

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo - Bologna**

PROGETTO DEFINITIVO		 INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ INFRATRASPORTI.TO S.r.l.													
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA														
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S	Ing. F. Azzarone Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 12287J	DEPOSITO OFFICINA REBAUDENGO – IMPIANTI NON DI SISTEMA IMPIANTO ELETTRICO – FOTOVOLTAICO RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO													
		ELABORATO										REV.		SCALA	DATA
												Int.	Est.		
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A1	D	IEL	DRB	R	008	0	1	-	28/12/2022	

AGGIORNAMENTI

Fig. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/03/22	GBi	AGh	Faz	RCr
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	28/12/22	GBi	AGh	FAz	RCr
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 1</td> <td>CARTELLA</td> <td>14.5</td> <td>22</td> <td>MTL2T1A1D</td> <td>IELDRBR008</td> </tr> </table>						LOTTO 1	CARTELLA	14.5	22	MTL2T1A1D	IELDRBR008	<p align="center">STAZIONE APPALTANTE</p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro</p>						
LOTTO 1	CARTELLA	14.5	22	MTL2T1A1D	IELDRBR008													

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1 Rebaudengo-Bologna
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2	RADIAZIONE SOLARE	6
3	MODULI FOTOVOLTAICI	8
4	GRUPPO DI CONVERSIONE	9
5	DIMENSIONAMENTO DEL GENERATORE FV	11
6	QUADRI ELETTRICI	12
7	CAVI ELETTRICI	13
8	STRUTTURE DI FISSAGGIO ALLA COPERTURA	15
9	SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO	16
10	PROTEZIONE CONTRO I FULMINI	17
11	PROTEZIONI CONTRO LE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO	17
12	PROTEZIONI DELLE APPARECCHIATURE DA SOVRATENSIONI	17
13	IMPIANTO DI TERRA	18

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1 Rebaudengo-Bologna
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

1 PREMESSA

1.1 Scopo e campo di applicazione

La presente relazione tecnica descrive le caratteristiche tecniche e prestazionali dell'impianto fotovoltaico da realizzare nella Tratta Politecnico-Rebaudengo della Linea 2 della Metropolitana, inerente il Deposito Officina Rebaudengo.

L'impianto è dimensionato per una produzione di potenza complessiva di 55,2 kWp e per una produzione (primo anno) di 61,206,32 MWh annui. connesso in parallelo alla rete pubblica di distribuzione dell'energia elettrica in media tensione e incentivato con il regime di Scambio Sul Posto.

L'impianto in oggetto sarà installato sul tetto del fabbricato uffici.

L'impianto fotovoltaico è costituito da complessivamente da n. 138 moduli fotovoltaici e da n. 3 convertitori statici (inverter).

La posizione e la definizione del numero del generatore sono indicati nella tavola del layout d'impianto.

Con la realizzazione dell'impianto si intende conseguire un risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile. Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

La necessità di legge è ampiamente ottemperata ($826 \text{ m}^2/50 = 16,52 \text{ kWp}$), ma la disponibilità della copertura consente di arrivare alla potenza di picco indicata (secondo già i dettami del preliminare), permettendo una disponibilità di energia "verde" più importante.

1.2 Normativa di riferimento

- CEI 0-16 Regole tecniche di connessione (RTC) per utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1 Rebaudengo-Bologna
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

- CEI 0-21 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-16 Lavori sotto tensione – Attrezzi di lavoro a mano per tensioni fino a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua.
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- CEI 82-1 Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente - tensione (EN 60904-1).
- CEI 82-3 Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento (EN 60904-3).
- CEI 82-4 Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia.
- CEI 82-8 Moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo (EN 61215).
- CEI 82-12 Moduli fotovoltaici (FV) a film sottili per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo (EN 61646).
- CEI 82-22 Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici (EN 50380).
- CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione
- CEI 82-27 Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 1: Prescrizioni per la costruzione (EN 61730-1).
- CEI 82-28 Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 2: Prescrizioni per le prove (EN 61730-2).
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
- UNI CEI EN 45011 Requisiti generali relativi agli organismi che gestiscono sistemi di certificazione dei prodotti.
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.
- IEC 60755/A2 General requirements for residual current operated protective devices – Amendment
- IEC TS 6225-7-1 Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification – Part 7-1: Generators – Photovoltaic arrays.

