

Nuova scuola media Enrico Panzacchi

Viale Il Giugno, 49 - Ozzano dell'Emilia



committente

Comune di Ozzano dell'Emilia

Via della Repubblica, 10

responsabile unico del procedimento

ing. Chiara De Plato

raggruppamento temporaneo di professionisti

progettazione architettonica

AREA PROGETTI srl Arch. Giorgio Gazzera

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

Archisbang associati Arch. Silvia Minutolo, Arch. Marco Gai Via

Via Bogino 4, 10123 Torino, tel. 011 026 7246, info@archisbang.com

progettazione strutturale

AREA PROGETTI srl Ing. Marco Cuccureddu

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

progettazione impianti meccanici, elettrici e speciali

AREA PROGETTI srl Ing. Sergio Cerioni, Ing. Gabriele Pisani

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

progettazione antincendio

AREA PROGETTI srl Ing. Sergio Cerioni

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

progettazione urbanistica

arch. Andrea Cavaliere

Via Cassini 43 - 10129 Torino, tel. 3284240491, archicavaliere@gmail.com

consulenza LEED

arch. Elisa Sirombo

Via Stampatori 21, 10122 Torino, tel. 3356277109, elisa.sirombo@gmail.com

piano di sicurezza e coordinamento

AREA PROGETTI srl Arch. Domenico Racca

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

consulenti

arch. Chiara Devecchi (progettazione acustica)

Via Principi d'Acaja 19, 10138 Torino, tel. 011 4172277, devecchichara@yahoo.it



archisbang

AREAPROGETTI
architettura e Ingegneria

pratica **PAN**

fase **PE_Progetto Esecutivo**

oggetto **REL_RFV**

elaborato **Relazione di Calcolo Impianto Fotovoltaico**

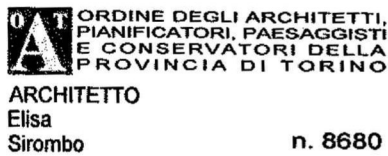
file **PAN_PE_IG_Z_0010_REL_RFV**

scala **-**

data **27 marzo 2020**

| rev. | data | redatto | verificato | approvato | oggetto revisione |
|------|----------|---------|------------|-----------|-------------------|
| | 27/03/20 | gp | sc | gg | prima emissione |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

L'UTILIZZO E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATE A NORMA DI LEGGE



IG_Z_0010

Relazione di Calcolo Impianto Fotovoltaico

COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA
(Bologna)

**Nuova scuola media
'PANZACCHI'**

Progetto esecutivo

Impianti elettrici e speciali

**Relazione di Calcolo
Impianto Fotovoltaico**

Marzo 2020

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. OGGETTO | 3 |
| 2. DATI GENERALI DI PROGETTO | 3 |
| 3. DIMENSIONAMENTO, PRESTAZIONI E GARANZIE | 3 |
| 4. STUDIO DI FATTIBILITA' AMBIENTALE | 4 |
| 4.1. FATTIBILITÀ AMBIENTALE | 4 |
| 4.2. FENOMENI DI OMBREGGIAMENTO | 4 |
| 4.3. DATI DI IRRAGGIAMENTO SOLARE..... | 5 |
| 5. PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO | 6 |
| 5.1 RIDUZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA | 7 |
| 6. SCELTA DEI MODULI | 7 |
| 7. CONFIGURAZIONE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO | 8 |
| 8. SCELTA DEGLI INVERTER | 9 |
| 9. SCELTA DEI CAVI | 10 |
| 10. QUADRI ELETTRICI | 10 |
| 10.1 QUADRO DI PARALLELO STRINGHE (QSTR) | 10 |
| 10.2 QUADRO DI PARALLELO INVERTER (QPI) | 11 |
| 10.3 QUADRO DI CONNESSIONE RETE (QCR)..... | 11 |
| 11. VERIFICA TECNICO-FUNZIONALE DELL'IMPIANTO | 11 |

1. OGGETTO

La presente relazione ha per oggetto la descrizione dell'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a **81,76 kW** (potenza di picco), destinato ad operare in parallelo alle rete elettrica di distribuzione.

L'energia elettrica prodotta sarà a parziale copertura del fabbisogno energetico dell'utenza.

I pannelli fotovoltaici saranno installati sul tetto piano della Palestra della nuova scuola media Enrico Panzacchi, da realizzarsi nel comune di Ozzano dell'Emilia in viale II Giugno n°49.

