



COMUNE DI RIESI (CL)

(Libero Consorzio dei Comuni di Caltanissetta)

PROGETTO ESECUTIVO

Progetto di:		Data:
Adeguamento, ristrutturazione e messa a norma del campo sportivo comunale.		Marzo 2018
		Scala:
15.4	Progetto impianto fotovoltaico	Il Committente:
Progettista :		IL RUP :
Ing. Pietro Giannone		Disegno :

Impianto Fotovoltaico di

POTENZA NOMINALE PARI A 8,82 kWp

**A servizio del campo sportivo del Comune di Riesi
posizionato sulla copertura degli spogliatoi**

**Committente
Comune di Riesi**

Progettista

ING. PIETRO GIANNONE
STUDIO DI INGEGNERIA GIANNONE
VIA NICOTERA 2
93016 - RIESI (CL)

DATA:
RIESI, 29/03/2018

Scopo e contenuti del documento

Il documento riporta il progetto definitivo di impianto fotovoltaico.

Il documento individua i profili e le caratteristiche più significative dei successivi livelli di progettazione, descrivendo e fornendo gli elementi e le indicazioni di carattere generale necessari per:

- la preparazione del progetto esecutivo dell'impianto fotovoltaico;
- le prove e le verifiche da effettuare a fine lavori.

Nel documento sarà identificata l'opera, saranno forniti i dati di progetto e descritti i criteri utilizzati per le scelte progettuali, le caratteristiche dei materiali prescelti (moduli fotovoltaici, inverter, sistema di protezione di interfaccia e gruppi di misura dell'energia), i criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche e i criteri di dimensionamento dei componenti principali. Inoltre, saranno riportati i calcoli preliminari necessari al dimensionamento, il computo metrico estimativo e gli elaborati grafici (schemi elettrici e planimetrie).

1 - RELAZIONE DESCRITTIVA

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 8,82 kW sarà installato su sito a (), e verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione in Bassa tensione Trifase in corrente alternata di tipo Tri a 400 V di competenza del gestore di rete.

L'impianto, che entrerà in esercizio a seguito di Nuova costruzione, sarà individuato da un unico punto di connessione alla rete elettrica in uscita dal gruppo di conversione, rispetto al quale sarà presentata domanda al gestore di rete per la connessione alla rete.

1.1 - DESCRIZIONE DEI CRITERI UTILIZZATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

Le scelte progettuali hanno riguardato i tre aspetti della progettazione di un impianto fotovoltaico, ovvero gli aspetti energetici, gli aspetti impiantistici e di sicurezza, e gli aspetti architettonici - strutturali.

1.1.1 GLI ASPETTI ENERGETICI

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale¹ di 8,82 kW sarà collegato ad una fornitura elettrica Tri in BT a tensione nominale di 400 V con una potenza impegnata di 30 kW ed un consumo annuale medio di circa 10000 kWh.

Producibilità

Dal punto energetico, il criterio utilizzato nella scelta dell'esposizione del generatore fotovoltaico² è quello di massimizzare la quantità di energia solare raccolta su base annua. Generalmente, l'esposizione ottimale si ha scegliendo per i moduli un orientamento a Sud ed una inclinazione rispetto al piano orizzontale leggermente inferiore³ al valore della latitudine del sito di installazione.

In casi particolari, sono ammessi esposizioni diverse qualora siano presenti vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore fotovoltaico che impediscono l'ottenimento dell'esposizione ottimale. E' compito del progettista valutare di volta in volta la convenienza di una scelta non ottimale dell'esposizione.

Generalmente tutti i moduli fotovoltaici devono avere la stessa esposizione. Qualora questa condizione non potrà essere ottenuta a causa di vincoli di natura architettonica, dovranno essere messe in atto soluzioni impiantistiche atte ad evitare conseguenti perdite di mismatching.

Nel caso dell'impianto in oggetto, il generatore fotovoltaico presenta un'unica esposizione (angolo di tilt, e angolo di azimuth uguale per tutti i moduli fotovoltaici), ovvero:

Esposizione del generatore fotovoltaico:

Azimuth	: 34 °
Tilt	: 19,8°

Inoltre, per ridurre le perdite di energia sul generatore fotovoltaico e quindi massimizzare la produzione di energia, sono state fatte le seguenti scelte progettuali:

- Al fine di smaltire agevolmente il calore prodotto dai moduli causato dall'irraggiamento solare diretto, e quindi di limitare le perdite per temperatura, si è favorita la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie su cui essi sono posati.
- Le caratteristiche elettriche dei moduli (corrente di cortocircuito e corrente alla massima potenza) che fanno parte della stessa stringa dovranno essere, per quanto possibile, simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching corrente.

¹ La potenza nominale di un impianto fotovoltaico è intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurate in condizioni di test standard (STC).

