

ENVIRONMENT PARK

VIA LIVORNO N°60 - TORINO

IMPIANTI FOTOVOLTAICI

FABBRICATI

UFFICI A2 / UFFICI B1

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA (PFTE)

PROGETTO:	ARCHITETTONICO	STRUTTURALE	IMPIANTO FLUIDOMECCANICO	IMPIANTO ELETTRICO	
OGGETTO:				LAVORO	
FABBRICATI A2 / B1 - UFFICI				ENV_01.25	
RELAZIONE TECNICA OPERE IN PROGETTO				FILE	
				ENV_01.25_RTO	
				SCALA	
				-	
5				ELABORATO	
4					
3					
2					
1					
0	29.07.2026	G. Pisani	G. Pisani		G. Pisani
REV	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	DESCRIZIONE

ing. Gabriele PISANI

A TERMINI DI LEGGE QUESTO ELABORATO E' DI NS.PROPRIETA E NON POTRA' ESSERE COMUNICATO A TERZI O RIPRODOTTO SENZA NS.ESPLICITA AUTORIZZAZIONE

TIMBRO E FIRMA:

ORDINE INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Dott. Ing. GABRIELE PISANI
n° 10549 S

ENVIRONMENT PARK

via Livorno, 60 - TORINO

IMPIANTI FOTOVOLTAICI Fabbricati A2 / B1

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE)

Relazione tecnica Opere in progetto

Luglio 2026

INDICE

1. OGGETTO DELL'APPALTO - DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI L'APPALTO E LA CONDOTTA DEI LAVORI.....	5
1.1. OGGETTO DELL'APPALTO.....	5
1.2. NOTE GENERALI SUL COMPLESSO E SUGLI INTERVENTI.....	5
1.2.1. Interventi previsti.....	6
1.3. FORNITURA DEI SERVIZI.....	6
1.4. NORMATIVA VIGENTE.....	6
1.5. NOTE GENERALI DI COSTRUZIONE.....	8
1.6. NOTE SULLE APPARECCHIATURE E MATERIALI.....	9
2. DATI PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA - PRESCRIZIONI E PRESTAZIONI RICHIESTE	10
2.1. DATI GENERALI.....	10
2.2. REQUISITI GENERALI IMPIANTI ELETTRICI.....	10
2.2.1. Sicurezza degli impianti contro i contatti diretti.....	10
2.2.2. Sicurezza degli impianti contro i contatti indiretti.....	10
2.2.3. Sicurezza degli impianti contro esplosioni ed incendi.....	10
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	11
3.1. IMPIANTI FOTOVOLTAICI.....	11
3.1.1. Descrizione impianti fotovoltaici.....	14
3.1.1.1. <i>Architettura impiantistica e caratteristiche comuni agli impianti fotovoltaici A2 e B1</i>	14
3.1.1.2. <i>Configurazione impianto fotovoltaico palazzina A2</i>	17
3.1.1.3. <i>Configurazione impianto fotovoltaico palazzina B1</i>	17
3.1.1.4. <i>Interventi comuni sugli impianti MT/BT</i>	18
3.1.1.5. <i>Sganci di emergenza</i>	19
3.1.1.6. <i>Verifiche finali e documentazione</i>	19
3.1.2. Componenti principali dell'impianto.....	19
3.1.2.1. <i>Modulo fotovoltaico</i>	20
3.1.2.2. <i>Inverter</i>	20
3.1.2.3. <i>Cavi solari</i>	21
3.1.2.4. <i>Quadri elettrici principali di distribuzione</i>	21
3.1.2.5. <i>Quadri di campo</i>	22
3.1.2.6. <i>Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI) e Dispositivo Di Interfaccia (DDI)</i>	22
3.1.2.7. <i>Controllore Centrale di Impianto (CCI)</i>	24
3.1.2.8. <i>Distribuzioni principali e percorso cavi</i>	26
3.1.3. Impianto di messa a terra ed equipotenzialità.....	26
3.2. OPERE EDILI, OPERE STRUTTURALI ED ASSISTENZA MURARIA.....	26
3.2.1. Opere edili ed architettoniche.....	27
3.2.2. Opere strutturali.....	29
3.2.3. Assistenza muraria alle opere impiantistiche.....	30
3.3. SPECIFICHE DI DETTAGLIO ED ONERI A CURA APPALTATORE.....	30
3.3.1. Documentazione di accompagnamento alla realizzazione dell'impianto.....	31
3.3.2. Pratiche presso G.S.E.	32
3.4. OPERE STRUTTURALI – MODALITA DI ESECUZIONE.....	32
3.4.1. Documentazione di accompagnamento alla realizzazione delle opere strutturali.....	34
4. DESCRIZIONE, PRESCRIZIONI, CARATTERISTICHE FUNZIONALI E TECNICHE, E MODALITA' DI POSA DI MATERIALI E APPARECCHIATURE	35
4.1. MODULI FOTOVOLTAICI.....	35
4.2. INVERTER.....	36
4.3. DISPOSITIVO DI PROTEZIONE DI INTERFACCIA.....	37
4.4. QUADRI ELETTRICI DI BASSA TENSIONE.....	37

4.4.1.	Quadri elettrici di distribuzione in carpenteria metallica.....	38
4.4.2.	Centralini di protezione in materiale isolante	39
4.5.	PULSANTE DI SGANCIO DI EMERGENZA (INTERRUTTORE GENERALE).....	39
4.6.	CONDUTTORI E CAVI IN GENERE	40
4.6.1.	Tipologia cavi	40
4.6.1.1	<i>Cavi tipo FS17.....</i>	41
4.6.1.2	<i>Cavi tipo FG17</i>	41
4.6.1.3	<i>Cavi tipo FG16(O)R16</i>	42
4.6.1.4	<i>Cavi tipo FG16(O)M16.....</i>	43
4.6.1.5	<i>Cavi solari tipo H1Z2Z2-K.....</i>	43
4.6.1.6	<i>Cavo isolato per reti dati</i>	44
4.7.	TERMINALI DEI CAVI	44
4.8.	VIE CAVI PRINCIPALI	45
4.8.1.	Canaline metalliche.....	45
4.8.2.	Canaline a filo d'acciaio	45
4.8.3.	Tubi protettivi.....	45
4.8.3.1	<i>Tubazione di protezione corrugata pieghevole, autoestinguente</i>	46
4.8.3.2	<i>Tubazione di protezione rigida in PVC pesante autoestinguente, priva di alogeni</i>	46
4.8.3.3	<i>Tubazione di protezione in acciaio zincato</i>	47
4.8.3.4	<i>Guaina flessibile.....</i>	47
5.	VERBALI PROVE PRELIMINARI.....	48

ELENCO ELABORATI

Tavola	Oggetto	Scala
E01	Fabbricato A2 - Uffici Impianto fotovoltaico – Pianta Livelli 0/1/3	1:100
E02	Fabbricato A2 - Uffici Schema funzionale impianto fotovoltaico	/
E03	Fabbricato A2 - Uffici Schemi unifilari quadri elettrici	/
E04	Fabbricato B1 - Uffici Impianto fotovoltaico – Pianta Livelli 0/1/3	1:100
E05	Fabbricato B1 - Uffici Schemi funzionale impianto fotovoltaico	/
E06	Fabbricato B1 - Uffici Schemi unifilari quadri elettrici	/
E07	Fabbricati A2 / B1 – Impianti fotovoltaici Interventi generali – Pianta Livelli 0/1	varie
S/E08	Fabbricati A2 / B1 – Opere edili e strutturali Planimetrie, sezioni e dettagli	varie

1. OGGETTO DELL'APPALTO - DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI L'APPALTO E LA CONDOTTA DEI LAVORI

1.1. OGGETTO DELL'APPALTO

L'Appalto ha per oggetto la fornitura e l'esecuzione di tutte le opere e provviste occorrenti per la realizzazione di n. 2 impianti fotovoltaici sulle coperture dei fabbricati A2 Uffici e B1 Uffici, all'interno del complesso ENVIRONMENT PARK, via Livorno 60 – Torino.

Gli impianti avranno potenza complessiva di picco pari a circa 218,87 kWp, di cui 115,67 kWp sul fabbricato A2 e 103,20 kWp sul fabbricato B1, con posa dei moduli sulle coperture verdi mediante sistemi zavorrati e strutture dedicate.

È previsto l'impiego di moduli fotovoltaici monocristallini ad alta efficienza, con telaio e celle fotovoltaiche di colore verde, completi di inverter, quadri, protezioni, dispositivi di interfaccia, misura e controllo, con collegamento dell'impianto A2 alla cabina MT/BT n. 1 e dell'impianto B1 alla cabina MT/BT n. 2.

L'intervento comprende inoltre gli adeguamenti elettrici e le logiche di protezione e sgancio necessarie al corretto esercizio dei due generatori, l'installazione del sistema generale di interfaccia e del Controllore Centrale di Impianto, nonché le opere edili e strutturali accessorie, incluse la sistemazione delle coperture verdi, la formazione degli accessi in copertura e l'installazione dei sistemi anticaduta.

1.2. NOTE GENERALI SUL COMPLESSO E SUGLI INTERVENTI

Il complesso dell'Environment Park è composto da una serie di fabbricati (n. 8) che vengono dati in locazione ad aziende per uso uffici e laboratori.

E' presente inoltre un fabbricato ad uso uffici/servizi per la società stessa (centro servizi ENVIPOINT) ed un fabbricato, parzialmente interrato, ad uso ristorante/bar.

Indicativamente il complesso ha le seguenti dimensioni:

- superficie complessiva (escluse centrali, autorimesse e zone non condizionate): circa 23.000 m²;
- volume complessivo relativo: circa 127.000 m³.

Nel complesso sono presenti centrali tecnologiche generali per produzione fluidi e vettori energetici (acqua calda e refrigerata), una centrale di accumulo e pompaggio antincendio (idranti e sprinkler), n.3 cabine elettriche MT/BT, una centrale idroelettrica, reti generali di distribuzione, sottocentrali di zona nei vari fabbricati, per smistamento fluidi vettori alle utenze, con gruppi pompaggio e regolazioni per macchine di trattamento aria.

E' presente inoltre una rete generale di scarico collegata alle reti municipali, previo inserimento di trattamenti per scarichi specifici.

L'acqua calda sanitaria viene prodotta a mezzo di sistemi autonomi di produzione ed accumulo in pompa di calore in esecuzione monoblocco (od eventualmente splittata) con integrazione elettrica, ubicati nelle sottocentrali od in locali limitrofi, e viene distribuita ai servizi dei vari fabbricati con impianto di ricircolo.

Tutti i fabbricati dispongono di impianti dedicati in funzione della destinazione d'uso quali:

- impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione (HVAC);
- impianti idrico-sanitari;
- impianti antincendio ad acqua (idranti e sprinkler);
- impianti di illuminazione;
- impianti di forza motrice;

- impianti speciali per rilevazione fumi, dati, antintrusione, controllo accessi, ecc.

Nel complesso sono presenti centrali tecnologiche generali per produzione fluidi e vettori energetici, reti generali di distribuzione, sottocentrali di zona, nei vari fabbricati, per smistamento fluidi vettori alle utenze, con gruppi pompaggio e regolazioni per macchine di trattamento aria.

Nel seguito si riporta l'indicazione di quanto presente relativamente alle centrali generali elettriche:

- cabine elettriche per la trasformazione energia elettrica MT/BT (n.3);
- gruppo elettrogeno di soccorso;
- centralina idroelettrica per la produzione di energia elettrica con turbina posta lungo il corso del fiume DORA, potenza massima producibile circa 670 kW (produzione media annua 1.674 MWh);
- impianto fotovoltaico potenza di picco 16 kWp ubicato su struttura dedicata in prossimità del fabbricato servizi, attualmente non in funzione.

1.2.1. Interventi previsti

L'intervento riguarda i fabbricati A2 Uffici e B1 Uffici del complesso ENVIRONMENT PARK, ove è prevista la realizzazione di due impianti fotovoltaici in copertura, per una potenza complessiva pari a circa 218,87 kWp, suddivisa in 115,67 kWp sul fabbricato A2 e 103,20 kWp sul fabbricato B1.

I generatori saranno installati sulle coperture verdi, mediante sistemi di posa zavorrati e strutture dedicate, con impiego di moduli monocristallini ad alta efficienza con finitura verde, al fine di contenere l'impatto visivo dell'intervento nel contesto del complesso.

Le principali apparecchiature di impianto, quali inverter, quadri di campo, avvanquadri, quadri di parallelo, dispositivi di interfaccia, gruppi di misura e sistemi di controllo, saranno collocate in parte sulle coperture e in parte nei locali tecnici al livello seminterrato, con collegamento dell'impianto A2 alla cabina MT/BT n. 1 e dell'impianto B1 alla cabina MT/BT n. 2.

Saranno inoltre realizzati gli adeguamenti elettrici e le logiche di protezione, comando e sgancio necessarie al corretto esercizio dei due impianti, compresi il sistema generale di interfaccia, il Controllore Centrale di Impianto e quanto richiesto dal Distributore per la gestione coordinata dei generatori sul medesimo POD di consegna.

Sono comprese tutte le opere accessorie occorrenti, incluse la sistemazione delle coperture verdi con relative stratigrafie, la formazione degli accessi in copertura, l'installazione di linee vita e presidi anticaduta, nonché gli accorgimenti richiesti per manutenzione, sicurezza e prevenzione incendi.

Restano compresi negli oneri dell'intervento l'assistenza alla Committenza per le pratiche tecniche, amministrative e autorizzative connesse all'attivazione e all'esercizio degli impianti, incluse le interlocuzioni con Distributore, G.S.E., TERNA/GAUDI, U.T.F./Agenzia delle Dogane e altri enti competenti, con predisposizione della relativa documentazione tecnica.

1.3. FORNITURA DEI SERVIZI

Non è previsto l'allacciamento a nuovi servizi esterni né la richiesta di nuove forniture, in quanto gli impianti saranno riferiti al medesimo POD di consegna MT esistente, n. IT020E00275663.

1.4. NORMATIVA VIGENTE

Fermo restando l'obbligo di attenersi alle norme prescritte dalla presente Relazione, l'Appaltatore, nell'esecuzione delle opere, è tenuto alla scrupolosa osservanza di tutte le disposizioni normative e

legislative vigenti per le varie categorie di lavoro che occorre eseguire, anche se non espressamente citate, compreso il caso in cui particolari disposizioni normative vengano emanate durante l'esecuzione dei lavori.

A titolo indicativo, si riportano di seguito alcune delle principali disposizioni normative e legislative alle quali l'Appaltatore si deve attenere, senza peraltro esimerlo dall'osservanza di quanto sopra stabilito; tali norme hanno valore come fossero nel seguito integralmente riportate.

- Tutta la normativa riguardante la prevenzione infortuni ed igiene del lavoro ed in particolare:
 - * **Legge n. 123 del 03.08.2007** "Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega del governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia";
 - * **D.lgs. n. 81 del 09.04.2008.** "Attuazione dell'art. 1 della legge 03.08.2007 n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- **Legge 19.03.1990 n. 55;**
- **D.M. n. 37 del 22.01.2008 (ex legge 46/90)** "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- **D.lgs n. 28 del 03.03.2011** "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili";
- **D.M. del 10.03.1998,** "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro";
- **D.P.R. n. 37 del 12.01.1998,** "Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'Art. 20 comma, della legge 15.03.1997, n. 59" e relativa Circolare del Ministero dell'Interno del 05.05.1998, n.9;
- **Legge n. 186 dell'1.3.1968,** "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici;
- **Legge n. 791 del 18.10.1977,** - Attuazione della direttiva CEE 73/23 relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;
- **Norme C.E.I.,** Tutta la normativa del Comitato Elettrotecnico Italiano in generale, di interesse per le opere in progetto ed in particolare:
 - **Norme CEI 11.1 fasc. n. 1003 (1987),** e succ. varianti e ampliamenti "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica, Norme generali";
 - **Norme CEI 11.8 fasc. n. 1285 (1989),** " Impianti di protezione, trasmissione e dispersione di energia elettrica – Impianti di terra";
 - **Norme CEI 14.6 fasc. n. 1418 (1990),** "Trasformatori di isolamento e trasformatori di sicurezza";
 - **Norme CEI 17-5,** "Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici";
 - **Norme CEI 17-6,** "Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1 a 52 kV";
 - **Norme CEI 17-13,** "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)";
 - **Norme CEI 31-30** "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Classificazione dei luoghi pericolosi";
 - **Norme CEI 31-35** "Costruzioni elettriche potenzialmente esplosive per la presenza di gas" ed appendici relative;
 - **Norma CEI 64-8, IX edizione 2024,** "Impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua", e s.m.i.;
 - **Guida CEI 64-12:2019-01,** "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario", e s.m.i.;
 - **Norma CEI 0-16:2022-03 e varianti vigenti,** "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica", compresa Variante CEI 0-16;V5:2025-12, in vigore dal 1° gennaio 2026;
 - **Norma C.E.I. EN 50173-1** "Tecnologia dell'informazione. Sistemi di cablaggio generico. Parte 1: Requisiti generali e uffici"
- **D.P.R. n° 459 del 24.07.1996,** certificazione CE delle macchine e dei componenti di sicurezza
- **Direttiva comunitaria 93/86,** marchio CE

- **D.P.R. n. 151 del 01.08.2011** "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi";
- **D.M. 16.02.1982** "Modificazioni del **D.M. 27.9.1965** concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi"
- **Guida per Installazione impianti fotovoltaici – edizione 2012** – allegato alla nota prot n. 1324 del 07.02.2012 del MI, dipartimento dei Vigili del Fuoco;
- **Ministero dell'Interno – Dipartimento dei Vigili del Fuoco, Nota 01/09/2025 n. 14030**, "Linea guida di prevenzione incendi per la progettazione, installazione, esercizio, manutenzione di impianti fotovoltaici", aggiornamento della Nota prot. n. 1324 del 07/02/2012, con testo coordinato pubblicato dal CNVVF il 10/09/2025;
- **Nota prot. n. 0014668 del 10/09/2025**, recante chiarimenti applicativi sull'installazione di impianti fotovoltaici in attività soggette alle procedure di prevenzione incendi ai sensi del D.P.R. 151/2011, in applicazione delle Linee guida emanate con Nota n. 14030 del 01/09/2025;
- **Leggi, D.M., Circolari e norme UNI VV.F.** in materia di Prevenzioni Incendi di interesse per le opere in progetto;
- **Deliberazione ARERA 540/2021/R/eel, Deliberazione ARERA 385/2025/R/eel e Deliberazione ARERA 564/2025/R/eel**, per gli obblighi di osservabilità, controllabilità, installazione del Controllore Centrale di Impianto – CCI e attivazione della funzionalità PF2 – limitazione della potenza attiva su comando esterno del DSO, per impianti di produzione connessi in media tensione secondo le soglie e le tempistiche applicabili;
- **Norme e leggi della Regione Piemonte;**
- **Regolamento edilizio e di Igiene** del Comune di Torino.

L'Impresa, con la presentazione della propria offerta, si impegna implicitamente all'osservanza scrupolosa delle norme richiamate nel presente articolo, assumendo su di sé la responsabilità di eventuali inadempienze e lasciandone manlevate ed indenni la Committenza e la Direzione dei Lavori.

Sono inoltre a carico dell'Impresa tutti gli oneri derivanti dall'acquisizione o produzione della documentazione necessaria richiesta dalle norme, leggi e regolamenti succitate.

Di ogni apparecchiatura soggetta a controllo e/od omologazione (omologazioni REI, certificazioni, etc.) l'Appaltatore deve consegnare i relativi certificati di collaudo od omologazione rilasciati dagli enti preposti.