L'impianto è costituito da n°2 sottocampi che nel complesso occupano una superficie lorda di circa 650 mq.

L'impianto fotovoltaico sarà connesso con la rete MT ed il dispositivo di interfaccia unico sarà inserito sulla BT.

2. DATI GENERALI DI PROGETTO

a) Dati generali:

| | |
|--------------------------------------|---|
| Committente / Soggetto Responsabile: | Comune di Ozzano dell'Emilia |
| Indirizzo del sito di installazione: | viale II Giugno n°49, Ozzano dell'Emilia (BO) |

b) Dati generali relativi all'immobile

| | |
|---------------------------|--|
| Destinazione d'uso: | Complesso scolastico (scuola media, palestra, auditorium) |
| Tipo di copertura: | Tetto piano (i pannelli sono installati con un tilt. di 15°) |
| Superficie disponibile: | 2.880 mq |
| Vincoli architettonici: | Nessuno |
| Vincoli ambientali: | Nessuno |
| Possibili ombreggiamenti: | Presenti in maniera limitata |
| Fornitura elettrica: | Media Tensione (15 kV) |
| Potenza fornitura: | >100 kW (circa 220 kW con trasformatore MT/BT da 400 kVA) |

c) Dati generali relativi all'impianto

| | |
|--|---------------------------------------|
| Tipologia di installazione: | Su tetto piano |
| Superficie occupata: | circa 650 mq |
| Esposizione: | + 27° SUD |
| Superficie utile dell'impianto: | 224 moduli x1,73 mq=387 mq |
| Inverter: | n° 2 (trifase) |
| Posizione quadri di sottocampo: | Locale tecnico ubicato al primo piano |
| Posizione inverter: | Locale tecnico ubicato al primo piano |
| Posizione quadro generale di connessione e protezione di interfaccia: | Locale tecnico ubicato al piano terra |

3. DIMENSIONAMENTO, PRESTAZIONI E GARANZIE

La scelta realizzativa dell'impianto fotovoltaico è motivata dalla possibilità di usufruire dell'energia elettrica prodotta autonomamente tramite conversione fotovoltaica da fonte solare, al fine di coprire parte del fabbisogno di energia richiesto dalle utenze elettriche della struttura .

L'impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 81,76 kW è installato sul tetto piano della palestra e sarà allacciato alla rete elettrica del distributore, in parallelo con la rete elettrica di utenza.

L'impianto è stato suddiviso in n°2 sottocampi fotovoltaici con medesima esposizione (+27° SUD) ed inclinazione (15°).

Poiché entrambi i valori non sono ottimali, assumiamo come valore di efficienza operativa media annuale dell'impianto, **a valle del quadro di parallelo dei convertitore** di corrente DC/AC, il valore cautelativo del **77,0%** dell'efficienza nominale del generatore fotovoltaico.

L'impianto comunque sarà progettato per avere almeno:

- una potenza lato corrente continua superiore all'85% della potenza nominale del generatore fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento;
- una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 90% della potenza lato corrente continua (efficienza del gruppo di conversione).

L'intero impianto dovrà godere di una garanzia non inferiore a due anni a far data dal collaudo per quanto riguarda difetti di fabbricazione di tutti i componenti, mentre i moduli godranno di una garanzia sul corretto funzionamento, come da specifiche dei costruttori, per almeno 25 anni.

4. STUDIO DI FATTIBILITA' AMBIENTALE

4.1. FATTIBILITÀ AMBIENTALE

Nell'area di installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto non sono individuati vincoli di carattere architettonico, ambientale e paesaggistico. La zona di intervento non ricade in aree di interesse nazionale o comunitario.

La soluzione progettuale di seguito illustrata è studiata in modo tale che ciascuno dei sottocampi fotovoltaici è difatti considerabile come un impianto a se stante, in quanto il contributo in termini di energia elettrica prodotta dai relativi moduli si somma nel quadro di parallelo inverter, sul lato corrente alternata.

L'entrata in funzione dell'impianto consentirà un risparmio di energia elettrica richiesta alla rete pubblica, con la conseguente diminuzione delle immissioni di CO₂ in atmosfera come da legge 120/2002 e ss.mm.ii. sulla revisione delle linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra.