² Insieme dei moduli fotovoltaici e relative strutture di sostegno di un impianto fotovoltaico.

³ Tipicamente da 5° a 10° in meno della latitudine, in funzione del rapporto tra la radiazione annua diffusa e quella diretta del sito.

- Le caratteristiche elettriche delle stringhe (tensione a vuoto e tensione alla massima potenza) che fanno parte dello stesso campo fotovoltaico dovranno essere, per quanto possibile, simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching di tensione.
- La scelta della tensione del generatore fotovoltaico è stata fatta in modo da ridurre le correnti in gioco e quindi le perdite di potenza per effetto Joule.

Al fine di ottimizzare i costi di realizzazione si è scelta una conversione CC/CA centralizzata, ovvero si è scelto un gruppo di conversione composto da un unico inverter.

1.1.2 GLI ASPETTI IMPIANTISTICI E DI SICUREZZA

Interfacciamento con la rete

L'impianto dovrà essere connesso alla rete elettrica di distribuzione pubblica e dovrà erogare l'energia prodotta a tensione Tri alternata di 400 V, con frequenza 50 Hz, nei limiti di fluttuazione previsti dalle vigenti norme tecniche. Al fine di salvaguardare la qualità del servizio elettrico ed evitare pericoli per le persone e danni per le apparecchiature, l'impianto sarà dotato di un idoneo sistema di protezione di interfaccia (SPI) per il collegamento alla rete.

Inoltre, al fine di non iniettare correnti continue nella rete elettrica l'impianto sarà dotato di una separazione metallica tra la sezione DC e la sezione AC o, in alternativa, disporrà di una protezione elettromeccanica equivalente.

La scelta del SPI e del sistema atto ad evitare l'immissione di correnti continue in rete verrà fatta in conformità alla normativa applicabile CEI 0-21.

Scelta della tensione DC

La tensione del generatore fotovoltaico (tensione DC) è stata scelta in base al tipo di moduli e di inverter che si prevede verranno utilizzati. In particolare, poiché la tensione DC è influenzata dalla temperatura delle celle e dall'irraggiamento solare, per un corretto accoppiamento tra generatore fotovoltaico e gruppo di conversione, la tensione del generatore fotovoltaico è stata scelta in modo che le sue variazioni siano sempre contenute all'interno della finestra di tensione ammessa dagli inverter.

Inoltre, si è scelta una tensione DC in modo che il suo valore massimo non superi mai la tensione massima di sistema del modulo fotovoltaico, pena la distruzione del modulo stesso. Il valore massimo della tensione DC si ha in condizioni di alto irraggiamento solare, bassa temperatura di cella e in condizioni di circuito aperto.

Essendo l'impianto in oggetto collegato ad una rete in BT, la tensione DC non dovrà mai superare 1000 V sia per non incorrere nelle prescrizioni del D.lgs. 81/2008, relativamente all'alta tensione, sia per facilitare la reperibilità sul mercato e l'economicità della componentistica elettrica che verrà utilizzata.

2 - RELAZIONE TECNICA

2.1 DATI DI PROGETTO

I dati di progetto sono di seguito riportati e riguardano, il committente, il sito di installazione, i dati sulla fornitura elettrica e sull'impianto utilizzatore in corrente alternata e sulla presenza o meno di corpi ombreggianti.

Committente	
Società	Comune di Riesi
Indirizzo	Piazza don Pedro di Altariva
Città	Riesi (CL)

Sito d'installazione	
Località	Riesi
Indirizzo	
Vincoli	non è soggetta ad alcun tipo di vincolo
Latitudine	37,284°
Longitudine	14,084°
Altitudine	330 metri
Temperatura massima	0 °C
Temperatura minima	0 °C
Irraggiamento globale sul piano orizzontale	1781,64 kWh/m ²
Dati di irraggiamento	UNI 10349
Albedo	20%
Dati relativi al vento e al carico di neve	Da DM 16 Gennaio 1996 e successive modifiche ed integrazioni

L'impianto fotovoltaico verrà collegato ad un impianto utilizzatore servito da una fornitura elettrica avente le seguenti caratteristiche:

Fornitura elettrica	
Gestore di rete	ENEL
Fornitura	BT
Tipologia	Tri
Tensione di alimentazione	400 V
Potenza contrattuale	30 kW
Consumo annuo medio	10000 kWh

2.2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 8,82 kW verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione in Bassa tensione Trifase in corrente alternata di tipo Tri a 400 V. Esso verrà posizionato sulla falda di copertura dell'edificio spogliatoi a servizio del campo sportivo del Comune di Riesi.

Le caratteristiche d'impianto sono riassunte di seguito, in particolare in figura 1 è riportato lo schema elettrico unifilare d'impianto.