1.5. NOTE GENERALI DI COSTRUZIONE

Nella realizzazione degli impianti e delle opere deve essere sempre tenuta presente la necessità della loro successiva manutenzione e gestione. A tal fine tutte le apparecchiature devono potere essere sempre facilmente manovrabili, ispezionabili e sostituibili in caso di rottura, senza dovere rimuovere, spostare o danneggiare altri componenti.

Qualunque parte metallica ad altezza uomo deve essere priva di spigoli vivi od eventualmente protetta in modo adeguato.

Tutte le apparecchiature appoggiate a terra (quadri elettrici, etc.) devono sempre essere disposte su basamenti in cls, di altezza non inferiore a 15 cm, onde evitare che eventuali perdite di acqua, non drenate dalle raccolte dei locali, vengano a contatto con le apparecchiature stesse, danneggiandole.

Tali prescrizioni sono da intendersi tassative ed imprescindibili; il mancato rispetto causerà il rifacimento di tutte le parti di impianto che, ad insindacabile giudizio della D.L., non risponderanno a tali requisiti, con spese ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

∞

1.6. NOTE SULLE APPARECCHIATURE E MATERIALI

Si riporta nel seguito una vendor's list cui l'Appaltatore dovrà, per quanto possibile, attenersi nella scelta delle apparecchiature da campionare per l'approvazione della Committente:

- quadri elettrici: ABB, SCHNEIDER ELECTRIC, SIEMENS;
- interruttori di protezione: ABB, SCHNEIDER ELECTRIC, SIEMENS;
- teleruttori e relè: ABB, SCHNEIDER ELECTRIC, SIEMENS;
- moduli fotovoltaici: SOLVIS, FUTURA SUN, BISOL, SUNERG SOLAR, SOLAR INNOVA;
- inverter: SOLIS, HUAWEI, ZUCCHETTI, PEIMAR, SOLAREEDGE, ABB, FRONIUS;
- dispositivi di interfaccia: SIPROTEC, THYTRONIC, LOVATO;
- canaline: LEGRAND, CABLOFIL, ZAMET, BOCCHIOTTI.

In caso di scelte di apparecchiature e materiali diversi, non compresi nella vendor's list di cui sopra, quanto proposto deve essere di qualità equivalente o superiore.

Tutte le apparecchiature ed i materiali devono essere di primaria marca nazionale e marcati CE

2. DATI PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA - PRESCRIZIONI E PRESTAZIONI RICHIESTE

Vengono riportate nel seguito le grandezze principali, i dati di base e le prestazioni richieste alle opere in progetto. Altre grandezze saranno precisate, se del caso, nel seguito.

Gli impianti elettrici ed i componenti degli stessi devono essere realizzati a regola d'arte (Legge 186 del 01/03/1968 Artt. 1 e 2).

In particolare devono essere conformi alle Norme CEI e relative varianti in vigore alla data di esecuzione degli impianti stessi.

2.1. DATI GENERALI

- Potenza impianti fotovoltaici : 218,67 kWp complessivi, di cui
 - * 115,67 kWp su copertura Fabbricato A2
 - * 103,20 kWp su copertura Fabbricato B1
- Sistema di distribuzione : TN-S
- Tensione di alimentazione BT : 400 V; 3F + N
- Frequenza rete : 50 Hz
- $I_{cto,cto}$ presunta inizio linea BT
 - (su barratura SQEGA2-1) : ≈ 15 kA (per impianto su copertura Fabbricato A2)
 - (su barratura QE-GBT2) : ≈ 28 kA (per impianto su copertura Fabbricato B1)
- **Grado di protezione minimo impianti**
 - * esterno : $\geq$ IP65
 - * centrali tecnologiche : $\geq$ IP55

2.2. REQUISITI GENERALI IMPIANTI ELETTRICI

2.2.1. Sicurezza degli impianti contro i contatti diretti

Le installazioni in oggetto devono essere realizzate in modo da garantire la massima sicurezza contro i pericoli derivanti da contatti con parti in tensione (contatti diretti).

Tale garanzia deve essere ottenuta utilizzando involucri i cui gradi di protezione devono essere conformi a quanto previsto in relazione alla classificazione degli ambienti e comunque non inferiore ad IP4X.

2.2.2. Sicurezza degli impianti contro i contatti indiretti

La protezione contro i pericoli derivanti da contatti di tipo indiretto deve essere realizzata mediante interruzione automatica del circuito di guasto, coordinata con gli impianti di terra.

2.2.3. Sicurezza degli impianti contro esplosioni ed incendi

Gli impianti, con particolare riferimento ai suoi componenti combustibili, devono avere caratteristiche costruttive e di installazione tali da non costituire causa di innesco e propagazione d'incendio.

Per tale motivo tutti i componenti devono presentare caratteristiche di autoestinguenza all'aggressione delle fiamme.

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nel seguito si riporta la descrizione delle opere da eseguire.

Devono essere eseguiti tutti i lavori e le opere, fornite e posate tutte le apparecchiature ed i materiali, anche se non espressamente menzionati, necessari per dare gli impianti finiti e funzionanti secondo le indicazioni del capitolo 2 e secondo le migliori regole dell'arte.

Sono inoltre a totale carico dell'Impresa le opere edili/strutturali nonché tutte le opere di assistenza muraria quali forometrie, compartimentazioni attraversamenti REI, tracce, rimozioni, spostamenti, etc. necessarie all'installazione del nuovo impianto.

3.1. IMPIANTI FOTOVOLTAICI

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di n.2 impianti fotovoltaici ad elevato rendimento e affidabilità, da installare sulle coperture sub-orizzontali dei fabbricati A2 Uffici e B1 Uffici, ubicati all'interno del complesso ENVIRONMENT PARK, in via Livorno 60, Torino.

I due edifici sono costituiti da palazzine ad uso uffici sviluppate su due piani fuori terra, con coperture verdi a doppia falda di modesta inclinazione, pari a 3°, e orientamenti caratterizzati da azimut pari a +113° e -67°, in funzione della singola falda di posa.

Per entrambi gli impianti è previsto l'impiego di moduli fotovoltaici monocristallini opachi a basso riflesso e ad alta efficienza, aventi potenza nominale in condizioni standard di prova (STC) non inferiore a 400 Wp ciascuno, dimensioni indicative di 1.134 × 1.762 × 30 mm e rendimento non inferiore al 21,5%.

Al fine di minimizzare l'impatto visivo e ambientale dell'intervento rispetto al contesto architettonico e paesaggistico del complesso, è prescritto l'utilizzo di moduli fotovoltaici di finitura integralmente verde, sia per quanto concerne il telaio sia per quanto attiene alle celle, con colorazione riconducibile alla famiglia RAL 6000 o similare. Tale requisito costituisce prescrizione progettuale essenziale e non derogabile; la specifica soluzione cromatica, unitamente al modello di pannello proposto, dovrà essere preventivamente sottoposta alla Direzione Lavori e alla Committenza per la relativa approvazione.

La potenza nominale complessiva di picco degli impianti in progetto è pari a 218,87 kWp, di cui 115,67 kWp riferiti al fabbricato A2 e 103,20 kWp riferiti al fabbricato B1. I due impianti, pur insistendo sul medesimo complesso e pur risultando afferenti al medesimo POD di consegna MT (n. IT020E00275663), saranno attestati a cabine MT/BT differenti della rete di distribuzione interna e dovranno pertanto essere trattati, sotto il profilo impiantistico e gestionale, come generatori formalmente distinti.

In particolare, l'impianto a servizio del fabbricato A2 sarà collegato alla cabina MT/BT n.1 (cabina generale), mentre l'impianto a servizio del fabbricato B1 sarà collegato alla cabina MT/BT n.2. In configurazioni sul medesimo POD, il GSE ammette infatti assetti multi-impianto o nuove sezioni/UP, con gli aggiornamenti GAUDì e le misure dedicate richieste dal caso specifico.

In ragione della configurazione sopra descritta, ciascuno dei due impianti fotovoltaici sarà dotato di un proprio sistema di protezione e dispositivo di interfaccia, funzionalmente associato al relativo quadro di parallelo inverter e al rispettivo punto di attestazione sulla rete interna di bassa tensione. I due dispositivi di interfaccia dovranno essere tra loro coordinati mediante idonea logica di interblocco e sgancio, al fine di garantire il corretto comportamento complessivo dei generatori in caso di intervento delle protezioni di interfaccia e di assicurare, ove richiesto dalle condizioni di esercizio e dalle prescrizioni normative applicabili, l'apertura simultanea dei dispositivi di interfaccia afferenti ai due impianti fotovoltaici.

A livello generale, comune all'insieme degli impianti fotovoltaici installati all'interno del complesso, è inoltre prevista l'installazione di un ulteriore sistema di protezione di interfaccia generale, ubicato presso la cabina MT/BT n.1. Tale dispositivo sarà asservito al rilievo delle grandezze elettriche lato media tensione, con prelievo della tensione residua mediante collegamento a triangolo aperto sulla cella MT di cabina, e dovrà concorrere alla gestione degli sganci dei dispositivi di interfaccia locali installati sui due impianti fotovoltaici.

La logica di comando sarà realizzata secondo criterio ridondante e a sicurezza positiva, mediante configurazione logica di tipo OR, in modo che l'intervento del dispositivo generale ovvero di uno dei dispositivi locali determini il comando di apertura dei DDI interessati, secondo quanto previsto dal regolamento di esercizio e dalle prescrizioni del Distributore.

A completamento dell'architettura di protezione, controllo e regolazione, in considerazione della potenza complessiva degli impianti fotovoltaici in progetto, pari a 218,87 kWp, si prevede l'installazione di un Controllore Centrale di Impianto (CCI), anch'esso ubicato presso la cabina MT/BT n.1. Il CCI dovrà essere interfacciato con tutti gli inverter dei due impianti fotovoltaici e con le apparecchiature di misura, protezione e comunicazione previste in cabina, al fine di consentire la gestione coordinata del sistema di generazione e l'attuazione delle funzioni richieste dal regolamento di esercizio del Distributore.

In particolare, il CCI dovrà consentire, ove previsto e secondo le modalità che saranno definite in fase esecutiva con il Distributore, l'acquisizione delle principali grandezze elettriche di impianto, il monitoraggio dello stato degli inverter e dei dispositivi di interfaccia, la limitazione o modulazione della potenza attiva immessa, la gestione della potenza reattiva e del fattore di potenza, nonché l'eventuale ricezione e attuazione di comandi o set-point provenienti dal sistema di controllo del Distributore. Le modalità di comunicazione, i protocolli, le logiche di comando e i criteri di fail-safe dovranno essere definiti in coerenza con la Norma CEI 0-16, con il regolamento di esercizio e con le specifiche tecniche applicabili al punto di connessione MT.

Le principali apparecchiature costituenti i due impianti, oltre ai moduli fotovoltaici e agli inverter, risultano essere le seguenti:

- Quadri di Campo (QC) - grado di protezione IP55;
- Avvanquadri inverter (AVQ) - grado di protezione IP55;
- Gruppi di misura dell'energia prodotta (M2);
- Dispositivi di Interfaccia (DDI);
- Quadri di Parallelo Inverter (QFTV) - grado di protezione IP43.

I Quadri di Campo, gli inverter e i relativi Avvanquadri saranno installati in copertura, all'aperto, in prossimità dei manufatti emergenti di uscita dei cavedi impiantistici. I Quadri di Parallelo Inverter, completi di dispositivi di interfaccia, UPS di rinalzo e gruppi di misura M2, saranno invece collocati all'interno dei locali tecnici individuati al piano seminterrato (Livello 0), con recapito dell'energia prodotta, rispettivamente, sui quadri generali di edificio per il fabbricato A2 e sul quadro generale di bassa tensione di cabina per il fabbricato B1.

Per il fabbricato A2, il collegamento è previsto al Sott quadro Generale Fabbricato A2 Uffici (SQEGA2.1), ubicato in locale tecnico dedicato al piano seminterrato (Livello 0). Su tale quadro dovrà essere installato un nuovo interruttore magnetotermico differenziale di tipo scatolato, a protezione della linea di collegamento tra la rete elettrica esistente e il nuovo Quadro di Parallelo Inverter QFTV-A2, previsto in locale tecnologico condiviso con altre apparecchiature meccaniche esistenti. Il quadro SQEGA2.1 risulta sotteso alla rete di distribuzione BT alimentata dal Quadro Generale di Bassa Tensione della cabina MT/BT n. 1 (QE-GBT1), ubicata nel blocco tecnologico prospiciente via Livorno, in prossimità della consegna MT IRETI.

Per il fabbricato B1, il collegamento è invece previsto direttamente al Quadro Generale di Bassa Tensione della cabina di trasformazione n. 2 (QE-GBT2), ubicato anch'esso al piano seminterrato (Livello 0), in posizione baricentrica tra i fabbricati B1 e B2 e in prossimità del canale di adduzione dell'acqua a servizio della centrale idroelettrica derivata dalla Dora Riparia. Anche in questo caso dovrà essere previsto un nuovo interruttore magnetotermico differenziale di tipo scatolato, a protezione della linea di collegamento

tra la rete esistente e il nuovo Quadro di Parallelo Inverter QFTV-B1, previsto in locale tecnologico condiviso con altre apparecchiature meccaniche esistenti.

Allo stato di fatto, entrambi i fabbricati risultano realizzati secondo logiche riconducibili al concetto di “blue building”, con facciate interattive, ampie superfici vetrate esposte a sud e struttura mista. Le coperture sono costituite da solaio in laterocemento, sovrastato da guaina impermeabilizzante in condizioni di parziale usura, da strato di tessuto non tessuto e da materiale naturale costituente il pacchetto superficiale a verde. Tale soluzione di copertura fu adottata, in sede di realizzazione del complesso, con finalità di miglioramento delle prestazioni termoigrometriche estive e invernali, riduzione dei consumi energetici, filtrazione delle polveri e attenuazione acustica. È inoltre presente un impianto di irrigazione automatica a servizio del verde pensile.

Sempre allo stato attuale, l'accesso alle coperture non è garantito mediante scale fisse dedicate, ma esclusivamente tramite mezzi d'opera anche per le ordinarie attività di manutenzione sia degli impianti sia delle superfici a verde. Entrambi i fabbricati risultano inoltre sprovvisti di parapetti permanenti.

Nell'ambito dell'intervento in oggetto, oltre alle opere impiantistiche necessarie alla realizzazione dei nuovi impianti fotovoltaici completi di moduli, inverter e impiantistica elettrica accessoria, sono previsti specifici interventi edili e strutturali complementari. In particolare, tra le opere edili rientrano la risistemazione e riqualificazione delle coperture verdi, attività da intendersi quale lavorazione propedeutica alla posa dei campi fotovoltaici.

Tra le opere strutturali e di sicurezza si prevedono invece la realizzazione di nuove scale alla marinara per l'accesso a entrambe le coperture e l'installazione di nuovi sistemi anticaduta, costituiti da linee vita con pali e ganci distribuiti sulle superfici di copertura, al fine di consentire sia le operazioni di montaggio sia le future attività manutentive in condizioni di sicurezza.

La posa dei moduli fotovoltaici in copertura sarà realizzata mediante appositi sistemi zavorrati, costituiti da blocchi prefabbricati in calcestruzzo appoggiati alla copertura, con appoggio sul nuovo strato di tessuto non tessuto, al fine di incrementare le condizioni di attrito statico e la stabilità del sistema. I telai di supporto saranno completati da legature trasversali e da griglie laterali di chiusura tra le file, finalizzate sia a garantire una corretta ventilazione dei moduli sia a impedire l'intrusione di animali e l'accumulo di fogliame o materiale leggero trasportato dal vento.

La configurazione dei campi fotovoltaici, unitamente ai relativi sistemi di sostegno e appoggio, dovrà essere sviluppata in modo da interessare la massima superficie utile disponibile sulle coperture dei due fabbricati, compatibilmente con i vincoli manutentivi, con le esigenze di esercizio e con le disposizioni vigenti in materia di prevenzione incendi.

A tal fine, i moduli fotovoltaici dovranno essere disposti in modo da garantire l'accessibilità ai fini manutentivi e dell'operatività antincendio, nonché da limitare la propagazione di un eventuale incendio all'interno del generatore fotovoltaico. In coerenza con le più recenti linee guida antincendio per impianti FV, i campi dovranno essere articolati in sottocampi di dimensione massima non superiore a 20 m in ogni direzione, separati da percorsi liberi da componenti d'impianto, ad eccezione dei soli cavi, di larghezza non inferiore a 2 m; dovrà inoltre essere mantenuta una fascia perimetrale libera in prossimità del bordo di copertura, di larghezza minima pari a 1 m.

La disposizione dei moduli, delle condutture elettriche, degli inverter, dei quadri e degli altri componenti rilevanti ai fini della sicurezza antincendio dovrà altresì tenere conto della presenza di possibili vie di propagazione o veicolazione dell'incendio, quali lucernari, finestre, camini, evacuatori di fumo e calore (EFC) e ulteriori impianti tecnici presenti in copertura. Tali componenti non dovranno pertanto essere installati entro il raggio di 1 m da EFC, aperture e apparecchiature tecniche di copertura, comprese bocchette, sistemi di ventilazione ed estrazione fumi.

Con riferimento al comportamento al fuoco dell'insieme modulo-copertura, la soluzione progettuale definitiva dovrà essere configurata in modo tale da evitare, o comunque limitare, la propagazione dell'incendio dal generatore fotovoltaico alla copertura e, per suo tramite, all'edificio servito. In termini prestazionali, la linea guida VVF considera soddisfatta tale condizione in caso di posa su strutture ed elementi di copertura incombustibili classificati A1 secondo UNI EN 13501-1, ovvero mediante l'interposizione di uno strato continuo avente prestazione almeno equivalente; il medesimo documento richiama inoltre, per i tetti e le coperture, le classificazioni Broof secondo UNI EN 13501-5.

In via cautelativa, si prescrive comunque l'impiego di moduli fotovoltaici muniti di idonea classificazione di reazione al fuoco e di resistenza agli incendi esterni, indicativamente riconducibile a classe 1 secondo UNI 9177 e/o BROOF(t1) secondo UNI EN 13501-5, fermo restando che tale requisito dovrà essere verificato e confermato in sede di progettazione esecutiva in funzione del modulo effettivamente selezionato, della stratigrafia di copertura esistente, delle modalità di posa e delle condizioni finali di esercizio.

In ogni caso, in fase esecutiva dovrà essere sviluppato uno specifico approfondimento tecnico in materia di prevenzione incendi, finalizzato a verificare compiutamente la compatibilità dell'impianto fotovoltaico con le caratteristiche costruttive dei fabbricati, con la configurazione delle coperture e con l'eventuale presenza di attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.

Le soluzioni definitive dovranno quindi essere condivise con il professionista antincendio incaricato, così da individuare le misure tecniche più coerenti con il quadro normativo applicabile, con il livello di rischio effettivo e con le esigenze di sicurezza, manutenzione e operatività dei soccorritori.

3.1.1. Descrizione impianti fotovoltaici

3.1.1.1 Architettura impiantistica e caratteristiche comuni agli impianti fotovoltaici A2 e B1

La seguente descrizione riguarda la realizzazione dei nuovi impianti fotovoltaici previsti sulle coperture delle palazzine A2 e B1, nonché gli interventi generali necessari sugli impianti elettrici comuni per l'interfacciamento dei nuovi sistemi di produzione alla distribuzione MT/BT esistente, in conformità alla Norma CEI 0-16.