4.2. FENOMENI DI OMBREGGIAMENTO

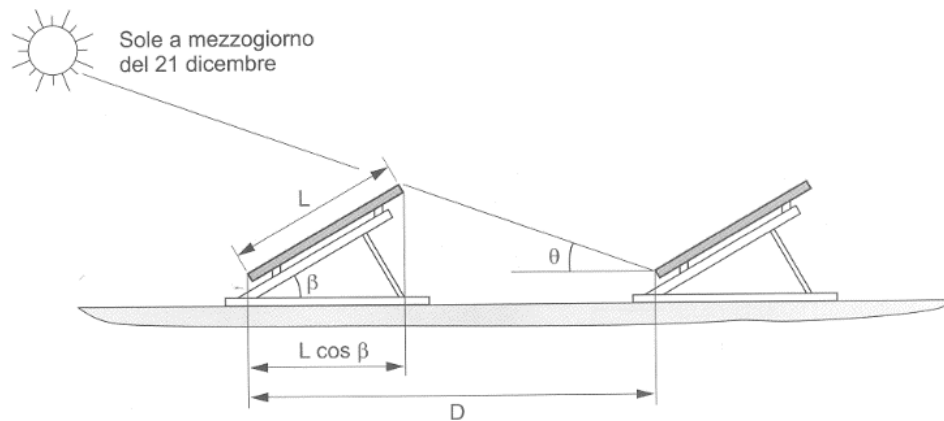
Il contesto in cui si inserisce il sito in esame è quello del territorio del comune di Ozzano, comune che ricade nei limiti territoriali della città metropolitana di Bologna, in Emilia Romagna.

Dai sopralluoghi effettuati e dai rilievi fotografici disponibili si è potuto osservare che nelle immediate vicinanze del punto di installazione non sono presenti ostacoli fissi od irremovibili che potrebbero causare ombreggiamenti diretti e limitare l'esposizione alla radiazione solare dei moduli fotovoltaici.

I moduli fotovoltaici, installati sulla copertura piana del corpo Palestra, sono orientati con un azimut di 27° ed hanno un'inclinazione di 15° rispetto al piano orizzontale.

Si riscontra una leggera diminuzione, circa il 3%, della resa annuale in termini di produzione di energia elettrica per kWp di potenza fotovoltaica installata, dovuta allo scostamento dalla condizione ottimale: orientamento 0° (sud pieno) e inclinazione 30° circa.

Per evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco le file parallele di moduli sono poste ad una distanza pari a 2,80 m > D=2,70 m (valore minimo calcolato in funzione dell'altezza dei moduli L, dell'inclinazione degli stessi β e della latitudine del luogo di installazione).



Considerando, infine che l'influenza del profilo orografico è praticamente ininfluenza durante tutto l'arco dell'anno, cautelativamente consideriamo una diminuzione del valore dell'irraggiamento medio annuo sul piano dei moduli, dovuta sia a limitati fenomeni di ombreggiamento naturale che a fenomeni occasionali, nella misura dell'1%.

4.3. DATI DI IRRAGGIAMENTO SOLARE

La fonte solare, come è noto, ha caratteristiche di forte aleatorietà e quindi è solo statisticamente prevedibile. Per avere riferimenti oggettivi sui calcoli di prestazione dei sistemi si fa riferimento a pubblicazioni ufficiali che raccolgono le elaborazioni di dati acquisiti sul lungo periodo fornendo così medie statistiche raccolte in tabelle di anni-tipo e alla norma UNI/TS 11300-4.

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Località del sito: | Ozzano dell'Emilia (BO) |
| Inclinazione dei moduli (tilt): | 15° |
| Orientamento (azimut): | +27° |
| Altitudine: | 67 m.s.l.m. |
| Latitudine: | 44° 26' NORD |
| Longitudine: | 11° 28' EST |

Si procede alla valutazione dell'irraggiamento solare medio annuo e si stima quindi la producibilità media annua di energia elettrica.