In esso si distinguono:

Il generatore fotovoltaico composto da:

2 stringhe di 14 moduli collegati in serie

- Il gruppo di conversione formato da 1 inverter Monofase
- Il sistema di protezione di interfaccia esterno all'inverter e certificato
- Il gruppo di protezione

2.2.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO

Sarà costituito da:

- moduli fotovoltaici connessi in serie per la formazione delle stringhe;
- strutture di supporto dei moduli;

Di seguito vengono riportate le caratteristiche del generatore fotovoltaico e dei suoi componenti principali, ovvero stringhe e moduli.

Caratteristiche elettriche del Generatore fotovoltaico	
Potenza nominale	8,82 kWp
Numero moduli fotovoltaici	28
Superficie captante	45,64 m ²
Numero di stringhe	2
Tilt, Azimuth	19,8°, 34°
Tensione massima @STC (Voc)	904,4 V
Tensione alla massima potenza @STC (Vm)	765,8 V
Corrente di corto circuito @STC (Isc)	12,28 A
Corrente alla massima potenza @STC (Im)	11,52 A

Il generatore fotovoltaico della potenza nominale di 8,82 kW utilizza la configurazione serie-parallelo (S-P) e sarà suddiviso in 2 stringhe di moduli collegati in serie. Di seguito si elencano le composizioni delle stringhe dell'impianto.

Caratteristiche elettriche delle stringhe	
Numero moduli fotovoltaici in serie	14
Potenza nominale	4,41 kW
Tensione a circuito aperto (Voc)	904,4 V
Corrente di corto circuito (Isc)	6,14 A
Corrente alla massima potenza (Im)	5,76 A

Dati costruttivi dei Moduli:

Dati costruttivi dei moduli	
Produttore	BenQ Solar
Modello	SunForte PM096B00 315r
Tecnologia	Si-Mono
Potenza nominale	315 W

2.2.3 GRUPPO DI CONVERSIONE DC/AC

Il gruppo di conversione dell'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 1 inverter Monofase per una potenza nominale complessiva di circa 8,82 kW. Ciascun inverter sarà costituito da un ponte di conversione DC/AC e da un insieme di componenti quali dispositivi di protezione contro guasti interni e contro le sovratensioni, e da filtri che rendono il gruppo idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete elettrica in corrente alternata in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. per aumentare l'efficienza operativa d'impianto, l'inverter non avrà un trasformatore di isolamento.

Le principali caratteristiche tecniche dell'inverter/degli inverter sono di seguito riassunte.

Dati costruttivi dell'inverter	
Produttore	ABB
Modello	PVI-10.0-TL-OUTD BASE
Potenza nominale	10 kW
Uscita	Trifase
Frequenza	50 Hz

2.2.4 SEZIONE INTERFACCIA RETE

La sezione di interfaccia rete conterrà il sistema di protezione di interfaccia (SPI), il dispositivo di interfaccia (DI) e il sistema di misura dell'energia prodotta.

Il sistema di protezione di interfaccia (SPI), costituito essenzialmente da relé di frequenza e di tensione, è richiesto, secondo la norma CEI 0-21, a tutela degli impianti del Gestore di Rete in occasione di guasti e malfunzionamenti della rete pubblica durante il regime di parallelo.

Il sistema di misura dell'energia elettrica prodotta sarà collocato all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in alternata, resa disponibile alle utenze elettriche del soggetto responsabile.

2.2.5 QUADRI ELETTRICI IN CORRENTE CONTINUA

L'impianto fotovoltaico è costituito da 1 quadri di campo così costituiti:

Composizione quadro elettrico	
Numero di ingressi	2
Max corrente per ciascun ingresso	6,14 A
Max tensione ingresso	996,197 V
Max corrente uscita	12,28 A

2.3 CRITERI DI SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI PRINCIPALI: MODULI, INVERTER E QUADRI ELETTRICI

In questo paragrafo verranno illustrati i criteri di scelta e di dimensionamento, nonché le caratteristiche elettriche e dimensionali dei principali componenti dell'impianto, ovvero dei moduli fotovoltaici, degli inverter, dei quadri elettrici e delle condutture elettriche.

2.3.1 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici sono stati scelti in base alle seguenti specifiche tecniche:

- utilizzare la tecnologia del
- essere in classe II ed avere una tensione di isolamento superiore a 1000 V
- essere accompagnato da un foglio-dati e da una targhetta posta sul retro del modulo che riportano le principali caratteristiche elettriche secondo la norma CEI EN 50380;
- dovranno avere caratteristiche elettriche, per quanto possibile, simili fra loro (soprattutto la corrente nominale), in modo da limitare le perdite elettriche per mismatch. In assenza di queste informazioni, il criterio di scelta è quello di scegliere moduli con piccole tolleranze sulla potenza nominale ($\leq 3\%$);
- essere dotati di diodi di by-pass per garantire la continuità elettrica della stringa anche con danneggiamento o ombreggiamenti di una o più celle;
- avere una cassetta di terminazione con grado di protezione IP 65 da cui dipartono i cavi a loro volta dotati di connettori ad innesto rapido tipo multicontact;
- avere una potenza nominale sufficientemente elevata in modo da ridurre i cablaggi elettrici
- dotati di certificazione emessa da un laboratorio accreditato che certifichi la rispondenza del prodotto alla normativa applicabile;
- avere una garanzia di prodotto contro difetti di fabbricazione e di materiale di almeno 2 anni;
- avere una garanzia sul decadimento delle prestazioni tale per cui il costruttore del modulo garantirà che la potenza nominale del modulo dopo 20 anni non sarà inferiore all' 80% della potenza nominale indicata dal costruttore all'atto dell'acquisto del modulo stesso;
- avere il numero di serie e il nome del costruttore indelebili e ben visibili;
- essere provvisti di cornice, tipicamente in alluminio, per facilitare le operazioni di montaggio;
- avere una tensione massima di sistema superiore a 1000 V.

2.3.2 INVERTER

Gli inverter sono stati scelti e dimensionati in base alle seguenti caratteristiche:

- La potenza complessiva degli inverter dovrà essere superiore al 90 % della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico.
- Essere a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21.
- Dovranno operare in modalità MPPT (Maximum Power Point Tracking)
- Ingressi in continua preferibilmente gestibili con poli non connessi a terra ("floating"), ovvero come sistemi IT.
- Presentare preferibilmente un isolamento galvanico tra generatore fotovoltaico e rete
- Disporre di un dispositivo per controllo continuo dell'isolamento verso terra, lato dc, conforme alle prescrizioni CEI per gli impianti gestiti con sistema IT (CEI 64-8). Eventualmente tale protezione può essere esterna
- Disporre di filtri di ingresso per contenimento eventuale ripple di tensione e corrente su generatore fotovoltaico.
- Avere una efficienza europea superiore al 93% se trattasi di inverter con trasformatore di isolamento, o superiore al 95 % in assenza di tale trasformatore.
- Disporre di filtri in uscita per limitare le armoniche di corrente e contenere i disturbi indotti sulla rete, in conformità alle norme CEI applicabili (EMC).

- Rispondere alle norme applicabili in materia di EMC
- Avere un controllo del fattore di potenza della corrente di uscita su valori prescritti (norma CEI 0-21) con eventuale sistema di rifasamento lato ca, ove risulti necessario.
- Poter funzionare in modo automatico (avviamento, modalità MPPT e spegnimento automatico)
- Possibilità di funzionamento in sovraccarico (eventualmente con funzione di limitazione della corrente).
- Possibilità di operare in condizioni di temperatura gravose (protezione mediante limitazione di potenza nel caso in cui i dispositivi di potenza raggiungano temperature elevate)
- Avere protezioni e dispositivi per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21.
- Essere protetto contro guasti interni.
- Essere protetto contro fulminazioni indirette (presenza di scaricatori lato DC e AC)
- Avere il marchio CE.
- Disporre di una certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la di conformità alle norme applicabili, compresi i documenti tecnici dei Distributori relativamente all'interfacciamento con la rete pubblica.
- Avere un grado di protezione (IP) compatibile con le condizioni di installazione prevista in fase di progettazione.

Inoltre, gli inverter verranno scelti in modo tale che il campo di variazione delle tensioni e delle correnti lato DC sia compatibile con i valori di tensione e corrente erogate dal campo fotovoltaico a cui verranno connessi, in qualsiasi condizioni di irraggiamento e temperatura ambiente. La verifica di tale compatibilità verrà fatta nel capitolo "calcoli preliminari".

Analogamente, i valori di tensione e frequenza in uscita dagli inverter saranno compatibili con la rete AC alla quale l'impianto fotovoltaico sarà connesso.

2.3.4 QUADRI ELETTRICI

I quadri elettrici dovranno avere un grado di protezione IP idoneo alla tipologia di installazione (IP 65 per installazioni esterne) ed essere dotati di apposita morsettiera su cui attestare i cavi entranti ed uscenti. La morsettiera dovrà essere provvista di morsetto di terra al quale collegare tutte le masse interne al quadro per il loro collegamento a terra. I quadri dovranno preferibilmente essere fissati a parete e possibilmente non dovranno essere esposti alla radiazione solare diretta.

I quadri elettrici dovranno contenere i dispositivi di manovra, protezione che dovranno essere scelti in funzione delle grandezze elettriche presenti nel punto di installazione. In particolare, per la sezione in corrente continua dovranno essere utilizzati dispositivi di protezione e manovra appositamente realizzati per l'impiego in corrente continua. Non sono quindi ammessi dispositivi di protezione e manovra realizzati per l'impiego in corrente alternata a meno che il costruttore non indichi chiaramente il coefficiente di declassamento necessario per poterli utilizzare in tutta sicurezza anche in corrente continua.