Gli impianti fotovoltaici delle palazzine A2 e B1 sono tra loro analoghi per filosofia impiantistica, modalità di posa, architettura elettrica, configurazione dei sottocampi, apparecchiature di conversione, protezione, interfaccia e supervisione. La descrizione generale seguente è pertanto da intendersi valida per entrambi gli impianti, salvo le specifiche differenze relative alla composizione dei campi fotovoltaici e alle modalità di collegamento alla rete elettrica esistente.

Per ciascun fabbricato è prevista l'installazione di moduli fotovoltaici in silicio cristallino di colore verde, potenza di picco indicativa 430 Wp (comunque non inferiore a 400 Wp), posati in copertura su zavorre prefabbricate in calcestruzzo di forma parallelepipedica. Le zavorre consentono il mantenimento dell'inclinazione naturale delle falde, pari indicativamente a circa 3°, senza introdurre ulteriori inclinazioni artificiali dei moduli. Le stesse sono installate su strato di tessuto-non-tessuto, al fine di migliorare le condizioni di appoggio, attrito statico e protezione del pacchetto di copertura, contribuendo alle verifiche di stabilità nei confronti di scivolamento, ribaltamento e sollevamento da vento.

Tra le zavorre e negli spazi liberi tra le file di moduli sono previste griglie metalliche forate, opportunamente fissate al sistema di supporto, con funzione di ventilazione del retro-modulo e di protezione contro l'accumulo di fogliame, materiale leggero o intrusione di piccoli animali. Tale soluzione migliora le condizioni termiche di esercizio dei moduli e contribuisce al mantenimento della producibilità dell'impianto.

I moduli sono collegati tra loro a formare stringhe singole o doppie stringhe, secondo gli schemi elettrici di progetto. I collegamenti tra i moduli dovranno essere realizzati, ove compatibile con la disposizione geometrica e con le prescrizioni dei costruttori, mediante tecnica leap-frog, o cablaggio a salto alternato, mantenendo invariata la configurazione elettrica in serie della stringa. Tale modalità consente di ottimizzare

il percorso dei conduttori in corrente continua, ridurre la lunghezza dei ritorni di stringa, contenere cadute di tensione e perdite ohmiche, e minimizzare l'area dei loop di corrente, limitando gli effetti delle sovratensioni indotte.

Ogni impianto fotovoltaico è suddiviso in n. 12 sottocampi, configurati a singola o doppia stringa e ripartiti in due gruppi da n. 6 sottocampi ciascuno. Ciascun gruppo afferisce a un Quadro di Campo in corrente continua, posto a monte del relativo inverter trifase, senza trasformatore, da 60 kW.

Per la palazzina A2, i Quadri di Campo sono denominati QC-A2.1 e QC-A2.2; per la palazzina B1 sono denominati QC-B1.1 e QC-B1.2.

Ciascun impianto è pertanto costituito, in linea generale, da:

- n. 2 Quadri di Campo in corrente continua;
- n. 2 inverter trifase senza trasformatore da 60 kW cadauno;
- n. 2 Avvanquadri fotovoltaici lato corrente alternata;
- n. 1 quadro di parallelo inverter di palazzina, QFTV-A2 o QFTV-B1;
- collegamenti di potenza, protezione, interfaccia e supervisione verso la rete elettrica comprensoriale.

I Quadri di Campo, gli inverter e gli Avvanquadri fotovoltaici sono installati in copertura a Livello 3, in posizione idonea rispetto ai sottocampi serviti, accessibile per le attività di esercizio e manutenzione e compatibile con le prescrizioni di installazione dei costruttori. I quadri e centralini dovranno avere grado di protezione non inferiore a IP55 ed essere completi degli accessori necessari al corretto attestamento, serraggio, pressacavo e identificazione dei circuiti.

Per la palazzina A2 gli avvanquadri fotovoltaici sono denominati AVQ-A2.1 e AVQ-A2.2; per la palazzina B1 sono denominati AVQ-B1.1 e AVQ-B1.2.

All'interno di ciascun Quadro di Campo sono previsti i dispositivi di sezionamento e protezione lato corrente continua. Per ogni stringa singola è previsto un interruttore quadripolare per fotovoltaico da 25 A; per ciascuna doppia stringa in parallelo è previsto analogo dispositivo da 40 A, o comunque di taglia coordinata con le caratteristiche elettriche del generatore e dell'inverter.

In ciascun Quadro di Campo, a servizio di ciascuna stringa o coppia di stringhe, è inoltre previsto un limitatore di sovratensione lato corrente continua di tipo 2, idoneo per applicazioni fotovoltaiche, con caratteristiche indicative:

- tensione di esercizio continuativo $U_c = 1.000 \text{ Vcc}$;
- corrente nominale di scarica $I_n = 20 \text{ kA}$, 8/20 μs ;
- idoneità per sistemi fotovoltaici in corrente continua;
- protezione di back-up secondo prescrizioni del costruttore;
- segnalazione locale dello stato di efficienza.

I cavi di stringa e i collegamenti in corrente continua tra moduli, Quadri di Campo e inverter dovranno essere realizzati con cavi solari tipo H1Z2Z2-K, o equivalenti, idonei per posa fotovoltaica, resistenti ai raggi UV e alle sollecitazioni termiche e ambientali, aventi le seguenti caratteristiche:

- tensione massima: $1.800 \text{ Vcc} - 1.200 \text{ Vca}$;
- temperatura massima di esercizio: 90°C ;
- temperatura minima di esercizio: -40°C ;
- temperatura minima di posa: -40°C ;
- temperatura massima di cto cto: 250°C .

I cavi dovranno essere fissati alla struttura di supporto o al retro dei moduli evitando trazioni, schiacciamenti, appoggi su spigoli vivi, raggi di curvatura non ammessi e formazione di spire estese.

La distribuzione in copertura lato corrente continua, relativa al collegamento delle stringhe ai rispettivi Quadri di Campo, è realizzata mediante canaline elettriche asolate con coperchio, passanti a terra e idonee

per installazione in ambiente esterno. Le canaline dovranno essere posate in modo ordinato e continuo, con idonei accessori di giunzione, fissaggio e derivazione, garantendo protezione meccanica dei cavi, ventilazione, drenaggio e agevole identificazione dei circuiti. I percorsi dovranno essere coordinati con la disposizione delle zavorre e dei moduli, evitando interferenze con i sistemi di fissaggio e con le vie di accesso per la manutenzione.

A valle di ciascun Quadro di Campo è installato il relativo inverter trifase senza trasformatore da 60 kW.

Per ciascun inverter è previsto il collegamento all'infrastruttura generale di rete dati esistente mediante cavo UTP Categoria 6A, posato dall'inverter fino all'armadio rack dati di zona ubicato al Livello 2. Il collegamento dovrà essere attestato sui patch panel esistenti e completato mediante la configurazione della relativa porta di rete, al fine di consentire l'acquisizione, la trasmissione e la supervisione dei dati provenienti dal campo.

A valle di ciascun inverter, lato corrente alternata, è previsto il corrispondente Avvanquadro fotovoltaico, dotato di sezionatore di manovra da 125 A con funzione di dispositivo di generatore (DDG), idoneo per il sezionamento sotto carico della linea in uscita dall'inverter.

Da ciascun Avvanquadro fotovoltaico parte una linea in corrente alternata verso il Quadro di parallelo inverter di palazzina, ubicato in locale tecnico tecnologico a Livello 0 del rispettivo fabbricato. La linea è realizzata con cavo tipo FG16(O)M16, formazione 3,5x35 mm².

I collegamenti lato corrente alternata transitano prevalentemente nel cavedio impianti entro vie cavi esistenti, con realizzazione di nuove vie cavi per quanto occorrente a Livello 0, sia per il collegamento degli avvanquadri ai rispettivi quadri di parallelo QFTV-A2 e QFTV-B1, sia per il collegamento dei quadri di parallelo ai quadri generali sui quali viene riversata la potenza prodotta dal singolo fabbricato. I percorsi dovranno essere verificati in opera e coordinati con la Direzione Lavori, garantendo adeguata protezione meccanica, separazione funzionale dei circuiti, continuità elettrica delle masse metalliche e rispetto dei raggi minimi di curvatura dei cavi.

All'interno del quadro di parallelo inverter, QFTV-A2 o QFTV-B1, ubicato anch'esso a Livello 0, sono attestate le due linee provenienti dagli inverter da 60 kW. Ciascuna linea è protetta mediante interruttore automatico magnetotermico differenziale scatolato da 125 A, con differenziale da 300 mA in classe B, idoneo per applicazioni con convertitori statici.

Nel quadro QFTV sono inoltre installati i componenti necessari alla connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete elettrica comprensoriale secondo CEI 0-16, tra cui:

- sistema di protezione di interfaccia (SPI);
- dispositivo di interfaccia (DDI);
- contatore fiscale dell'energia prodotta (M2);
- UPS di rinalzo per i circuiti di interfaccia;
- circuiti ausiliari, morsettiere, segnalazioni e relè di comando;
- bobine di sgancio sugli interruttori interessati;
- predisposizione dei collegamenti verso il dispositivo di interfaccia (DDI) generale di cabina e verso il Controllore Centrale di Impianto (CCI).

All'interno del quadro di parallelo degli inverter dovrà inoltre essere installato un contatore di energia elettrica multifunzione (multimetro), completo dei relativi accessori, destinato alla misura diretta dell'energia fotovoltaica prodotta dalla coppia di inverter sottesa al quadro in oggetto.

Il multimetro dovrà essere predisposto per l'integrazione e il riporto dei dati sulla rete di supervisione del complesso ENVIRONMENT PARK, in coerenza con le modalità già adottate per gli altri strumenti di misura recentemente installati nell'ambito della campagna di monitoraggio energetico dei diversi fabbricati.

Le masse metalliche dei moduli, le strutture di sostegno, le carpenterie dei quadri, gli inverter e le canalizzazioni metalliche dovranno essere collegate all'impianto di terra generale del complesso. I collegamenti equipotenziali relativi all'impianto fotovoltaico dovranno essere realizzati mediante conduttore di protezione FG17 giallo-verde, di sezione non inferiore a 6 mm², salvo diverse risultanze progettuali.

3.1.1.2 Configurazione impianto fotovoltaico palazzina A2

L'impianto fotovoltaico della palazzina A2 è costituito complessivamente da n. 269 moduli da 430 Wp, per una potenza complessiva pari a 115,67 kWp.

La prima sezione, afferente all'inverter da 60 kW collegato al Quadro di Campo QC-A2.1 e al relativo avanquadro AVQ-A2.1, è installata su falda ovest ed è costituita da n. 112 moduli, per 48,16 kWp, così ripartiti:

- n. 2 stringhe singole da 15 moduli;
- n. 2 stringhe singole da 20 moduli;
- n. 2 stringhe singole da 21 moduli.

La seconda sezione, afferente all'inverter da 60 kW collegato al Quadro di Campo QC-A2.2 e al relativo avanquadro AVQ-A2.2, è installata su falda est ed è costituita da n. 157 moduli, per 67,51 kWp, così ripartiti:

- n. 1 doppia stringa da 18 moduli per stringa;
- n. 1 doppia stringa da 15 moduli per stringa;
- n. 1 stringa singola da 20 moduli;
- n. 1 doppia stringa da 14 moduli per stringa;
- n. 1 stringa singola da 19 moduli;
- n. 1 doppia stringa da 12 moduli per stringa.

A Livello 0, il quadro di parallelo inverter QFTV-A2 è collegato al Sottoquadro Elettrico Generale di palazzina SQEGA2-1, sotteso al Quadro Generale di Bassa Tensione n. 1 (QE-GBT1) in Cabina MT/BT n. 1. Il collegamento è realizzato mediante installazione, nel quadro SQEGA2-1, di nuovo interruttore automatico magnetotermico differenziale di tipo scatolato da 250 A, con differenziale da 500 mA in classe A selettivo.

L'interruttore generale esistente del quadro SQEGA2-1 è di taglia pari a 400 A e risulta compatibile con la potenza fotovoltaica installata.

La linea di collegamento tra QFTV-A2 e SQEGA2-1 è prevista in cavo FG16M16, formazione 3x1x95 mm² + 1x50 mm² + 1PE16 mm², posata entro vie cavi esistenti e/o integrative.

3.1.1.3 Configurazione impianto fotovoltaico palazzina B1

L'impianto fotovoltaico della palazzina B1 è costituito complessivamente da n. 240 moduli da 430 Wp, per una potenza complessiva pari a 103,20 kWp.

La prima sezione, afferente all'inverter da 60 kW collegato al Quadro di Campo QC-B1.1 e al relativo avanquadro AVQ-B1.1, è installata su falda ovest ed è costituita da n. 108 moduli, per 46,44 kWp, così ripartiti:

- n. 1 doppia stringa da 15 moduli per stringa;
- n. 1 doppia stringa da 12 moduli per stringa;
- n. 1 stringa singola da 18 moduli;
- n. 3 stringhe singole da 12 moduli.

La seconda sezione, afferente all'inverter da 60 kW collegato al Quadro di Campo QC-B1.2 e al relativo avanquadro AVQ-B1.2, è installata su falda est ed è costituita da n. 132 moduli, per 56,76 kWp, così ripartiti:

- n. 2 stringhe singole da 18 moduli;
- n. 4 doppie stringhe da 12 moduli per stringa.

Il quadro QFTV-B1 non viene collegato al Sottoquadro Elettrico Generale di palazzina SQEGB1-1, in quanto quest'ultimo è dotato di interruttore generale da 160 A, non idoneo ad accogliere la potenza fotovoltaica installata.

Il collegamento dell'impianto B1 è pertanto previsto direttamente al Quadro Generale di Bassa Tensione n. 2 (QE-GBT2), ubicato in Cabina MT/BT n. 2, mediante installazione di nuovo interruttore automatico magnetotermico differenziale di tipo scatolato da 250 A, con differenziale da 500 mA in classe A selettivo. La linea di collegamento tra QFTV-B1 e quadro generale BT n. 2 è prevista in cavo FG16M16, formazione $3 \times 1 \times 95 \text{ mm}^2 + 1 \times 50 \text{ mm}^2 + 1 \text{ PE } 16 \text{ mm}^2$, posata entro vie cavi esistenti e/o nuove vie cavi integrative.

3.1.1.4 Interventi comuni sugli impianti MT/BT

Oltre agli interventi specifici sulle palazzine A2 e B1, sono previsti interventi generali sugli impianti comuni per l'integrazione dei nuovi impianti fotovoltaici con la distribuzione MT esistente e con gli altri sistemi di produzione già presenti nel comprensorio.

In Cabina MT/BT n. 1 dovrà essere installato un ulteriore dispositivo di interfaccia (DDI) generale, destinato al coordinamento complessivo dei nuovi generatori fotovoltaici con il sistema elettrico MT. Il dispositivo dovrà acquisire le misure di tensione sul primario MT a 15.000 V mediante opportuni TV e dovrà essere collegato, tramite circuiti filati dedicati conformi a norma CEI 0-16, ai dispositivi di interfaccia (DDI) installati nei quadri QFTV-A2 e QFTV-B1.

Ciascun dispositivo di interfaccia dovrà essere dotato di un'interfaccia posteriore per la comunicazione con i sistemi remoti di supervisione, controllo e protezione. Per la presente applicazione, i collegamenti tra i dispositivi dovranno essere realizzati esclusivamente mediante rete Ethernet su fibra ottica, attraverso porte di tipo FX, con protocollo di comunicazione Modbus TCP/IP.

Il collegamento tra il dispositivo di interfaccia generale e i dispositivi di interfaccia dei singoli impianti fotovoltaici dovrà essere realizzato mediante cavo in fibra ottica, con logica di ripristino manuale o automatico secondo le modalità operative previste dal sistema.

Il sistema dovrà essere configurato secondo una logica OR di trascinamento, in modo che l'intervento di una qualsiasi protezione di interfaccia o del dispositivo generale di cabina determini il distacco coordinato dei generatori interessati. Tale logica dovrà impedire l'instaurarsi di condizioni di funzionamento in isola non consentite e garantire, in presenza di anomalie della rete elettrica, il corretto comportamento dell'intero sistema, assicurando l'esecuzione dei comandi di apertura entro i tempi prescritti dalla normativa applicabile.

Sempre in Cabina MT/BT n. 1 dovrà essere installato il Controllore Centrale di Impianto (CCI), necessario per la gestione coordinata dei generatori fotovoltaici e per l'attuazione delle funzioni richieste dal Distributore, quali monitoraggio, acquisizione misure, regolazione dei set-point e limitazione della potenza immessa in rete. Il Controllore Centrale di Impianto (CCI) dovrà comunicare con ciascuno dei n. 4 inverter fotovoltaici mediante collegamenti filati in cavo RS485.

I collegamenti di segnale tra i dispositivi di interfaccia (DDI), nonché tra il Controllore Centrale di Impianto (CCI) e gli inverter, dovranno transitare prevalentemente entro vie cavi esistenti, con eventuali integrazioni puntuali ove necessario. Le linee di segnale dovranno essere posate con adeguata separazione dai circuiti di potenza, opportunamente identificate alle estremità e lungo il percorso, e realizzate con cavi idonei alle relative funzioni di comando, misura o comunicazione.

Per il nuovo dispositivo di interfaccia (DDI) generale e per il Controllore Centrale di Impianto (CCI) dovranno essere predisposti idonei TV e TA sulle celle di misura MT esistenti, o dovranno essere utilizzati quelli esistenti se tecnicamente compatibili. I circuiti secondari di misura dovranno essere protetti, identificati e verificati, nel rispetto delle prestazioni e delle classi di precisione richieste, con alimentazioni privilegiate garantite da piccolo UPS locale a servizio.

Tali interventi dovranno essere coordinati con la configurazione elettrica esistente di cabina e armonizzati con il dispositivo di interfaccia già presente a servizio dell'impianto di produzione da centrale idroelettrica, in modo da garantire una logica univoca e coerente di protezione, comando e distacco dell'intero sistema di produzione del comprensorio.

3.1.1.5 Sganci di emergenza

Per ciascuna palazzina è previsto un pulsante di sgancio di emergenza dell'impianto fotovoltaico, finalizzato al distacco del generatore dalla rete elettrica interna. Il comando agisce sulle bobine di apertura degli interruttori interessati e/o sul dispositivo di interfaccia (DDI).

Per la palazzina A2 il pulsante di sgancio dovrà essere installato in prossimità dell'ingresso della palazzina A2, a Livello 1, in posizione da concordare in opera con Direzione Lavori, Committenza ed eventualmente Vigili del Fuoco. Analoga soluzione è prevista per la palazzina B1, con ubicazione da definire in prossimità dell'accesso al fabbricato.

È inoltre prevista l'installazione di un terzo pulsante di sgancio generale in zona guardiania su via Livorno, individuata quale accesso preferenziale per i mezzi di soccorso dei Vigili del Fuoco. Tale pulsante dovrà comandare, con logica di trascinamento, lo sgancio contemporaneo degli impianti fotovoltaici A2 e B1, senza necessità di azionare separatamente i pulsanti locali di palazzina.

Tutti i pulsanti saranno di tipo a fungo rosso, installati entro cassetta con vetro frangibile e corredati da cartello indicatore con indicazione "Sgancio impianto fotovoltaico – palazzina A2 / B1" o "Sgancio generale impianti fotovoltaici – palazzine A2 / B1". In prossimità degli stessi dovrà essere installata cartellonistica chiara, riportante la funzione del comando e l'impianto interessato.

