irraggiamento e performance	22
3.2 Risparmio di combustibile ed emissioni evitate in atmosfera	22
4 Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione	24

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

4.1	Protezione generale	24
4.1.1	Protezione contro i contatti diretti	24
4.1.2	Protezione contro i contatti indiretti	25
4.1.3	Protezioni dai sovraccarichi	26
4.1.4	Protezione conduttori contro il corto circuito	26
4.1.5	Cartelli	27
4.1.6	Materiale per l'esercizio e la manutenzione	27
4.1.7	Mezzi di estinzione	28
4.1.8	Qualifica del personale	28
4.1.9	Apparecchiature e componenti	28
	<i>Cavi</i>	28
	<i>Connessioni elettriche</i>	28
	<i>Materiali isolanti</i>	29
	<i>Sezionatori</i>	29
	<i>Interruttori</i>	30
	<i>Interruttori di manovra</i>	30
	<i>Relè di protezione</i>	30
	<i>TA e TV di protezione</i>	31
	<i>Trasformatori</i>	31
	<i>Pulsanti di sgancio della cabina</i>	32
4.2	Protezione contro i fulmini	32
4.2.1	Protezioni contro le tensioni di passo e contatto	32
4.2.2	Protezioni delle apparecchiature da sovratensioni	32
4.2.3	Impianto di terra	33
	<i>Realizzazione dell'impianto di terra</i>	33
	<i>Verifica dell'impianto di terra</i>	33
ALLEGATO 1:	risultati simulazione parco FV con software PVSYST	34

Premessa

Il presente progetto si riferisce alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico di grande generazione e delle opere ad esso connesse da realizzare nell'area SIN (Sito di Interesse Nazionale) VALBASENTO a cavallo del confine tra i territori comunali di Miglionico (MT) e Pomarico (MT). Nella fattispecie l'impianto, caratterizzato da una potenza di picco di 39,25 MWp, sarà utilizzato per la restituzione dell'energia nella rete Terna mediante la connessione alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV sita nel territorio comunale di Grottole, attraverso un elettrodotto interrato della lunghezza di circa 29 km. Integrato all'impianto verrà realizzato un sistema di accumulo con una potenza di picco in immissione e in prelievo di 20MWp e una capacità complessiva dei moduli batteria di 40MWh.

La presente relazione, in particolare, è conforme agli allegati tecnici del Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale (PIEAR) della Regione Basilicata ex DGR 2260 del 29.12.2010 e s.m.i. perché descrive in dettaglio i diversi elementi progettuali dell'impianto fotovoltaico nonché il loro dimensionamento ed i criteri di scelta utilizzati.

A tal proposito si precisa che tutti gli impianti previsti rappresentano la miglior soluzione installativa emergente dalla valutazione del rapporto qualità/prezzo e dell'oggettiva funzionalità e flessibilità degli impianti, data anche la particolare natura della struttura in oggetto.

La validità delle soluzioni proposte sotto il profilo della sicurezza e della conformità normativa è vincolata all'impiego di materiali recanti la marcatura CE ed il marchio IMQ, integri, posati secondo le indicazioni del costruttore e in ogni caso strettamente dipendente dalle condizioni d'uso e di conservazione in efficienza dello stesso. Le installazioni da porre in opera saranno verificate con adeguata strumentazione prima dell'entrata in funzione, coerentemente con quanto disposto dalla normativa vigente.

1 Descrizione generale del progetto

Dati generali del progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica, tramite l'installazione a terra di pannelli fotovoltaici montati su strutture metalliche di supporto, denominate "tracker", in quanto in grado di variare l'angolazione orientare i pannelli in modo da "inseguire" la fonte solare durante il suo moto apparente sulla volta celeste per massimizzare l'efficienza dell'impianto.

I pannelli, che trasformano l'irraggiamento solare in corrente elettrica continua, saranno collegati in serie formando una "stringa" che, a sua volta, sarà collegata in parallelo con le altre in apposite cassette di stringa (combiner box). Dai quadri di parallelo l'energia prodotta dai pannelli verrà trasferita mediante conduttori elettrici interrati alle cabine di campo in cui sono installati gli inverter centralizzati che la trasformano in corrente alternata. Le cabine di campo ospitano anche il trasformatore e fungono anche da "cabine di trasformazione" incrementando il voltaggio fino alla tensione (AT) 36kV. A valle dell'ultima cabina di campo, l'energia verrà trasferita mediante un unico cavidotto esterno alla futura stazione Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) tramite il punto di connessione posto nel territorio comunale di Grottole.

L'impianto è caratterizzato da una **potenza di picco installata in corrente continua di 39,25MW** ed è suddiviso in 9 "sottocampi", collegati ad altrettante cabine di campo di conversione e trasformazione.

All'interno di ogni sottocampo è prevista la realizzazione di una viabilità permeabile in grado da consentire la manutenzione da realizzarsi mediante scavo e posa in opera di uno stato di misto granulare stabilizzato. Al di sotto di tale viabilità, inoltre, si prevede il posizionamento sia dei conduttori elettrici necessari per portare l'energia prodotta al cavidotto esterno e sia di quelli degli impianti di illuminazione e videosorveglianza. Tali impianti, in particolare, saranno in grado di consentire il monitoraggio, il controllo e la manutenzione anche in ore serali e a distanza.

Al fine di garantire la sicurezza idraulica ai sensi del vigente Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), il progetto prevede anche un allargamento dei canali di bonifica che attraversano in direzione Nord-Sud le aree dell'intervento e che convogliano le acque di versante verso il fiume Basento.

In adiacenza all'impianto fotovoltaico è prevista la realizzazione di un sistema di accumulo a batterie con unità containerizzate, inverter e trasformatori per una potenza di prelievo ed immissione di 20MW e una capacità di 40MWh. Le caratteristiche del sistema di accumulo sono descritte nell'elaborato "F0531AR08A_A.5.b.Relazione tecnica sistema di accumulo".

A completamento degli interventi di progetto, infine, si prevede anche la realizzazione delle recinzioni perimetrali e di cancelli di ingresso finalizzati alla protezione degli impianti descritti in precedenza.

Normativa tecnica di riferimento

- D.M. 37/08 - Norme per la sicurezza degli impianti;
- D.lgs. 81/08 – Testo Unico sulla salute e Sicurezza sul Lavoro;
- Legge n. 186 del 01.03.68 - Costruzione e realizzazione di materiali e impianti a regola d'arte;
- CEI 0-2 - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;

- 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 11-1 - Impianti elettrici con tensione superiore a 1000 V in corrente alternata;
- CEI 11-20 - Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI 11-35 - Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale;
- CEI 11-37 - Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- CEI 17-13 - Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (Quadri BT);
- CEI 17-63 - Sottostazioni prefabbricate ad alta tensione/bassa tensione;
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- CEI 81-10/1 (EN 62305-1) - "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali";
- CEI 81-10/2 (EN 62305-2) - "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio";
- CEI 81-10/3 (EN 62305-3) - "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone";
- CEI 81-10/4 (EN 62305-4) - "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture";
- CEI 81-3 - "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico";
- CEI 20 - Guida per l'uso di cavi in bassa tensione;
- CEI UNEL 35024/1 - Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;
- CEI UNEL 35027 - Cavi di energia per tensione nominale U superiore ad 1 kV con isolante di carta impregnata o elastomerico o termoplastico - Portate di corrente in regime permanente - Generalità per la posa in aria ed interrata;

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili.

2 Descrizione di diversi elementi progettuali

Nel seguito sono illustrati in dettaglio i principali elementi progettuali direttamente connessi con la produzione, conduzione e consegna dell'energia elettrica.

2.1 Pannelli fotovoltaici

Al fine di ottimizzare la produzione di energia, l'impianto fotovoltaico in progetto sarà composto da un modulo bifacciale tipo JA Solar JAM78D30-610/GB o similare. Assemblati con celle PERCIUM bifacciali da 11BB e tecnologia di connessione a nastro gap-less, questi moduli a doppio vetro hanno la capacità di convertire le luci incidenti sul lato posteriore in elettricità in aggiunta a ciò che viene generato dal lato anteriore, fornendo una maggiore potenza di uscita, un coefficiente di temperatura inferiore, una minore perdita di ombra e una maggiore tolleranza per il carico meccanico, risultando più performanti e più convenienti in termini di generazione di energia solare, nonché tolleranza per ambienti difficili e condizioni meteorologiche estreme.

I pannelli sfruttano la tecnologia *“half cut cells”* letteralmente celle tagliate a metà.

La tecnologia *“half cut cells”* permette l'aumento della potenza del singolo modulo e della producibilità, grazie ai seguenti fattori:

A) Maggiore tolleranza all'ombreggiamento

Nei moduli tradizionali le celle sono collegate in serie in una matrice 6 x 10 e l'effetto di un'eventuale ombra è mitigato dai 3 diodi di by-pass. Nell'eventualità in cui una cella non venga irraggiata come le altre, uno dei 3 diodi si attiva e la produzione del modulo viene garantita solo per 2/3 (un modulo da 300W potrebbe produrre 200W). Considerando invece un modulo con 120 celle half-cut ci saranno 2 serie da 60 celle in parallelo aventi in comune i 3 diodi di by-pass. In questo modo se una cella viene ombreggiata solo 1/6 del modulo risentirà dell'ombra (un modulo da 300W potrebbe quindi produrre 250W).

B) Diminuzione delle perdite resistive

Nelle celle half cut, essendo la superficie metà rispetto alle celle intere, la corrente prodotta sarà anch'essa dimezzata e di conseguenza le perdite saranno ridotte di ¼ (essendo le perdite proporzionali al quadrato della corrente). Inoltre, con una minore corrente circolante nei bus bar, la temperatura del modulo sarà più bassa concorrendo così ad aumentarne la producibilità.

C) Minore possibilità di crack

In una cella a minore superficie i microcrack che si formano nel tempo influiranno meno e il modulo fotovoltaico manterrà le prestazioni più a lungo nel tempo.

In allegato alla presente relazione è presente la scheda tecnica di dettaglio del modulo, mentre nel seguito si riportano le caratteristiche principali:

- **produttore: JA Solar;**
- **modello: JAM78D30-610/GB;**
- **tipologia: Bifacciali**
- **potenza di picco: 610 Wp;**
- **tensione massima di sistema: 1500V DC**
- **resa in bifaccialità: 70% ± 10%**
- **tensione a circuito aperto (Voc a STC): 53.73 V;**

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

- **corrente di corto circuito (Isc a STC): 14.13 A;**
- **dimensioni: 2471×1134x35 mm;**
- **peso: 33.4 kg.**

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC						
TYPE	JAM78D30 -585/GB	JAM78D30 -590/GB	JAM78D30 -595/GB	JAM78D30 -600/GB	JAM78D30 -605/GB	JAM78D30 -610/GB
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	585	590	595	600	605	610
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	53.20	53.30	53.40	53.50	53.61	53.73
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	44.56	44.80	45.05	45.30	45.53	45.77
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.88	13.93	13.98	14.03	14.08	14.13
Maximum Power Current(Imp) [A]	13.13	13.17	13.21	13.25	13.29	13.33
Module Efficiency [%]	20.9	21.1	21.2	21.4	21.6	21.8
Power Tolerance				0~+5W		
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})				+0.045%/°C		
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})				-0.275%/°C		
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})				-0.350%/°C		
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

2.2 Stringhe

Dal punto di vista del collegamento elettrico, si prevede di collegare 25 moduli in serie, uniti lungo il lato maggiore (1x25 portrait) per formare una "stringa".

Ogni stringa, pertanto, produce una potenza pari a:

$$25 \times 600 \text{ W} = 15,0 \text{ kW}$$

Unendo in parallelo fino a 3 stringhe si prevede di formare una struttura di supporto unica, denominata "tracker", un inseguitore monoassiale autoalimentato, che grazie ad un algoritmo è in grado di seguire con precisione la posizione del sole nell'arco della giornata, andando ad aumentare le ore di irraggiamento diretto in impianti di produzione dell'energia da fonte solare.

Di seguito i dati nominali della stringa (rif. Condizioni STC):

Stringa

numero moduli	n	25
Potenza massima	P _{MAX}	15,00 kW
Tensione alla potenza massima	V _{MPP}	1138,25 V
Tensione circuito aperto	V _{OC}	1337,5 V
Corrente alla potenza massima	I _{MPP}	13,25 A
Corrente di corto circuito	I _{SC}	14,03 A

Calcoli per variazione di temperatura

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

Temperatura STC	T_{STC}	25 °C
Coefficiente di temperatura per I_{sc}	$\alpha_{I_{sc}}$	0,05% %/°C
Coefficiente di temperatura per V_{oc}	$\beta_{V_{oc}}$	-0,28% %/°C
Coefficiente di temperatura per P_{MAX}	$\gamma_{P_{mp}}$	-0,35% %/°C
Temperatura minima	T_{min}	-10 °C
Temperatura massima	T_{max}	40 °C
Tensione minima stringa	V_{min}	1091,3 V
Tensione massima stringa	V_{max}	1466,2 V
Corrente massima stringa	I_{max}	13,25 A

Dove:

V_{min} STRINGA è la tensione minima V_{MPP} della stringa alla massima temperatura ambiente del sito (40°C) calcolata come segue:

$$V_{min} = V_{MPP(25^{\circ})} \cdot (1 + \beta_{V_{oc}} \cdot \Delta T) = V_{MPP(25^{\circ})} \cdot (1 + \beta_{V_{oc}} \cdot (40-25))$$

$$V_{min} = 1138,25 \cdot (1 + (-0.275\%) \cdot 15) = \mathbf{1091,30 V}$$

V_{max} STRINGA è la tensione massima V_{oc} della stringa alla minima temperatura ambiente del sito (-10°C) calcolata come segue:

$$V_{max} = V_{oc(20^{\circ})} \cdot (1 + \beta_{V_{oc}} \cdot \Delta T) = V_{oc(25^{\circ})} \cdot (1 + \beta_{V_{oc}} \cdot (-10-25))$$

$$V_{max} = 1337,5 \cdot (1 + (-0.275\%) \cdot (-35)) = \mathbf{1466,20 V}$$

I_{max} STRINGA è la corrente massima I_{MP} della stringa a condizioni STC

2.3 Strutture di supporto

Le strutture metalliche di supporto ai pannelli fotovoltaici, denominate "tracker", saranno posizionate con asse nord-sud dato che sono in grado di variare l'angolazione orientare i pannelli in modo da "inseguire" la fonte solare durante il suo moto apparente sulla volta celeste. In allegato alla presente relazione è presente la scheda tecnica di dettaglio della struttura, mentre nel seguito si riportano le caratteristiche principali:

- **produttore: COMAL Impianti;**
- **modello: SunHunter 18AB;**
- **range di rotazione: 110° (da -55° a +55°);**
- **ground coverage ratio (GCR): 49.7%;**

Alla base della progettazione del tracker SunHunter sono state poste l'affidabilità del sistema e la facilità nell'installazione, entrambe caratteristiche frutto dell'esperienza di Comal Impianti nella costruzione di impianti fotovoltaici industriali. L'inseguitore è costituito da travi scatolate a sezione quadrata, sorrette da pali con profilo a Z ed incernierate nella parte centrale dell'inseguitore al gruppo di riduzione/motore; ancorati alle travi sono i supporti dei moduli, con profilo omega e zeta. I moduli vengono fissati con bulloni e almeno uno di essi è dotato di un dado antifurto.