I parametri di input considerati sono i seguenti:

- **Posizione geografica del sito (coordinate geografiche)**
Si fa riferimento alla città più prossima all'ubicazione del sito di cui si vuole stimare la produzione.
Nel caso specifico si considera quale città di riferimento **Ozzano dell'Emilia (BO)**.
- **Potenza massima nominale (kWp)**
Questa è la potenza dei moduli sotto "condizioni standard di test", cioè con un'irradianza costante di 1000 Watt per metro quadro nel piano dei moduli, ad una temperatura (dei moduli) di 25°C.
- **Angolo inclinazione**
Questo è l'angolo dei moduli fotovoltaici dal piano orizzontale.
- **Angolo orientamento**
Questo è l'angolo dei moduli fotovoltaici dalla direzione sud:
 - * -90 gradi corrisponde alla direzione est
 - * 0 gradi corrisponde alla direzione sud
 - * +90 gradi corrisponde alla direzione ovest.

- **Coefficiente di rendimento**

Questa è la frazione della potenza erogata dai moduli che alla fine sarà introdotta nella rete elettrica. La differenza è causata da perdite nei cavi e nell'inverter.


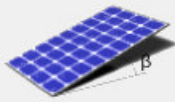
Per un impianto fotovoltaico con un inverter efficiente si può raggiungere un valore di 0.85 (che corrisponde ad una riduzione totale del 15%).

5. PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 81,76 kW è stato suddiviso in n°2 sottocampi fotovoltaici con medesima esposizione (+27° SUD) ed inclinazione (15°).

Nella tabella seguente è riportato il valore della producibilità annuale del singolo sottocampo, considerando un rendimento dello stesso pari al 75% (moduli moderatamente ventilati) ed una distanza tra file parallele di moduli maggiore di 2,70 m.

Dati generali
Sottocampo: 1
Descrizione sottocampo: SUD-OVEST_15°
Ombreggiamento associato: Nessun Ombreggiamento
Riflettanza delle superfici circostanti: 0,20
Orientamento dei moduli: 27,00 gradi
Inclinazione dei moduli: 15,00 gradi

| Irradiazione captata [kWh/m²] | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 49,85 | 75,85 | 107,14 | 138,80 | 175,54 | 169,72 | 202,99 | 165,17 | 128,46 | 75,90 | 49,96 | 33,88 |

Caratteristiche del singolo modulo
Descrizione: LG Solar/LG NeON R/LG365Q1C-A5
Tipologia: Monocristallino
Potenza di picco: 365 Wp
Base: 1016 mm
Altezza: 1700 mm
Superficie lorda: 1,73 m²
Superficie utile: 1,73 m²
Efficienza: 0,21

Caratteristiche del sottocampo
Tipologia di installazione: Moduli inclinati rispet...
Distanza minima tra file parallele: 2,70 m
Numero di moduli: 112
Potenza di picco complessiva: 40,88 kWp
Superficie utile complessiva: 193,76 m²
Superficie lorda complessiva: 193,45 m²
Rendimento del sottocampo: 0,75

| Descrizione | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|----------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Produttività mensile [kWh] | 1528,... | 2325,... | 3285,... | 4255,... | 5382,... | 5203,... | 6223,... | 5064,... | 3938,... | 2327,... | 1531,... | 1038,... |
| Produttività specifica [kWh/kWp] | 37,39 | 56,89 | 80,36 | 104,10 | 131,66 | 127,29 | 152,24 | 123,88 | 96,34 | 56,93 | 37,47 | 25,41 |
| Produttività annuale | 42104,23 kWh | | | | | Produttività specifica 1029,95 kWh/kWp | | | | | | |

La producibilità annuale complessiva dell'impianto (n°2 sottocampi) a valle dei moduli fotovoltaici è quindi pari a:

$$42'104,23 * 2 = 84'208,46 \text{ kWh}$$

Tale valore tiene conto delle perdite causate da:

- **temperatura** (considerando dati di temperatura locale)
- **effetto angolare di riflessione** (perdite intrinseche con l'ubicazione dell'impianto: solo particolari ambienti circostanti, quali presenza di grandi superfici di colore bianco, possono aiutare a ridurne il valore)

- **polluzione atmosferica**
- **perdite per ombreggiamento.**
- **mismatching tra le stringhe** (non uniformità di prestazioni elettriche fornite dai vari moduli che compongono ogni stringa fotovoltaica e conseguentemente non uniformità di una stringa con l'altra).