3.1.1.6 Verifiche finali e documentazione

A lavori ultimati dovranno essere eseguite tutte le verifiche tecnico-funzionali previste dalla normativa vigente e dalle prescrizioni dei costruttori, tra cui:

- verifica della corretta installazione di moduli, zavorre, griglie e sistemi di fissaggio;
- verifica della configurazione delle stringhe e della corretta identificazione dei sottocampi;
- misura della continuità dei conduttori di protezione e dei collegamenti equipotenziali;
- misura della resistenza di isolamento dei circuiti in corrente continua;
- verifica di polarità, tensioni a vuoto e correnti di stringa;
- verifica del serraggio delle connessioni;
- verifica degli SPD;
- prova funzionale degli inverter e dei sistemi di comunicazione;
- prova dei dispositivi di generatore (DDG), dispositivi di interfaccia (DDI) e sistemi di protezione di interfaccia (SPI);
- prova del Controllore Centrale di Impianto (CCI) e dei collegamenti RS485;
- prova degli sganci di emergenza locali e generale;
- verifica della logica OR di trascinamento tra i dispositivi di interfaccia;
- verifica della corretta contabilizzazione dell'energia prodotta mediante M2;
- aggiornamento degli schemi elettrici as-built e della documentazione finale.

Dovranno infine essere installate targhette identificative e cartelli monitori in corrispondenza di quadri, inverter, dispositivi di sezionamento, percorsi principali e pulsanti di sgancio, evidenziando la presenza di generatori fotovoltaici, la possibile permanenza di tensione lato corrente continua e le corrette modalità di messa in sicurezza dell'impianto.

3.1.2. Componenti principali dell'impianto

Nel seguito si riporta una sintesi dei principali componenti costituenti l'impianto; per il relativo approfondimento tecnico si rimanda ai paragrafi specifici del Capitolo 4.

3.1.2.1 Modulo fotovoltaico

Modulo fotovoltaico opaco a basso riflesso, a struttura rigida con celle in silicio monocristallino ad alta efficienza, realizzato secondo le norme elettriche IEC 61215 e IEC 61730, con marcatura CE.

Le caratteristiche di seguito riportate si riferiscono, a titolo esemplificativo, al modulo assunto nel progetto preliminare e utilizzato per le verifiche di dimensionamento e coordinamento con inverter e protezioni. Sono ammesse soluzioni equivalenti o migliorative, purché con potenza nominale non inferiore a 400 Wp, efficienza minima del 21% e finitura di colore verde.

Caratteristiche elettriche indicative (Standard Test Condition - STC):

- potenza del modulo (P_{max}): 430 Wp, tolleranza 0/+3%;
- efficienza del modulo: ≥ 21,5%;
- tensione di circuito aperto (V_{oc}): 39,89 V;
- corrente di corto circuito (I_{sc}): 13,28 A;
- tensione di massima potenza (V_{mpp}): 34,23 V;
- corrente di massima potenza (I_{mpp}): 12,56 A;
- temperatura di esercizio: da -40 °C a +85 °C.

Caratteristiche tecniche indicative:

- telaio: in alluminio anodizzato con finitura verde, indicativamente famiglia RAL 6000 o similare;
- dimensioni: 1.762 x 1.134 x 30 mm;
- peso: 23,9 kg;
- vetro: solare a basso contenuto di ferro, antiriflesso, trasparente, temprato, sp. 2,0 mm;
- celle: n. 108;
- copertura posteriore: vetro a basso contenuto di ferro, semi-temprato, sp. 2,0 mm;
- scatola di giunzione: certificata secondo IEC 62790, omologata IP68, 3 diodi;
- classe di isolamento: II;
- cavi e connettori: cavo solare, lunghezza min. 1.200 mm o personalizzata, con connettori MC4;
- tensione massima di sistema: 1.500 V;
- resistenza meccanica: massimo 5.400 Pa verso il basso, 2.400 Pa verso l'alto;
- resistenza alla grandine: diametro massimo 25 mm, velocità di impatto 23 m/s.

Garanzia, omologazioni e certificazioni:

- garanzia sul prodotto: minimo 15 anni;
- garanzia sulle prestazioni della potenza: 91,2% rispetto a quella iniziale fino a 20 anni
87,4% fino a 30 anni;
- omologazioni: IEC 61215, IEC 61730, EN 13501-1 e EN 13501-5/BROOF;
- certificazioni: CE, PV CYCLE, DEKRA;
- classe di reazione al fuoco: classe 1 secondo UNI 9177 e/o BROOF(t1) secondo UNI EN 13501-5, in funzione del modulo FV e posa prevista.

3.1.2.2 Inverter

Inverter trifase senza trasformatore, avente le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- massima potenza DC: 70,0 kWp;
- numero di MPPT indipendenti: 6;
- numero di stringhe per MPPT: 2;
- tensione di ingresso massima: 1.100 Vcc;
- tensione di attivazione: 195 Vcc;
- range di tensione MPPT: 180 Vcc ÷ 1.000 Vcc;

- potenza massima AC: 60,0 kW;
- grado di protezione: IP66;
- dimensioni (LxHxP): 691x578x338 mm;
- peso: 54,5 kg.

3.1.2.3 Cavi solari

Cavo unipolare flessibile stagnato per collegamenti di impianti fotovoltaici. Isolamento e guaina realizzati con mescola elastomerica senza alogeni non propagante la fiamma.

Idoneo per l'interconnessione di elementi di impianti fotovoltaici. Adatti per installazione fissa all'esterno ed all'interno, entro tubazioni in vista o incassate o in sistemi chiusi similari.

Adatti per la posa direttamente interrata o entro tubo interrato e per essere utilizzati con apparecchiature di classe II.

Caratteristiche tecniche principali:

- conduttore: corda flessibile di rame stagnato, classe 5;
- isolante: mescola LSOH (Low Smoke Zero Halogen) di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618;
- guaina esterna: mescola LSOH (Low Smoke Zero Halogen) di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618;
- colore anse: nero;
- colore guaina: blu, rosso, nero;
- tensione massima: 1.800 Vcc – 1.200 Vca;
- temperatura massima di esercizio: 90°C.

3.1.2.4 Quadri elettrici principali di distribuzione

I quadri elettrici sono di tipo pensile o basamento, di tipo metallico con portelle a vetro o in poliestere con portello in materiale plastico, e chiusura con chiave unificata. Dai quadri si alimentano le utenze direttamente collegate od i quadri elettrici a servizio di apparecchiature specifiche.

Viene assicurato il coordinamento delle protezioni contro i sovraccarichi e i cortocircuiti, nonché la protezione contro i contatti diretti ed indiretti. A tale scopo gli interruttori installati sono, per ogni circuito alimentato, di tipo magnetotermico differenziale ad alta sensibilità.

Su ogni quadro è previsto l'alloggiamento di opportune barre di terra o morsetti per il collegamento dei conduttori di protezione a cui sono collegate le dorsali di terra in arrivo dalle piastre equipotenziali poste nelle vicinanze dei principali quadri di distribuzione collegate intimamente all'impianto di terra generale.

I cavi in entrata ed uscita da ogni quadro possono attestarsi direttamente sui morsetti degli interruttori, tuttavia è preferibile disporre all'interno del quadro stesso apposite morsettiere per facilitare l'allacciamento delle utenze/forniture e la loro individuazione. A tali morsettiere sono collegate anche le dorsali di terra in arrivo dall'impianto di terra generale.

Gli interruttori sono di tipo modulare, con fissaggio su guida DIN o, dove previsto, di tipo scatolato.

Il quadro deve essere munito di apposita targa identificativa sulla quale sia riportato almeno il nome o il marchio di fabbrica del costruttore ed un identificatore (numero o tipo) che permetta di ottenere dal costruttore stesso tutte le informazioni indispensabili. Sugli stessi deve inoltre essere presente la marcatura CE e, sempre singolarmente, deve essere prodotta la dichiarazione di conformità ai sensi della norma CEI EN 61439- 1.2.

Ogni interruttore od elemento a bordo quadro è facilmente riconoscibile per destinazione, tramite opportune targhette indicatrici di tipo “cabur”, con la stessa dicitura di quella riportata sugli schemi elettrici unifilari as-built.

Per la messa in sicurezza degli operatori, nel caso di manovre da eseguire “fuori tensione”, sono previsti cartelli monitori per avvertire della necessità di sezionare tutte le parti in tensione.

Ogni quadro, viene corredato di apposita tasca porta-schemi dove sono contenuti in involucro plastico, i disegni degli schemi, rigorosamente aggiornati.

3.1.2.5 Quadri di campo

I quadri di campo a servizio dei sottocampi fotovoltaici sono previsti in materiale plastico isolante, idoneo per installazione all'esterno, con grado di protezione non inferiore a IP55, portello frontale apribile, chiusura mediante serratura o dispositivo equivalente e idonei pressacavi ingresso e uscita delle linee.

I quadri di campo sono destinati al contenimento dei dispositivi di sezionamento, protezione e scarico delle sovratensioni lato corrente continua, con apparecchiature installate su guida DIN e cablaggio interno ordinato mediante conduttori, morsettiere e accessori adeguati a tensioni e correnti previste.

Le carpenterie dovranno essere resistenti agli agenti atmosferici, ai raggi UV e alle sollecitazioni ambientali prevedibili in copertura, complete di accessori di fissaggio, targhette identificative, morsetti di terra, cartellonistica di pericolo e indicazione dei circuiti afferenti. Ogni dispositivo installato dovrà essere identificato con dicitura coerente con gli schemi elettrici as-built.

I quadri di campo dovranno essere forniti completi di marcatura CE, targa identificativa del costruttore e dichiarazione di conformità applicabile, con riferimento alle norme di prodotto pertinenti e alla serie CEI EN 61439 per i quadri elettrici di bassa tensione.

3.1.2.6 Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI) e Dispositivo Di Interfaccia (DDI)

La Norma CEI 0-16 prevede lo sgancio degli impianti di produzione nel caso in cui i parametri di frequenza e/o tensione della rete vadano al di fuori dei limiti consentiti, ovvero in presenza di condizioni anomale tali da non garantire il corretto funzionamento in parallelo con la rete del Distributore.

L'impianto deve pertanto poter rimanere connesso all'interno delle soglie ammesse e deve disconnettersi quando tali parametri risultino esterni ai campi previsti dalla norma e dal Regolamento di Esercizio.

Nel caso in oggetto, trattandosi di utenza attiva connessa alla rete di media tensione e caratterizzata da una potenza complessiva pari a 218,87 kWp, si prevede l'applicazione della Norma CEI 0-16.

Riepilogando, l'impianto fotovoltaico risulta articolato in due sezioni di produzione sottese, rispettivamente:

- Fabbricato A2, potenza di picco pari a 115,67 kWp;
- Fabbricato B1, potenza di picco pari a 103,20 kWp.

Ciascuna sezione è costituita da n. 2 inverter da 60 kW, attestati al rispettivo quadro di parallelo inverter.

L'architettura di interfaccia prevede complessivamente n. 3 Dispositivi di Interfaccia (DDI), secondo la configurazione riepilogata in Tab. 1.

Sezione / quadro	Potenza di picco	Inverter installati	Dispositivo di Interfaccia	Ubicazione	Funzione
Fabbricato A2	115,67 kWp	n.2 da 60 kW	DDI Fabbricato A2	Quadro di parallelo inverter A2, lato BT	Sgancio sezione Fabbricato A2
Fabbricato B1	103,20 kWp	n.2 da 60 kW	DDI Fabbricato B1	Quadro di parallelo inverter B1, lato BT	Sgancio sezione Fabbricato B1
Impianto generale	218,87 kWp complessivi	-	DDI generale	Cella di media tensione in Cabina MT/BT n.1	Sgancio generale e coordinamento intero impianto

Tab. 1 – Configurazione dei Dispositivi di Interfaccia dell'impianto

I due Dispositivi di Interfaccia installati nei quadri di parallelo inverter in bassa tensione sono pertanto asserviti alla logica generale di interfaccia e consentono il sezionamento selettivo delle rispettive sezioni A2 e B1. Tali dispositivi saranno realizzati mediante apparecchiatura idonea al servizio previsto, quale contattore onnipolare o interruttore comandato, conforme alle norme di prodotto applicabili, e saranno comandati in apertura dal relativo circuito di sgancio.

Per ottemperare alle prescrizioni della CEI 0-16, oltre ai due DDI di cui sopra è previsto un Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI) esterno agli inverter, ubicato in corrispondenza della sezione/cella di media tensione. Lo SPI effettua la misura delle grandezze elettriche necessarie, in particolare tensione e frequenza, mediante i trasformatori di tensione lato MT. La misura della tensione residua viene acquisita dal secondario dei TV con collegamento a triangolo aperto, secondo quanto previsto per le funzioni di protezione e controllo richieste dalla CEI 0-16 e dal Regolamento di Esercizio del Distributore.

Il Sistema di Protezione di Interfaccia ha il compito di inviare il comando di apertura al DDI generale lato MT e, mediante logica di coordinamento e trascinamento, ai due DDI di sezione in BT installati nei quadri di parallelo inverter dei fabbricati A2 e B1. In tal modo, il superamento delle soglie ammesse o l'intervento della protezione di interfaccia determina il distacco dell'intera generazione sottesa, evitando il mantenimento in parallelo anche solo di una delle due sezioni di produzione.

Il Dispositivo di Interfaccia generale lato media tensione è pertanto installato nella cella misure MT all'interno della cabina MT/BT n.1, ed è comandato direttamente dallo SPI generale. Esso svolge la funzione di separazione complessiva dell'impianto di produzione dalla rete del Distributore e coordina, tramite apposita logica di trascinamento, l'apertura dei DDI delle due sezioni in bassa tensione.

Ciascun quadro di parallelo inverter, sia per il fabbricato A2 sia per il fabbricato B1, sarà dotato di propria alimentazione ausiliaria di backup, realizzata mediante piccolo UPS dedicato, finalizzata a garantire la disponibilità del circuito di comando e apertura del relativo DDI anche in caso di mancanza della tensione ausiliaria principale. Analoga continuità di alimentazione dovrà essere garantita per lo SPI generale e per il circuito di comando del DDI lato MT, in modo da assicurare il corretto funzionamento del sistema di interfaccia per il tempo minimo richiesto dalla CEI 0-16.

Il comando di apertura dei DDI dovrà avvenire anche in caso di anomalia interna del Sistema di Protezione di Interfaccia, perdita dell'alimentazione ausiliaria, superamento delle soglie di tensione/frequenza o altra condizione di intervento prevista dalla CEI 0-16 e dal Regolamento di Esercizio. Le logiche di comando dovranno essere tali da garantire che l'intervento dello SPI generale comporti l'apertura del DDI generale MT e dei due DDI BT di sezione, secondo una sequenza coordinata e coerente con lo schema elettrico dell'impianto.

Le regolazioni del Sistema di Protezione di Interfaccia saranno impostate secondo le prescrizioni della CEI 0-16 e secondo quanto indicato dal Distributore nel Regolamento di Esercizio. I valori di riferimento sono

riepilogati nella Tab. 2, da intendersi come tabella di richiamo da verificare e confermare in fase esecutiva con le tarature definitive richieste dal Gestore di rete.

Protezione	Soglia di intervento	Tempo di intervento / emissione comando
Massima tensione – 59.S1	$1,10 \cdot V_n$	Variabile, massimo 603 s
Massima tensione – 59.S2	$1,20 \cdot V_n$	0,6 s
Minima tensione – 27.S1	$0,85 \cdot V_n$	1,5 s
Minima tensione – 27.S2	$0,15 \cdot V_n$	0,2 s
Massima frequenza – 81 > S1	50,2 Hz	0,15 s
Minima frequenza – 81 < S1	49,8 Hz	0,15 s
Massima frequenza – 81 > S2	51,5 Hz	1,0 s
Minima frequenza – 81 < S2	47,5 Hz	4,0 s
Massima tensione residua – 59N / 59Vo	Secondo prescrizione Distributore	Secondo prescrizione Distributore
Sblocco voltmetrico / funzioni 81V	Secondo prescrizione Distributore	Secondo prescrizione Distributore

Tab. 2 – Regolazioni di riferimento del Sistema di Protezione di Interfaccia secondo CEI 0-16

Per valori di tensione inferiori ai limiti di inibizione previsti dalla norma, le protezioni di frequenza dovranno essere inibite secondo le modalità stabilite dalla CEI 0-16. Le funzioni di tensione residua, sblocco voltmetrico e le ulteriori funzioni richieste per la connessione in media tensione saranno configurate sulla base dello schema dei TV installati e delle prescrizioni del Distributore.

Il Sistema di Protezione di Interfaccia dovrà essere sottoposto alle verifiche iniziali e periodiche previste per gli impianti di produzione connessi in media tensione, mediante cassetta prova relè, comprendendo anche la verifica dei tempi di intervento e della corretta apertura dei Dispositivi di Interfaccia associati. Le prove dovranno interessare lo SPI generale, il DDI generale lato MT e i due DDI installati nei quadri di parallelo inverter in bassa tensione, verificando altresì la corretta logica di trascinamento e coordinamento fra i tre dispositivi.

Le verifiche periodiche dovranno essere eseguite con cadenza quinquennale, o secondo diversa periodicità eventualmente prescritta dalla normativa vigente o dal Regolamento di Esercizio del Distributore, con registrazione degli esiti e trasmissione della documentazione richiesta al Gestore di rete.

3.1.2.7 Controllore Centrale di Impianto (CCI)

Per l'impianto fotovoltaico in oggetto, connesso alla rete di media tensione e avente potenza complessiva pari a 218,87 kWp, è prevista l'installazione del Controllore Centrale di Impianto (CCI), in conformità alle prescrizioni della Norma CEI 0-16 e al relativo Regolamento di Esercizio del Distributore.

Il CCI ha la funzione di coordinare il comportamento complessivo dell'impianto di produzione, assicurando che i due sottocampi fotovoltaici operino verso la rete come un unico sistema elettrico. Esso svolge funzioni di supervisione, regolazione e gestione della produzione, acquisendo le principali grandezze elettriche dell'impianto e trasmettendo agli inverter i comandi e i set-point necessari al rispetto delle prescrizioni di connessione.

Il Controllore Centrale di Impianto non sostituisce il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI) né i Dispositivi di Interfaccia (DDI). Le funzioni di protezione, sgancio e separazione dalla rete restano demandate allo SPI e ai DDI associati. Il CCI opera invece nell'ambito della regolazione e della conduzione dell'impianto, con particolare riferimento alla gestione della potenza attiva, della potenza reattiva, del fattore di potenza e dell'eventuale recepimento di comandi o limitazioni provenienti dal Distributore.

Nel caso specifico, il CCI sarà configurato come apparato unico di impianto e sarà interfacciato con i quattro inverter complessivi, ripartiti sui due quadri di parallelo inverter dei fabbricati A2 e B1. Attraverso tale interfaccia, il controllore potrà acquisire lo stato di funzionamento delle macchine, la potenza prodotta dalle singole sezioni e la disponibilità dei rispettivi sottocampi, provvedendo alla ripartizione coordinata dei comandi di regolazione.

In condizioni ordinarie di esercizio, il CCI acquisirà le misure elettriche significative al punto di connessione o in posizione elettricamente equivalente, quali tensione, corrente, frequenza, potenza attiva, potenza reattiva e fattore di potenza. Sulla base di tali misure, e in funzione delle logiche previste dalla CEI 0-16, esso provvederà a modulare il funzionamento degli inverter affinché il comportamento complessivo dell'impianto risulti coerente con le prescrizioni tecniche di connessione.

Le principali funzioni previste per il CCI sono le seguenti:

- supervisione generale delle due sezioni di produzione A2 e B1;
- acquisizione delle grandezze elettriche rilevanti al punto di connessione;
- gestione coordinata dei quattro inverter installati;
- eventuale limitazione della potenza attiva immessa in rete;
- regolazione della potenza reattiva e/o del fattore di potenza;
- acquisizione degli stati principali dei DDI e delle sezioni di impianto;
- interfacciamento con gli apparati di comunicazione richiesti dal Distributore;
- registrazione dei principali stati, eventi e anomalie funzionali.