Al variare della taglia dell'inseguitore, varia il numero di pali di fondazione. Ogni inseguitore è sempre dotato di un palo centrale di tipo HEA 160 ed un numero variabile di pali Z. Il particolare profilo dei pali Z consente una efficace penetrazione in differenti tipologie di terreni ed un'ottima tenuta alle sollecitazioni dovute alla movimentazione della struttura e carichi da vento. Entrambe le tipologie di pali presentano delle asolature per il successivo fissaggio delle teste palo. La presenza di asole consente una più accurata regolazione dell'allineamento della struttura e la compensazione di eventuali errori in fase di infissione. Prove di pull-out vengono eseguite prima della determinazione della lunghezza dei pali per lo specifico progetto.

Sul palo centrale sono imbullonate due piastre ad L per l'ancoraggio del gruppo motore (definite teste motore) e su queste viene fissato il gruppo motore stesso, al quale vengono successivamente accoppiate le prime due travi centrali. Analogamente per ogni palo Z sono presenti delle piastre a T (teste palo), sulle quali sono fissati i cuscinetti per la rotazione della struttura. I cuscinetti sono realizzati in materiale plastico polimerico a matrice vetrosa, progettati e testati da Comal Impianti garantiscono alte prestazioni e durabilità per l'intera vita del progetto (stimata in 25 anni).

Nella parte centrale della struttura è presente il motore e gruppo di riduzione. Le travi sono l'elemento portante dell'intera struttura. Queste sono ancorate al motore e passanti all'interno dei cuscinetti. Le travi attraverso opportuni giunti sono collegate in serie, andando a formare un'unica struttura. Sulle travi vengono installati i moduli fotovoltaici. Specifici supporti con profilo omega (zeta quelli terminali) vengono fissati alle travi e, grazie alla presenza di fori di dimensioni compatibili con quelli presenti sui moduli, è possibile l'ancoraggio del generatore fotovoltaico all'inseguitore.

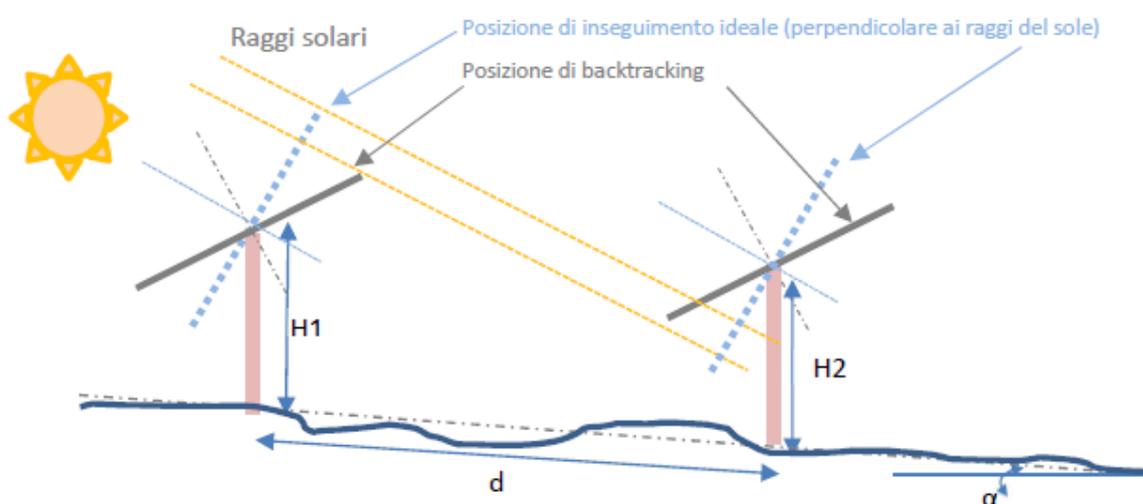


Figura 1. Schema di inseguimento del tracker

Grazie alla modularità con la quale è stato progettato il tracker SunHunter, la fase di installazione

in campo richiede poco tempo e soprattutto non presenta operazioni critiche che ne possano pregiudicare il corretto funzionamento. La maggior parte delle componenti infatti è stata ideata con delle tolleranze tali da permettere di recuperare eventuali imprecisioni commesse nelle fasi precedenti.

Per quanto riguarda la manutenzione dopo la messa in servizio delle strutture, anche questa fase richiede dei tempi minimi. Per lo più infatti la manutenzione del SunHunter è di tipo ordinario.

L'inseguimento monoassiale semplifica la pulizia dei pannelli e l'eventuale gestione del verde, in quanto non sono presenti ostacoli tra le file: i tracker adiacenti, infatti, possono essere ruotati l'uno di fronte all'altro per consentire una pulizia simultanea.

Per poter rendere la giacitura del terreno compatibile con l'installazione delle strutture di supporto, inoltre, sono previste anche minime attività di movimento terra finalizzate ad operazioni di livellamento e regolarizzazione del piano campagna.

Le strutture di supporto sono state dimensionate in maniera tale da non consentire un elevato impatto visivo. L'altezza massima raggiungibile da ciascun pannello, infatti, è inferiore a 3.00 m rispetto al piano campagna. In questo modo, tra l'altro, gli elementi da installare ricadono all'interno della casistica A.5.9 (in quanto trattasi di "Pannelli solari e fotovoltaici su strutture di sostegno (pali e simili) di altezza ≤3,00 m dotati di certificato e/o brevetto ministeriale") della DGR 739 del 12.06.2012 "Atto di indirizzo per la definizione delle Opere Minori ai fini della sicurezza per le costruzioni in zona sismica" che disciplina le opere che risultano esentate dall'applicazione delle disposizioni della l.r. 38/1997 e del d.p.R. 380/2001 e che, pertanto, non sono soggette al deposito presso gli uffici dell'ex Genio Civile.

Le strutture di inseguimento scelte saranno del tipo:

- **SH75** (75 moduli, 3 stringhe da 25 moduli, configurazione 1X75 p)
- **SH50** (50 moduli, 2 stringhe da 25 moduli, configurazione 1X 50 p)
- **SH25** (25 moduli, 1 stringa da 25 moduli, configurazione 1X25 p)

2.4 Casette di stringa (Combiner Box)

Le stringhe da 25 moduli saranno unite in parallelo per formare un array di massimo 21 stringhe raccolte a livello elettrico in quadri di parallelo di campo denominati cassette di stringa o "combiner box" dotate anche di cablaggio dati per il monitoraggio da remoto dell'input elettrico di potenza e dei dati di produzione.

Le combiner box sono cassette di controllo intelligente (SMART) che consentono la misura della corrente di ogni singola stringa in ingresso dal generatore solare e permettono di realizzare in uscita il parallelo di tutte le stringhe di moduli FV ad essi collegate. Le smart box, altamente performanti, implementano la misura della corrente mediante trasduttori ad effetto Hall e favoriscono una puntuale localizzazione delle problematiche del campo FV minimizzando i tempi di mancata produzione ed agevolando l'intervento mirato e tempestivo del service. Ogni cassetta è equipaggiata con protezioni a varistori SPD contro le sovratensioni; il sezionatore in uscita ed i portafusibili in ingresso permettono di isolare il singolo sottocampo FV o le singole stringhe dal resto dell'impianto, consentendo agli operatori di lavorare in piena sicurezza.

Caratteristiche principali:

Nr. 21 ingressi DC

Massimo voltaggio uscita: 1500 V

Le cassette di stringa saranno in totale 129, così divise per i diversi sottocampi:

- **Sottocampo 1: 241 stringhe collegate a 12 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

- **Sottocampo 2: 299 stringhe collegate a 15 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**
- **Sottocampo 3: 312 stringhe collegate a 15 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**
- **Sottocampo 4: 301 stringhe collegate a 15 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**
- **Sottocampo 5: 257 stringhe collegate a 13 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**
- **Sottocampo 6: 311 stringhe collegate a 15 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**
- **Sottocampo 7: 294 stringhe collegate a 14 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**
- **Sottocampo 8: 319 stringhe collegate a 16 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**
- **Sottocampo 9: 283 stringhe collegate a 14 Smart Combiner Box (21 ingressi DC)**

Le cassette saranno distribuite e installate fisicamente sul campo in prossimità della struttura di supporto dei moduli fotovoltaici mediante appositi ancoraggi e staffaggi in acciaio zincato, immorsati nel terreno.

2.5 Cabine di campo e inverter

Dai quadri di parallelo l'energia prodotta verrà trasferita in corrente continua mediante conduttori elettrici interrati alle cabine di campo (Power Station) che fungono da cabine di conversione da corrente continua (1500V DC) in corrente alternata (600V AC) e di trasformazione in grado di incrementare il voltaggio fino all'alta tensione (AT 36kV).



Figura 2: Esempio di soluzione integrata inverter e trasformatore in container SMA SC

Nel presente progetto è prevista la divisione dell'impianto in 9 sottocampi, che saranno gestiti da inverter da 4400 kVA, contenuto all'interno di un container prefabbricato destinato ad ospitare anche il trasformatore BT/AT.

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico



Figura 3: Inverter SMA Sunny Central 4400 - UP

Dati tecnici	Sunny Central 4400 UP	Sunny Central 4600 UP
Lato CC		
Range di tensione V_{CC} (a 25 °C / a 50 °C)	da 962 a 1325 V / 1000 V	da 1003 a 1325 V / 1040 V
Tensione CC min. $V_{CC, min}$ / Tensione d'avviamento $V_{CC, Start}$	934 V / 1112 V	976 V / 1153 V
Tensione CC max. $V_{CC, max}$	1500 V	1500 V
Corrente CC max $I_{CC, max}$	4750 A	4750 A
Corrente di cortocircuito max $I_{CC, sc}$	8400 A	8400 A
Numero ingressi CC	Sbarra collettore con 26 collegamenti per polo, 24 fusibili su entrambi i poli (32 fusibili su polo singolo)	
Numero di ingressi CC con l'opzione di batteria connessa su lato CC	18 fusibili su entrambi i poli (36 su polo singolo) per FV e 6 fusibili su entrambi i poli per batterie	
Numero max di cavi CC per ogni ingresso CC (per ciascuna polarità)	2x 800 kcmil, 2x 400 mm ²	
Zone Monitoring integrato	○	
Dimensioni di fusibili FV disponibili (per ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
La massima dimensione del fusibile di batteria disponibile (per ingresso)	750 A	
Lato CA		
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 1$ (a 35 °C / a 50 °C)	4400 kVA ^[3] / 3960 kVA	4600 kVA ^[4] / 4140 kVA
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 0,9$ (configurazione standard A68) (a 35 °C/a 50 °C) ^[5]	3960 kW ^[3] / 3564 kW	4140 kW ^[4] / 3726 kW
Potenza attiva nominale CA con $\cos \varphi = 0,8$ (a 35 °C / a 50 °C)	3520 kW ^[3] / 3168 kW	3680 kW ^[4] / 3312 kW
Corrente nominale CA $I_{CA, nom}$ (a 35 °C / a 50 °C)	3850 A / 3465 A	3850 A / 3465 A
Fattore massimo di distorsione	< 3 % alla potenza nominale	
Tensione nominale CA / Range di tensione nominale CA ^[8]	660 V / 528 V a 759 V	690 V / 552 V a 759 V
Frequenza di rete CA / Range	50 Hz / 47 Hz a 53 Hz 60 Hz / 57 Hz a 63 Hz	
Rapporto min di cortocircuito ai morsetti ^[9]	> 2	
Fattore di potenza a potenza nominale / Fattore di sfasamento regolabile ^{[8] [10]}	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
Grado di rendimento europeo		
Efficienza max ^[2] / efficienza europea ^[2] / efficienza CEC ^[3]	98,8 % / 98,7 % / 98,5 %	98,9 % / 98,7 % / 98,5 %

Ai fini della configurazione stringhe-inverter risultano rispettate le seguenti condizioni:

$$V_{min} STRINGA > V_{min} INVERTER$$

$$1091 V > 934 V$$

$$V_{max} STRINGA < V_{max} INVERTER$$

$$1371,50 V < 1500 V$$

$$I_{max} IN < I_{max} INVERTER$$

$$N_s \cdot N_c \cdot I_{MP} = < 4750 A$$

$$21 \cdot 16 \cdot 13,25 = 4452 < 4750 A \text{ verificata}$$

Dove:

V_{\min} INVERTER è la tensione minima dell'inverter

V_{\max} INVERTER è la tensione massima di funzionamento dell'inverter

I_{\max} INVERTER è la corrente massima I_{MPPPT} dell'inverter

N_s numero di ingressi della combiner box

N_c numero massimo di combiner box collegate ad inverter

Il valore massimo di immisione $I_{\max}IN$ è inferiore alla corrente massima in ingresso dell'inverter, pertanto, in caso di condizioni STC, l'inverter consentirà l'immissione della corrente di stringa a limite massimo consentito.