La scelta del quadro, in particolare le sue dimensioni, sarà fatta in modo che la temperatura al proprio interno non raggiunga valori tali da compromettere il buon funzionamento delle apparecchiature e dei dispositivi presenti al proprio interno. Il dimensionamento termico dei quadri sarà oggetto di progettazione esecutiva e terrà conto della resistenza termica del quadro, degli elementi presenti al loro interno che durante il normale funzionamento dell'impianto potranno dissipare potenza (dispositivi di protezione e sezionamento, comprese sbarre e cavi) e dalla massima temperatura ambiente.

I quadri elettrici dovranno infine riportare chiaramente ed in modo indelebile il nominativo del costruttore del quadro.

2.4 CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Il riferimento normativo in questo ambito sono le norme CEI 81-10 1/2/3/4 e CEI 82-4. Per proteggere il generatore fotovoltaico contro gli effetti prodotti da sovratensioni indotte a seguito di scariche atmosferiche verranno utilizzati scaricatori (SPD di classe II) sul lato DC da posizionare dentro i quadri di campo. Per il dettaglio si rimanda agli schemi elettrici riportati nel documento.

La scelta degli scaricatori è stata fatta in modo da rispettare la condizione:

$$UC > 1,25 * V_{OC,GENFV}$$

Dove:

U_c : è la tensione di servizio continuo dell'SPD

$V_{OC,GENFV}$: è la tensione a circuito aperto @STC del generatore fotovoltaico

Inoltre, il punto di installazione degli SPD è stato scelto in modo che non vengano superate le distanze di protezione l_{po} e l_{pi} definite nella norma CEI 81-10/4:

- Distanza di protezione l_{po} determinata dai fenomeni di oscillazione;
- Distanza di protezione l_{pi} determinata dai fenomeni d'induzione.

4. Calcoli preliminari

4.1 - PRODUCIBILITÀ ANNUA

Sito di installazione

L'impianto verrà installato sulla copertura del locale spogliatori del campo sportivo del comune di Riesi. La tabella che segue riporta i principali dati geografici del sito di installazione.

Dati geografici del sito	
Località	Riesi
Latitudine	37,284°
Longitudine	14,084°
Altitudine	330 metri
Temperatura massima	0 °C
Temperatura minima	0 °C
Dati di irraggiamento	UNI 10349
Dati relativi al vento e al carico di neve	Da DM 16 Gennaio 1996 e successive modifiche ed integrazioni

La valutazione della fonte solare per la località è stata effettuata in base alla Norma UNI 10349, prendendo come riferimento la provincia che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze. La norma UNI 10349 fornisce una serie di dati climatici tra cui l'irraggiamento globale giornaliero medio mensile su piano orizzontale con le sue componenti diretto e diffuso. Per la località in esame i valori di irraggiamento giornaliero medio mensile sono i seguenti:

Mese	Diffuso giornaliero [kWh/m ²]	Diretto giornaliero [kWh/m ²]	Totale giornaliero [kWh/m ²]
Gennaio	0,92	1,65	2,57
Febbraio	1,17	2,14	3,31
Marzo	1,53	2,84	4,37
Aprile	1,91	3,65	5,56
Maggio	1,99	4,95	6,94
Giugno	1,91	5,63	7,54
Luglio	1,77	5,77	7,54
Agosto	1,70	4,99	6,69
Settembre	1,57	3,63	5,20
Ottobre	1,25	2,51	3,76
Novembre	0,94	1,77	2,71
Dicembre	0,83	1,46	2,29
Annuale	532,07	1249,57	1781,64

Tenendo conto dell'irraggiamento giornaliero medio mensile e del numero di giorni di cui si compongono i dodici mesi dell'anno, è possibile determinare il valore di irraggiamento globale annuale su piano orizzontale per la località. Tale valore è pari a 1781,64 [kWh/m²].

Calcolo della producibilità

La producibilità dell'impianto è stata calcolata sulla base dei dati storici del sito di installazione relativi ai valori medi mensili dell'irraggiamento solare globale incidente su superficie orizzontale desunti dalla Norma UNI 10349 per la località in questione.

La procedura per il calcolo dell'energia prodotta dall'impianto tiene conto della potenza nominale dell'impianto (8,82 kW), dell'angolo di tilt e di azimuth (19,8°, 34°) del generatore fotovoltaico, delle perdite sul generatore fotovoltaico (perdite resistive, perdite per scostamento di temperatura dei moduli, per riflessione e per mismatching tra stringhe), dell'efficienza europea degli inverter nonché del coefficiente di riflettanza del suolo antistante i moduli (20%) (albedo).