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi, pertanto sono da intendersi puramente indicativi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1 Rebaudengo-Bologna
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

Qualora le sopra elencate norme tecniche, o i decreti, siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti, e le relative varianti, pubblicate in G.U. ed in vigore al momento della realizzazione dell'impianto.

Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra elencate, i documenti tecnici emanati dalle società di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo

Impianto fotovoltaico
Relazione tecnica e di calcolo

22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

2 RADIAZIONE SOLARE



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

Provided inputs:

Latitude/Longitude: 45.095, 7.682

Horizon: Calculated

Database used: PVGIS-SARAH2

PV technology: Crystalline silicon

PV Installed: 55.2 kWp

System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle: 5 °

Azimuth angle: -51 °

Yearly PV energy production: 61206.32 kWh

Yearly in-plane irradiation: 1493.42 kWh/m²

Year-to-year variability: 2050.70 kWh

Changes in output due to:

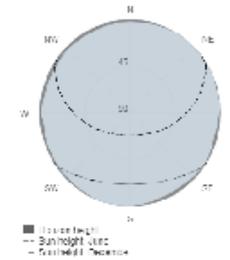
Angle of incidence: -3.87 %

Spectral effects: 0.86 %

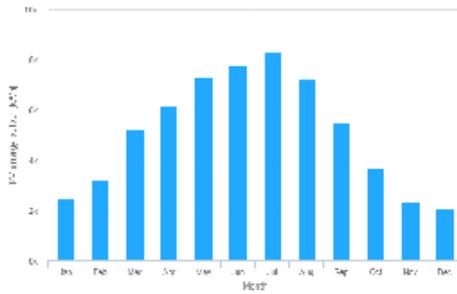
Temperature and low irradiance: -10.96 %

Total loss: -25.75 %

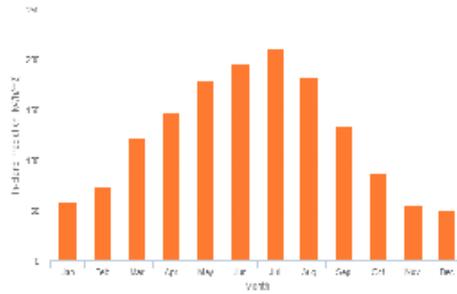
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(t)_m	SD_m
January	2478.3	57.7	349.4
February	3208.4	73.9	503.8
March	5207.6	121.3	598.0
April	6161.7	147.7	719.4
May	7281.4	178.5	628.7
June	7775.6	195.4	565.0
July	8291.5	211.1	395.2
August	7237.7	182.5	352.8
September	5480.0	134.0	341.0
October	3682.2	86.8	459.8
November	2304.7	54.7	406.6
December	2097.1	49.9	258.7

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(t)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

This European Commission initiative is available to everyone under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike license. For more information, please visit the website: <http://ec.europa.eu/energy/research-and-innovation/>



PVGIS ©European Union, 2001-2022. Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/07/07

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

Nella tabella qui di sopra sono riportati i valori medi tipici di radiazione solare sul piano orizzontale. La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base al programma PVGIS-5, prendendo come riferimento i dati generali qui indicati:

La posizione del generatore fotovoltaico è indicata nel layout d'impianto allegato al progetto.

- Località: Torino
- Latitudine: 45,095
- Longitudine: 7,681
- Altitudine: 239 m

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

3 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli saranno connessi tra loro a formare delle stringhe, da collegare a loro volta in parallelo, in modo tale che i valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrino nell'intervallo di accettabilità ammesso dai rispettivi inverter.