Per il calcolo della **producibilità netta annua totale** si dovrà tener conto anche delle perdite di seguito elencate, che possono essere stimare nel complesso pari all' **11%**:

- **perdite sui circuiti in corrente continua** (resistenza dei cavi elettrici, resistenza di contatto sugli interruttori e caduta di tensione sui diodi di blocco di protezione delle stringhe) = **2%**
- **sistema di conversione** (perdite dovute alla curva di efficienza dei convertitori in funzione della potenza in uscita) = **5%**
- **perdite nei trasformatori di isolamenti** = **3%**
- **perdite nei filtri e nei servizi ausiliari** = **1%**

Avremo, quindi, che la producibilità netta annua totale è pari a:

$$E = 84'208,46 \times 89\% = 74.945,53 \text{ kWh/anno}$$

La resa dei moduli fotovoltaici installati, rispetto alla potenza di picco, è garantita:

- **95% nei primi 5 anni**
- **- 0,4% dal 6° al 25° anno**
- **87% dal 25° anno**

5.1 RIDUZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Considerando che per ogni kWh elettrico prodotto si evita l'emissione in atmosfera di 0,531 kg di CO₂ (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) con l'installazione dell'impianto fotovoltaico in esame e considerando la producibilità netta annua totale di **74.945 kWh**, **eviteremo di immettere in atmosfera circa 39.800 kg/anno di CO₂ che per essere riassorbita richiederebbe la tutela di circa 79.600 m² di foresta (*)**.

(*) 1 kg di CO₂ necessita in media di 2 m² di foresta per essere riassorbita.

6. SCELTA DEI MODULI

I moduli scelti, in silicio monocristallino e con potenza di picco pari a **365 W**, hanno le seguenti caratteristiche tecniche:

- | | |
|--|--|
| • Denominazione: | Lg365Q1C-A5 (od equivalente di qualità superiore) |
| • Potenza nominale massima (o di picco) P _{max} : | 365 W |
| • Tolleranza di produzione sulla potenza nominale: | 0 + 3 % |
| • Efficienza di conversione del modulo: | 21,1 % |
| • Tensione a vuoto (U _{oc}): | 42,8 V_{dc} |
| • Corrente di corto circuito (I _{sc}): | 10,8 A |
| • Tensione MPP (U _{mpp}): | 36,7 V_{dc} |
| • Corrente MPP (I _{mpp}): | 9,95 A |
| • Coefficiente termico della tensione: | - 0,24 V_{dc}/K |
| • Coefficiente termico della corrente: | +0,04 %/K |
| • Coefficiente termico della potenza: | - 0,30 %/K |
| • Temperatura NOCT: | 44 (± 3) °C |
| • Tensione massima di esercizio (di sistema): | 1000 V_{dc} |
| • Numero celle: | 60 |

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| • Numero diodi di bypass: | 3 |
| • Cavi di connessione: | connettori MC4 |
| - sezione (S): | 4 mm² |
| - lunghezza (l): | 1,0 m |
| • Isolamento: | Classe II |
| • Dimensioni: | 1.016 x 1.700 x 40 mm |
| • Peso: | 18,5 kg |
| • Garanzia sul prodotto: | 25 anni |
| • Garanzia sulla potenza MPP: | > 87 %, 25 anni |

7. CONFIGURAZIONE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

Il campo fotovoltaico sarà costituito da **n°2 sottocampi** (sottocampo n°1 e sottocampo n°2), ciascuno composto da **n°7 stringhe** di moduli, ottenute collegando in serie **n°16 moduli**.

I collegamenti elettrici tra le stringhe dei moduli saranno effettuati in modo da realizzare un'area della spira la più piccola possibile per limitare gli effetti delle sovratensioni indotte dai fulmini.

I cavi di stringa afferiscono ai **n°2 quadri di parallelo stringhe QSTR1 e QSTR2** lato c.c. posti in locale tecnico dedicato al piano primo del fabbricato palestra.

Nel medesimo locale tecnico al primo piano saranno installati:

- l'inverter trifase **INV1** avente potenza nominale **P_{nom}=40 kW**, con sezionamento e protezione lato c.c. e lato c.a., a servizio del sottocampo n°1 (costruzione AROS – mod. Sirio K40HV od equivalente di qualità superiore)
- l'inverter trifase **INV2** avente potenza nominale **P_{nom}=40 kW**, con sezionamento e protezione lato c.c. e lato c.a., a servizio del sottocampo n°2 (costruzione AROS – mod. Sirio K40HV od equivalente di qualità superiore)
- il quadro di parallelo inverter **QPI**, composto da n°2 interruttori magnetotermici differenziali quadripolari tipo A (uno per ciascun inverter) e n°1 interruttore magnetotermico quadripolare generale.