L'architettura prevista consente pertanto di mantenere una chiara separazione funzionale tra sistema di protezione e sistema di regolazione. Lo SPI, associato al DDI generale lato media tensione e ai DDI di sezione in bassa tensione, garantisce il distacco dell'impianto in caso di condizioni anomale di rete o intervento delle protezioni. Il CCI, invece, consente la gestione coordinata della produzione e l'applicazione delle regolazioni richieste all'impianto nel normale esercizio in parallelo con la rete.

In caso di indisponibilità parziale dell'impianto, ad esempio per fuori servizio di una sezione, apertura di uno dei DDI di sezione o indisponibilità di uno o più inverter, il CCI dovrà aggiornare le proprie logiche di controllo sulla base della potenza effettivamente disponibile, mantenendo il coordinamento generale dell'impianto e garantendo la coerenza dei set-point inviati agli apparati di conversione.

Il CCI dovrà inoltre essere predisposto per il corretto interfacciamento con gli eventuali sistemi di telecontrollo, comunicazione o regolazione richiesti dal Distributore. Le modalità di comunicazione, i protocolli utilizzati e le logiche di attuazione dei comandi saranno definite in coerenza con le caratteristiche degli inverter, degli apparati di misura e delle prescrizioni contenute nel Regolamento di Esercizio.

L'alimentazione del CCI sarà derivata dai servizi ausiliari dell'impianto, con caratteristiche idonee a garantire la continuità delle funzioni di supervisione e controllo durante il normale esercizio e nelle condizioni transitorie previste. L'eventuale alimentazione di continuità sarà coordinata con quella prevista per i circuiti ausiliari dello SPI e dei DDI, in modo da assicurare il corretto comportamento dell'impianto in caso di anomalie o perdita dell'alimentazione principale.

In fase di messa in servizio dovrà essere verificato il corretto funzionamento del CCI, con particolare riferimento alla comunicazione con gli inverter, all'acquisizione delle misure elettriche, alla gestione dei set-point di regolazione e alla corretta rappresentazione degli stati principali dell'impianto. Le verifiche saranno documentate nell'ambito delle prove funzionali e della documentazione finale richiesta per l'esercizio dell'impianto.

Il Controllore Centrale di Impianto costituisce quindi l'elemento di coordinamento della generazione fotovoltaica complessiva, consentendo ai due sottocampi A2 e B1, pur fisicamente distinti, di operare come un unico impianto di produzione da 218,87 kWp nei confronti della rete di media tensione.

3.1.2.8 Distribuzioni principali e percorso cavi

La distribuzione è prevista nelle tipologie che vengono di seguito elencate :

- canaline in acciaio zincato con coperchio od in filo d'acciaio (cablofil) posate all'interno di zone tecniche, cavedi e nei controsoffitti; all'esterno utilizzare sempre canaline chiuse di tipo asolato
- tubazioni zincate, guaine e cassette metalliche all'interno delle zone tecniche e se a vista, anche all'interno dei locali serviti;
- tubazioni in PVC rigide o flessibili, guaine e cassette in PVC posate a vista all'interno di controsoffitti.

La scelta definitiva sul tipo di soluzione da adottare deve essere valutata in ogni zona in funzione dei vincoli architettonici e della necessità di protezione da urti.

In corrispondenza di attraversamenti di strutture REI, le canaline sono compartimentate utilizzando a tale scopo materiali termoespandenti di tipo idoneo come prescritto dalla Norma (schiume, mattono, silicone grafiteo, etc.).

Gli attraversamenti di strutture orizzontali e verticali devono essere sempre realizzati tramite flangiatura doppia in perfetta aderenza alla pareti, così pure gli ingressi di canaline nei quadri elettrici ed apparecchiature.

Le canaline ed i cavidotti sono distinti in funzione del tipo di circuito in transito (potenza o segnali). Ove necessario si preveda la posa di canaline dotate di separatore interno.

3.1.3. Impianto di messa a terra ed equipotenzialità

Tutte le masse metalliche (struttura di sostegno metallica, supporti, piastre, ecc.) devono disporre di collegamenti equipotenziali, collegati all'impianto di terra del fabbricato.

All'impianto di terra sono inoltre collegate inoltre le piastre equipotenziali poste a base quadro sui vari quadri elettrici, alle quali sono ovviamente da collegarsi tutti i conduttori di protezione previsti in progetto.

Tutti i conduttori di terra, siano essi collettori principali, secondari o collegamenti equipotenziali, sono riconoscibili tramite targhette identificatrici.

Vengono inoltre presi tutti i provvedimenti necessari ad evitare fenomeni di corrosione e di incompatibilità galvanica fra i materiali nei vari punti di connessione.

Non sono ammesse legature od altri sistemi di collegamento che non siano bullonature o saldature.

Al termine dei lavori l'impianto di terra e di equipotenzialità viene controllato in ogni sua parte e sarà oggetto di verifica strumentale puntuale.

3.2. OPERE EDILI, OPERE STRUTTURALI ED ASSISTENZA MURARIA

Gli interventi previsti riguardano la revisione complessiva delle coperture di entrambi i fabbricati, con opere di natura edile, architettonica e strutturale finalizzate a rendere i piani di copertura accessibili, manutenibili e compatibili con le successive installazioni previste.

Per ciascuna copertura, le lavorazioni comprendono la realizzazione di un nuovo accesso, la rimozione degli strati esistenti della copertura verde, la verifica e l'integrazione del sistema impermeabile, l'integrazione di predisposizioni per la sicurezza in quota e il successivo ripristino degli strati drenanti e di finitura con altri di nuova installazione.

3.2.1. Opere edili ed architettoniche

Le lavorazioni in copertura prevedono preliminarmente la rimozione dello strato di terreno naturale attualmente presente. Lo svuotamento dovrà essere eseguito in modo progressivo, evitando accumuli localizzati di materiale che possano generare sovraccarichi superiori a quelli per cui è stata progettata la copertura. Il materiale rimosso sarà gestito secondo le modalità previste in cantiere, distinguendo le eventuali porzioni riutilizzabili da quelle da conferire a smaltimento. Durante questa fase dovrà essere posta particolare attenzione alla protezione degli scarichi esistenti, evitando l'intasamento delle pilette e la dispersione di materiale sciolto nelle reti di deflusso.

A seguito della rimozione del terreno si procederà con l'asportazione dei tessuti non tessuti e degli strati drenanti esistenti. Prima del loro allontanamento definitivo sarà verificato lo stato di conservazione dei materiali, così da individuare eventuali elementi recuperabili. I teli e i materassini ancora integri potranno essere accantonati e riutilizzati, previa pulizia e verifica funzionale; gli elementi deteriorati, lacerati o non più idonei saranno invece sostituiti con nuovi materiali aventi caratteristiche equivalenti o migliorative.

Una volta rimossi gli strati superiori, si procederà alla rimozione della guaina impermeabilizzante esistente fino alla messa a nudo della soletta in corrispondenza delle piastre di ancoraggio dei pali e di altri elementi della linea vita. L'intervento dovrà essere condotto con modalità tali da non danneggiare il supporto strutturale e da consentire la successiva verifica dello stato della superficie. A valle della rimozione saranno eseguite la pulizia del piano, la verifica di eventuali discontinuità, fessurazioni, ammaloramenti o irregolarità locali e, ove necessario, la regolarizzazione del supporto prima della posa del nuovo pacchetto impermeabile.

In questa fase si prevede la posa di piastre metalliche fissate alla soletta, complete di occhielli saldati e pali, quale predisposizione dei futuri punti di ancoraggio della linea vita. Le verifiche e il dimensionamento di tali elementi, nonché la descrizione puntuale del sistema anticaduta, sono rimandati al capitolo relativo alle opere strutturali.

Si procederà quindi alla posa di un nuovo strato di guaina impermeabilizzante di tipo tradizionale, estesa all'intera superficie di copertura. Poiché la membrana non risulterà direttamente esposta, non si prevede l'impiego di guaine ad alta riflettività. La posa dovrà garantire la continuità del manto, la corretta esecuzione dei sormonti, risvolti adeguati sui bordi e sugli elementi emergenti, nonché il raccordo con scarichi, ancoraggi, basamenti e discontinuità geometriche. L'intervento consentirà di ricostituire una barriera impermeabile continua e durevole, compatibile con la successiva posa degli strati drenanti, del materiale di riempimento e delle zavorre prefabbricate, quindi certificata antiradici.

Parallelamente al rifacimento dell'impermeabilizzazione sarà eseguita la verifica dei sistemi di scarico esistenti, con controllo dello stato dei bocchettoni, della pulizia dei condotti, della capacità di deflusso e della compatibilità del sistema con la nuova configurazione della copertura. Si prevede inoltre la predisposizione per eventuali future gronde esterne con relativi pluviali, al fine di migliorare il convogliamento delle acque meteoriche. Tale intervento potrà rendersi necessario in relazione alla nuova configurazione della copertura, caratterizzata dalla presenza di zavorre e campi fotovoltaici, che riduce l'effetto drenante e di rallentamento oggi garantito dalla copertura verde distribuita sull'intera superficie.

Completato il nuovo strato impermeabile, saranno riposizionati i manti drenanti e separatori in tessuto non tessuto, integrati con i materassini drenanti recuperati e/o di nuova fornitura se non recuperabili. Tali strati avranno funzione di protezione della guaina, separazione tra materiale naturale e impermeabilizzazione, distribuzione dei carichi superficiali e agevolazione del deflusso diffuso delle acque. La posa dovrà avvenire

in continuità, con adeguati sormonti e particolare attenzione ai raccordi con scarichi, bordi ed elementi emergenti.

In corrispondenza delle aree destinate ai campi fotovoltaici è prevista la posa di zavorre prefabbricate in calcestruzzo, costituite da elementi piani di altezza indicativa pari a circa 25 cm. Dal punto di vista edile e strutturale, tali elementi dovranno essere disposti in modo da non modificare la pendenza naturale delle falde e da non ostacolare il deflusso delle acque.

La distribuzione delle zavorre e degli elementi costituenti il sistema di staffaggio e basamento dell'impianto fotovoltaico è stata valutata in relazione alla capacità portante della soletta e alla ripartizione dei carichi sul pacchetto di copertura.

Dalla documentazione allegata al certificato di collaudo statico del complesso, datato 26 ottobre 1999 a firma del prof. ing. Franco Ossola, in qualità di collaudatore, si desume che la copertura è stata considerata per un carico permanente pari a 200 kg/m², oltre a un carico accidentale pari a 150 kg/m².

Alla luce dei pesi propri dell'impianto fotovoltaico e dei relativi sistemi di staffaggio e zavorramento, tenuto conto anche del parziale svuotamento dello strato di terreno necessario per l'alloggiamento dell'impianto, non si ravvisano criticità in relazione alla capacità portante della struttura, né durante l'installazione né nelle successive condizioni di esercizio della copertura e degli impianti.

Qualora, in fase di cantierizzazione, si ritenesse opportuno depositare temporaneamente le porzioni di materiale naturale rimosso su una zona della copertura, al fine di consentire l'esecuzione delle lavorazioni nella porzione adiacente, si suggerisce di programmare tali operazioni nel periodo estivo e, comunque, in condizioni meteorologiche tali da escludere la presenza di accumuli nevosi. L'assenza del carico da neve consentirebbe infatti di disporre integralmente del margine previsto per i carichi accidentali, incrementando sensibilmente la capacità utile della soletta durante le fasi transitorie di movimentazione e deposito temporaneo del materiale.

Tra le file di zavorre e lungo i percorsi di camminamento si prevede l'installazione di una rete metallica di chiusura, con funzione di protezione e separazione. Tale elemento impedirà l'accesso di animali allo spazio sottostante i moduli e limiterà le interferenze tra le attività di manutenzione del verde e le aree tecniche. La rete sarà realizzata con materiale idoneo all'esposizione esterna, adeguatamente fissata e, ove necessario, ispezionabile o rimovibile in porzioni localizzate per consentire gli interventi manutentivi.

Completate le predisposizioni e i basamenti, si procederà al nuovo riempimento della copertura con materiale naturale alleggerito, anche di tipo vulcanico. La scelta del materiale dovrà tenere conto del peso specifico, della capacità drenante, della stabilità nel tempo e della compatibilità con la funzione di copertura verde. In particolare, nelle aree sottostanti i campi fotovoltaici sarà individuata una soluzione idonea a limitare la crescita indesiderata della vegetazione, riducendo la necessità di manutenzioni in zone difficilmente accessibili e contenendo il rischio di interferenze con gli elementi tecnici.

I percorsi di camminamento in copertura saranno definiti in modo coerente con la disposizione delle zavorre, delle aree verdi e dei punti di ancoraggio della linea vita. Tali percorsi dovranno garantire continuità, sicurezza di transito e accessibilità ai principali punti manutentivi, senza interferire con il deflusso delle acque o con la stratigrafia della copertura. La finitura superficiale sarà trattata a verde, con semina da definire in funzione dello spessore disponibile, dell'esposizione e del livello di manutenzione previsto.

Nell'ambito degli interventi di riqualificazione degli strati di copertura, particolare attenzione sarà posta inoltre al mantenimento e all'eventuale adeguamento dell'impianto di irrigazione esistente. Il sistema dovrà essere riconfigurato in coerenza con la nuova disposizione dei campi fotovoltaici, delle zavorre e delle fasce di camminamento lasciate a verde, così da garantire la corretta irrigazione delle superfici vegetate residue e la compatibilità con le nuove dotazioni tecniche previste in copertura.

3.2.2. Opere strutturali

Si prevede la fornitura di un sistema di protezione anticaduta per l'esecuzione di interventi di manutenzione della copertura e degli impianti tecnologici posti su di essa (pannelli fotovoltaici, ecc.), certificato in classe C secondo la normativa UNI EN 795. Linea vita orizzontale flessibile realizzata mediante cavo a minimo 49 fili in acciaio inox di diametro minimo 8 mm e torrette inox poste all'estremità della fune e in punti intermedi, con base di ancoraggio inclinata secondo falda o come necessario. La linea di ancoraggio deve consentire di lavorare fino a 15° dall'orizzontale e comprendere assorbitori di energia deformabili brevettati in acciaio inox con segnalazione di caduta avvenuta, tensionatori per fune e kit di fissaggio costituito da morsetti serracavo, redance e grilli di trattenimento in inox.

A completamento delle linee vita principali, costituite da pali e torrette su piastra disposti prevalentemente in prossimità del colmo delle coperture, è prevista l'installazione di un sistema integrativo di occhielli e ganci di ancoraggio puntuali, distribuiti lungo il perimetro dei campi fotovoltaici e nelle ulteriori zone individuate come potenzialmente esposte al rischio di caduta.

Tali dispositivi avranno funzione di rinvio, deviazione e trattenuta dell'operatore e dovranno consentire la progressione in sicurezza lungo i bordi del campo, limitando l'ampiezza della traiettoria di caduta e il conseguente effetto pendolo.

Gli ancoraggi puntuali potranno essere fissati alla soletta di copertura, a specifiche piastre strutturali oppure, previa verifica e certificazione della soluzione, agli elementi portanti o alle zavorre in calcestruzzo del sistema fotovoltaico. La loro posizione, il numero, l'interasse e le modalità di collegamento dovranno essere definiti nella progettazione esecutiva del sistema anticaduta, tenendo conto della geometria delle falde, dell'estensione dei campi fotovoltaici, dei percorsi manutentivi, delle distanze dai bordi e della necessità di garantire, per quanto tecnicamente possibile, condizioni operative prevalentemente in trattenuta.

Tutti gli occhielli, i ganci e i relativi sistemi di fissaggio dovranno essere realizzati con materiali idonei all'esposizione permanente agli agenti atmosferici, essere compatibili con i dispositivi di protezione individuale previsti e risultare dimensionati e verificati rispetto alle azioni statiche e dinamiche trasmesse in caso di caduta. La configurazione definitiva dovrà inoltre evitare interferenze con i moduli fotovoltaici, le vie cavi, le fasce di camminamento, il sistema di drenaggio e la stratigrafia impermeabile della copertura.

Il sistema di linea vita sarà oggetto di specifica progettazione e verifica, con definizione del tracciato, dei punti di ancoraggio, delle distanze tra gli elementi, delle modalità di utilizzo e delle azioni trasmesse alla struttura in caso di caduta trattenuta. Le piastre metalliche predisposte nell'ambito delle opere edili e i relativi sistemi di fissaggio dovranno essere dimensionati da strutturista abilitato, con verifica della resistenza a trazione, taglio ed estrazione degli ancoraggi, oltre alla capacità della soletta/elementi strutturali di assorbire le sollecitazioni trasmesse.

Le piastre saranno integrate nel pacchetto di copertura mediante idonei getti o riporti in calcestruzzo o malta strutturale, così da garantire un corretto raccordo con il piano di posa e con i successivi strati impermeabilizzanti. I ricoprimenti dovranno essere sagomati in modo da evitare ristagni d'acqua, discontinuità o punti critici per la tenuta della guaina. Particolare cura dovrà essere posta nella sigillatura dei punti singolari e nel raccordo tra elemento metallico, supporto cementizio e membrana impermeabile.

Per ciascun fabbricato, si prevede inoltre la realizzazione di una nuova scala di accesso alla copertura, da collocarsi in area direttamente raggiungibile dal piano strada. La soluzione potrà essere configurata come scala metallica alla marinara, o sistema equivalente, dotata di accesso lucchettato o comunque controllato, in modo da impedirne l'utilizzo da parte di personale non autorizzato.

La scala consentirà l'accesso alla copertura per le attività manutentive ordinarie e straordinarie, sia sulle componenti edilizie sia sulle aree verdi e sugli elementi tecnici presenti. La struttura della scala, i fissaggi alla struttura esistente, gli eventuali pianerottoli, parapetti, gabbie di protezione o dispositivi anticaduta

integrati dovranno essere oggetto di specifica progettazione strutturale, con verifica delle azioni statiche e dinamiche, della resistenza degli ancoraggi e della compatibilità con i supporti esistenti.

In prossimità del nuovo punto di accesso si prevede inoltre la predisposizione per l'eventuale installazione di un argano, o altro sistema di sollevamento, destinato alla movimentazione in sicurezza di materiali, attrezzature e piccoli carichi verso la copertura. Anche tale predisposizione dovrà essere valutata in fase esecutiva sotto il profilo strutturale, considerando i carichi concentrati e le azioni indotte durante le operazioni di sollevamento. Eventuali mensole, piastre, telai metallici o punti di fissaggio saranno pertanto da dimensionare da parte di tecnico abilitato, tenendo conto delle condizioni di esercizio previste e dei necessari coefficienti di sicurezza.

Sono a carico dell'Appaltatore la fornitura, la posa e la consegna del libretto d'uso e manutenzione dei dispositivi utilizzati, i cartelli identificativi, tutte le certificazioni necessarie, elaborati e relazioni di calcolo eseguiti da ingegnere abilitato. Il materiale deve essere accompagnato da dichiarazione di conformità del produttore.