Dati costruttivi

- Costruttore /tipo: Sun Power – SPR-MAX3-400 o similare equivalente
- Tecnologia costruttiva: Silicio monocristallino
- Marchio CE

Caratteristiche elettriche

- Potenza di picco: 400 Wp
- Rendimento: 22,6 %
- Tensione MPP V_{mpp} : 65,8 V
- Tensione a vuoto V_{oc} : 75,6 V
- Corrente nominale MPP I_{mpp} : 6,08 A
- Corrente di corto circuito I_{sc} : 6,58 A

Dimensioni indicative

- Dimensioni: 1.690 mm x 1046 mm
- Peso: 19 kg

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

4 GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dall'insieme dei convertitori statici c.c./c.a. (Inverter). Ciascun convertitore statico c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili.

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), conforme a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-16 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza).
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-16, CEI 64-8 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza europea $\geq 90\%$.
- Gli inverter devono essere dotati dei seguenti accessori: quadro di campo, per il parallelo fino a 16 stringhe e sezionatore di ingresso, scaricatori per sovratensioni atmosferiche.

Il gruppo di conversione del generatore FV è composto da n. 3 inverter identici, con ciò favorendo le scorte di magazzino e la gestione dell'impianto:

Dati costruttivi

- Costruttore /tipo: ABB (TRIO-20.0-TL-OUTD o similare equivalente)
- Inseguitori: 2

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

- Ingressi per inseguitore: 2
- Conforme a CEI 0-16

Caratteristiche elettriche

- Potenza massima c.c. : 24 kW
- Tensione massima c.c. : 1000 V
- Tensione minima MPPT : 430 V
- Tensione massima MPPT : 950 V
- Tensione nominale di uscita : 400 Vac
- Potenza massima ac : 22 kW
- Rendimento massimo / europeo: 0,982 /0,98

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

5 DIMENSIONAMENTO DEL GENERATORE FV

L'impianto fotovoltaico in oggetto, avrà una potenza di 55,20 kWp e sarà collegato in parallelo alla rete elettrica MT di ENEL Distribuzione.

Si è scelto di installare 3 inverter di tipo distribuito con 2 MPPT ciascuno . I moduli fotovoltaici saranno suddivisi in stringhe e collegati agli inverter come segue:

Inverter 1-2-3

MPPT1: 2 stringhe 12 moduli (ciascuno);

MPPT2 2 stringhe 11 moduli (ciascuno)

Gli inverter saranno collocati sulla copertura dell'edificio, in prossimità dei moduli fotovoltaici all'esterno, posti a parete sotto una tettoia di protezione. In adiacenza saranno installati i quadri di stringa, che saranno in numero di due per ogni inverter e raccoglieranno n.12 moduli per una e n.11 per l' altra stringa.

Il quadro elettrico generale dell'impianto fotovoltaico sarà installato in prossimità degli inverter, conterrà, all'interno, tutte le apparecchiature di protezione, esclusivamente lato AC, in quanto sono le uniche presenti, compreso il Dispositivo di Protezione di Interfaccia conforme alla norma CEI 0-16, ad eccezione del Dispositivo di Protezione Generale che sarà installato nel quadro elettrico QGBT all'interno della cabina elettrica.

La soluzione appena descritta è definita multi-inverter e si differenzia da quella mono-inverter e da quella con un inverter per ogni stringa. Rispetto alla soluzione con un solo inverter quella con più inverter fa sì che in caso di avaria ad uno di questi l'impianto continui a funzionare; rispetto alla soluzione con un inverter per ogni stringa quella con più inverter presenta un vantaggio economico in quanto risulta meno costoso.

Per maggiori dettagli sullo schema di connessione si rimanda allo Schema unifilare.

Le strutture di supporto e fissaggio dei moduli fotovoltaici consentono una installazione dei pannelli fotovoltaici complanare al tetto. La falda presa in considerazione per l'installazione dei pannelli è quella con la migliore esposizione.