In locale tecnico QGBT al piano terra del fabbricato palestra saranno infine ubicati il gruppo di misura dell'energia prodotta, il quadro di connessione rete **QCR**, composto dal sistema di protezione di interfaccia **SPI**, il dispositivo di interfaccia e l'interruttore magnetotermico differenziale quadripolari generale dell'impianto fotovoltaico.

I moduli saranno montati su una struttura di supporto in alluminio alla quale verranno assicurati con bulloni in acciaio inox e morsetti in alluminio. La struttura di supporto sarà fissata a selle in calcestruzzo appoggiate sulla copertura, opportunamente zavorrate con blocchi in calcestruzzo.

Considerati la località ed il tipo di posa, si ipotizzano temperature minime e massima dei moduli di **-10°C e + 70°C**. Tenuto conto che la temperatura relativa alle condizioni di prova standard (STC) è di 25°C, si ottiene:

- | | |
|--|--|
| • Tensione a vuoto massima del modulo: | $42,80 + 0,10 \times (25 + 10) = \mathbf{46,30 \text{ V}}$ |
| • Tensione MPP minima del modulo: | $36,70 + 0,10 \times (25 - 70) = \mathbf{32,20 \text{ V}}$ |
| • Tensione MPP massima del modulo: | $36,70 + 0,10 \times (25 + 10) = \mathbf{40,20 \text{ V}}$ |

Le **caratteristiche elettriche** della singola **stringa** costituita da **n°16 moduli** in serie sono:

- | | |
|--|--|
| • Potenza massima nominale (o di picco): | $16 \times 365 = \mathbf{5840 \text{ W}_p}$ |
| • Tensione MPP: | $16 \times 36,70 = \mathbf{587,2 \text{ V}}$ |
| • Corrente MPP: | $\mathbf{9,95 \text{ A}}$ |
| • Corrente di cortocircuito massima: | $1,25 \times I_{sc} = 1,25 \times 9,95 = \mathbf{12,44 \text{ A}}$ |
| • Tensione a vuoto massima: | $16 \times 46,30 = \mathbf{740,80 \text{ V}}$ |

- Tensione MPP minima: $16 \times 32,70 = 515,20 \text{ V}$
- Tensione MPP massima: $16 \times 40,20 = 643,20 \text{ V}$

Entrambi i poli c.c. sono isolati da terra.

8. SCELTA DEGLI INVERTER

La soluzione che ottimizza la realizzazione del campo fotovoltaico da un punto di vista economico, tecnico e di realizzazione è quella che prevede **n°2** inverter trifase.

Sottocampo n°1 / Sottocampo n°2

L'inverter (costruzione AROS – mod. Sirio K40 HV od equivalente di qualità superiore) ha una potenza DC massima di **40 kW_p** ed è alimentato dal parallelo di **n°7** stringhe ciascuna costituita da **n°16** moduli, per una potenza nominale complessiva di:

$$7 \times 16 \times 365 = 40,88 \text{ kW}_p$$

entro il limite massimo di **40 kW_p** per tale inverter.

L'inverter è dotato di trasformatore di isolamento a frequenza di rete.

Dati tecnici dell' inverter trifase AROS - mod. Sirio K40 HV:

- Lato c.c.
 - potenza massima.: **40,00 kW_p**
 - tensione massima applicabile: **880 V_{cc}**
 - range di tensione di ingresso MPPT: **450÷760 V_{cc}**
 - corrente di ingresso massima: **94 A**
 - numero di ingressi: **1**
 - categoria di sovratensione: **II (2,5 kV)**
 - rilevatore di dispersione verso terra: **SI**
 - ripple in c.c.: **< 1 %**
 - connettori c.c.: **morsetti a vite**
- Lato c.a.
 - potenza massima d'uscita: **40,00 kW**
 - tensione nominale: **400 V**
 - distorsione totale della corrente di rete: **≤ 3 %**
 - frequenza di rete: **47,5 – 51,5 Hz**
 - fattore di potenza: **cosφ = 0,9**
 - rendimento massimo: **96,2 % (Europeo: 95,3 %)**
 - collegamento alla rete: **morsetti a vite**
 - dimensioni e peso: **555 x 720 x 1.400 mm – 310 kg**
 - varistori di protezione: **NO**
 - grado di protezione: **IP20**