3.2.3. Assistenza muraria alle opere impiantistiche

Sono compresi tutti gli interventi accessori necessari all'esecuzione degli impianti ed alla loro funzionalità ed una serie di opere edili complementari, oltre all'assistenza muraria, come nel seguito indicato:

- collegamento alle reti ed impianti elettrici generali con esecuzione di tutte le opere provvisorie e gli approntamenti occorrenti;
- basamenti di appoggio delle apparecchiature realizzati in calcestruzzo con interposta rete elettrosaldata Φ 6 mm, maglia 10x10 cm, od in profilati metallici verniciati. I basamenti in calcestruzzo devono essere rifiniti con zoccolino in gres e con protezione degli spigoli in profilati metallici;
- sigillatura passaggio canaline con inserimento di scossaline di protezione in acciaio inox, con siliconatura, per garantire la perfetta coibentazione e tenuta del manufatto;
- staffaggi impianti principali e secondari con profilati in acciaio zincato a caldo;
- le opere di assistenza muraria necessarie alla realizzazione degli impianti stessi quali:
 - * formazione di passaggi e forometrie (con la sola esclusione dei passaggi importanti nelle strutture (fori superiori a 0,5 mq) da eseguire in opera con le strutture stesse;
 - * tracce e successivo ripristino (con materiale REI se tale è la struttura attraversata);
 - * carotature;
 - * riquadrature attraversamenti;
 - * sigillature di tutti gli attraversamenti delle pareti e della copertura;
 - * risistemazione di eventuali parti danneggiate

Dopo l'installazione delle reti, le tracce devono essere chiuse ed i passaggi devono essere adeguatamente sigillati, con materiale REI se tale è la struttura attraversata.

- ponteggi, mezzi di sollevamento, ecc.;
- ogni onere accessorio necessario a dare i lavori completi ed eseguiti a regola d'arte;
- pulizia generale dei locali dopo gli interventi.

3.3. SPECIFICHE DI DETTAGLIO ED ONERI A CURA APPALTATORE

I componenti che costituiscono gli impianti fotovoltaici sono costruiti e sottoposti alle prove previste nelle norme ed alle prescrizioni di riferimento del Costruttore.

In particolare si sottolinea che risulta a discrezione della Committenza l'effettuazione di:

- prove di accettazione dei moduli fotovoltaici oggetto della fornitura basate sulla verifica delle prestazioni elettriche mostrate dalle curve I-V attinenti alle matricole dei moduli offerti. Queste prove sospendono temporaneamente il cronoprogramma di realizzazione e saranno a completo onere della Committente;
- ispezioni e prove in officina sui quadri elettrici in lavorazione.

Prima dell'inizio dei montaggi in cantiere, il controllo dei componenti a cura della D.L. sarà di tipo visivo-meccanica e concernenti:

- accertamento della corrispondenza dei componenti con quanto riportato nel progetto;
- accertamento della presenza di eventuali rotture o danneggiamento dovuti al trasporto.

Durante l'esecuzione dei lavori la D.L. si riserva di effettuare ispezioni e prove (eventualmente presso Enti od Istituti riconosciuti) al fine di verificare che la fornitura dei materiali e/o le opere eseguite corrispondano alle prescrizioni contrattuali.

Prima dell'emissione del certificato di regolare esecuzione, e comunque prima del ripiegamento del cantiere, sarà eseguito a cura e spese dell'aggiudicatario, alla presenza della D.L. o di tecnico abilitato incaricato dalla Committente, il controllo sulle opere eseguite in conformità al progetto presentato ed alla perfetta "regola dell'arte".

In particolare le verifiche riguarderanno:

- verifica della continuità elettrica e delle connessioni fra i moduli fotovoltaici;
- prove funzionali sul sistema di conversione statica con riferimento al manuale di uso e manutenzione;
- misure di resistenza di isolamento di tutti i circuiti;
- verifica di selettività intervento delle protezioni elettriche predisposte;
- verifica soglia di intervento dei relé termici e dei relé differenziali;
- verifiche interblocchi elettrici e meccanici (se presenti);
- verifica corretta marcatura delle morsettiere, cassette, terminali cavi, ecc.;
- verifica della corretta targhetatura delle apparecchiature interne ed esterne ai quadri elettrici, ecc.;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- verifica tecnico-funzionale dell'impianto nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.) mediante le seguenti procedure:
 - verifica della condizione: $P_{cc} > 0,85 P_{nom} * I / ISTC$, dove:
 - ✓ P_{cc} è la potenza in corrente continua (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione maggiore al $\pm 3\%$;
 - ✓ P_{nom} è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;
 - ✓ I è l'irraggiamento (in W/mq) misurato sul piano dei moduli, con precisione maggiore al $\pm 3\%$;
 - ✓ $ISTC$ pari a 1.000 W/mq è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;
 - verifica della condizione: $P_{ca} > 0,9 P_{cc}$, dove:
 - ✓ P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione, della corrente generata dai moduli fotovoltaici, con precisione maggiore del $\pm 2\%$;
 - verifica della condizione: $P_{ca} > 0,75 P_{nom} * I / ISTC$;

Tutta la strumentazione richiesta per le prove descritte deve essere fornita a cura e spese dell'Appaltatore. I risultati ottenuti devono essere riportati sui verbali di collaudo.

La D.L. ove trovi ad eccepire, in ordine ai risultati ottenuti, la non conformità alle prescrizioni contrattuali, non emetterà il Verbale di Ultimazione Lavori, assegnando all'Appaltatore un termine (non superiore a 20 giorni) per ottemperare alle prescrizioni richieste.

3.3.1. Documentazione di accompagnamento alla realizzazione dell'impianto

Come previsto dalla Guida CEI 0-2, art. 1.3.4 e dalle prescrizioni normative vigenti, l'Appaltatore deve fornire la tempestivamente e comunque prima dell'inizio dei lavori la seguente documentazione:

- schemi elettrici e modulistica tecnica debitamente compilata come da richiesta della società distributrice e dall'UTF per le pratiche relative all'allacciamento alla rete e fiscali;
- certificazione rilasciata da laboratorio accreditato circa la conformità della protezioni e del dispositivo di interfaccia alla norma CEI 11-20 ed alle prescrizioni CEI 0-16 / CEI 0-21;

- certificazione rilasciata da laboratorio accreditato al circuito internazionale EA circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino e certificazione classe II di isolamento;
- Dichiarazione di Conformità dell'impianto alla CEI 0-16 / CEI 0-21 ed alle norme CEI applicabili redatta secondo fac-simile allegato alla norma citata;
- attestazione che la produzione del dispositivo di interfaccia avviene in regime di qualità in conformità alla norma UNI EN ISO 9001:2000;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti;
- documentazione per pratica GSE secondo quanto richiesto dalla Committenza e dalla D.L.

L'Appaltatore deve inoltre fornire ad ultimazione dei lavori:

- originale su supporto magnetico, realizzato con programma "AUTOCAD" e tre serie di copie complete degli elaborati grafici (piante, sezioni, schemi, particolari, dettagli, ecc.) dell'impianto così come eseguito (elaborati as-built);
- monografia in triplice copia di quanto eseguito, comprendente:
 - tutti i datasheet tecnici di ogni componente installato, compresi i componenti elettromeccanici dei quadri elettrici, completi di eventuali tarature;
 - istruzione per la messa in servizio e fuori servizio dell'impianto;
 - norme di manutenzione ordinaria con le relative procedure e la cadenza delle singole operazioni da eseguire sull'impianto;
 - manuali di installazione ed uso dei convertitori;
 - elenco dei pezzi di ricambio consigliati dal Costruttore per un periodo di funzionamento di 5 anni oltre il periodo di garanzia contrattuale.
- Dichiarazione di Conformità dell'impianto (DI.CO) redatta secondo legge n. 37/08 e Guida CEI 0-3;
- certificato di garanzia con validità di almeno 24 mesi sull'intero impianto, apparecchiature e sulle relative prestazioni di funzionamento;
- eventuali garanzie od estensioni di garanzie passanti sui componenti installati;
- certificazioni relative ai contatori UTF installati.

3.3.2. Pratiche presso G.S.E.

Con riferimento al contenuto della presente fornitura in opera, è fatto obbligo di disbrigo delle pratiche amministrative richieste dalla Committenza stessa relative ai rapporti con il G.S.E. e con l'U.T.F. locale per quanto riguarda la redazione della documentazione tecnica attinente.

3.4. OPERE STRUTTURALI – MODALITÀ DI ESECUZIONE

Le opere strutturali previste nell'ambito dell'intervento riguardano la realizzazione della nuova scala metallica di accesso alla copertura, i relativi sistemi di fissaggio alla struttura esistente, la predisposizione dei punti di ancoraggio del sistema linea vita e la verifica della capacità portante della soletta in relazione alla modifica dei carichi statici installati in copertura. Tale verifica dovrà tenere conto dei nuovi carichi permanenti introdotti, con particolare riferimento a zavorre, impianti fotovoltaici, strati di copertura e materiali di riempimento, nonché della loro distribuzione sulla struttura esistente.

Tutti i materiali metallici impiegati dovranno essere idonei all'uso previsto, identificabili e accompagnati dalla documentazione di qualificazione e tracciabilità richiesta dalla normativa vigente. Per quanto applicabile, gli acciai da carpenteria dovranno rispondere alle prescrizioni delle NTC 2018, con particolare riferimento al Capitolo 11, relativo ai materiali e prodotti per uso strutturale.

Gli elementi costituenti la scala alla marinara, le piastre, gli staffaggi, i telai, gli ancoraggi e gli eventuali collegamenti saldati o bullonati dovranno essere realizzati con materiali conformi al progetto strutturale e alle relative specifiche tecniche. Qualora ricadenti nel campo di applicazione, i componenti metallici

strutturali dovranno essere prodotti secondo la serie UNI EN 1090, con relativa documentazione di accompagnamento e marcatura CE, ove prevista.

La Direzione Lavori potrà richiedere controlli sui materiali forniti, sugli elementi lavorati in officina e sui collegamenti eseguiti, secondo quanto previsto dalle NTC 2018 e dalle norme tecniche applicabili. L'accettazione in cantiere sarà subordinata alla verifica della documentazione trasmessa, della corrispondenza con gli elaborati di progetto e della compatibilità con le condizioni reali rilevate in sito.

Prima della posa in opera, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori, per quanto di competenza, la documentazione relativa ai materiali e ai componenti impiegati. In particolare dovranno essere prodotti i certificati degli acciai, le dichiarazioni di conformità e tracciabilità, la documentazione dell'officina, le eventuali certificazioni relative a saldature e saldatori, le schede tecniche dei dispositivi anticaduta, gli elaborati costruttivi di montaggio e le verifiche strutturali, eseguite da tecnico abilitato, relative a scala, fissaggi e ancoraggi.

La scala di accesso alla copertura dovrà essere verificata sia sotto il profilo strutturale sia sotto il profilo della sicurezza d'uso. La configurazione finale dovrà tenere conto delle condizioni di accesso dal piano strada, dell'utilizzo da parte di personale autorizzato e delle dotazioni di protezione necessarie, quali gabbie, parapetti, dispositivi anticaduta, chiusure lucchettate o sistemi equivalenti. I fissaggi alla struttura esistente, gli eventuali pianerottoli e gli elementi accessori dovranno essere dimensionati da tecnico abilitato, considerando le azioni statiche e dinamiche previste.

Il sistema linea vita dovrà essere oggetto di specifica progettazione, con definizione del tracciato, della posizione degli ancoraggi, delle modalità di utilizzo, del numero massimo di operatori collegabili e delle azioni trasmesse alla struttura in caso di caduta trattenuta. I dispositivi di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme tecniche applicabili, tra cui UNI 11578 e UNI EN 795, in funzione della tipologia di sistema adottato.

Le piastre metalliche predisposte in copertura, complete di pali e occhielli o altri elementi di collegamento, dovranno essere verificate come parte integrante del sistema anticaduta e come elementi connessi alla soletta esistente/struttura portante principale. I relativi fissaggi dovranno essere dimensionati considerando le verifiche a trazione, taglio ed estrazione, oltre alla capacità della struttura esistente di assorbire le sollecitazioni trasmesse. Dovrà inoltre essere verificata la compatibilità delle piastre con il pacchetto di copertura, in particolare con il nuovo strato impermeabilizzante.

Prima dell'avvio delle lavorazioni, l'Appaltatore dovrà eseguire il rilievo delle quote, degli spessori disponibili, degli allineamenti e dello stato dei supporti. Eventuali difformità rispetto agli elaborati progettuali dovranno essere segnalate alla Direzione Lavori prima della produzione o del montaggio degli elementi. Non saranno ammesse soluzioni di posa che comportino forzature, adattamenti impropri o deformazioni degli elementi metallici per compensare errori dimensionali o interferenze non preventivamente risolte.

Sono a carico dell'Appaltatore tutte le forniture, le lavorazioni e le assistenze necessarie alla corretta esecuzione delle opere, compresi mezzi di sollevamento, opere provvisorie, dime, piastre di montaggio, bullonerie, tasselli, ancoranti, tirafondi, malte o betoncini antiritiro ad alta resistenza, ove necessari. Le operazioni di montaggio dovranno essere condotte garantendo in ogni fase la stabilità degli elementi e la sicurezza degli operatori, evitando danneggiamenti alla copertura, alla guaina, agli scarichi e agli impianti presenti.

Particolare attenzione dovrà essere posta ai punti di interferenza tra gli elementi metallici fissati alla soletta e il nuovo sistema impermeabile. PIASTRE, fissaggi ed elementi emergenti dovranno essere raccordati con idonei riporti, sigillature e dettagli di impermeabilizzazione, evitando ristagni d'acqua e punti critici per la tenuta della guaina. Ogni punto singolare dovrà essere eseguito secondo le indicazioni del produttore del sistema impermeabilizzante e sottoposto alla verifica della Direzione Lavori.

A conclusione delle opere dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori gli elaborati aggiornati allo stato di fatto, le certificazioni dei materiali e dei componenti installati, le dichiarazioni di corretta posa, i manuali d'uso e manutenzione e, per il sistema linea vita, tutta la documentazione necessaria alla gestione delle verifiche periodiche e all'utilizzo in sicurezza da parte degli operatori autorizzati.

3.4.1. Documentazione di accompagnamento alla realizzazione delle opere strutturali

Nell'ambito della progettazione esecutiva dell'impianto fotovoltaico e dei relativi interventi strutturali, dovrà essere predisposta anche la documentazione riguardante l'accesso, il transito e l'esecuzione in sicurezza delle attività in copertura, in conformità a quanto previsto dal Regolamento regionale vigente e successive modifiche e integrazioni.

In particolare, il progetto esecutivo dovrà comprendere:

- Relazione tecnica (Allegato 1 – Parte A), contenente:
 - la descrizione degli interventi previsti in copertura;
 - l'analisi dei rischi connessi alle attività di installazione, ispezione e manutenzione dell'impianto fotovoltaico e delle opere accessorie;
 - l'indicazione dei criteri progettuali adottati;
 - la descrizione dei percorsi e dei punti di accesso alla copertura, nonché delle modalità di transito e di raggiungimento delle aree interessate dagli interventi;
 - l'individuazione delle misure di protezione collettiva e/o dei dispositivi di ancoraggio previsti.
- Elaborati grafici (Allegato 1 – Parte B), comprendenti:
 - la planimetria della copertura;
 - l'indicazione della posizione dei moduli fotovoltaici e delle relative apparecchiature;
 - l'individuazione dei percorsi e dei punti di accesso;
 - l'ubicazione delle linee vita e dei punti di ancoraggio;
 - l'indicazione delle aree calpestabili e non calpestabili;
 - l'individuazione degli spazi necessari per le operazioni di ispezione e manutenzione dell'impianto;
 - ogni altra informazione utile ai fini della sicurezza degli operatori.
- Relazione di calcolo, redatta da un professionista abilitato, contenente il dimensionamento e la verifica dei dispositivi di ancoraggio e dei relativi elementi strutturali di supporto, tenendo conto delle caratteristiche della struttura esistente e degli interventi strutturali previsti.

Al termine dei lavori, l'Elaborato Tecnico della Copertura (ETC) dovrà essere aggiornato e integrato con:

- la dichiarazione di corretta installazione dei dispositivi di sicurezza;
- la dichiarazione del direttore dei lavori;
- i manuali d'uso e manutenzione;
- il programma delle ispezioni periodiche e degli interventi di manutenzione dei dispositivi;
- l'eventuale documentazione tecnica e certificativa prevista dalla normativa vigente.

4. DESCRIZIONE, PRESCRIZIONI, CARATTERISTICHE FUNZIONALI E TECNICHE, E MODALITA' DI POSA DI MATERIALI E APPARECCHIATURE

Tutti i materiali e le apparecchiature da installare, che compongono l'impianto in oggetto, debbono rispondere ai requisiti elencati nel seguito.

Per i componenti e le apparecchiature, eventualmente non elencati in questa Relazione, valgono le tavole di disegno allegate e vale quanto dettagliato nella lista di categorie di lavori e forniture.

Va precisato essere evidente che in sede progettuale è stato fatto riferimento a determinate tipologie di apparecchi con definite prestazioni operative, funzionali e di resa, non essendo possibile progettare, ad equivalenza di prestazioni, su tutto lo spettro delle apparecchiature disponibili in commercio.

4.1. MODULI FOTOVOLTAICI

Modulo fotovoltaico a struttura rigida con celle in silicio monocristallino ad alta efficienza, realizzato secondo le norme elettriche IEC 61215 e IEC 61730, con marcatura CE.

Le caratteristiche di seguito riportate si riferiscono, a titolo esemplificativo, al modulo assunto nel progetto preliminare e utilizzato per le verifiche di dimensionamento e coordinamento con inverter e protezioni. Sono ammesse soluzioni equivalenti o migliorative, purché con potenza nominale non inferiore a 400 Wp, efficienza minima del 21% e finitura di colore verde.

Caratteristiche elettriche indicative (Standard Test Condition - STC):

- potenza del modulo (P_{max}): 430 W (tolleranza 0/+3%);
- efficienza del modulo: $\geq 21,5\%$;
- tensione di circuito aperto (V_{oc}): 39,89 V ;
- corrente di corto circuito (I_{sc}): 13,28 A;
- tensione di massima potenza (V_{mpp}): 34,23 V;
- corrente di massima potenza (I_{mpp}): 12,56 A;
- temperatura di esercizio: da -40 a + 85 °C.

Caratteristiche termiche

- coefficiente di temperatura (P_{MPP}): -0,29 %/K;
- coefficiente di temperatura (I_{sc}): 0,046 %/K;
- coefficiente di temperatura (V_{oc}): -0,25 %/K.

Caratteristiche tecniche indicative:

- telaio: telaio in alluminio anodizzato verde, con profilo a doppia parete e fori di drenaggio;
- colore: famiglia RAL 6000
- dimensioni: 1.762 x 1.134 x 30 mm;
- peso: 23,9 kg;
- celle: n.108 (2x54);
- copertura frontale: vetro solare a basso contenuto di ferro, antiriflesso, trasparente, temprato, sp. = 2,0 mm;
- copertura posteriore: vetro a basso contenuto di ferro, semi-temprato, sp. = 2,0 mm;
- scatola di giunzione: certificata secondo IEC 62790, omologata IP68, 3 diodi;
- classe di isolamento: II;
- cavi e connettori: cavo solare, lunghezza min. 1.200 mm o personalizzata, con connettori MC4;
- tensione massima di sistema: 1.500 V;

- capacità massima di carico superficiale: 5.400 Pa (verso il basso) / 2.400 Pa (verso l'alto);
- resistenza alla grandine: diametro massimo 25 mm, velocità di impatto 23 m/s.

Garanzia, omologazioni e certificazioni:

- garanzia sul prodotto: minimo 15 anni
- garanzia sulle prestazioni della potenza: 91,2% rispetto a quella iniziale fino a 20 anni;
87,4% rispetto a quella iniziale fino a 30 anni
- omologazioni: IEC 61215, IEC 61730, EN 13501-1 e EN 13501-5/BROOF;
- certificazioni: CE, PV CYCLE, DEKRA
- classe di reazione al fuoco: **classe 1 secondo UNI 9177 / BROOF(t1) secondo UNI EN 13501-5, in funzione di modulo FV e posa prevista**

4.2. INVERTER

Inverter trifase senza trasformatore di isolamento, a frequenza di rete, avente le seguenti caratteristiche tecniche riepilogative:

- grado di protezione: IP66;
- dimensioni (LxHxP): 691x578x338 mm
- peso: 54,5 kg;
- raffreddamento: convezione forzata da ventole ridondanti;
- comunicazione: RS485, WLAN/Ethernet, USB.