Con questi parametri e la compatibilità della superficie a disposizione si ottiene una copertura totale pari a 138 moduli.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

6 QUADRI ELETTRICI

I convertitori statici c.c./c.a. saranno collegati in parallelo tra loro e collegati agli impianti elettrici di stabilimento per mezzo di apposito quadro elettrico di distribuzione con le seguenti caratteristiche principali:

- Norme di riferimento IEC 439 / CEI EN 61439-1
- Tensione di isolamento: 1.000V
- Tensione di esercizio **600 V**
- Numero fasi: 3
- Frequenza: 50 Hz
- Condizioni ambientali: 40°C - 90%
- Forma costruttiva: 2b min.
- Grado di protezione esterno: IP31 min.
- Grado di protezione interno: IP20 min.
- Accessibilità: fronte

Le apparecchiature di protezione e di manovra di potenza installate nel quadro elettrico dovranno essere conformi alla norma CEI 17-5 / IEC 157/1. Il dispositivo di interfaccia DDI e il sistema di protezione di interfaccia SPI dovranno essere conformi alla norma CEI 0-16 e successive varianti V1 e V2.

Il contatore elettrico fiscale necessario a contabilizzare l'immissione dell'energia elettrica all'interno della rete elettrica di stabilimento dovrà essere MID, del tipo ISKRAEMECO modello MT880, o similare equivalente, corredato di trasformatori di misura fiscali e morsettiere sigillabili.

Il quadro generale fotovoltaico sarà installato sul tetto in prossimità degli inverter e conterrà i seguenti dispositivi:

- Contattore 4P (DDI)
- Relè di protezione (SPI/SPG)
- Interruttori di protezione delle linee provenienti dagli inverter, di tipo magnetotermico differenziale
- Scaricatore da sovratensioni con contatto per la segnalazione del guasto
- Sezionatore generale con contatto per la segnalazione del guasto
- Blocco fusibili per alimentazione quadro di monitoraggio

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

7 CAVI ELETTRICI

I cavi o condutture utilizzati nell'impianto fotovoltaico devono essere in grado di sopportare, per la durata di vita dell'impianto stesso, severe condizioni ambientali in termini di temperatura, precipitazioni atmosferiche e radiazioni ultraviolette. Per condutture si intende l'insieme dei cavi e del tubo o canale portacavi in cui sono inseriti.

I cavi potranno essere in rame o in alluminio, di sezione adeguatamente dimensionata secondo CEI 64-8 e CEI UNEL 35024/1; inoltre dovranno avere un isolamento adeguato alla tensione di riferimento del sistema elettrico corrispondente ed essere adeguatamente protetti con guaina per uso esterno.

In ogni caso i cavi devono essere conformi al regolamento CPR UE 305/11.

I cavi sul lato corrente continua, per il collegamento tra i moduli, le stringhe i quadri di sottocampo e gli inverter, oltre ad avere un isolamento adeguato alla tensione di sistema, devono essere in grado di sopportare elevate temperature e resistere ai raggi ultravioletti, se installati a vista. Pertanto si useranno cavi particolari adatti alle applicazioni per il fotovoltaico, usualmente unipolari con isolamento e guaina in gomma, tensione nominale 1.500 Vcc, con temperatura ambientale massima di funzionamento non inferiore a 90 °C e con temperatura del conduttore massima di funzionamento non inferiore a 120 °C (250°C in condizioni di corto circuito).

La protezione delle linee elettriche contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti deve essere realizzata per mezzo di fusibili, il cui dimensionamento sarà coordinato con le linee a valle secondo CEI 64-8, e dal rispettivo convertitore statico c.c./c.a. a monte. L'isolamento verso terra ed eventuali guasti a terra devono essere monitorati dal rispettivo convertitore statico c.c./c.a. a monte.