Pertanto, l'energia prodotta dall'impianto su base annua (E_{p,a}) si calcola come segue:

$$E_{p,a} = P_{nom} * Irr * (1-Perdite) = 13.432,64 \text{ kWh}$$

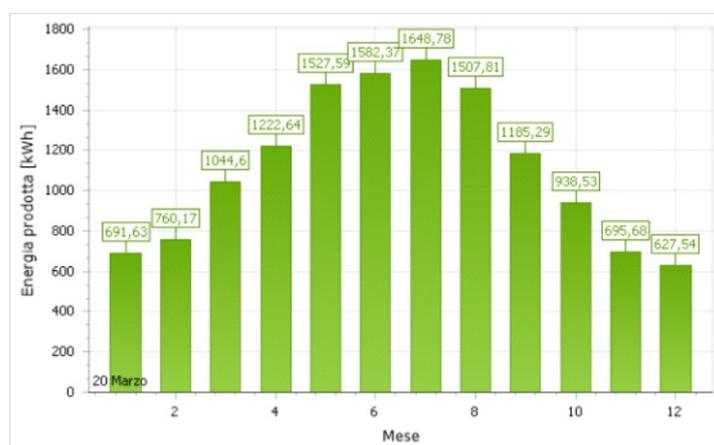
Dove:

- P_{nom} = Potenza nominale dell'impianto: 8,82 kW
- Irr = Irraggiamento annuo sul piano dei moduli: 1934,19 kWh/m²
- Perdite = Perdite di potenza: 21,26 %

Le perdite di potenza sono dovute a vari fattori. Nella tabella sottostante vengono riportati tali fattori di perdita e i relativi valori assunti dalla procedura per il calcolo della producibilità dell'impianto.

Fattori di perdita elettrica	
Perdite per aumento di temperatura dei moduli	5,00 %
Perdite di mismatch elettrico	5,00 %
Perdite resistive	4,00 %
Perdite per conversione DC/AC	3,40 %
Altre perdite	2,00 %
Perdite totali	21,26 %

Il grafico sotto indicato riporta l'andamento della produzione mensile di energia attesa nel corso dell'anno.



4.2 - VERIFICA DEL CORRETTO ACCOPPIAMENTO ELETTRICO TRA IL GENERATORE FOTOVOLTAICO ED IL GRUPPO DI CONVERSIONE DC/AC.

Per poter scegliere un inverter correttamente occorre preventivamente verificare la compatibilità tra gli inverter utilizzati ed i relativi campi fotovoltaici.

Le verifiche sugli inverter si riferiscono alla sezione in corrente continua dell'impianto fotovoltaico e riguardano:

- La verifica sulla tensione DC
- La verifica sulla corrente DC
- La verifica sulla potenza

Verifica sulla tensione DC

La verifica sulla tensione DC consiste nel controllare che l'insieme delle tensioni fornite dal campo fotovoltaico sia compatibile con il campo di variazione della tensione di ingresso dell'inverter.

In altri termini, è necessario calcolare la tensione minima e massima del campo fotovoltaico e verificare che la prima sia superiore alla tensione minima di ingresso ammessa dall'inverter, e la seconda sia inferiore alla tensione massima di ingresso ammessa dall'inverter.

Verifica sulla corrente DC

La verifica sulla corrente DC consiste nel controllare che la corrente di cortocircuito @ STC del campo fotovoltaico sia inferiore alla massima corrente di ingresso ammessa dall'inverter.

Verifica sulla potenza

La verifica sulla potenza consiste nel controllare la potenza nominale del gruppo di conversione DC/AC (somma delle potenze nominali degli inverter) sia superiore all'80 % e inferiore al 120 % della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico (somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici).

Modello di inverter PVI-10.0-TL-OUTD BASE	
Potenza AC nominale [kW]/ Tensione AC [V]	10000 / 400
Configurazione dei canali	Canali indipendenti (Num. MPPT ind.: 2)
Numero moduli per inverter	28
Potenza DC installata per inverter (STC) [kW]	8820
Note	L'inverter selezionato non ha fusibili di protezione stringa a bordo. Qualora si intenda strutturare il generatore fotovoltaico in un gruppo di tre stringhe o in più gruppi di tre stringhe in parallelo, valutare l'inserimento di fusibili di protezione di taglia adeguata.



Modulo fotovoltaico (marca / modello) BenQ Solar / SunForte PM096B00 315	
Tecnologia	
Potenza nominale [W]	315
Tensione a vuoto Voc [V]	64.6
Corrente di corto circuito Isc [A]	6.14
Tensione MP Vmp [V]	54.7
Corrente MP Imp [A]	5.76
Coefficiente temperatura Voc [V/°C]	-0.174
Coefficiente temperatura Isc [mA/°C]	3.68