Lato corrente continua – dati estesi

- potenza massima: 70,0 kWp;
- tensione massima applicabile: 1.100 Vcc;
- tensione di attivazione: 195 Vcc;
- tensione di ingresso nominale: 600 Vcc;
- range di tensione di ingresso MPPT: 180 Vcc ÷ 1.000 Vcc;
- corrente di ingresso massima: 32 A;
- numero di MPPT indipendenti: 6;
- numero di stringhe per MPPT: 2;
- rilevatore di dispersione verso terra: SI;
- connettori c.c.: morsetti a vite;

Lato corrente alternata – dati estesi

- potenza massima d'uscita: 60,0 kW;
- tensione nominale: 400 V;
- massima corrente AC per fase: 86,6 A;
- distorsione totale della corrente di rete: ≤ 3 %;
- frequenza di rete: 50 Hz;
- fattore di potenza: $\cos\phi > 0,99$;
- rendimento massimo: 98,70 % (Europeo: 98,30 %);
- consumo elettrico in stand-by: < 1 W;
- collegamento alla rete: morsetti a vite.

Garanzia, omologazioni e certificazioni:

- standard di collegamento alla rete: G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR:2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, CEI 0-16, C10/11, NRS 097-2-1, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC60068, IEC 61683, EN 50530
- standard di sicurezza: IEC 62109-1/-2, IEC62116 & IEC 61000-6-1/-2/-3/-4

4.3. DISPOSITIVO DI PROTEZIONE DI INTERFACCIA

Dispositivo di protezione di interfaccia per impianti fotovoltaici per connessioni in bassa e media tensione, conforme a norma CEI 0-16, idoneo al monitoraggio delle grandezze di rete e al comando di apertura dei dispositivi di interfaccia in caso di anomalie di tensione, frequenza, perdita rete o comando esterno di distacco.

Il dispositivo dovrà consentire il controllo e il distacco di più sezioni di impianto fotovoltaico mediante uscite programmabili e relè ausiliari, con acquisizione degli stati dei dispositivi comandati.

Caratteristiche tecniche principali

- tipologia: relè digitale multifunzione di tensione e frequenza;
- impiego: protezione di interfaccia per impianti fotovoltaici / utenti attivi;
- installazione: entro quadro elettrico;
- alimentazione ausiliaria: $24 \div 48$ V ca/cc oppure $115 \div 230$ V ca / $110 \div 220$ V cc, secondo versione;
- ingressi voltmetrici: n. 3 ingressi di tensione di rete;
- tensione nominale ingressi: 100 V o 400 V, secondo versione;
- frequenza nominale: 50 Hz;
- ingressi digitali: n. 2, espandibili;
- uscite relè programmabili: n. 6;
- corrente nominale contatti: 8 A;
- comunicazione: USB, RS485, Ethernet;
- protocolli: Modbus RTU/TCP, IEC 61850 o equivalenti, secondo versione;
- interfaccia operatore: display LCD e LED di segnalazione;
- funzioni di registrazione: eventi, guasti e contascatti;
- autodiagnostica: integrata.

Funzioni di protezione principali

- minima tensione;
- massima tensione;
- massima tensione residua;
- massima tensione mediata su 10 minuti;
- minima frequenza;
- massima frequenza;
- derivata di frequenza;
- telescatto / comando remoto di distacco;
- supervisione circuito di apertura;
- mancata apertura interruttore.

Norme e conformità

- conforme alle prescrizioni CEI 0-16 vigenti per sistemi di protezione di interfaccia;
- conforme alle norme applicabili per relè di protezione, compatibilità elettromagnetica e sicurezza;
- tarature da impostare secondo regolamento di esercizio del distributore.

4.4. QUADRI ELETTRICI DI BASSA TENSIONE

Caratteristiche generali.

Debbono essere realizzati con armadi in lamiera fosfatata e verniciata a forno del tipo a muro o su basamento, piuttosto che in poliestere, ubicati in prossimità degli ingressi alle varie zone e in posizione facilmente accessibile, come risulta dalle tavole di progetto; ogni quadro deve essere dotato di portella trasparente (in vetro od in materiale plastico) di accesso con chiave di apertura.

Tutte le parti metalliche dei quadri debbono essere collegate mediante idonei collegamenti al conduttore di protezione e debbono inoltre avere le seguenti caratteristiche :

- protezione contro i contatti fortuiti e contro l'entrata di polvere fine;
- protezione contro le gocce d'acqua provenienti dall'alto.

Grado di protezione $\geq$ IP4X per i quadri di distribuzione ai vari piani, $\geq$ IP55 per i quadri ubicati nelle centrali tecnologiche ed IP65 per i quadri elettrici ubicati all'esterno.

Per i quadri del tipo fissato a parete, tutte le apparecchiature e i collegamenti debbono risultare accessibili e smontabili esclusivamente dalla parte anteriore.

Deve esservi una netta separazione nell'ubicazione dei circuiti di comando e controllo e di quelli di potenza.

Tutte le apparecchiature dei circuiti di potenza sono contenute entro armadi o scomparti, sul fronte dei quali vi saranno le sole manovre dirette; le manovre a distanza ed i complessi di misura e controllo vengono contenuti entro pannelli o scomparti distinti apribili a cerniera.

In ogni quadro, l'arrivo di energia viene previsto in cavo con ingresso dal basso o dall'alto.

I quadri devono inoltre essere corredati di relativo schema funzionale unifilare.

A base di quadro è prevista una bandella in rame per il collegamento a terra delle parti metalliche nonché dei conduttori di protezione.

Il sistema di carpenteria da adottarsi deve assicurare una buona ventilazione di tutti gli scomparti, onde evitare surriscaldamento degli apparecchi.

Tutti i motori debbono essere comandati attraverso circuiti con teleruttori e devono assicurare il seguente tipo di protezione :

- contro il corto-circuito, mediante interruttore magnetotermico;
- contro i sovraccarichi, mediante relè termici accoppiati ai contatori di potenza.

Sono previste le seguenti tipologie principali di quadri elettrici:

4.4.1. Quadri elettrici di distribuzione in carpenteria metallica

Devono essere di tipo componibile e così composti:

- montanti in lamiera di acciaio zincato preforata e pressopiegata spessore 15/10; testate in lamiera di acciaio verniciato con epossipoliestere RAL 7035 bucciato, dotate di flange asportabili per ingresso cavi;
- la struttura dovrà inoltre poter essere equipaggiata con sistemi di barre a profilo certificati fino a 75kA nel caso delle derivazioni e di 100kA nel caso delle barre omnibus;
- la sezione delle barre in funzione del grado di protezione IP65 deve essere almeno pari a: 200 mm² per $I_n \leq 400A$, 283 mm² per $I_n \leq 800A$, 603 mm² per $I_n \leq 1250A$, 703 mm² per $I_n \leq 1600A$, 2000 mm² per $I_n \leq 3200A$. Esse si dovranno poter installare indifferentemente sul fondo o sul fianco della struttura e all'interno del vano cavi;
- nel caso di installazione nel vano cavi, dopo aver aperto la porta del quadro, le barre dovranno essere protette da un'ulteriore porta (in metallo) dotata di blocco a chiave a doppia aletta.;
- zoccolo pallettizzabile di altezza 100mm in lamiera di acciaio verniciato formato da quattro angolari e da quattro flange di copertura di colore grigio RAL 7012;
- porta in lamiera di acciaio verniciato completa di maniglia reversibile dotata di quattro punti di chiusura e blocco a chiave standard di tipo doppia aletta;
- nel caso di porta trasparente, la finestra sarà equipaggiata con cristallo temperato di sicurezza con spessore 4 mm;

- pannelli sfinestrati 45 mm. dello spessore di 12-15/10 per installazione di apparecchiature modulari su guida DIN costituiti da un profilato di alluminio ad alta resistenza, con la possibilità di agganciare supporti della canalina nella parte posteriore del profilo;
- deve essere possibile installare una canalina verticale per lato della misura di almeno 60x80mm e una orizzontale tra ogni singola guida DIN della misura di 60x80mm;
- i pannelli dovranno inoltre essere incernierabili (indifferentemente a destra o a sinistra) dotati di sistema dimessa a terra automatica;
- predisposizione per alloggiare sistemi di cablaggio rapido per correnti nominali fino a 400 A;
- kit per installazione di interruttori scatolati con segregazione fino a forma 4;
- segregazioni interne verticali in lamiera di acciaio zincato preforata e pressopiegata;
- piastre di chiusura in lamiera di acciaio zincato spessore 20-25/10;
- installazione a pavimento;
- nel caso in cui più strutture affiancate, debbano essere sollevate, esse devono essere dotate di rinforzi di sollevamento;
- portata di corrente massima delle barre: 3.200 A
- tensione nominale di impiego: 690 V
- tenuta ad impulso: 8 kV
- corrente nominale di corto circuito Icw: 105 kA per 1 s
- corrente max di picco Ipk: 254 kA
- grado di protezione: IP 41 (con pannelli laterali aerati) / IP 65 (con portella)
- larghezza utile per struttura: 600 ÷ 900 mm
- profondità utile per struttura: 250 ÷ 400 mm
- altezza utile: 1.800 mm ÷ 2.000 mm
- n° moduli DIN a pannello: 24 ÷ 36
- predisposizione passaggio cavi: alto o basso
- affiancabilità strutture: laterale e posteriore
- forme di segregazione: 1-2-3-4

4.4.2. Centralini di protezione in materiale isolante

Centralini stagni ad elevate prestazioni, costruzione robusta in ABS ad alta resistenza, privi di alogeni ed alta capacità dimensionale, grado di protezione IP65, costituiti da telaio di cablaggio regolabile e portello in materiale plastico stabilizzato ai raggi UV, apribile fino a 180° e con possibilità di chiusura a chiave, di caratteristiche:

- grado di protezione: IP65;
- classe di isolamento: classe II;
- resistenza agli urti: IK08;
- resistenza al calore: prova del filo incandescente fino a 650°C;
- tensione nominale: fino a 1.000 Vac / fino a 1.500 Vdc;
- colore: grigio RAL 7035;
- temperature di impiego: -25°C ÷ 40°C;
- morsettiere: morsettiere di neutro e terra;
- modularità: modelli da 4 a 72 moduli, con file da 12 o 19 moduli;
- norme ed approvazioni: EN 61439-1.

4.5. PULSANTE DI SGANCIO DI EMERGENZA (INTERRUTTORE GENERALE)

Cassetta di emergenza in esecuzione stagna IP55, equipaggiata con pulsante a fungo rosso, diametro 22 mm, con contatti N.A. ed N.C., provvista di vetro frangibile, martelletto, cartello indicatore del circuito di appartenenza, compresi i collegamenti elettrici e tutti gli oneri accessori necessari.

4.6. CONDUTTORI E CAVI IN GENERE

Tutti i cavi devono essere conformi a quanto prescritto dalle norme CEI/UNI ed essere rispondenti all'unificazione UNEL.

I conduttori debbono essere sempre in rame in doppia guaina, di tipo non propagante l'incendio, a bassa emissione di gas tossici e corrosivi (tipo FG16OM16 – classe Cca – s1b, d1, a1; 0,6/1 kV), rispondenti alle norme CEI 20-13, CEI 20-20, CEI 20-22 III edizione, dove previsto anche rispondenti alle norme CEI 20-35, CEI 20-38 non propaganti l'incendio,

L'uso dei cavi unipolari isolati in mescola elastomerica LSOH, senza guaina (cordine FG17 – classe Cca - s1b, d1, a1) è ammesso solo all'interno di tubazioni isolanti. All'interno delle canaline è ammesso solo l'uso di cavi con isolamento aggiuntivo.

La sezione dei conduttori isolanti con materiale termoplastico deve essere tale da impedire al conduttore, sottoposto alla corrente di lavoro, un innalzamento della sua temperatura di oltre 20°C rispetto alla temperatura ambiente.

La sezione minima ammessa dei conduttori di potenza è di 1,5 mmq; per impianti con assorbimento compreso fra 10 e 16 A sezione non inferiore a 2,5 mmq.

I conduttori ed i cavi debbono essere sempre protetti o da tubazioni o da canalette portacavi.

I conduttori ed i cavi vengono posti in opera possibilmente in un solo pezzo; eventuali giunzioni sono ammesse in cassette isolate dotate di morsettiera fissa e autorizzate dalla D.L. per pezzature fuori norma.

Per le linee composte da corde unipolari si prescrive che tutti i conduttori, che compongono ogni singola linea, siano graffiati fra loro e riconosciuti con apposita targhetta indicatrice.

I cavi devono essere contrassegnati in modo da individuare prontamente il servizio a cui appartengono, negli schemi sono indicati dei codici numerici che andranno riportati sui cavi alle estremità ed a distanze prefissate per consentirne l'identificazione.

I cavi multipolari devono avere la colorazione della guaina e delle anime conforme alle tabelle CEI UNEL 00721-69 e CEI UNEL 00722-78.

Il colore dei conduttori deve essere quello normalizzato e comunque uguale tra apparecchi di comando e quello di utilizzazione.

In particolare i colori sono i seguenti :

- conduttori di fase : nero, marrone, grigio;
- conduttori di neutro : blu;
- conduttori di protezione : giallo-verde.

4.6.1. Tipologia cavi

Nei lavori relativi in oggetto si utilizzeranno le tipologie di cavo nel seguito riportate:

- cavi tipo FG16OM16;
- cavi tipo FG17;
- cavi solari tipo H1Z2Z2-K.

Per completezza, si riporta comunque un elenco delle principali tipologie di cavi di distribuzione di energia e segnalamento impiegati in lavori civili.

4.6.1.1 Cavi tipo FS17

Cavo per energia isolato in PVC di qualità S17, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e fumo. Per installazioni entro tubazioni in vista od incassate o sistemi chiusi similari.

Adatti per installazione fissa e protetta in apparecchi di illuminazione ed apparecchiature di interruzione e comando. La sezione di 1 mm² è prevista (in aggiunta alle rimanenti) solo per cablaggi interni di quadri elettrici per segnalamento e comando o per circuiti elettrici di ascensori e montacarichi.

Per installazioni a rischio di incendio, la temperatura massima di esercizio non deve superare i 55°C (rif. CEI 20-40).

Caratteristiche tecniche principali:

- conduttore: corda flessibile di rame rosso ricotto, classe 5;
- isolante: mescola di PVC di qualità S17;
- colori: standard: giallo/verde, blu, marrone, nero, grigio;
- tensione nominale U₀/U: 450/750 V;
- temperatura massima di esercizio: 70°C;
- temperatura minima di esercizio: -10°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche);
- temperatura minima di posa: 5°C;
- temperatura massima di cto cto: 160°C;
- sforzo massimo di trazione: 50 N/mm²;
- raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo;

Marcatura:

- FS17 450/750V (sez) Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP (anno) (m) (tracciabilità);

Normativa di riferimento:

- CPR (UE) n°305/11 Regolamento Prodotti da Costruzione;
- Cca – s3, d1, a3 Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014;
- CEI UNEL 35716 Costruzione e requisiti;
- CEI EN 60332-1-2 Propagazione fiamma;
- 2014/35/UE Direttiva Bassa Tensione;
- 2011/65/UE Direttiva RoHS.

Documentazione per approvazione: Certificati di marchi nazionali oppure europei e marcatura "CE".

4.6.1.2 Cavi tipo FG17

Cavo per energia con mescola elastomerica di qualità G17, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Particolarmente indicato in luoghi con rischi di incendio e con elevata presenza di persone. Per installazioni entro tubazioni in vista o incassate o sistemi chiusi similari. Per installazione fissa e protetta entro apparecchi di illuminazione o apparecchiature di interruzione e di comando. Quando l'installazione è protetta all'interno di apparecchiature di interruzione e di comando, questi cavi sono ammessi per tensioni fino a 1.000V in c.a. o 750 V in c.c. verso terra. La sezione di 1 mm² è prevista solo per circuiti elettrici di ascensori e montacarichi o per collegamento interno di quadri elettrici per segnalamento e comando. Non adatti per posta all'esterno (rif. CEI 20-40).

Caratteristiche tecniche principali:

- conduttore: corda flessibile di rame rosso ricotto, classe 5;

- isolante: mescola elastomerica LSOH (Low Smoke Zero Halogen) di qualità G17;
- colori: standard: giallo/verde, blu, marrone, nero, grigio;
- tensione nominale U_0/U : 450/750 V;
- temperatura massima di esercizio: 90°C;
- temperatura minima di esercizio: -30°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche);
- temperatura minima di posa: -15°C;
- temperatura massima di cto cto: 250°C;
- sforzo massimo di trazione: 50 N/mm²;
- raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo;

Marcatura:

- FG17 450/750V (sez) Cca-s1b,d1,a1 IEMMEQU EFP (anno) (m) (tracciabilità);

Normativa di riferimento:

- CPR (UE) n°305/11 Regolamento Prodotti da Costruzione;
- Cca - s1b, d1, a1 Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014;
- CEI 20-38 - CEI UNEL 35310 Costruzione e requisiti;
- CEI EN 60332-1-2 Propagazione fiamma;
- 2014/35/UE Direttiva Bassa Tensione;
- 2011/65/UE Direttiva RoHS.

Documentazione per approvazione: Certificati di marchi nazionali oppure europei e marcatura "CE".

4.6.1.3 Cavi tipo FG16(O)R16

Cavo unipolare o multipolare per energia isolato in gomma etilenpropilenica, ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina di PVC, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo. Per impiego all'interno in locali anche bagnati o all'esterno(AD7). Adatto per posa fissa su murature e strutture metalliche in aria libera, in tubo o canaletta o sistemi simili. Ammessa anche la posa interrata. Buona resistenza agli oli e ai grassi industriali (rif.CEI20-67).

Caratteristiche tecniche principali:

- conduttore: corda flessibile di rame rosso ricotto, classe 5;
- isolante: mescola di gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G16;
- riempitivo: mescola di materiale non igroscopico;
- guaina esterna: mescola di PVC di qualità R16;
- colore anime: normativa HD 308;
- colore guaina: grigio;
- tensione nominale U_0/U : 0,6/1,0 kV;
- temperatura massima di esercizio: 90°C;
- temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche);
- temperatura minima di posa: 0°C;
- temperatura massima di cto cto: 250°C fino alla sezione 240 mm², oltre 220°C;
- sforzo massimo di trazione: 50 N/mm²;
- raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo;

Marcatura:

- FG16(O)R16 0,61 kV (sez) Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP (anno) (m) (tracciabilità);

Normativa di riferimento:

- | | |
|------------------------------|--|
| - CPR (UE) n°305/11 | Regolamento Prodotti da Costruzione; |
| - Cca – s3, d1, a3 | Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014; |
| - CEI 20-13 - CEI UNEL 35318 | Costruzione e requisiti; |
| - CEI EN 60332-1-2 | Propagazione fiamma; |
| - 2014/35/UE | Direttiva Bassa Tensione; |
| - 2011/65/UE | Direttiva RoHS. |

Documentazione per approvazione: Certificati di marchi nazionali oppure europei e marcatura "CE".