I cavi sul lato corrente alternata, per il collegamento tra gli inverter ed il quadro elettrico, oltre ad avere un isolamento adeguato alla tensione di sistema, devono essere in grado di sopportare temperature piuttosto elevate e resistere ai raggi ultravioletti, se installati a vista. Pertanto si useranno cavi usualmente multipolari con anima in corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto, isolante in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G16, guaina termoplastica speciale di qualità M16, con tensione di isolamento 0,6/1kV, con temperatura ambientale massima di funzionamento non inferiore a 40 °C e con temperatura del conduttore massima di funzionamento non inferiore a 90°C (250°C in caso di corto circuito), con Euroclasse "Cca – s1b, d1, a1" secondo regolamento CPR UE 305/11.

La protezione delle linee elettriche contro sovraccarico e cortocircuito deve essere realizzata per mezzo di interruttori automatici con relè magnetotermico, il cui dimensionamento sarà coordinato con le linee a valle secondo CEI 64-8. La protezione da guasti a terra potrà essere

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

realizzata per mezzo di relè differenziali o omopolari. La sezione dei conduttori di neutro non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase nei circuiti. Le sezioni minime ed eventuali prescrizioni per i conduttori neutri, di terra e protezione, possono essere desunte dalle norme CEI 64-8 di riferimento per gli impianti elettrici similari.

I cavi devono rispondere alla prova di non propagazione del fuoco, a bassissima emissione di fumo e/o gas tossici e/o corrosivi. Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso in cui sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, essi devono avere i requisiti in conformità alle norme CEI EN 60332-2-22 o CEI EN 60332-3-24.

Allorché i cavi siano installati, in notevole quantità, in ambienti chiusi frequentati dal pubblico e di difficile e lenta evacuazione oppure si trovino a coesistere in ambiente chiuso, con apparecchiature particolarmente vulnerabili da agenti corrosivi, si devono adottare sistemi di posa conformi alla Guida CEI 82-25 atti ad impedire il dilagare del fumo, in caso di incendio, negli ambienti stessi o, in alternativa, si deve ricorrere all'impiego di cavi di bassa emissione di fumo e aventi la caratteristica di non sviluppare gas tossici o corrosivi, secondo le norme CEI 20-37 e 20-38.

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti possono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722 e 00712. In particolare, i cavi di distribuzione dei sistemi fotovoltaici potranno essere dotati di guaine di colore rosso (polo positivo), nero (polo negativo) e blu chiaro (neutro). Per i cavi lato corrente alternata dell'impianto andranno invece rispettati in modo univoco per tutto l'impianto i seguenti colori: nero, grigio e marrone per le fasi (blu chiaro per il neutro ove necessario). In tutti i casi, il giallo-verde contraddistingue il conduttore di protezione ed equipotenziale.

Per quanto riguarda i connettori utilizzati per la connessione elettrica dei moduli, verranno utilizzati componenti del tipo maschio-femmina MC4, con le seguenti caratteristiche:

- classe di protezione II;
- grado di protezione IP68;
- sistema di bloccaggio e clip di sicurezza.

Il segnale voltmetrico del TV a triangolo aperto attualmente presente in cabina elettrica sul quadro media tensione deve essere prelevato a mezzo di cavo schermato tipo FG16OHM16-0,6/1KV con formazione 1(2x4mm²) posato in parte entro via cavi in acciaio zincato tipo MANNESMANN di diametro adeguato fino a collegare la protezione di interfaccia.

Le vie cavi per la posa delle linee elettriche devono essere realizzate con canalina a griglia realizzata con filo d'acciaio, con coperchio, zincati a fuoco secondo CEI 7-6. Allo scopo di preservare l'integrità dei manti di impermeabilizzazione delle strutture presenti sulla copertura del fabbricato, è prevista l'installazione di idonei supporti in gomma per canalizzazioni tipo "FIX-IT FOOT" o equivalente come da immagini che seguono.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX



8 STRUTTURE DI FISSAGGIO ALLA COPERTURA

Per struttura di sostegno di un generatore fotovoltaico si intende un sistema costituito dall'assemblaggio di profili, in grado di sostenere e ancorare al suolo o a una struttura un insieme di moduli fotovoltaici, nonché di ottimizzare l'esposizione di questi ultimi nei confronti della radiazione solare.