	MPPT1	MPPT2
Numero moduli per stringa	7	7
Numero stringhe in parallelo	2	2
Numero moduli totale	14	14
Note	1	1
Potenza STC installata MPPT [kW]	4.41	4.41
Limite di potenza MPPT [kW]	6.50	6.50
PPV(INST1)/MPPT1/PPMPPTMAX	67.8%	67.8%
PPV(INST1)/PACR		88.2%
PPV(INST1)/PACMAX		80.2%
Tensione Massima sistema moduli [Vdc]	1000	1000
Tensione massima ingresso inverter [Vdc]	900	900
Voc_Max: Tensione a vuoto stringa @2°C [Vdc]	480.2	480.2
Voc_Min: Tensione a vuoto stringa @66°C [Vdc]	402.3	402.3
Tensione di attivazione Vstart (default) [Vdc]	360	360
Tensione di attivazione Vstart consigliata [Vdc]	Default (360)	Default (360)
Vmp_Max: Tensione mp stringa @2°C [Vdc]	406.7	406.7
Vmp_Typ: Tensione mp stringa @62°C [Vdc]	344.6	344.6
Vmp_Min: Tensione mp stringa @66°C [Vdc]	340.4	340.4
Range per operazione MPPT* [Vdc]	252 - 850	252 - 850
Corrente CC generatore FV @66°C [Adc]	12.6	12.6
Corrente CC max inverter [Adc]	22	22
Corrente MPP generatore FV @66°C [Adc]	11.8	11.8
Corrente MPP max inverter [Adc]	17	17

Legenda note *) range per operazione MPPT considerando il valore di tensione di attivazione consigliato; 1)- Numero di stringhe in parallelo compatibile con il numero di ingressi a bordo inverter.

5 Quadro delle prestazioni richieste

In termini di energia l'impianto, tenendo conto del sito di installazione, dovrà avere una capacità produttiva teorica annua superiore a circa 1.522,98 kWh/kWp

In termini di efficienze operative DC e AC, l'impianto deve essere realizzato con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

$$\begin{array}{ll} P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * Irr / I_{STC} & \text{(per } Irr > 600 \text{ W/m}^2\text{)} \\ P_{ca} > 0,9 * P_{cc} & \text{(per } P_{ca} > \text{ del } 90\% \text{ della potenza di targa del} \\ & \text{gruppo di conversione)} \end{array}$$

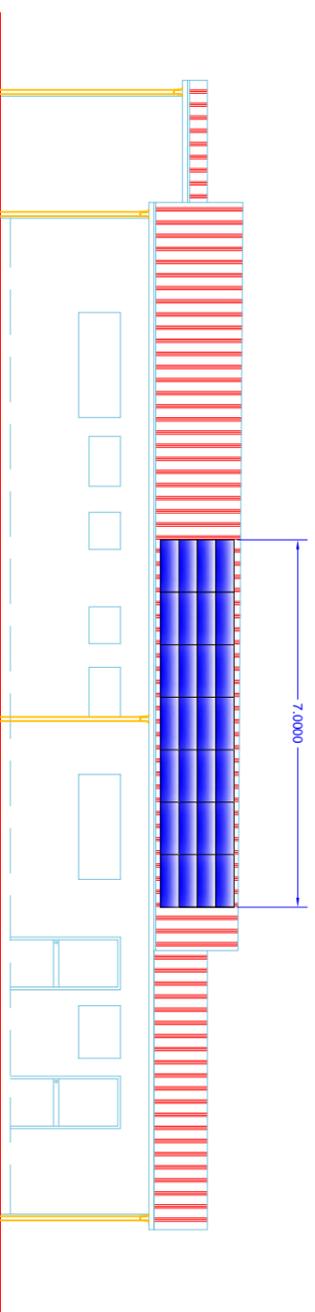
Dove:

- P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%;
- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata (in kVA) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;
- P_{nom} è la potenza nominale (in kWp) del campo fotovoltaico;
- Irr è l'irradianza solare (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli con precisione migliore del 3%;
- I_{STC} è l'irradianza solare in STC pari a 1000 W/m^2 .