2.6 Trasformatore

Nel presente progetto è prevista la divisione dell'impianto in 9 sottocampi. In ogni sottocampo è previsto un container prefabbricato in cui verrà installato il trasformatore di elevazione BT/AT della potenza di 4400 kVA. Sarà a singolo secondario con tensione di 600V ed avrà una tensione al primario di 36kV con le seguenti caratteristiche a seguito:

- Tipo **resina** (avvolgimenti impregnati)
 - Nucleo magnetico realizzato con lamierini a cristalli orientati a basse perdite
 - Dimensioni tipo: 2240 (a) x1120 (b) x2390 (c) mm
 - Peso: 7000 Kg ca
 - frequenza nominale 50 Hz
 - Tensione primario 36 KV
 - Tensione secondario 0,6 KV
 - Perdite 6%
 - simbolo di collegamento Dy 11
 - collegamento primario triangolo
 - collegamento secondario stella
 - classe ambientale E2
 - classe climatica C2
 - comportamento al fuoco F1
 - classe di isolamento termico primarie e secondarie F/F
 - temperatura ambiente max. 40 °C
 - installazione interna
 - tipo raffreddamento: KNAN estere con raffreddamento naturale ad aria
- altitudine sul livello del mare $\leq 1000m$

2.7 Potenza dell'impianto

L'impianto, come detto, è suddiviso in 9 "sottocampi", collegati ad altrettante cabine di campo caratterizzate dalle seguenti potenze di picco:

- **sottocampo 1:**
 - 19 tracker da 25 moduli
 - 24 tracker da 50 moduli
 - 28 tracker da 75 moduli
 - 241 stringhe x 25 Moduli
 - 6.025 moduli da 600 Wp**
 - 12 smart combiner box
 - 1 inverter centralizzato da 4.400 kVA
 - Potenza totale in DC: 3.615 kWp**
 - Potenza totale in AC: 3.600 kVA**
- **sottocampo 2:**
 - 27 tracker da 25 moduli
 - 34 tracker da 50 moduli
 - 68 tracker da 75 moduli
 - 299 stringhe x 25 Moduli
 - 7.475 moduli da 600 Wp**
 - 15 smart combiner box
 - 1 inverter centralizzato da 4.400 kVA
 - Potenza totale in DC: 4.485 kWp**
 - Potenza totale in AC: 4.400 kVA**
- **sottocampo 3:**
 - 9 tracker da 25 moduli
 - 24 tracker da 50 moduli
 - 85 tracker da 75 moduli
 - 312 stringhe x 25 Moduli
 - 7.800 moduli da 600 Wp**
 - 15 smart combiner box
 - 1 inverter centralizzato da 4.400 kVA
 - Potenza totale in DC: 4.680 kWp**
 - Potenza totale in AC: 4.400 kVA**
- **sottocampo 4:**
 - 29 tracker da 25 moduli
 - 31 tracker da 50 moduli
 - 70 tracker da 75 moduli
 - 301 stringhe x 25 Moduli
 - 7.525 moduli da 600 Wp**
 - 15 smart combiner box

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

1 inverter centralizzato da 4.400 kVA

Potenza totale in DC: 4.515 kWp

Potenza totale in AC: 4.400 kVA

- **sottocampo 5:**

23 tracker da 25 moduli

21 tracker da 50 moduli

64 tracker da 75 moduli

257 stringhe x 25 Moduli

6.425 moduli da 600 Wp

13 smart combiner box

1 inverter centralizzato da 4.400 kVA

Potenza totale in DC: 3.855 kWp

Potenza totale in AC: 3.800 kVA

- **sottocampo 6:**

28 tracker da 25 moduli

38 tracker da 50 moduli

69 tracker da 75 moduli

311 stringhe x 25 Moduli

7.775 moduli da 600 Wp

15 smart combiner box

1 inverter centralizzato da 4.400 kVA

Potenza totale in DC: 4.665 kWp

Potenza totale in AC: 4.400 kVA

- **sottocampo 7:**

47 tracker da 25 moduli

56 tracker da 50 moduli

45 tracker da 75 moduli

294 stringhe x 25 Moduli

7.350 moduli da 600 Wp

14 smart combiner box

1 inverter centralizzato da 4.400 kVA

Potenza totale in DC: 4.410 kWp

Potenza totale in AC: 4.400 kVA

- **sottocampo 8:**

22 tracker da 25 moduli

30 tracker da 50 moduli

79 tracker da 75 moduli

319 stringhe x 25 Moduli

7.975 moduli da 600 Wp

16 smart combiner box

1 inverter centralizzato da 4.400 kVA

Potenza totale in DC: 4.785 kWp

Potenza totale in AC: 4.400 kVA

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

- **sottocampo 9:**
 - 36 tracker da 25 moduli
 - 26 tracker da 50 moduli
 - 65 tracker da 75 moduli
 - 283 stringhe x 25 Moduli
 - 7.075 moduli da 600 Wp**
 - 14 smart combiner box
 - 1 inverter centralizzato da 4.400 kVA
 - Potenza totale in DC: 4.245 kWp**
 - Potenza totale in AC: 4.400 kVA**

La configurazione del presente progetto è la seguente:

- n° 240 tracker 1x25 moduli = 6.000 moduli
- n° 284 tracker 1x50 moduli = 14.200 moduli
- n° 603 tracker 1x75 moduli = 45.225 moduli

In totale, quindi, saranno installati 65.425 moduli per una potenza di picco installata in corrente continua pari a:

$$65.425 \text{ moduli} \times 600 \text{ Wp} = 39.255,00 \text{ Wp} = 39,25 \text{ MW DC}$$

La potenza apparente totale dell'impianto, in corrente alternata, data dalla somma della potenza degli inverter sarà pari a:

$$3.600_{(1)} + 4.400_{(2)} + 4.400_{(3)} + 4.400_{(4)} + 3.800_{(5)} + 3.600_{(6)} + 4.400_{(7)} + 4.400_{(8)} + 4.400_{(9)} = 38.200 \text{ kVA}$$

Assumendo un cosfi di 0,9 ne deriva una potenza nominale in AC di 34,29 MW

2.8 Conduttori elettrici e cavidotti

L'impianto fotovoltaico è stato diviso in diversi sottocampi, ciascuno dei quali sarà collegato ad una cabina di campo. La prima e l'ultima cabina saranno collegate ad un quadro AT (36kV) di campo, in uscita dal quale è prevista la posa di un conduttore elettrico interrato in grado di condurre l'energia prodotta fino al punto di consegna in alta tensione (AT).

All'interno di ogni sottocampo ogni conduttore sarà alloggiato in un cavidotto interrato da posizionare al di sotto della viabilità stradale in progetto. Per ridurre le perdite energetiche, in caso di sovrapposizione del percorso di due o più conduttori, gli stessi potranno anche essere alloggiati all'interno dello stesso cavidotto pur rimanendo distinti l'uno dall'altro.

Il tratto di cavidotto esterno alle aree dei sottocampi, invece, sarà unico e sarà posizionato al di sotto della viabilità stradale esistente. Per la posa è prevista in particolare la demolizione della pavimentazione impermeabile esistente e la sua integrale ricostruzione in seguito alle opportune operazioni di scavo, posa del cavidotto e rinterro. Nell'elaborato "*Sezioni tipo stradali, ferroviarie, idriche e simili*" sono indicate in dettaglio le modalità di posa.

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

Per la risoluzione delle interferenze con attraversamenti stradali e, più in generale, in caso di impossibilità a procedere con gli scavi in trincea, saranno adottate le seguenti modalità di posa in opera del cavidotto esterno:

- 1) mediante **Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)**, vale a dire mediante una perforazione eseguita con una portasonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche;
- 2) mediante **Spingi tubo**, una trivellazione orizzontale non guidata con successiva infissione di tubi (controtubo o tubo camicia), all'interno dei quali vengono infilati i cavi.
- 3) mediante **staffaggio**, vale a dire mediante l'ancoraggio sull'opera di attraversamento con staffe ancorate esternamente rispetto all'impalcato, ma ad una quota superiore rispetto a quella di intradosso (in modo da evitare qualunque interferenza con l'eventuale deflusso delle acque in caso di attraversamenti di corsi d'acqua).

Nell'elaborato "*Sezioni tipo stradali, ferroviarie, idriche e simili*" sono indicate in dettaglio le modalità di realizzazione di tali sistemi di avanzamento, mentre nell'elaborato "*Planimetria del tracciato dell'elettrodotto*" sono visibili i tratti interessati.

Lungo il tracciato del cavidotto, inoltre, saranno realizzati dei giunti unipolari a circa 500-800 m l'uno dall'altro. Il posizionamento esatto dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze al di sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto, ma certamente saranno realizzati all'interno di pozzetti denominati "buche giunti".

2.9 Cabina di raccolta

Il progetto prevede la realizzazione di una cabina di raccolta posizionata in zona limitrofa a quella della nuova SE 36-150-380kV. Tale cabina sarà costituita da un fabbricato in c.a.o. di dimensioni in pianta pari a 25m x 10m, all'interno del quale saranno alloggiati i quadri di arrivo del circuito a 36kV proveniente dall'impianto fotovoltaico, nonché il quadro di partenza del collegamento verso la SE sempre con un cavidotto a 36kV.

Inoltre la cabina sarà dotata di locali magazzino, control room e servizi igienici.

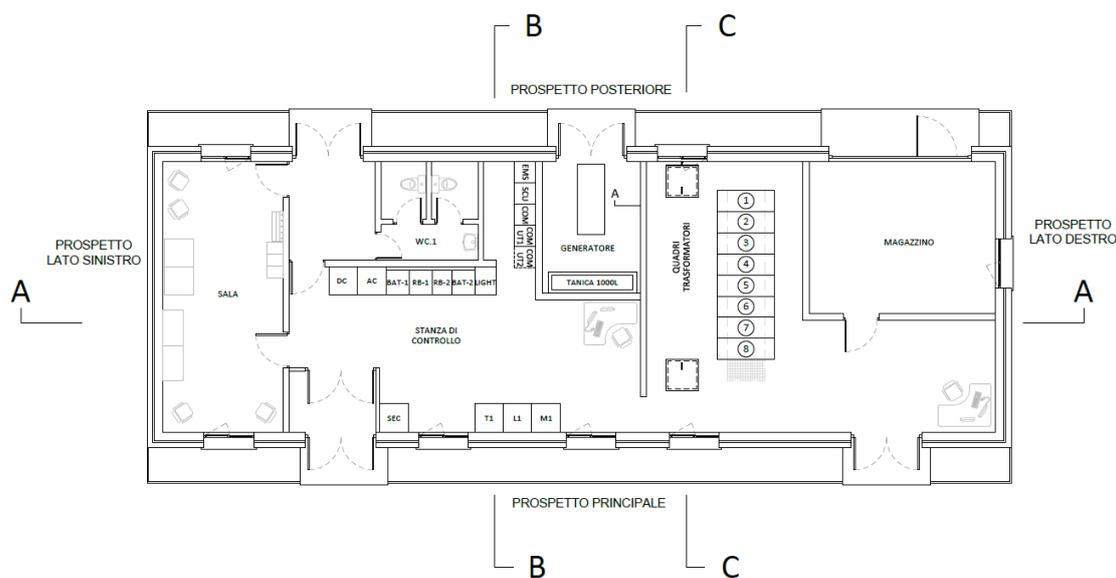


Figura 4 – Cabina di raccolta

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

3 Aspetti energetici dell'impianto fotovoltaico

3.1 Stima della produzione di energia

3.1.1 Sito di installazione

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete del distributore è stato effettuato tenendo conto, oltre che della disponibilità economica, dei seguenti parametri:

- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare.

La stima di producibilità dell'impianto è stata effettuata mediante l'applicazione PVsyst, un pacchetto software completo per lo studio, il dimensionamento, la simulazione e l'analisi dei sistemi fotovoltaici.

Le simulazioni sono state svolte per ogni campo considerando i seguenti parametri:

- Latitudine: 40.53°N;
- Longitudine: 16.48° E;
- altitudine: circa 82 m slm

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete <i>Simulazione per l'anno no 1</i>		Sistema inseguitori		Ombre vicine <i>Ombre lineari</i>	
Orientamento campo FV Orientamento <i>Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S</i> <i>Asse dell'azimut 0 °</i>		Algoritmo dell'inseguimento <i>Ottimizzazione irraggiamento</i>			
Informazione sistema Campo FV		Inverter			
<i>Numero di moduli</i>	65425 unità	<i>Numero di unità</i>		9 unità	
<i>Pnom totale</i>	39.26 MWc	<i>Pnom totale</i>		39.60 MWac	
		<i>Rapporto Pnom</i>		0.991	
Bisogni dell'utente <i>Carico illimitato (rete)</i>					

Sommario dei risultati

<i>Energia prodotta</i>	65489 MWh/anno	<i>Prod. Specific.</i>	1668 kWh/kWc/anno	<i>Indice rendimento PR</i>	83.09 %
<i>Energia apparente</i>	73269 MVAh				

3.1.2 Dati meteorologici

La versione del software PVsyst utilizzata per la simulazione ingloba al suo interno il programma Meteonorm 8.0, in grado di generare valori climatici annuali accurati e rappresentativi per qualsiasi luogo sulla terra. Meteonorm include due dei migliori modelli sul mercato per simulazioni affidabili di grandi impianti fotovoltaici.

Il database Meteonorm è composto da più di 8000 stazioni meteorologiche, cinque satelliti geostazionari e una climatologia dell'aerosol calibrata a livello globale. Su questa base, sofisticati modelli

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

di interpolazione, basati su oltre 30 anni di esperienza, forniscono risultati con elevata precisione in tutto il mondo

3.1.3 Dati tecnici

Per la simulazione sono stati utilizzati i dati tecnici dei moduli e degli inverter previsti in progetto e presenti nel database del software.

Caratteristiche campo FV			
Modulo FV		Inverter	
Costruttore	JA Solar	Costruttore	SMA
Modello	JAM78-D30-600-GB	Modello	Sunny Central 4400 UP
<i>(definizione customizzata dei parametri)</i>		<i>(PVsyst database originale)</i>	
Potenza nom. unit.	600 Wp	Potenza nom. unit.	4400 kWac
Numero di moduli FV	65425 unità	Numero di inverter	9 unità
Nominale (STC)	39.26 MWc	Potenza totale	39600 kWac

Tabella 1: caratteristiche pannelli sottocampi

3.1.4 Ombreggiamento

Il software utilizzato per il dimensionamento dell'impianto è in grado di tenere conto degli effetti dell'ombreggiamento dovuto agli elementi circostanti come la presenza di ostacoli vicini, quali le pale eoliche presenti nei dintorni, e lontani, quali i rilievi situati all'orizzonte.