Per verificare il corretto accoppiamento tra l'inverter e i moduli, nel caso delle stringhe composte da **n° 16** moduli è necessario che:

- la massima tensione a vuoto di stringa non superi la massima tensione tollerata dall'inverter:

$$n°16 \times 46,30 \text{ V} = 740,80 \text{ V} < 880 \text{ V}$$

- la tensione MPP minima di stringa non sia inferiore alla minima tensione dell'MPPT dell'inverter:

$$n°16 \times 32,20 \text{ V} = 515,20 \text{ V} > 450 \text{ V}$$

- la tensione MPP massima di stringa non superi la massima tensione dell'MPPT dell'inverter:

$$n^{\circ}16 \times 40,20 \text{ V} = 643,20 \text{ V} < 760 \text{ V}$$

- la somma delle correnti MPP massime delle 7 stringhe che alimentano ogni inverter non superi la corrente in ingresso massima dell'inverter:

$$\begin{aligned} n^{\circ}7 \times 9,95 \text{ A} &= 69,65 \text{ A} < 94 \text{ A} \\ n^{\circ}7 \times 12,44 \text{ A} &= 87,08 \text{ A} < 94 \text{ A} \text{ (a favore di sicurezza)} \end{aligned}$$

9. SCELTA DEI CAVI

I moduli sono dotati di **cavi solari** di sez. **4 mm²**, con il polo positivo ed il polo negativo lungo **100 cm**. Entrambi i cavi sono corredati di connettori MC4 IP65.

I collegamenti tra i moduli di una stessa stringa e il collegamento delle stringhe ai quadri di parallelo stringhe **QSTR1/2** sono realizzati con **cavi solari** di sez. **4 mm²** posati nei profilati delle strutture di sostegno dei moduli, in guaina in pvc e nella canalina in acciaio zincato asolata che dai moduli arriva fino al relativo **QSTR**, installato in copertura. Le connessioni tra i cavi sono assicurate da connettori **MC4 IP65**.

I cavi di collegamento tra i **QSTR1/2**, gli inverter **INV1/2** (installati nel locale tecnico al primo piano), sono posati in canalina in acciaio zincato asolata e sono realizzati con **n°2 cavi unipolari tipo FG16R16 0,6/1kV** di sez. **35 mm²**.

I cavi di collegamento tra gli inverter **INV1/2** ed il quadro di parallelo inverter **QPI**, installato nel locale tecnico al primo piano, e tra il **QPI** ed il Quadro di Connessione Rete **QCR**, installato nel locale tecnico al piano terra, sono posati in canalina in acciaio zincato asolata e sono realizzati con **cavi tetrapolari tipo FG16OR16 0,6/1kV** rispettivamente di sez. pari a **16 mm²** e **35 mm²**.

E' necessario prevedere conduttori di protezione per il collegamento delle masse all'impianto di terra esterno: un conduttore di protezione FS7 giallo-verde di sez. **16 mm²** è previsto per collegare a terra le strutture metalliche di sostegno dei moduli, le carcasse degli inverter e di tutte le parti metalliche dell'impianto che potrebbero costituire masse pericolose.

La scelta dei cavi è stata effettuata con l'obiettivo di ridurre il valore complessivo della caduta di tensione massima lungo l'intero percorso elettrico dai sottocampi fotovoltaico al punto di immissione nel locale tecnologico elettrico, senza però trascurare l'aspetto economico. Abbiamo ritenuto accettabile entro l'**1 %** la caduta di tensione massima lato c.c. e entro il **3,5 %** la caduta di tensione massima lato c.a..

I valori individuati sono abbastanza restrittivi ma si è reso necessario adottarli considerando le distanze in gioco e la presenza dei trasformatori incorporati negli inverter che introducono ulteriori perdite di energia.

10. QUADRI ELETTRICI

10.1 QUADRO DI PARALLELO STRINGHE (QSTR)

I Quadri di Parallelo Stringhe **QSTR1/2** sono ubicati in locale tecnico dedicato, al piano primo del fabbricato palestra. Nei **QSTR1/2**, realizzati con cassette in poliestere con grado di protezione IP55 sono installati per ogni stringa: un **diodo di blocco** e una coppia di sezionatori portafusibili con **fusibili** idonei ad operare in continua, con **corrente nominale In=20 A** ($1,25 I_{sc} \leq I_n \leq 2 I_n$). In ogni **QSTR1/2** è presente un unico complesso di idonei scaricatori di sovratensione (SPD) per la protezione dei moduli, con disposizione ad "ipsilon".