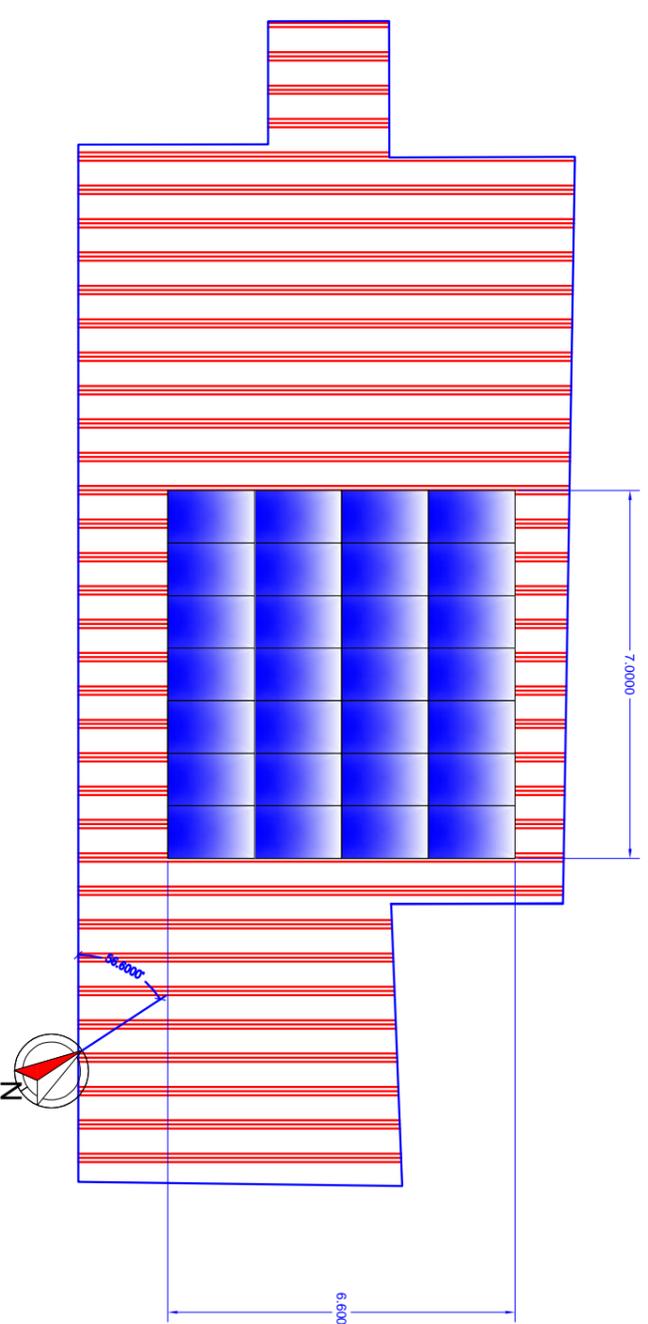
Inoltre, al fine di assicurare il rispetto dei suddetti requisiti di efficienza operativa del generatore fotovoltaico e del gruppo di conversione dovrà essere emesso:

- la dichiarazione attestante la verifica tecnico-funzionale;
- il certificato di collaudo.

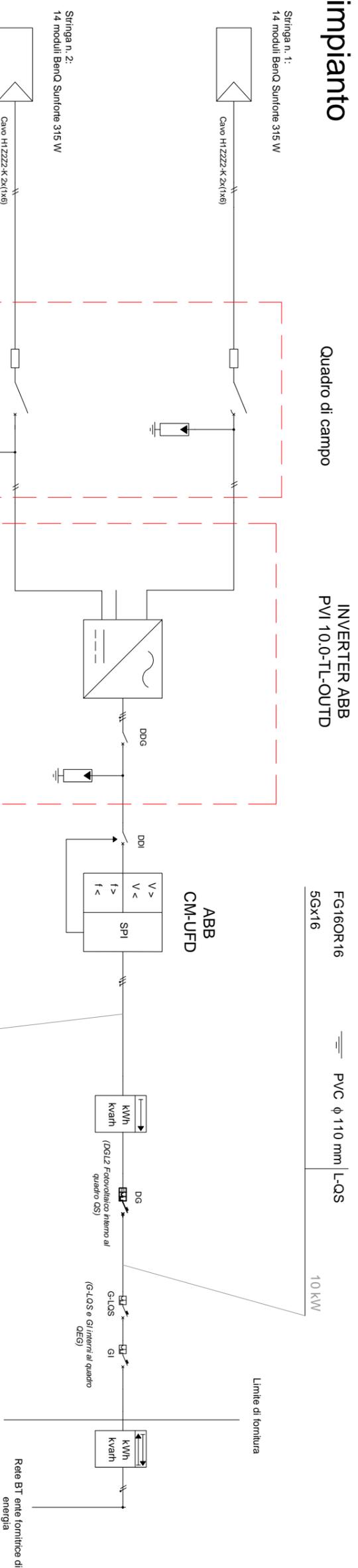
Prospetto spogliatoi con impianto fotovoltaico di progetto



Pianta copertura spogliatoi con impianto fotovoltaico di progetto



Schemi unifilari impianto fotovoltaico



LEGENDA

- Fusibile
- Interruttore di manovra sezionatore
- Scaricatore di sovratensione
- Contatore bidirezionale per il conteggio dell'energia consumata ed immessa in rete
- Interruttore magnetico-differenziale
- Contatore unidirezionale per il conteggio dell'energia prodotta
- Interruttore magnetico



Via Nicotera 2 93016 Riesi (CL) Tel./Fax 0934921329 Cell. 3398008061 web page: www.gianmone.com		Disegnato: Ing. Pietro Giannone	
Comittente: Comune di Riesi		Scala: fs	
Denominazione: Impianto elettrico a servizio dello stadio comunale 11 mariri del Comune di Riesi		Foglio: 1	
Impianto fotovoltaico e schemi unifilari		Totale fogli: 1	
Data: 29/03/2018			