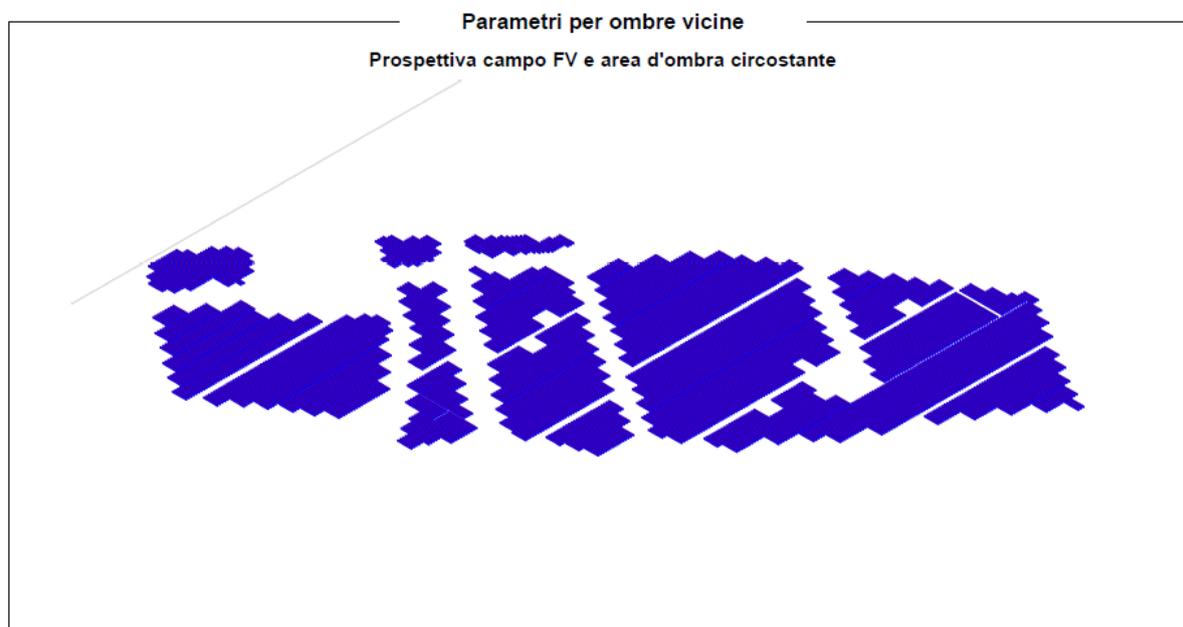


Figura 5: Scenario di simulazione dell'ombreggiamento per i moduli fotovoltaici

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

3.1.5 Perdite energetiche

Ai fini della stima della produzione di energia, sono stati considerati i seguenti fattori di perdita energetica dovuti ad una non perfetta efficienza nella trasmissione da un apparato all'altro:

- degradazione de modulo (per primo anno): 0.2%;
- perdita FV a causa del livello di irraggiamento: 0.4%;
- perdita FV a causa della temperatura: 4.6%;
- perdita per qualità del modulo: 0.7%;
- LID – (Light induced degradation): 2.0%;

La degradazione indotta dalla luce (LID) è un fenomeno meno noto che ha un impatto su un ampio segmento del mercato delle celle al silicio cristallino. In breve, è il degrado che si verifica in una cella solare nei primi giorni dopo l'installazione a causa dell'esposizione alla luce solare.

- perdita di accoppiamento, moduli e stringhe: 1.1%;
- perdita induttiva/resistiva al trasformatore: 0.9%;
- perdite ohmiche di cablaggio: 0.9%;
- perdita di inverter in funzione (efficienza): 1.4%;
- altre perdite di inverter: 0%.

L'energia annua immessa in rete è stata calcolata decurtando all'energia di irraggiamento globale disponibile sui pannelli le perdite su elencate.

3.1.6 Irraggiamento e producibilità

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei dati di irraggiamento e della conseguente energia immessa in rete (E-Grid) per il primo anno di esercizio.

Tabella 2: Risultati delle stime di producibilità

Bilanci e risultati principali

	GlobHor <i>kWh/m²</i>	DiffHor <i>kWh/m²</i>	T_Amb <i>°C</i>	GlobInc <i>kWh/m²</i>	GlobEff <i>kWh/m²</i>	EArray <i>MWh</i>	E_Grid <i>MWh</i>	PR <i>ratio</i>
Gennaio	53.5	32.38	8.91	70.2	63.4	2516	2389	0.867
Febbraio	70.9	37.50	9.67	97.6	87.9	3461	3295	0.860
Marzo	121.9	57.85	12.13	164.9	151.7	5857	5574	0.861
Aprile	146.0	78.13	14.95	186.8	173.0	6632	6312	0.861
Maggio	186.7	83.25	19.53	248.9	229.3	8513	8094	0.829
Giugno	193.7	88.91	24.44	253.1	234.3	8564	8150	0.820
Luglio	203.1	70.91	27.89	277.2	257.0	9119	8666	0.796
Agosto	184.0	76.78	27.64	249.1	232.4	8351	7948	0.813
Settembre	133.9	62.53	22.51	183.6	168.5	6242	5947	0.825
Ottobre	98.2	48.51	18.49	133.9	122.0	4629	4410	0.839
Novembre	58.3	30.83	13.99	82.0	73.3	2844	2704	0.840
Dicembre	46.8	28.38	10.31	60.5	53.2	2111	1999	0.842
Anno	1496.8	695.96	17.59	2007.7	1845.8	68838	65489	0.831

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

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

Tenendo conto di un tasso di invecchiamento dei pannelli pari allo 0.45% (valore estratto dalla scheda tecnica del produttore), è possibile calcolare l'energia media annua immessa in rete durante la vita utile dell'impianto, pari a 20 anni. Nella tabella seguente è mostrato il cronoprogramma con l'indicazione della produzione di energia per ogni anno.

Tabella 3: Cronoprogramma della producibilità media annuale lungo la vita utile dell'impianto (20 anni)

Strumenti decadimento			
MIGLIONICO-POMARICO MN80 SYN			
Anno	<i>E Grid</i>	<i>PR</i>	<i>Perdite degrad. PR</i>
	<i>MWh</i>		<i>%</i>
1	65489	0.831	0%
2	65212	0.827	-0.4%
3	64935	0.824	-0.8%
4	64659	0.82	-1.3%
5	64382	0.817	-1.7%
6	64105	0.813	-2.1%
7	63640	0.807	-2.8%
8	63175	0.802	-3.5%
9	62710	0.796	-4.2%
10	62245	0.79	-5%
11	61779	0.784	-5.7%
12	61524	0.781	-6.1%
13	61268	0.777	-6.4%
14	61012	0.774	-6.8%
15	60756	0.771	-7.2%
16	60501	0.768	-7.6%
17	60176	0.764	-8.1%
18	59851	0.759	-8.6%
19	59527	0.755	-9.1%
20	59202	0.751	-9.6%

3.1.7 Misure di irraggiamento e performance

L'impianto risulterà dotato di un sistema di monitoraggio ambientale avente l'obiettivo di mantenere monitorati i dati climatici e di irraggiamento sul campo fotovoltaico.

In particolare, verranno misurati, con idonei strumenti quali ad esempio celle solari e piranometri i dati di irraggiamento in un numero adeguato di strumenti distribuiti sul campo, oltre al dato della temperatura con sensori a contatto posti direttamente sui moduli.

La valutazione delle prestazioni energetiche sarà poi determinata tramite il calcolo del cosiddetto PR "Performance Ratio".

3.2 Risparmio di combustibile ed emissioni evitate in atmosfera

Ad oggi la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile. Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il TEP, ossia il

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

numero di **tonnellate equivalenti di petrolio** risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica. L'impianto fotovoltaico consente inoltre la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

Secondo l'art. 2 della Delibera EEN 3/08 è possibile considerare il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria pari a:

$$f_c = 0,187 \text{ TEP/MWh}$$

Nel presente caso, pertanto, considerando una produzione media dell'impianto al primo anno di vita di 65489 MWh (Tabella 3), le TEP risparmiate in un anno sono pari a:

$$T_1 = 0,187 \cdot 65.489 = 233.029,68 \text{ TEP}$$

Mentre quelle risparmiate in 20 anni, sulla base di una produzione complessiva di 1.246.148 MWh (Tabella 4), sono pari a:

$$T_{20} = 0,187 \cdot 1.246.148 = \mathbf{4.660.593,52 \text{ TEP}}$$

Tabella 4: Calcolo producibilità in 20 anni

Anno	Produzione di energia (MWh)
1	65 489
2	65 212
3	64 935
4	64 659
5	64 382
6	64 105
7	63 640
8	63 175
9	62 710
10	62 245
11	61 779
12	61 524
13	61 268
14	61 012
15	60 756
16	60 501
17	60 176
18	59 851
19	59 527
20	59 202
Totale	1 246 148,00

Nella tabella seguente è possibile notare le quantità delle principali emissioni in atmosfera che la realizzazione dell'impianto consente di evitare.

Emissioni in atmosfera EVITATE	CO2	SO2	Nox	Polveri
Emissioni evitate (g/kWh)	496,00	0,93	0,58	0,029
Emissioni evitate in 1 anno (Ton)	16 750,91	31,41	19,59	0,98
Emissioni evitate in 20 anni (Ton)	318 077,92	596,40	371,95	18,60

Tabella 5: Emissioni in atmosfera evitate (fonte: Rapporto ambientale ENEL 2006)

4 Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione

Nel presente capitolo sono contenute tutte le soluzioni impiantistiche adottate per la protezione dell'impianto in progetto sia in linea generale che, più in dettaglio, contro i fulmini.

4.1 Protezione generale

Gli impianti saranno costruiti in modo da consentire al personale addetto all'esercizio ed alla manutenzione di circolare e di intervenire in sicurezza in ogni punto dell'impianto, secondo le circostanze, nell'ambito dei propri compiti e delle autorizzazioni concesse e in linea con la Norma CEI 64-8.

4.1.1 Protezione contro i contatti diretti

Nella costruzione degli impianti va considerato di evitare il contatto non intenzionale con parti attive od il raggiungimento di zone pericolose prossime alle parti attive.

Per quanto riguarda le parti attive, vanno protette quelle con il solo isolamento funzionale e le parti che possono essere considerate a potenziale pericoloso:

- parti esposte attive;
- parti degli impianti dove sono state rimosse guaine metalliche collegate a terra o schermi conduttori di cavi;
- cavi ed accessori sprovvisti di schermi metallici collegati a terra, nonché cavi flessibili sprovvisti di schermi conduttori elastomerici;
- terminali e guaine conduttrici dei cavi, se essi possono portarsi ad una tensione pericolosa;
- corpi isolanti di isolatori ed altre parti simili, se può insorgere una tensione di contatto pericolosa;
- telai o contenitori di condensatori, convertitori e trasformatori di conversione, che possono essere in tensione durante il normale esercizio;
- avvolgimenti di macchine elettriche, trasformatori e reattori.

I tipi di protezioni che potrebbero essere adottati sono i seguenti:

- protezione per mezzo di involucri;
- protezione per mezzo di barriere (ripari);
- protezione per mezzo di ostacoli (parapetti);
- protezione mediante distanziamento.

Le barriere devono impedire che nessuna parte del corpo di un uomo possa raggiungere la zona di guardia prossima alle parti attive e possono quindi essere pareti piene, pannelli o reti metalliche con un'altezza minima di 2000 mm.

Gli ostacoli possono essere realizzati tramite l'impiego di coperture, parapetti, catene e corde oppure utilizzando pareti piene, pannelli o reti metalliche con un'altezza inferiore ai 2000 mm e che quindi non possono rientrare nelle barriere.

La protezione mediante distanziamento si ottiene collocando le parti attive al di fuori della zona dove le persone possono abitualmente soffermarsi o muoversi tenendo conto della distanza che si può raggiungere con le mani in qualsiasi direzione.

Le porte dei locali per le apparecchiature o per gli scomparti, utilizzate come elementi di chiusura, devono essere progettate in modo tale da poter essere aperte solo mediante attrezzi o chiavi.

4.1.2 Protezione contro i contatti indiretti

Nei sistemi di II categoria per la protezione contro i contatti indiretti la cabina deve essere dotata di un impianto di terra conforme alla Norma CEI 11-1.

Le masse o masse estranee facenti parte della cabina devono essere collegate all'impianto di terra. Per poter dimensionare l'impianto di terra si deve richiedere all'Ente Distributore:

- il valore della corrente di guasto a terra della rete;
- il tempo di eliminazione del guasto.

Le prescrizioni da rispettare affinché venga assicurata la protezione sono:

- Neutro collegato direttamente a terra;
- Conduttore di neutro e conduttore di protezione comuni PEN: sistema TN-C;
- Conduttore di neutro e conduttore di protezione separati PE + N: sistema TN-S;
- Masse di utilizzazione collegate al conduttore di protezione, a sua volta collegato a terra in più punti e alla messa a terra dell'alimentazione;
- Sgancio obbligatorio al primo guasto d'isolamento, eliminato tramite i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti o del differenziale.

I dispositivi di interruzione automatica ammessi dalle norme sono:

- Il dispositivo a corrente differenziale;
- Il dispositivo contro le sovracorrenti.

In un sistema IT il neutro del trasformatore non è connesso a terra, si dice, quindi, "sistema a neutro isolato". In questo tipo di sistema non è prevista alcuna protezione contro i contatti indiretti, in quanto l'intero sistema si ritiene isolato.

Un sistema come quello in oggetto viene impiegato, generalmente, laddove siano presenti situazioni di lavoro ove sia prioritaria la continuità del servizio, in quanto la presenza di un primo guasto a terra non dà luogo a correnti di valore elevato e /o pericoloso per le persone. La corrente di guasto a terra assume valori molto bassi, tipicamente fino a 2 A, e si richiude sul nodo di alimentazione attraverso l'impianto di terra delle masse e le capacità verso terra dei conduttori di linea. Il ridotto valore della corrente di guasto fa sì che non si abbia alcun intervento delle protezioni, le tensioni di contatto originate assumeranno, quindi, valori particolarmente bassi.

Normalmente in sistemi di questo tipo si prevede l'utilizzo di un dispositivo di controllo di isolamento il quale verifica se, effettivamente, il sistema rimane isolato nel tempo o sia necessario intervenire per ripristinare l'isolamento, segnalando le eventuali condizioni anomale che si manifestano in caso di guasto.

Questo dispositivo segnala qualsiasi riduzione significativa del livello di isolamento dell'impianto permettendo così l'individuazione della causa di questa riduzione prima del verificarsi di un secondo guasto a terra, che causerebbe l'interruzione dell'alimentazione.

Nel caso di doppio guasto a terra, infatti, si viene a modificare il sistema di distribuzione vanificando ogni beneficio di una rete isolata da terra. In funzione di come sono collegate le masse degli utilizzatori all'impianto di terra il sistema potrebbe passare da una situazione IT a TN o TT, in entrambi i casi si avrebbero elevate correnti di guasto.

La norma prevede dunque che, in presenza di un doppio guasto a terra, il sistema debba essere interrotto, con modalità diverse nel caso di sistemi TT o TN cui migrerebbe il sistema IT di partenza.

La norma, inoltre, raccomanda di non distribuire il conduttore di neutro nei sistemi IT, in primis per evitare il rischio che, in sistemi relativamente complessi, questo possa essere accidentalmente collegato a terra, vanificando in tal modo i vantaggi di un sistema IT; la seconda ragione secondo cui la norma raccomanda di non distribuire il neutro è legata a problematiche più prettamente impiantistiche, in quanto l'impedenza dell'anello di doppio guasto nei sistemi con neutro distribuito deve risultare inferiore che non nei sistemi a neutro non distribuito, con la conseguenza delle difficoltà pratiche nella realizzazione di una impedenza bassa e la conseguente difficoltà di coordinamento dei dispositivi di interruzione automatica per la protezione dai contatti indiretti.

4.1.3 Protezioni dai sovraccarichi

Per assicurare la protezione contro i sovraccarichi di una condotta avente corrente di impiego I_b e portata I_z ($I_b < I_z$) si deve installare nel circuito della condotta st un dispositivo di protezione avente corrente nominale I_n e corrente convenzionale di funzionamento I_f che soddisfino le condizioni seguenti:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1.45 \cdot I_z$$

dove I_f è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi deve avere caratteristiche tali da consentire, senza interrompere il circuito, i sovraccarichi di breve durata che si producono nell'esercizio ordinario (Norme CEI 64-8).