Il campo fotovoltaico sarà installato su idonea struttura in copertura all' Edificio uffici. Il progetto prevede per il fissaggio dei moduli fotovoltaici l'utilizzo di barrette in alluminio e dei morsetti di ancoraggio in alluminio da montare sulle stesse. In questo modo i moduli fotovoltaici sono installati complanari alla copertura stessa: inoltre al di sotto dei moduli, rimane disponibile lo spazio per i collegamenti elettrici a formare le stringhe. Sotto alla struttura saranno installate le canaline.

La viteria sarà in acciaio inox, idonea alle applicazioni del fotovoltaico in copertura. L'utilizzo di apposite pellicole protettive preserverà la tenuta della copertura.

Le fasi di analisi e verifica delle strutture sono state condotte in accordo con le seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) «Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica».
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76) «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche» Indicazioni progettive per le

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

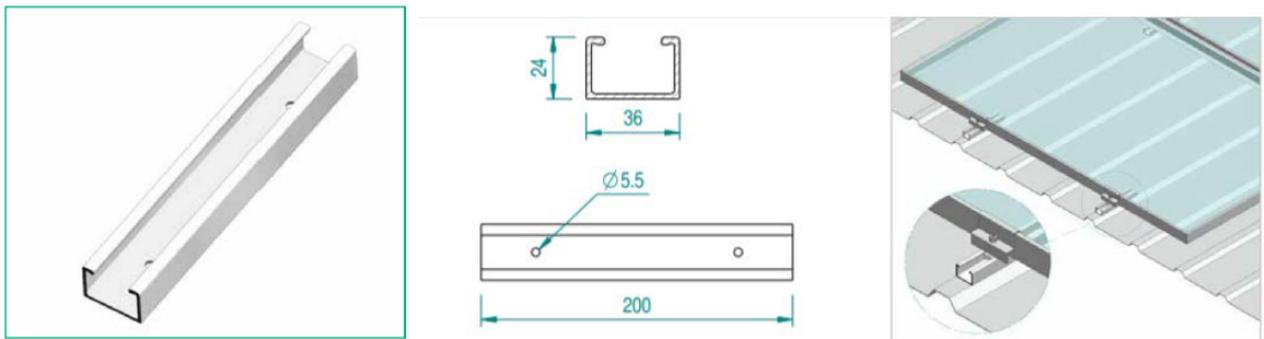
nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

- D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.) »Norme tecniche per le Costruzioni«.
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n.27 - Suppl. Ord.) «Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008».
- Eurocodice 3 - «Progettazione delle strutture in acciaio» - ENV 1993-1-1.

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G. U. 4 febbraio 2008, n. 29 - Suppl.Ord.) «Norme tecniche per le Costruzioni».

La valutazione dei carichi permanenti è stata effettuata sulle dimensioni definitive del generatore FV.

Di seguito si riportano alcune immagini di un sistema (kit) di fissaggio moduli similare equivalente a quello sopra descritto, commercializzato dalla Spett. ALUSISTEMI.



9 SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO

Si prevede di installare un sistema per monitorare il funzionamento di ogni singola stringa collegata, comparando la produzione reale di ciascuna stringa con la produzione attesa, sulla base dei valori misurati istantaneamente di irraggiamento, temperatura ambiente, velocità del vento da apposite centraline meteo classificate ISO 9060.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

Per mezzo di un software dedicato, è possibile interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun convertitore statico c.c. / a.c.

Per mezzo di un Power Plant Controller, è possibile effettuare lo scambio dei segnali e provvedere ai servizi di rete richiesti dal Distributore elettrico locale.

Il sistema, tramite le connessioni disponibili sui datalogger, può dialogare con eventuali altre apparecchiature in sito, per scambio di informazioni, tramite connessioni seriali.