4.6.1.4 Cavi tipo FG16(O)M16

Cavo unipolare o multipolare per energia isolato in gomma etilenpropilenica, ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Particolarmente indicato in luoghi a rischio d'incendio e con elevata presenza di persone dove è fondamentale garantirne la salvaguardia e preservare gli impianti e le apparecchiature dall'attacco dei gas corrosivi (uffici, scuole, supermercati, cinema, teatri, discoteche ecc.) per impiego all'interno in locali anche bagnati o all'esterno. Adatto per posa fissa su murature e strutture metalliche in aria libera, in tubo o canaletta o sistemi simili. Ammessa anche la posa interrata. (rif. CEI 20-67).

Caratteristiche tecniche principali:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| - conduttore: | corda flessibile di rame rosso ricotto, classe 5; |
| - isolante: | mescola di gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G16; |
| - riempitivo: | mescola di materiale non igroscopico; |
| - guaina esterna: | mescola LSOH (Low Smoke Zero Halogen) di qualità M16; |
| - colore anile: | normativa HD 308; |
| - colore guaina: | verde; |
| - tensione nominale U_0/U : | 0,6/1,0 kV; |
| - temperatura massima di esercizio: | 90°C; |
| - temperatura minima di esercizio: | -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche); |
| - temperatura minima di posa: | 0°C; |
| - temperatura massima di cto cto: | 250°C fino alla sezione 240 mm ² , oltre 220°C; |
| - sforzo massimo di trazione: | 50 N/mm ² ; |
| - raggio minimo di curvatura: | 4 volte il diametro esterno massimo; |

Marcatura:

- FG16(O)M16 0,61 kV (sez) Cca-s1b,d1,a1 IEMMEQU EFP (anno) (m) (tracciabilità);

Normativa di riferimento:

- | | |
|------------------------------|--|
| - CPR (UE) n°305/11 | Regolamento Prodotti da Costruzione; |
| - Cca - s1b, d1, a1 | Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014; |
| - CEI 20-13 - CEI UNEL 35324 | Costruzione e requisiti; |
| - CEI EN 60332-1-2 | Propagazione fiamma; |
| - HD 605 Par. 2.4.20 | Resistenza raggi UV 720 h; |
| - 2014/35/UE | Direttiva Bassa Tensione; |
| - 2011/65/UE | Direttiva RoHS. |

Documentazione per approvazione: Certificati di marchi nazionali oppure europei e marcatura "CE".

4.6.1.5 Cavi solari tipo H1Z2Z2-K

Cavo unipolare flessibile stagnato per collegamenti di impianti fotovoltaici. Isolamento e guaina realizzati con mescola elastomerica senza alogeni non propagante la fiamma.

Idoneo per l'interconnessione di elementi di impianti fotovoltaici. Adatti per installazione fissa all'esterno ed all'interno, entro tubazioni in vista o incassate o in sistemi chiusi similari.

Adatti per la posa direttamente interrata o entro tubo interrato e per essere utilizzati con apparecchiature di classe II.

Caratteristiche tecniche principali:

- conduttore: corda flessibile di rame stagnato, classe 5;
- isolante: mescola LSOH (Low Smoke Zero Halogen) di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618;
- guaina esterna: mescola LSOH (Low Smoke Zero Halogen) di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618;
- colore anime: nero;
- colore guaina: blu, rosso, nero;
- tensione massima: 1.800 Vcc – 1.200 Vca;
- temperatura massima di esercizio: 90°C;
- temperatura minima di esercizio: -40°C;
- temperatura minima di posa: -40°C;
- temperatura massima di cto cto: 250°C;
- sforzo massimo di trazione: 15 N/mm²;
- raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo;

Marcatura:

- H1Z2Z2 1/1 kV (sez) (anno) (m) (tracciabilità);

Normativa di riferimento:

- CPR (UE) n°305/11 Regolamento Prodotti da Costruzione;
- Eca Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014;
- EN 50618 Costruzione e requisiti;
- CEI EN 60332-1-2 Propagazione fiamma;
- CEI EN 50525 Emissione gas;
- CEI EN 50289-4-17 A Resistenza raggi UV;
- CEI EN 50396 Resistenza ozono;
- 2014/35/UE Direttiva Bassa Tensione;
- 2011/65/UE Direttiva RoHS.

Documentazione per approvazione: Certificati di marchi nazionali oppure europei e marcatura "CE"

4.6.1.6 Cavo isolato per reti dati

Cavo isolato a coppie schermato tipo F/UTP-LSZH, Categoria 6a ad alte prestazioni adatto per la trasmissione di segnali vocali, dati e video digitali ed analogici. Rispondente alle norme CEI 20-22, CEI 20-35, IEC 11801, IEC 61156, EN 50173, EN 50288, EN50267 ed EN 50268.

Fascette di fissaggio, accessori e tutti gli oneri necessari alla corretta installazione.

4.7. TERMINALI DEI CAVI

Per i cavi flessibili collegati a morsettiere si debbono prevedere terminali da fissare a pressione.

Tutti i cavi in arrivo sono provvisti di targhette indicatrici delle fasi (R.S.T).

Tutti i cavi in arrivo alle morsettiere dei quadri sono dotati di numerazione uguale al morsetto a cui sono allacciati, e debbono corrispondere allo schema elettrico costruttivo redatto a cura della Ditta Appaltatrice degli impianti elettrici.

4.8. VIE CAVI PRINCIPALI

4.8.1. Canaline metalliche

Canalizzazione di protezione per il contenimento dei cavi elettrici, fissata a parete o sospesa a soffitto, realizzata con canale in acciaio zincato a caldo con metodo Sendzimir, spessore 1,2/1,5 mm, di tipo piena o asolata, corredata di pezzi speciali di montaggio quali giunzioni, eventuale separatore interno, croci, curve e/o derivazioni. Tutti gli elementi di composizione e di fissaggio devono essere della stessa casa costruttrice.

Tali canali devono avere un numero adeguato di comparti a seconda della necessità della distribuzione che deve essere realizzata.

Le derivazioni dalla canalina sono da eseguire tramite apposite cassette di derivazione.

Devono avere dei collegamenti meccanici che garantiscano la continuità elettrica; nel caso in cui la continuità elettrica non sia assicurata occorre realizzare dei collegamenti elettrici tra le varie parti della struttura. Ad intervalli regolari, non superiori agli 8 metri devono essere previsti dei morsetti per il collegamento a terra dalla struttura.

Le canaline devono essere fissate alle strutture per mezzo di mensole di sostegno; l'interasse tra le mensole deve essere tale da contenere la freccia al di sotto di 1/150 della luce libera e comunque non deve superare i 3 metri.

All'interno delle passerelle e della canalette i cavi multipolari devono essere disposti su semplice strato con un coefficiente di riempimento minore di 0,5; i cavi unipolari devono essere disposti a trifoglio per ridurre l'intensità dei campi magnetici prodotti.

Nei tratti verticali o inclinati e comunque ogni 10 metri i cavi devono essere fissati per mezzo di fascette alla passerella e/o alla canalina.

Ad intervalli regolari, non superiori ai 20 metri, i cavi dovranno essere contrassegnati mediante una targhetta di identificazione di materiale plastico.

Il grado di protezione delle canaline montate in opera deve risultare, ad impianto finito, $\geq$ IP4X.

Il passaggio di canaline attraverso pareti REI deve essere sigillato con apposita schiuma termoespandente o mattoni omologati per l'applicazione. Le canaline devono essere corredate di coprifilo su entrambi i lati.

4.8.2. Canaline a filo d'acciaio

Passerella di protezione per il contenimento dei cavi elettrici, realizzata con filo in acciaio zincato con il metodo della galvanizzazione continua pre-fabbricazione mediante processo Sendzimir Norma PG (filo): EN 10244-2 - Norma GS (accessori): EN 1014-2 (Prima della fabbricazione, viene applicato sulle lamiere o sui fili d'acciaio un rivestimento di zinco mediante immersione continua). Corredata di pezzi speciali di montaggio quali giunzioni, croci, curve e/o derivazioni.

4.8.3. Tubi protettivi

I tubi di protezione dei cavi e dei conduttori debbono essere in tubo conduit zincato leggero o pesante con raccordi, curve ed accessori di tipo conduit pressofusi e filettati.

Quando vengono utilizzate tubazioni in PVC devono essere utilizzate quelle di tipo pesante autoestinguente.

In generale sono previste tubazioni in acciaio zincato (tipo TAZ) per i circuiti a correnti deboli o correnti in cavedio per collegamenti di segnale periferici. Deve essere assicurato in generale un grado di protezione $\geq$ IP4X.

Le tubazioni di lunghezza superiore a 10 m o comunque dopo 2 curve devono essere corredate di cassette rompitratta.

Il coefficiente di riempimento dei tubi deve essere sempre $< 0,4$ (sezione totale cavi/sezione interna tubo) ed il diametro deve essere sempre maggiore di 1,5 volte al diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuto in modo da garantire un agevole sfilabilità dei conduttori. I tubi devono comunque avere un diametro non inferiore a 20 mm. Nei tratti in vista i tubi saranno fissati con appositi sostegni in materiale plastico tassellati a parete con un interasse massimo di 1,5 metri.

I tubi dovranno seguire un andamento parallelo agli assi delle strutture evitando percorsi diagonali ed accavallamenti.

In tutti casi in cui si utilizzano tubi metallici deve essere garantita la continuità elettrica degli stessi. I tubi previsti vuoti dovranno possedere al loro interno un filo guida di materiale non ossidabile o deteriorabile per consentire in un futuro un agevole inserimento di cavi.

Tutte le giunzioni o derivazioni devono essere effettuate all'interno di scatole o cassette di derivazione. All'interno di una cassetta non possono transitare conduttori appartenenti ad impianti o servizi diversi.

I raccordi tra le scatole di derivazione e le tubazioni devono essere eseguiti esclusivamente tramite imbocchi pressatubo filettati di tipo stagno.

4.8.3.1 Tubazione di protezione corrugata pieghevole, autoestinguente

Tubazione di protezione per cavi e conduttori, realizzata con tubo corrugato pieghevole, in materiale termoplastico autoestinguente, conforme alle Norme CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-2 e munito di Marchio Italiano di Qualità, posata in traccia, tracce compresa traccia e ripristino intonaco; corredata di pezzi speciali ed accessori, compresi tutti gli oneri relativi.

- Materiale: a base di PVC rigido;
- Resistenza allo schiacciamento: classe 3 superiore a 750 Newton su 5cm a +23°C;
- Resistenza agli urti: classe 3 2kg da 10cm a -5°C;
- Temperatura minima: -5°C;
- Temperatura massima: classe 1 +60°C;
- Resistenza elettrica d'isolamento: superiore a 100 megaohm per 500V di esercizio per 1 minuto;
- Rigidità dielettrica: superiore a 2000V con 50Hz per 15 minuti;
- Resistenza al fuoco: supera il test del filo incandescente alla temperatura di 850°C secondo la norma CEI EN 60695-2-11.

4.8.3.2 Tubazione di protezione rigida in PVC pesante autoestinguente, priva di alogeni

Tubazione di protezione per cavi e conduttori, realizzata con tubo pesante rigido in materiale termoplastico autoestinguente, privo di alogeni, conforme alle Norme CEI EN 50086-1, CEI EN 50086-2-1 e munito di Marchio Italiano di Qualità; corredata di pezzi speciali ed accessori, compresi tutti gli oneri relativi.

- Colore: grigio chiaro RAL 7035;
- Resistenza allo schiacciamento: classe 3 superiore a 750 Newton su 5cm a +23°C;
- Resistenza agli urti: classe 3 2kg da 10cm a -5°C;
- Temperatura minima: -5°C;
- Temperatura massima: classe 1 +60°C;
- Resistenza elettrica d'isolamento: superiore a 100 megaohm per 500V di esercizio per 1 minuto;

- Rigidità dielettrica: superiore a 2000V con 50Hz per 15 minuti;
- Resistenza al fuoco: supera il test del filo incandescente alla temperatura di 850°C secondo la norma CEI EN 60695-2-11.

4.8.3.3 Tubazione di protezione in acciaio zincato

Tubazione di protezione per cavi e conduttori, realizzata con tubo elettrounito ricavato da lamiera di acciaio zincato Sendzimir e sottoposto ai controlli del Marchio di qualità IMQ. Possono essere filettati solo con passo metrico ISO in conformità alla norma CEI EN 60423.

Conforme alle normative CEI EN 50086-2-1 e CEI EN 60423, viene utilizzato all'interno di luoghi con pericolo d'incendio, locali con possibile presenza di roditori e polveri non conduttrici infiammabili e per la protezione di cavi in ambienti accessibili al pubblico con possibilità di atti vandalici.

Posato a vista, sottotraccia, o entro controsoffitto, in esecuzione minima IP55 completa di raccordi filettati, corredata di pezzi speciali, scatole di derivazione, staffaggi ed accessori.

4.8.3.4 Guaina flessibile

Tubo flessibile ricavato da nastro di acciaio profilato ad elica a doppia graffatura, ricoperto di PVC autoestinguente liscio esternamente e con ancoraggio sulle spire. Prodotto in conformità alle norme CEI EN 50086-2-3, resistente ai più comuni oli e grassi, presenta ottima flessibilità e buona resistenza meccanica in modo particolare per le sollecitazioni a trazione.

Completa di raccordi filettati in acciaio zincato o ottone cromato, diritti o ad angolo, adatti al collegamento stabile con continuità elettrica dalle scatole di derivazione alle apparecchiature elettriche.

5. VERBALI PROVE PRELIMINARI

Si riportano nel seguito i verbali tipo delle prove preliminari, che dovranno essere compilati a cura dell'Impresa in seguito all'effettuazione delle prove relative e consegnati alla D.L. che provvederà a vistarli o meno secondo quanto riterrà opportuno.

I verbali sotto riportati non sono esaustivi in quanto possono essere richieste altre prove all'Impresa, secondo quanto la Direzione Lavori od il collaudatore vorranno disporre.

I verbali sono indicativi della tipologia delle prove e devono essere adattati alle prove effettivamente eseguite.

ENVIRONMENT PARK

via Livorno, 60 - TORINO

IMPIANTI FOTOVOLTAICI Fabbricati A2 / B1

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE)

Verbali verifiche e prove preliminari

- verbale misura di continuità
- verbale misura efficienza protezioni differenziali
- verbale misura della resistenza di isolamento

Torino, lì .. /.. / 2026

ENVIRONMENT PARK

LAVORI: Impianti fotovoltaici – Fabbricati A2 / B1

IMPRESA:

VERBALE DI MISURA DI CONTINUITÀ DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE E DEI CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI PRINCIPALI E SUPPLEMENTARI

Il giorno del mese di dell'anno si è provveduto all'effettuazione delle misure di continuità dei conduttori di protezione e dei conduttori equipotenziali principali e supplementari dei seguenti impianti di cui si riporta dettaglio nell'Allegato 1:

IMPIANTI	LOCALE	NOTE

Note.

E' stata sempre riscontrata la continuità dei conduttori di protezione, compresi i conduttori equipotenziali principali e supplementari, pertanto si ritiene positivo l'esito della prova.

....., lì/...../.....

LA DITTA ESECUTRICE

.....

VISTO DELLA DIREZIONE LAVORI

.....

ALLEGATO 1

N.	TIPO	DESCRIZIONE	VALORE	U.M.
1	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
2	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
3	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
4	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
5	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
6	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
7	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
8	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
9	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
10	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
11	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
12	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
13	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
14	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
15	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
16	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
17	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
18	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
19	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω
20	Low Ω 0,2A	 Misura di continuità elettrica	...	Ω

ENVIRONMENT PARK

LAVORI: Impianti fotovoltaici – Fabbricati A2 / B1

IMPRESA:

VERBALE DI VERIFICA EFFICIENZA DELLE PROTEZIONI DIFFERENZIALI

Il giorno del mese di dell'anno si è provveduto alla effettuazione delle verifiche dell'efficienza delle protezioni differenziali, consistenti nelle misure sotto elencate e riportate in dettaglio nell'Allegato 1:

LOCALE	QUADRO	NOTE

Note.

I valori riscontrati sono corretti e conformi sia come valore di Id sia come tempi di intervento, pertanto si ritiene positivo l'esito della prova.

....., lì / /

LA DITTA ESECUTRICE

.....

VISTO DELLA DIREZIONE LAVORI

.....

ALLEGATO 1

N.	TIPO	DESCRIZIONE	VALORE	U.M.
QUADRO ...				
1	R.C.D.	... TEST DELL'INTERRUTTORE DIFFERENZIALE In=...A CORRENTE DI INTERVENTO TEMPO DI INTERVENTO TENSIONE DI GUASTO		A ms V
2	R.C.D.	... TEST DELL'INTERRUTTORE DIFFERENZIALE In=...mA CORRENTE DI INTERVENTO TEMPO DI INTERVENTO TENSIONE DI GUASTO		A ms V
3	R.C.D.	... TEST DELL'INTERRUTTORE DIFFERENZIALE In=...mA CORRENTE DI INTERVENTO TEMPO DI INTERVENTO TENSIONE DI GUASTO		A ms V
4	R.C.D.	... TEST DELL'INTERRUTTORE DIFFERENZIALE In=...mA CORRENTE DI INTERVENTO TEMPO DI INTERVENTO TENSIONE DI GUASTO		A ms V
5	R.C.D.	... TEST DELL'INTERRUTTORE DIFFERENZIALE In=...mA CORRENTE DI INTERVENTO TEMPO DI INTERVENTO TENSIONE DI GUASTO		A ms V
6	R.C.D.	... TEST DELL'INTERRUTTORE DIFFERENZIALE In=...mA CORRENTE DI INTERVENTO TEMPO DI INTERVENTO TENSIONE DI GUASTO		A ms V
5	R.C.D.	... TEST DELL'INTERRUTTORE DIFFERENZIALE In=...mA CORRENTE DI INTERVENTO TEMPO DI INTERVENTO TENSIONE DI GUASTO		A ms V

ENVIRONMENT PARK

LAVORI: Impianti fotovoltaici – Fabbricati A2 / B1

IMPRESA:

VERBALE DI MISURA DELLA RESISTENZA DI ISOLAMENTO

Il giorno del mese di dell'anno si è provveduto all'effettuazione di misure della resistenza di isolamento tra ogni conduttore attivo e la terra dei seguenti impianti a campione, di cui si riporta dettaglio nell'Allegato 1:

IMPIANTI	LOCALE	NOTE

Note.

I valori di resistenza di isolamento riscontrati sono sempre risultati maggiori ai valori minimi indicati nella tab. 61A della Norma CEI 64-8/6, pertanto si ritiene positivo l'esito della prova.

....., lì / /

LA DITTA ESECUTRICE

.....

VISTO DELLA DIREZIONE LAVORI

.....

ALLEGATO 1

N.	TIPO	DESCRIZIONE	VALORE	U.M.
1	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
2	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
3	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
4	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
5	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
6	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
7	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
8	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
9	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
10	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
11	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
12	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
13	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
14	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
15	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
16	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
17	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
18	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
19	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
20	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
21	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
22	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
23	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ
24	Mohm 500V	 Misura di isolamento	...	MΩ

ENVIRONMENT PARK

LAVORI: Impianti fotovoltaici – Fabbricati A2 / B1

IMPRESA:

VERBALE DI MISURA DELLA RESISTENZA DI TERRA

Il giorno del mese di dell'anno si è provveduto alla misura della resistenza di terra di cui si riportano i risultati nella tabella seguente:

N. Misura	Tipo di impianto (TT, TN, IT)	Misura della resistenza totale di terra (Rt)	Note

Note.

I valori riscontrati risultano ampiamente allineati a quanto richiesto dalla Normativa, pertanto si ritiene positivo l'esito della prova.

....., lì / /

LA DITTA ESECUTRICE

.....

VISTO DELLA DIREZIONE LAVORI

.....