Per quanto riguarda il rispetto della seconda condizione, nel caso di interruttori automatici non è necessaria alcuna verifica, in quanto la corrente di sicuro funzionamento è, rispettivamente:

- $1.45 \cdot I_z$ per interruttori uso domestico conformi alla CEI 23-3;
- $1.30 \cdot I_z$ per interruttori uso industriale conformi alla CEI-EN 60947-2.

4.1.4 Protezione conduttori contro il corto circuito

I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti devono rispondere alle seguenti condizioni.

- 1) Devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione. È tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore, a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione; in questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che il valore di $I^2 \cdot t$ lasciato passare dal dispositivo a monte non risulti superiore a quello che può essere sopportato senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette. La corrente di cortocircuito da prendere in considerazione deve essere la più elevata che si può produrre in relazione alle configurazioni; in caso di impianto trifase si deve considerare il guasto trifase.
- 2) Devono intervenire in un tempo inferiore a quello che porterebbe la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile. Questa condizione deve essere verificata per un cortocircuito che si produca in un punto qualsiasi della condotta protetta. In prima

approssimazione, per cortocircuiti di durata non superiore a 5 sec, la condizione che il cortocircuito non alzi la temperatura dei conduttori dal valore massimo in servizio normale oltre al limite ammissibile si può verificare con la formula $I^2 \cdot t < k^2 \cdot S^2$ oppure verificando la curva dell'integrale di Joule fornita dal costruttore (Norma CEI 64-8).

4.1.5 Cartelli

Nella cabina MT/BT si dovranno installare i cartelli (di divieto, avvertimento e avviso) sotto elencati, realizzati (pittogrammi ed eventuali scritte) secondo le disposizioni di legge in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro (d.lgs. 81/2008 e s.m.i.).

I segnali, le targhe, i cartelli posti all'esterno devono essere scritti con caratteri indelebili su un supporto che garantisca una buona resistenza alle intemperie.

All'esterno della cabina, su ciascuna porta d'accesso e su ogni lato di eventuali recinzioni saranno posti i seguenti cartelli:

- Divieto d'accesso alle persone non autorizzate;
- Tensione elettriche pericolosa;

Sulla porta d'ingresso al locale, oltre ai tre precedenti, saranno posti i seguenti cartelli:

- Divieto di usare acqua per spegnere incendi;
- Tensione.

All'interno della cabina si dovranno avere:

- Istruzioni relative ai soccorsi d'emergenza da prestare agli infortunati per cause elettriche compilato nelle parti relative ai numeri telefonici da contattare in caso di necessità (medici, ospedali, ambulanze, ecc. più vicini);
- Schema elettrico;
- In prossimità delle apparecchiature di MT, indicare la tensione;
- A disposizione del personale addetto alla manutenzione, il cartello indicante il divieto di effettuare manovre;
- Sulle eventuali uscite di emergenza l'apposito segnale.

Nel caso sia prevista una sorgente autonoma di energia, questa viene segnalata mediante apposita targa posta in corrispondenza del dispositivo di sezionamento del circuito che la collega alla cabina.

Quando la cabina prevede batterie di condensatori e/o batterie di accumulatori, le porte delle celle corrispondenti sono munite di una targa che segnala la presenza di condensatori e delle batterie di accumulatori.

Per cabine elettriche complesse è opportuno che sia esposto uno schema unifilare per permettere anche in caso di urgenza una rapida comprensione delle manovre da eseguire.

Si consiglia inoltre la predisposizione di una tasca porta documenti fissata alla parete.

I dati relativi alla regolazione delle protezioni, le sezioni dei cavi, ecc. possono essere riportati su schemi diversi e tenuti a disposizione per gli interventi di manutenzione o modifica.

4.1.6 Materiale per l'esercizio e la manutenzione

In ciascun locale dove possono essere effettuate manovre sull'impianto di II categoria, a meno che gli addetti non ne siano dotati, devono essere disponibili le appropriate dotazioni di sicurezza (pedane o tappeti isolanti, fioretto di manovra, guanti isolanti).

4.1.7 Mezzi di estinzione

Gli eventuali mezzi di estinzione devono essere collocati in luoghi facilmente accessibili anche in caso di incendio. L'acqua non deve essere usata per lo spegnimento di incendi, quando le materie con le quali verrebbe a contatto possono reagire in modo da aumentare notevolmente di temperatura o da svolgere gas infiammabili o nocivi. L'acqua (a meno che non si tratti di acqua nebulizzata) e le altre sostanze conduttrici non devono essere usate in prossimità di conduttori, macchine e apparecchi elettrici sotto tensione e si consiglia vivamente di non ricorrere a getti d'acqua per lo spegnimento di fiamme o incendio che si siano prodotti all'interno del locale cabina.

4.1.8 Qualifica del personale

Il personale che entra in cabina è autorizzato nel momento stesso in cui riceve la chiave dal responsabile dell'impianto. Ovviamente, può essere autorizzata una persona che abbia conoscenze tecniche o esperienza (persona esperta - PES) o che abbia ricevuto istruzioni specifiche sufficienti per permetterle di prevenire i pericoli dell'elettricità, in relazione a determinate operazioni condotte in condizioni specificate (persona avvertita - PAV).

Persona esperta è, ad esempio, un installatore o un manutentore qualificato. L'addetto alle pulizie della cabina è invece una persona comune e per diventare persona avvertita deve ricevere adeguate istruzioni e/o sorveglianza, in relazione al tipo di cabina (a giorno o con quadri chiusi), al tipo di intervento richiesto ed agli attrezzi utilizzati. Ad esempio, per eseguire la pulizia di una cabina a giorno con parti attive accessibili deve essere sorvegliato da una persona esperta. In una cabina con parti attive non accessibili è sufficiente un'informazione sui rischi presenti e comportamenti da seguire.

Da notare che gli aggettivi "esperta" o "avvertita" hanno una validità generale e non sono da confondere con il caso particolare relativo alle qualifiche richieste per i lavori elettrici. In altre parole, per entrare in cabina non è necessario avere la qualifica di persona esperta o avvertita ai fini dei lavori elettrici, a meno che non si debbano eseguire tali lavori.

4.1.9 Apparecchiature e componenti

Cavi

I cavi dei sistemi di II categoria devono essere dotati di uno schermo o di una guaina metallica connessa a terra almeno ad una estremità del cavo.

Connessioni elettriche

Le connessioni elettriche devono essere eseguite in modo tale da non rappresentare punti deboli e devono essere studiate in modo da limitare la possibilità di effluvio, presentare una bassa resistenza elettrica e un'adeguata resistenza meccanica. In particolare, le connessioni dovranno avere caratteristiche elettriche e termiche non inferiori a quelle dei cavi o dei conduttori ad essi collegati. Le connessioni dei conduttori con i terminali degli apparecchi devono essere comunque tali da non trasmettere ai terminali inammissibili sollecitazioni termiche o meccaniche dovute a peso, dilatazione, vibrazioni, correnti di

cortocircuito. Si raccomanda particolare attenzione all'ancoraggio dei cavi unipolari in corrispondenza alle connessioni terminali. Le connessioni devono essere realizzate con metalli che non diano luogo a coppie elettrolitiche; ove ciò non sia possibile devono essere adottati provvedimenti atti ad evitare il contatto diretto tra gli stessi. Le superfici di contatto delle connessioni devono essere preparate e protette in modo da assicurare il mantenimento nel tempo delle loro caratteristiche di conduttività.

Materiali isolanti

I materiali isolanti devono essere scelti in base alla tensione, all'ambiente di installazione e alla temperatura massima di servizio continuativo cui sono sottoposti e devono avere adeguate caratteristiche di non propagazione della fiamma. In caso di locali contigui tra i quali si voglia realizzare la separazione, la continuità dei circuiti che non siano realizzati a mezzo di cavi viene assicurata a mezzo di appositi isolatori a passante. Se si adottano altri sistemi, questi devono offrire la stessa garanzia di segregazione degli isolatori passanti.

Sezionatori

Nei sistemi di II categoria un dispositivo di sezionamento deve essere previsto in corrispondenza di ogni interruttore, dei fusibili di protezione e di ogni interruttore di manovra che non soddisfi le norme dei sezionatori. La possibilità di sezionamento del circuito deve essere prevista anche sulle linee di alimentazione o con possibile alimentazione di ritorno ed il sezionatore può essere posizionato anche lontano dalla cabina stessa. Gli apparecchi di manovra in esecuzione estraibile delle apparecchiature prefabbricate con involucro metallico svolgono anche la funzione di sezionatore. I sezionatori sono in genere interbloccati con i relativi apparecchi di manovra in modo da impedire la loro apertura o chiusura sotto carico. Qualora ciò non venga realizzato, sul pannello frontale della cella è consigliabile che sia indicata la corretta sequenza delle operazioni di manovra. I dispositivi di sezionamento devono essere equipaggiati in modo da permetterne il bloccaggio in posizione di aperto e chiuso. Il comando del dispositivo di sezionamento deve consentire l'applicazione dei blocchi eventualmente previsti in base alle esigenze della cabina. Ad ogni sezionatore o apparecchio di manovra in esecuzione estraibile è opportuno associare un sezionatore di terra interbloccato con la sua posizione di aperto o sezionato. Nel caso di sezionatori di terra posti in corrispondenza di una linea per la quale esiste la possibilità di alimentazione dall'altra estremità possono essere prese in considerazione, ad esempio, le seguenti soluzioni:

- Uso di sezionatore di terra con blocco a chiave condizionato al sicuro sezionamento della linea all'altra estremità;
- Uso di sezionatore di terra con potere di chiusura adeguato al valore della corrente di cortocircuito nel punto di installazione.

I sezionatori e i sezionatori di terra devono avere caratteristiche termiche e dinamiche adeguate all'intensità e alla durata della corrente di cortocircuito calcolata nel punto di installazione. Il comando meccanico deve essere facilmente manovrabile dall'operatore e dal posto di comando deve essere possibile riconoscere la posizione raggiunta dal dispositivo di sezionamento mediante una delle seguenti condizioni:

- Sezionamento visibile;
- Segnalazione di un dispositivo indicatore sicuro;

- Posizione della parte estraibile rispetto alla parte fissa chiaramente identificabile rispetto al completo inserimento od al completo sezionamento.

Interruttori

Nei sistemi di II categoria gli interruttori devono avere un potere di interruzione e di chiusura adeguato alla corrente di cortocircuito calcolata nel punto di installazione. Gli interruttori devono avere un comando di apertura e di chiusura con manovra indipendente dall'operatore. Quando è previsto un comando con sorgente esterna di energia, deve essere previsto anche un comando a mano di emergenza.

Interruttori di manovra

Nei sistemi di II categoria per gli interruttori valgono le disposizioni sopraelencate e per gli interruttori di manovra sezionatori si fa riferimento al paragrafo "Sezionatori" di questa relazione. Nel caso di combinazione interruttore di manovra-fusibile l'intervento di un fusibile deve provocare l'apertura automatica di tutti i poli dell'interruttore di manovra.

Relè di protezione

Ogni circuito equipaggiato con interruttore che svolge la funzione di protezione del circuito stesso deve essere dotato di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti che agiscono sul comando di apertura dell'interruttore.

I dispositivi di protezione possono essere:

- Relè diretti;
- Relè indiretti senza alimentazione ausiliaria;
- Relè indiretti con alimentazione ausiliaria.

I relè indiretti possono essere inseriti sia a monte che a valle dell'interruttore purché sia assicurato il funzionamento corretto dell'insieme, inoltre si deve prestare particolare attenzione all'adeguatezza delle loro caratteristiche termiche e dinamiche.

I relè di massima corrente possono essere con caratteristica di intervento a tempo dipendente, indipendente, istantaneo o con una combinazione di queste.

L'alimentazione dei circuiti amperometrici dei relè indiretti dovrebbe essere fatta preferibilmente da trasformatori di corrente di protezione o, nel caso di trasformatori con più secondari, utilizzando i secondari di protezione.

Nel caso di impiego di relè indiretti senza alimentazione ausiliaria, l'energia necessaria al funzionamento del relè e dello sganciatore viene prelevata direttamente dalla corrente di guasto. Il relè deve essere dotato di un dispositivo di prova che consenta di verificare agevolmente il suo corretto funzionamento.

Nel caso di impiego di relè indiretti con alimentazione ausiliaria, è necessario disporre di una sorgente indipendente che assicuri l'alimentazione anche in caso di guasto.

TA e TV di protezione

I trasformatori di corrente (TA) e i trasformatori di tensione (TV) di protezione hanno esigenze e quindi caratteristiche diverse dai TV di misura. I TA e TV di misura devono garantire una corretta misurazione della grandezza (corrente o tensione), nel proprio campo d'impiego e salvaguardare gli strumenti di misura da eventuali sovracorrenti. Ad esempio, i TA di misura garantiscono in genere una risposta lineare per correnti da $0,1 I_n$ a $1,2 I_n$ e saturano rapidamente per valori superiori, in modo che eventuali correnti di cortocircuito non danneggiano i delicati equipaggi degli strumenti di misura collegati sul secondario. I TA e i TV di protezione, invece, devono garantire una rilevazione corretta della grandezza elettrica per un campo di valori molto più ampio di un trasformatore di misura. Non si può impiegare un TA di misura per alimentare un relè di protezione, perché il TA di misura va in saturazione con le correnti di cortocircuito: la corrente sul secondario non è più proporzionale a quella sul primario e potrebbe non provocare l'intervento delle protezioni di massima corrente. I circuiti secondari di TA e TV devono essere collegati a terra (se non sono separati dal primario con uno schermo messo a terra), con conduttore di sezione minima $2,5 \text{ mm}^2$ se protetto meccanicamente, altrimenti 4 mm^2 .

Trasformatori

I trasformatori devono essere installati in modo da impedire contatti accidentali con i terminali e le superfici isolanti degli avvolgimenti. Il trasformatore va installato in uno dei seguenti modi:

- Dietro barriere rigide, di altezza almeno uguale a 2 m;
- Dietro ostacoli di altezza compresa tra 1,2 m e 1,4 m (parapetti catene o funi), aventi una distanza minima dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore maggiore o uguale alla distanza di guardia $A = (dg + 1250) \text{ mm}$;
- In involucri con grado di protezione almeno IP2X. Al di fuori delle cabine elettriche è richiesto un grado di protezione minimo IP23D.

Per quanto riguarda la possibilità di installazione dietro barriere rigide, bisogna tener conto che:

- Per barriere con grado di protezione maggiore o uguale a IP1XB la distanza dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore deve essere maggiore o uguale alla distanza di guardia (dg);
- Per barriere metalliche, collegate a terra, con grado di protezione maggiore o uguale a IP3X la distanza dai terminali e dalle superfici isolanti del trasformatore deve essere maggiore o uguale alla distanza di isolamento fase – terra (N).