10 PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Poiché l'impianto fotovoltaico non modifica la volumetria né la geometria dell'edificio, non si ritiene necessario installare protezioni aggiuntive contro le sovratensioni atmosferiche dirette.

Tuttavia sono installati idonei scaricatori lato AC per la protezione dalle sovratensioni indirette.

Si ricorda comunque che gli inverter sono forniti di scaricatori per la protezione dalle scariche atmosferiche sul lato CC.

11 PROTEZIONI CONTRO LE TENSIONI DI PASSO E CONTATTO

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

12 PROTEZIONI DELLE APPARECCHIATURE DA SOVRATENSIONI

Sono previste idonee protezioni contro le sovratensioni, sia per il lato in corrente continua, con scaricatori di sovratensioni all'interno degli inverter, sia sul lato in corrente alternata, come già descritto.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Impianto fotovoltaico Relazione tecnica e di calcolo	22_MTL2T1A1DIELDRBR008-0-1.DOCX

13 IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra dell'impianto fotovoltaico è suddiviso in 3 parti:

- Inverter, e relativi scaricatori;
- Masse
- Strutture di sostegno moduli fotovoltaici

La bandella di terra equipotenziale PE si trova nel quadro elettrico FV.

In base a quanto detto, la suddivisione dell'impianto è la seguente:

- Una linea per la messa a terra di tutte le strutture metalliche dell'impianto, carpenterie dei quadri, degli inverter e delle canaline metalliche, con cavo unipolare FS17 - 450/750 V 1x16 mmq di colore giallo-verde, connesso all'interno dello stesso quadro e, per le carpenterie di inverter e canaline, all'interno della canalina;
- Una linea dedicata per la messa a terra degli inverter, con cavo unipolare FS17 - 450/750 V 1x16 di colore giallo-verde.
- Una linea dedicata per la messa a terra delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici con cavo unipolare FS17 - 450/750 V 1x6 di colore giallo-verde.
- Il collegamento del PE posto nel quadro di parallelo con l'impianto di terra è effettuata con un cavo FS17 posato in canalina.



14 VERIFICHE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto		Progetto Impianto Elettrico									
Quadro		INV1									
Inverter											
Marca		ABB									
Sigla		TRIO-20.0-TL-OUTD									
N. Ingressi (Inseguitori MPP)		2									
Potenza massima c.c.	[W]	24.000									
Tensione massima c.c.	[V]	1.000									
Tensione massima MPPT	[V]	950									
Tensione minima MPPT	[V]	430									
Corrente massima Impp	[A]	32									
Potenza massima c.a.	[W]	22.000									
Tensione nominale c.a.	[V]	400									
Fattore di potenza cosphi		1									
Rendimento massimo	[%]	98,2									
Rendimento massimo europeo	[%]	98									
Polarità inverter		Tripolare									
Pannello											
Marca		Sunpower									
Sigla		SPR-MAX3-400									
Potenza nominale	[W]	400									
Tensione a vuoto Uoc	[V]	75,6									
Corrente di cortocircuito Isc	[A]	6,58									
Tensione MPP Vmpp	[V]	65,8									
Corrente MPP Impp	[A]	6,08									
Coefficiente termico tensione	[%]	0,236									
Tensione massima Vmax	[V]	1.000									
Ottimizzatore											
Marca											
Sigla											
Potenza CC (per ingresso)	[W]										
Tensione Ingresso MAX	[V]										
Corrente Ingresso MAX Isc	[A]										
Tipo collegamento ai pannelli											
Accumulo											
Marca											
Sigla											
Potenza nominale	kWh										
Numero elementi											
				N. totale moduli calcolati	46			Potenza max inverter [kW]	24		
				N. moduli effettivi	46			Potenza totale campo [kW]	18,4		TEST
				N. totale ottimizzatori				Nominal power ratio [%]	130,43		OK