Un interruttore magnetotermico o un interruttore sezionatore per impiego in continua e adatto al sezionamento sotto carico delle stringhe è impiegato per proteggere il quadro e per escludere con una unica manovra tutte le stringhe che afferiscono ad esso.

10.2 QUADRO DI PARALLELO INVERTER (QPI)

Nel locale tecnico al primo piano sono installati n°2 interruttori magnetotermici idonei per l'impiego in continua, da utilizzare durante le operazioni di manutenzione dell'Inverter, gli Inverter ed il QPI.

Le linee di uscita da ognuno dei n°2 inverter, costituite ciascuna da quattro cavi unipolari FG16R16 0,6/1kV, sono protette da interruttori automatici magnetotermici differenziali tetrapolari con $I_n=80 \text{ A}$, $I_{dn}=0,3 \text{ A}$ (tipo "A" a favore di sicurezza), alloggiati nel quadro di parallelo inverter QPI.

Ciascuno di essi consente di operare selettivamente sui vari sottocampi sia in automatico (nel caso si presenti un problema su uno di essi, come un cortocircuito) e sia volontariamente per manutenzione od altro.

Nello stesso quadro è alloggiato anche l'interruttore magnetotermico generale avente $I_n=125 \text{ A}$, in grado di escludere con una sola manovra l'intero campo fotovoltaico dalla connessione alla rete pubblica, senza intervenire sull'interruttore generale nel quadro consegna energia.

Poiché gli inverter sono dotati di trasformatore di separazione verso la rete ed hanno uno schermo metallico messo a terra, gli inverter sono protetti dalle sovratensioni dagli stessi trasformatori: non è necessario installare alcun SPD sul lato c.a. ad arrivo linea (dalla rete). Nel QPI è comunque installato uno scaricatore di classe I a protezione dei trasformatori.

Completano il quadro morsetti, barra di terra e accessori di cablaggio.

10.3 QUADRO DI CONNESSIONE RETE (QCR)

Il Quadro di Connessione Rete (QCR), installato nel locale tecnico al piano terra, è composto dal dispositivo di interfaccia **DDI** di protezione rete, costituito da un contattore tetrapolare, categoria di utilizzazione **AC-3**, comandato da una bobina a mancanza di tensione, alimentata in serie ai contatti di scatto dei relè del sistema di protezione di interfaccia **SPI a norma CEI 0-16**: tale bobina determina l'apertura del DDI in caso di intervento delle protezioni, o per mancanza dell'alimentazione ausiliaria.

A monte del QCR sono posti in opera un interruttore automatico magnetotermico quadripolare generale con $I_n=125 \text{ A}$, da utilizzare durante le operazioni di manutenzione del misuratore, ed il gruppo di misura ad inserzione semidiretta, per la misura dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico.

A valle del QCR, nel quadro generale di bassa tensione QGBT è posto in opera un interruttore automatico magnetotermico differenziale tetrapolare con $I_n=125 \text{ A}$ e $I_{dn}=1 \text{ A}$ (tipo "S").

11. VERIFICA TECNICO-FUNZIONALE DELL'IMPIANTO

La verifica tecnico-funzionale dell'impianto consiste nel verificare:

- la continuità elettrica e le connessioni tra moduli;
- la messa a terra di masse e scaricatori;
- l'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- la condizione: $P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot I / I_{STC}$, ove:
 - P_{cc} è la potenza in corrente continua (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm 2\%$;
 - P_{nom} è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;

- I è l'irraggiamento (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $0 + 5\%$;
- I_{STC} , pari a $1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;
- la condizione: $P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc}$, ove: P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente generata dai moduli fotovoltaici continua in corrente alternata, con precisione migliore del 2% ;

Le verifiche di cui sopra saranno effettuate, a lavori ultimati, dall'installatore dell'impianto, che dovrà essere in possesso di tutti i requisiti previsti dalle leggi in materia, e dovrà emettere idonea dichiarazione, firmata e siglata in ogni parte, che attesti l'esito delle verifiche e la data in cui le predette sono state effettuate.