I trasformatori in resina possono essere installati, senza particolari accorgimenti, nello stesso locale con i quadri di media e bassa tensione. Nel caso di più trasformatori in resina di classe F1 nello stesso locale, non sono prescritte particolari precauzioni contro gli incendi, né provvedimenti per la loro separazione.

Una separazione tra i trasformatori, mediante pareti di materiale incombustibile è comunque vantaggiosa, perché permette di accedere in sicurezza a ciascuna unità, mantenendo le altre in servizio. Gli involucri di protezione ostacolano la libera circolazione dell'aria, il che potrebbe portare al declassamento della potenza del trasformatore.

Le ditte costruttrici hanno pertanto adottato, per potenze fino a 2500 kVA, opportuni accorgimenti che creano all'interno degli involucri le stesse condizioni ambientali che si avrebbero in assenza del contenitore. Tali condizioni devono essere garantite dal costruttore del trasformatore, che generalmente

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

è anche fornitore dell'involucro. L'accesso all'involucro di protezione, necessario per le normali operazioni di ispezione e di manutenzione, deve essere effettuato con l'impianto fuori servizio e in sicurezza. A tal fine, un sistema di interblocco a chiave con gli organi di sezionamento, oppure l'impiego di pannelli avvitati asportabili solo con l'uso di attrezzi, contribuiscono ad aumentare la sicurezza degli operatori contro i contatti diretti.

Pulsanti di sgancio della cabina

Il pulsante di sgancio collocato in corrispondenza della porta di accesso di una cabina MT/BT non è obbligatorio; esso solitamente comanda l'apertura del dispositivo generale della cabina stessa e lascia in tensione la parte di impianto che si trova a monte di questo dispositivo. A meno di evitare altri accorgimenti, il pulsante di sgancio potrebbe indurre ad erronee conseguenze, ad esempio in caso di incendio.

È richiesto che la funzione del comando di emergenza sia chiaramente segnalata installando presso il medesimo un idoneo cartello, recante la scritta "interruttore generale, attivare in caso d' emergenza" o un'altra scritta simile.

Per il collegamento del pulsante di sgancio è bene utilizzare una conduttura in cavo e in tubo protettivo. È fondamentale che il comando sia efficiente, e per questo si usano principalmente due sistemi:

- Bobina a minima tensione;
- Bobina a lancio di corrente con segnalazione ottica dell'integrità del circuito.

Per il comando a lancio di corrente è opportuno che sia presente un gruppo di continuità statico UPS per l'alimentazione in emergenza dei circuiti di sgancio (tale gruppo sarà utilizzabile anche per la strumentazione della centralina dei trasformatori e per la visualizzazione permanente in caso di black-out, ecc.).

4.2 Protezione contro i fulmini

L'impianto in progetto sarà soggetto a periodica manutenzione che comporta, pertanto, la presenza occasionale del personale addetto. Secondo il decreto Legislativo 81/2008, quindi, il datore di lavoro alla denuncia all'ASL/ARPA e all'ISPESL dei dispositivi di collegamento a terra e di dispersione delle scariche atmosferiche e alla verifica periodica degli stessi da parte dell'ASL/ARPA, o di un organismo abilitato, secondo l'art. 4 dello stesso decreto.

4.2.1 Protezioni contro le tensioni di passo e contatto

Con il collegamento delle strutture metalliche all'impianto di terra dei prefabbricati si crea una situazione di equipotenzialità tale da evitare l'insorgere di pericolose tensioni di passo e contatto.

4.2.2 Protezioni delle apparecchiature da sovratensioni

Sono previste idonee protezioni contro le sovratensioni, sia per il lato in corrente continua, con scaricatori di sovratensioni su ogni campo fotovoltaico, sia sul lato in corrente alternata.

4.2.3 Impianto di terra

Realizzazione dell'impianto di terra

L'impianto di terra della cabina sarà realizzato con un anello perimetrale in corda di rame nudo e ai quattro vertici verranno posti dei picchetti in acciaio zincato di lunghezza 2 m completi di collare per il fissaggio della corda di rame. È opportuno che siano presi tutti i provvedimenti per limitare gli effetti della corrosione con particolare attenzione agli accoppiamenti di metalli diversi. Il terreno di riempimento intorno al dispersore dovrà essere del tipo vegetale e non contenere materiale di risulta.

L'impianto di terra realizza il collegamento equipotenziale di tutte le parti metalliche. La sezione dei conduttori equipotenziali principali sarà maggiore o uguale a metà di quella del conduttore di protezione principale di sezione maggiore, con un minimo di 6 mm².

L'impianto di dispersione sarà costituito da dispersori a puntazza di acciaio zincato $l = 2$ m e da treccia di rame nuda $S = 50$ mm².

Andrà realizzato il collegamento a terra delle strutture metalliche.

Gli impianti di terra delle strutture prefabbricate sono tutti tra essi collegati e da questi alle strutture metalliche dell'impianto, anch'esse connesse a terra. Si crea, in tal modo, una unica maglia equipotenziale comune a tutto l'impianto, tale da evitare l'insorgere di tensioni pericolose di passo e di contatto.

Al conduttore di protezione dell'impianto di terra andranno collegate tutte le masse metalliche che, per cedimento dell'isolamento, potrebbero assumere il potenziale dell'impianto (tubazioni, canaline, cassette e scatole metalliche, carcasse dei quadri elettrici).

Verifica dell'impianto di terra

Conoscendo la massima corrente di guasto a terra I_f e il tempo di eliminazione del guasto a terra t_f richiesti dall'ente distributore, e quindi il valore di contatto U_{tp} ammissibile in relazione al tempo di intervento delle protezioni (tabella C.3 della CEI 11-1), si può calcolare il massimo valore della resistenza di terra ammissibile.

Se la massima tensione di contatto rientra nei limiti $U_t \leq U_{tp}$ l'impianto di terra è considerato idoneo, altrimenti bisogna intervenire per riportare la tensione di contatto entro i limiti di sicurezza.

Se nei locali saranno presenti lavoratori subordinati anche solo stagionali si fa presente che si dovrà procedere alla verifica dell'impianto di terra e alla denuncia all'ISPESL e all'ASL/ARPA.

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 39,25 MWp da realizzare nel territorio comunale di Miglionico e Pomarico (MT) all'interno dell'area SIN VAL BASENTO, integrato con un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

A.5.a. Relazione tecnica impianto fotovoltaico

ALLEGATO 1: risultati simulazione parco FV con software PVSYST

PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: BLUSOLAR MIGLIONICO 1

Variante: Simulazione moduli bifacciali tracker pitch 5m

Sistema inseguitori

Potenza di sistema: 39.26 MWc

MIGLIONICO-POMARICO - Italy

Autore

F4 ingegneria Srl (Italy)



PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Sommario del progetto

<p>Luogo geografico MIGLIONICO-POMARICO Italia</p>	<p>Ubicazione Latitudine 40.53 °N Longitudine 16.48 °E Altitudine 82 m Fuso orario UTC+1</p>	<p>Parametri progetto Albedo 0.20</p>
<p>Dati meteo MIGLIONICO-POMARICO Meteonorm 8.0, Sat=100% - Sintetico</p>		

Sommario del sistema

<p>Sistema connesso in rete Simulazione per l'anno no 1</p>	<p>Sistema inseguitori</p>		<p>Ombre vicine Ombre lineari</p>
<p>Orientamento campo FV Orientamento Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °</p>	<p>Algoritmo dell'inseguimento Ottimizzazione irraggiamento</p>		
<p>Informazione sistema Campo FV Numero di moduli 65425 unità Pnom totale 39.26 MWc</p>	<p>Inverter Numero di unità 9 unità Pnom totale 39.60 MWac Rapporto Pnom 0.991</p>		
<p>Bisogni dell'utente Carico illimitato (rete)</p>			

Sommario dei risultati

Energia prodotta	65489 MWh/anno	Prod. Specif.	1668 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR	83.09 %
Energia apparente	73269 MVAh				

Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione orizzonte	7
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	8
Risultati principali	9
Diagramma perdite	10
Grafici speciali	11
Strumenti decadimento	12



PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Parametri principali

Sistema connesso in rete		Sistema inseguitori			
Orientamento campo FV		Algoritmo dell'inseguimento		Configurazione inseguitori	
Orientamento		<i>Ottimizzazione irraggiamento</i>		<i>N. di eliostati</i> 1231 unità	
<i>Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S</i>				Dimensioni	
<i>Asse dell'azimut</i> 0 °				<i>Distanza eliostati</i> 5.00 m	
				<i>Larghezza collettori</i> 2.47 m	
				<i>Fattore occupazione (GCR)</i> 49.3 %	
				<i>Phi min / max</i> +/- 55.0 °	
				Angoli limite ombreggiamento	
				<i>Limiti phi</i> +/- 60.3 °	
Modelli utilizzati					
<i>Trasposizione</i> Perez					
<i>Diffuso</i> Perez, Meeonorm					
<i>Circumsolare</i> separare					
Orizzonte		Ombre vicine		Bisogni dell'utente	
<i>Altezza media</i> 5.3 °		<i>Ombre lineari</i>		<i>Carico illimitato (rete)</i>	
Sistema a moduli bifacciali					
<i>Modello</i>		<i>Calcolo 2D</i>			
		<i>eliostati illimitati</i>			
Geometria del modello bifacciale				Definizioni per il modello bifacciale	
<i>Distanza eliostati</i> 5.00 m				<i>Albedo dal suolo</i> 0.30	
<i>ampiezza eliostati</i> 2.47 m				<i>Fattore di Bifaccialità</i> 70 %	
<i>GCR</i> 49.3 %				<i>Ombreg. posteriore</i> 5.0 %	
<i>Altezza dell'asse dal suolo</i> 2.10 m				<i>Perd. Mismatch post.</i> 10.0 %	
				<i>Frazione trasparente della tettoia</i> 0.0 %	
Punto di immissione in rete					
Fattore di potenza					
<i>Cos(phi) (ritardo)</i> 0.900					

Caratteristiche campo FV

Modulo FV		Inverter	
<i>Costruttore</i>	JA Solar	<i>Costruttore</i>	SMA
<i>Modello</i>	JAM78-D30-600-GB	<i>Modello</i>	Sunny Central 4400 UP
<i>(definizione customizzata dei parametri)</i>		<i>(PVsyst database originale)</i>	
<i>Potenza nom. unit.</i>	600 Wp	<i>Potenza nom. unit.</i>	4400 kWac
<i>Numero di moduli FV</i>	65425 unità	<i>Numero di inverter</i>	9 unità
<i>Nominale (STC)</i>	39.26 MWc	<i>Potenza totale</i>	39600 kWac
Campo #1 - Sottocampo #1			
<i>Numero di moduli FV</i>	6025 unità	<i>Numero di inverter</i>	1 unità
<i>Nominale (STC)</i>	3615 kWc	<i>Potenza totale</i>	4400 kWac
<i>Moduli</i>	241 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		<i>Voltaggio di funzionamento</i>	962-1325 V
<i>Pmpp</i>	3303 kWc	<i>Rapporto Pnom (DC:AC)</i>	0.82
<i>U mpp</i>	1017 V		
<i>I mpp</i>	3248 A		



PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Caratteristiche campo FV

Campo #2 - Sottocampo #2

Numero di moduli FV	7475 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4485 kWc	Potenza totale	4400 kWac
Moduli	299 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	962-1325 V
Pmpp	4098 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.02
U mpp	1017 V		
I mpp	4030 A		

Campo #3 - Sottocampo #3

Numero di moduli FV	7800 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4680 kWc	Potenza totale	4400 kWac
Moduli	312 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	962-1325 V
Pmpp	4276 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.06
U mpp	1017 V		
I mpp	4205 A		

Campo #4 - Sottocampo #4

Numero di moduli FV	7525 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4515 kWc	Potenza totale	4400 kWac
Moduli	301 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	962-1325 V
Pmpp	4125 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.03
U mpp	1017 V		
I mpp	4057 A		

Campo #5 - Sottocampo #5

Numero di moduli FV	6425 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	3855 kWc	Potenza totale	4400 kWac
Moduli	257 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	962-1325 V
Pmpp	3522 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	0.88
U mpp	1017 V		
I mpp	3464 A		

Campo #6 - Sottocampo #6

Numero di moduli FV	7775 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4665 kWc	Potenza totale	4400 kWac
Moduli	311 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	962-1325 V
Pmpp	4262 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.06
U mpp	1017 V		
I mpp	4192 A		

Campo #7 - Sottocampo #7

Numero di moduli FV	7350 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4410 kWc	Potenza totale	4400 kWac
Moduli	294 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	962-1325 V
Pmpp	4029 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.00
U mpp	1017 V		
I mpp	3962 A		



PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Caratteristiche campo FV

Campo #8 - Sottocampo #8			
Numero di moduli FV	7975 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4785 kWc	Potenza totale	4400 kWac
Moduli	319 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	962-1325 V
Pmpp	4372 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.09
U mpp	1017 V		
I mpp	4299 A		
Campo #9 - Sottocampo #9			
Numero di moduli FV	7075 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4245 kWc	Potenza totale	4400 kWac
Moduli	283 Stringhe x 25 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	962-1325 V
Pmpp	3878 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	0.96
U mpp	1017 V		
I mpp	3814 A		
Potenza PV totale		Potenza totale inverter	
Nominale (STC)	39255 kWp	Potenza totale	39600 kWac
Totale	65425 moduli	Numero di inverter	9 unità
Superficie modulo	183328 m ²	Rapporto Pnom	0.99

Perdite campo

Perdite per sporco campo		Fatt. di perdita termica		LID - Light Induced Degradation				
Fraz. perdite	3.0 %	Temperatura modulo secondo irraggiamento		Fraz. perdite	2.0 %			
		Uc (cost)	29.0 W/m ² K					
		Uv (vento)	0.0 W/m ² K/m/s					
Perdita di qualità moduli		Perdite per mismatch del modulo		Perdita disadattamento Stringhe				
Fraz. perdite	-0.2 %	Fraz. perdite	2.0 % a MPP	Fraz. perdite	0.1 %			
Degrado medio dei moduli								
Anno n°	1							
Fattore di perdita annuale	0.4 %/anno							
Mismatch dovuto a degrado								
Dispersione Imp RMS	0.4 %/anno							
Dispersione Vmp RMS	0.4 %/anno							
Fattore di perdita IAM								
Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Vetro Fresnel levigato, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

Perdite DC nel cablaggio

Res. globale di cablaggio	0.48 mΩ		
Fraz. perdite	1.5 % a STC		
Campo #1 - Sottocampo #1		Campo #2 - Sottocampo #2	
Res. globale campo	5.2 mΩ	Res. globale campo	4.2 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Campo #3 - Sottocampo #3		Campo #4 - Sottocampo #4	
Res. globale campo	4.0 mΩ	Res. globale campo	4.2 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC



PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Perdite DC nel cablaggio

Campo #5 - Sottocampo #5		Campo #6 - Sottocampo #6	
Res. globale campo	4.9 mΩ	Res. globale campo	4.0 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Campo #7 - Sottocampo #7		Campo #8 - Sottocampo #8	
Res. globale campo	4.3 mΩ	Res. globale campo	3.9 mΩ
Fraz. perdite	1.5 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
Campo #9 - Sottocampo #9			
Res. globale campo	4.4 mΩ		
Fraz. perdite	1.5 % a STC		

Perdite sistema

Perdite ausiliarie	
Ventilatori costanti	18.00 kW
18.0 kW dalla soglia di potenza	
Proporzionali alla potenza	10.0 W/kW
0.0 kW dalla soglia di potenza	
Cons. aus. notturno	10.00 kW

Perdite cablaggio AC

Linea uscita inv. sino al trasformatore MT			
Tensione inverter	660 Vac tri		
Fraz. perdite	0.00 % a STC		
Inverter: Sunny Central 4400 UP		Inverter: Sunny Central 4400 UP	
Sezione cavi (2 Inv.)	Rame 2 x 3 x 2500 mm ²	Sezione cavi (7 Inv.)	Rame 7 x 3 x 3000 mm ²
Lunghezza media dei cavi	0 m	Lunghezza media dei cavi	0 m
Linea MV fino alla iniezione			
Voltaggio MV	36 kV		
Conduttori	Rame 3 x 1000 mm ²		
Lunghezza	29000 m		
Fraz. perdite	2.00 % a STC		

Perdite AC nei trasformatori

Trafo MV	
Tensione rete	36 kV
Perdite di operazione in STC	
Potenza nominale a STC	38584 kVA
Perdita ferro (Connessione 24/24)	38.58 kW
Fraz. perdite	0.10 % a STC
Resistenza equivalente induttori	3 x 0.11 mΩ
Fraz. perdite	1.00 % a STC



PVsyst V7.2.17
VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Definizione orizzonte

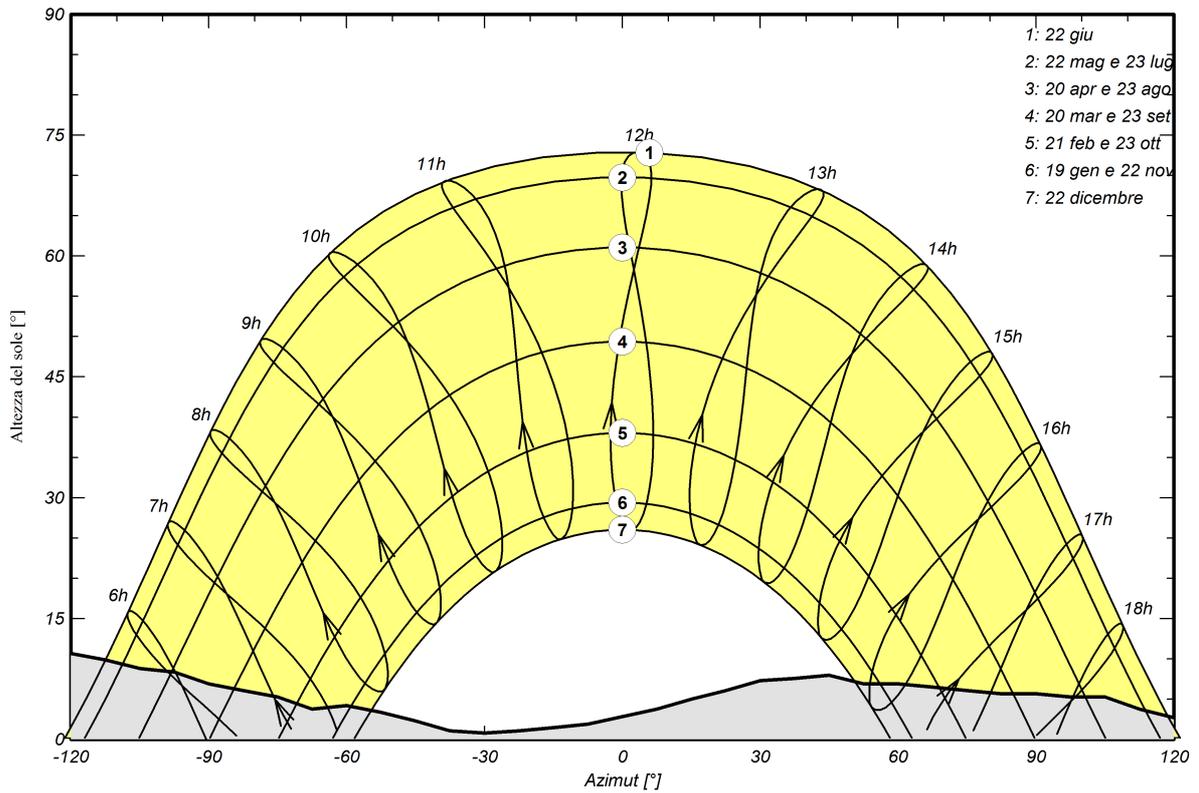
Horizon from PVGIS website API, Lat=40°31'40', Long=16°28'31', Alt=82m

Altezza media	5.3 °	Fattore su albedo	0.74
Fattore su diffuso	0.93	Frazione albedo	100 %

Profilo dell'orizzonte

Azimut [°]	-180	-173	-158	-150	-143	-128	-120	-113	-105	-98	-90	-83
Altezza [°]	5.7	6.1	6.9	8.0	8.8	9.9	10.7	9.9	8.8	8.4	6.9	6.1
Azimut [°]	-75	-68	-60	-53	-45	-38	-30	-23	-15	-8	8	15
Altezza [°]	5.3	3.8	4.2	3.4	2.3	1.1	0.8	1.1	1.5	1.9	3.8	5.0
Azimut [°]	23	30	38	45	53	60	68	75	83	90	98	105
Altezza [°]	6.1	7.3	7.6	8.0	6.9	6.9	6.5	6.1	5.7	5.7	5.3	5.3
Azimut [°]	113	120	128	135	143	150	158	165	173	180		
Altezza [°]	3.8	2.7	1.5	1.9	1.9	3.1	3.8	5.0	5.7	5.7		

Percorsi del sole (diagramma altezza / azimut)





PVsyst V7.2.17
VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

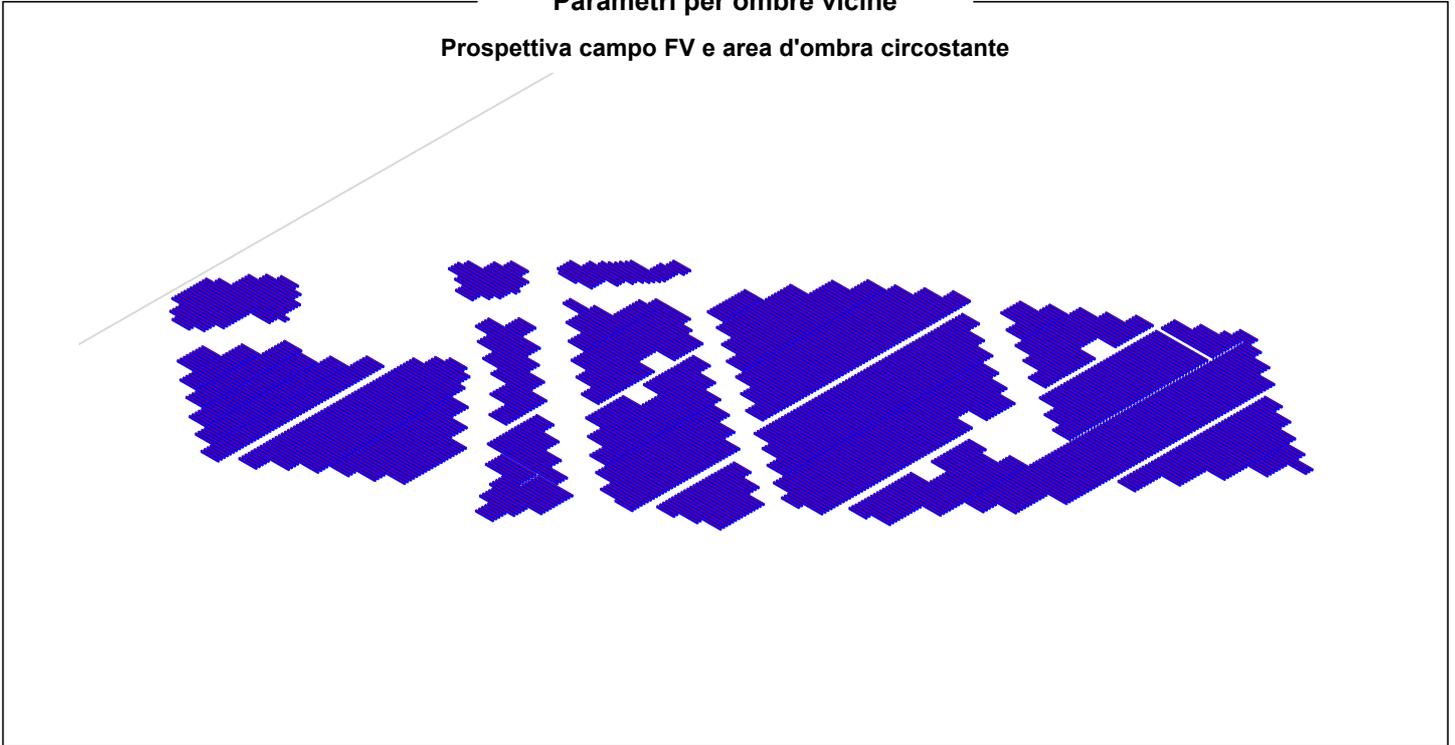
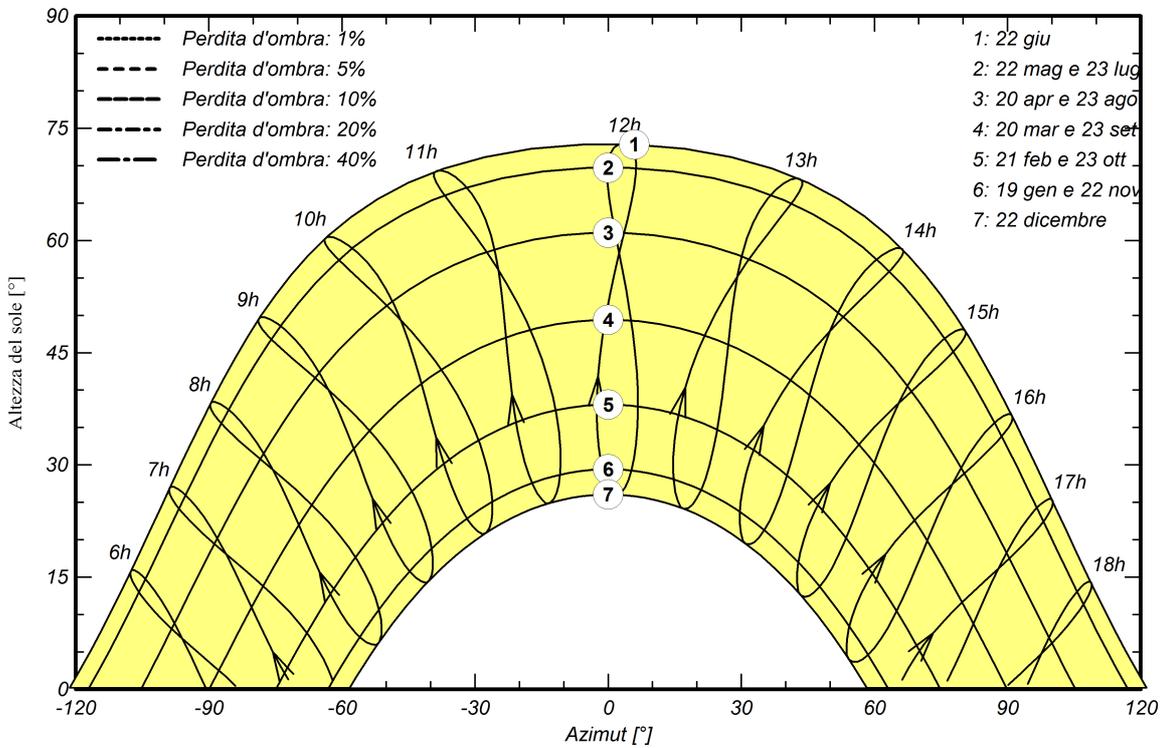


Diagramma iso-ombra

Orientamento #1





PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

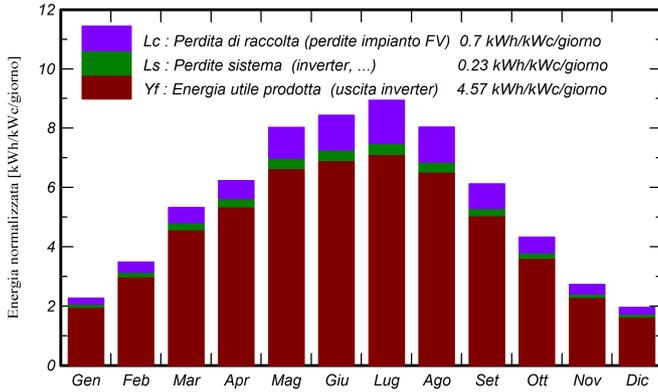
F4 ingegneria Srl (Italy)

Risultati principali

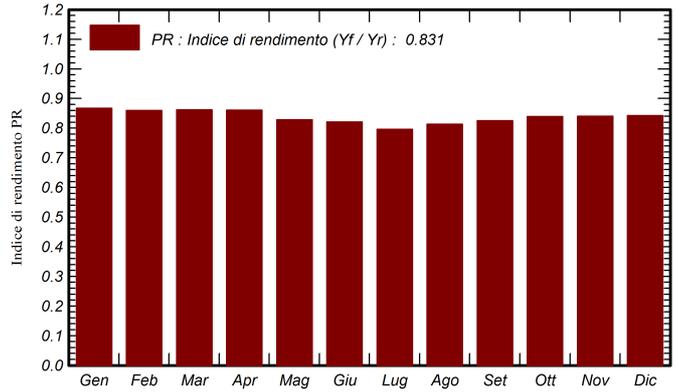
Produzione sistema

Energia prodotta	65489 MWh/anno	Prod. Specif.	1668 kWh/kWc/anno
Energia apparente	73269 MVAh	Indice di rendimento PR	83.09 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Gennaio	53.5	32.38	8.91	70.2	63.4	2516	2389	0.867
Febbraio	70.9	37.50	9.67	97.6	87.9	3461	3295	0.860
Marzo	121.9	57.85	12.13	164.9	151.7	5857	5574	0.861
Aprile	146.0	78.13	14.95	186.8	173.0	6632	6312	0.861
Maggio	186.7	83.25	19.53	248.9	229.3	8513	8094	0.829
Giugno	193.7	88.91	24.44	253.1	234.3	8564	8150	0.820
Luglio	203.1	70.91	27.89	277.2	257.0	9119	8666	0.796
Agosto	184.0	76.78	27.64	249.1	232.4	8351	7948	0.813
Settembre	133.9	62.53	22.51	183.6	168.5	6242	5947	0.825
Ottobre	98.2	48.51	18.49	133.9	122.0	4629	4410	0.839
Novembre	58.3	30.83	13.99	82.0	73.3	2844	2704	0.840
Dicembre	46.8	28.38	10.31	60.5	53.2	2111	1999	0.842
Anno	1496.8	695.96	17.59	2007.7	1845.8	68838	65489	0.831

Legenda

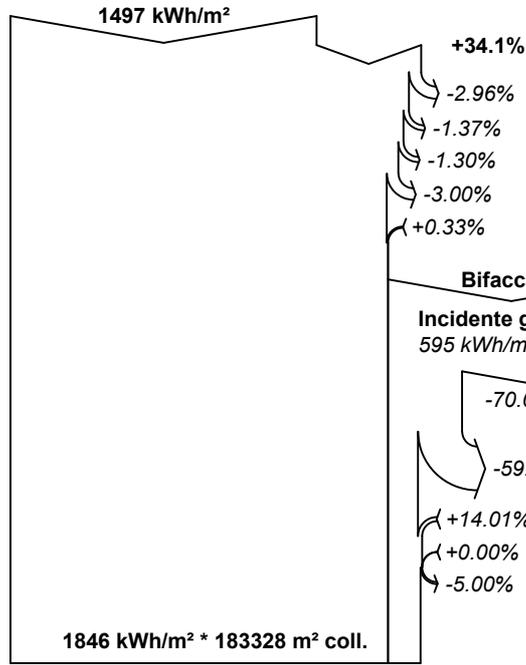
<i>GlobHor</i>	<i>Irraggiamento orizzontale globale</i>	<i>EArray</i>	<i>Energia effettiva in uscita campo</i>
<i>DiffHor</i>	<i>Irraggiamento diffuso orizz.</i>	<i>E_Grid</i>	<i>Energia immessa in rete</i>
<i>T_Amb</i>	<i>Temperatura ambiente</i>	<i>PR</i>	<i>Indice di rendimento</i>
<i>GlobInc</i>	<i>Globale incidente piano coll.</i>		
<i>GlobEff</i>	<i>Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre</i>		



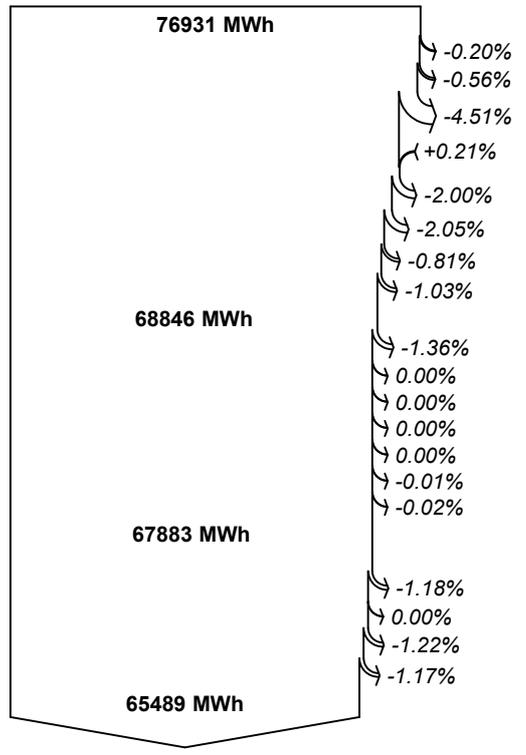
PVsyst V7.2.17
VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Diagramma perdite



efficienza a STC = 21.45%



32855 MVAR
73269 MVA

Irraggiamento orizzontale globale
Globale incidente piano coll.

Ombre lontane / Orizzonte
Ombre vicine: perdita di irraggiamento
Fattore IAM su globale
Perdite per sporco campo
Riflessione del suolo lato frontale

8.58% Irradiazione globale sulla faccia posteriore (158 kWh/m²)
Irraggiamento effettivo su collettori

Conversione FV, Fattore di Bifaccialità = 0.70

Energia nominale campo (effic. a STC)

Perdita per degrado moduli (Per anno #1)
Perdita FV causa livello d'irraggiamento
Perdita FV causa temperatura
Perdita per qualità modulo

LID - "Light induced degradation"

Perdita disadattamento moduli e stringhe
Disadattamento dovuto ad irradiazione posteriore
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

Ausiliari (ventilatori, altro...)
Perdite ohmiche AC
Perdita del trasfo Medio Voltaggio
Perdita ohmica sulla linea MV

Rapporto E inutilizzata (batteria piena) / E incidente

Energia reattiva immessa in rete: Cos(phi) medio = 0.894
Energia apparente immessa in rete



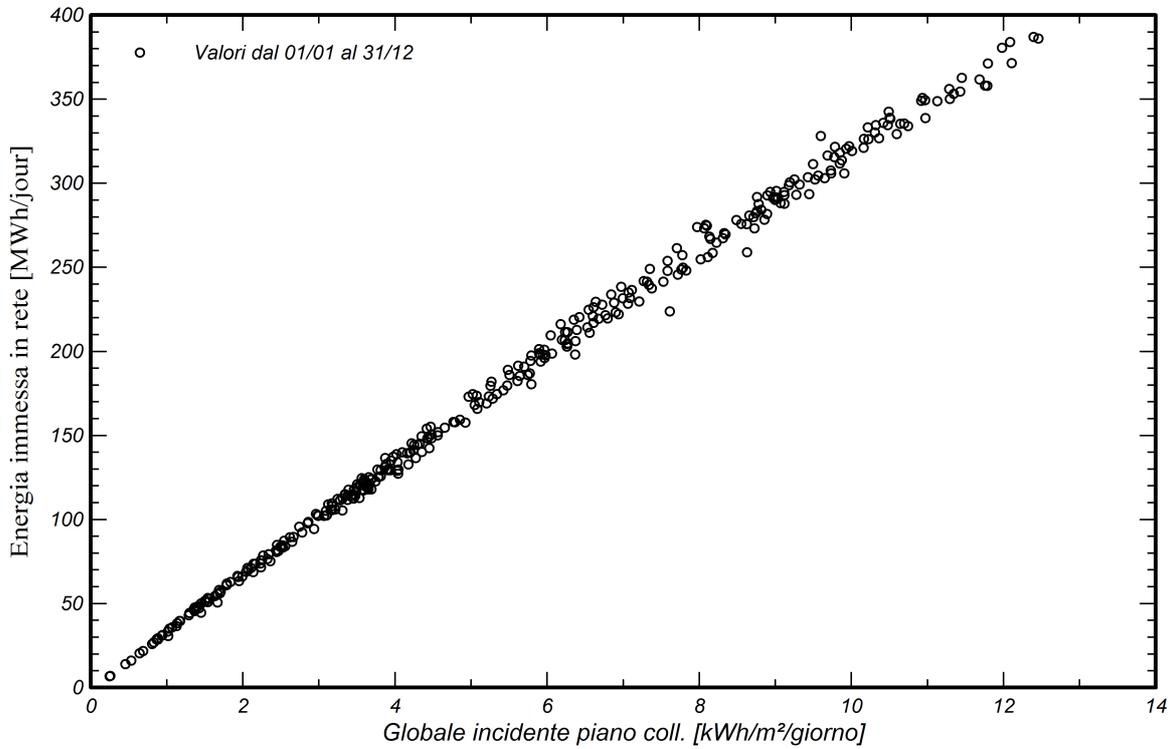
PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

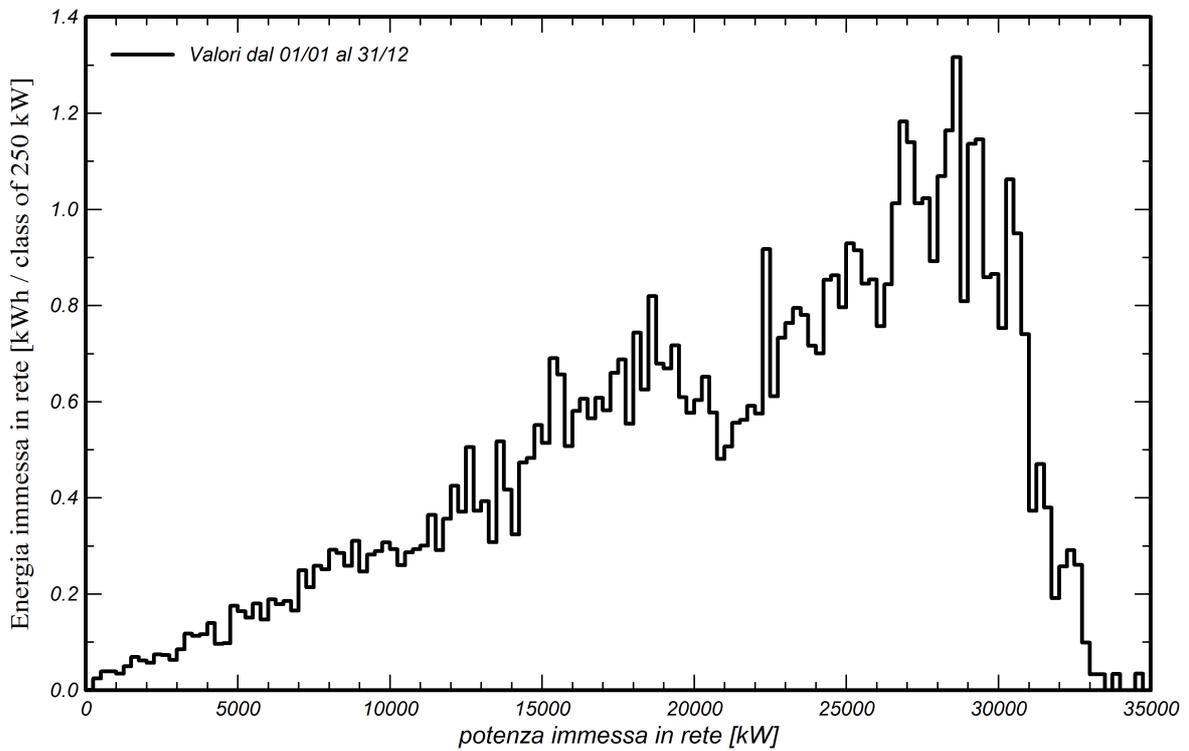
F4 ingegneria Srl (Italy)

Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema





PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Strumenti decadimento

Parametri di decadimento

Durata totale della simulazione 20 anni

Degrado medio dei moduli

Fattore di perdita annuale 0.4 %/anno

Mismatch dovuto a degrado

Dispersione Imp RMS 0.4 %/anno

Dispersione Vmp RMS 0.4 %/anno

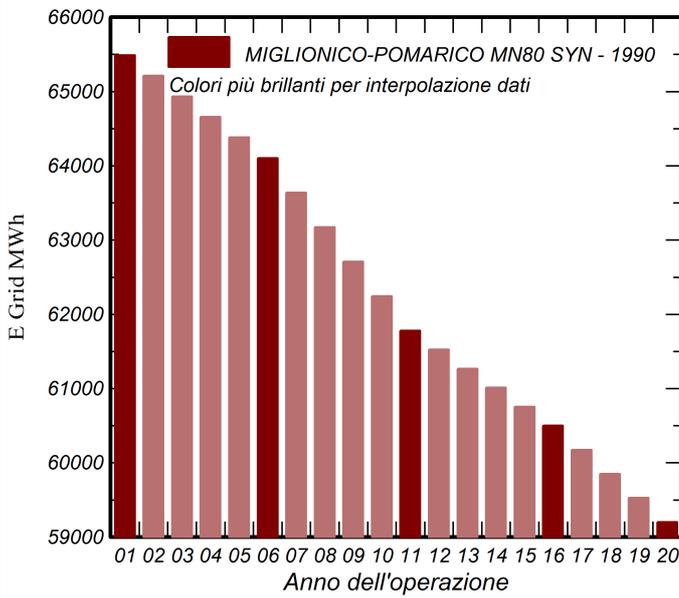
Dati meteo usati per la simulazione

#1 MIGLIONICO-POMARICO MN80 SYN

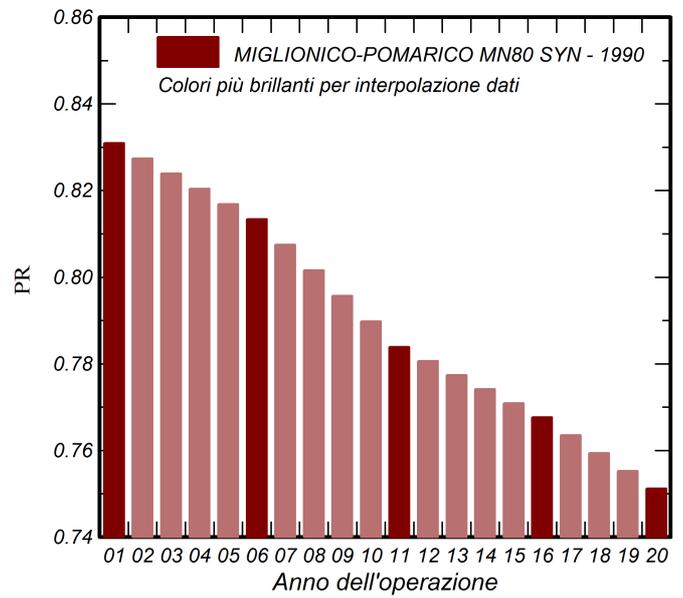
Anni 1990 (anno di riferimento)

Anni simulati 1,6,11,16,20

Energia immessa in rete



Indice di rendimento





PVsyst V7.2.17

VC1, Simulato su
27/07/22 19:41
con v7.2.17

F4 ingegneria Srl (Italy)

Strumenti decadimento

MIGLIONICO-POMARICO MN80 SYN

Anno	E Grid MWh	PR	Perdite degrad. PR %
1	65489	0.831	0%
2	65212	0.827	-0.4%
3	64935	0.824	-0.8%
4	64659	0.82	-1.3%
5	64382	0.817	-1.7%
6	64105	0.813	-2.1%
7	63640	0.807	-2.8%
8	63175	0.802	-3.5%
9	62710	0.796	-4.2%
10	62245	0.79	-5%
11	61779	0.784	-5.7%
12	61524	0.781	-6.1%
13	61268	0.777	-6.4%
14	61012	0.774	-6.8%
15	60756	0.771	-7.2%
16	60501	0.768	-7.6%
17	60176	0.764	-8.1%
18	59851	0.759	-8.6%
19	59527	0.755	-9.1%
20	59202	0.751	-9.6%