

Provincia di Brescia

Settore EDILIZIA SCOLASTICA E DIREZIONALE

Ufficio Progettazione Edilizia Scolastica e Direzione dei Lavori

Edificio scolastico:

L.S. "Leonardo"

Ubicazione:

Comune di Brescia, via Balestrieri, 6

Intervento:

**Liceo "Leonardo", in comune di Brescia
Lavori di sistemazioni aree esterne e di
completamento palestra.**

CUP H82G20000020003

Oggetto:

**Impianto elettrico
Relazione tecnica**

scala:

-

Numero tavola:

DE1

Il Direttore del Settore Edilizia Scolastica e Direzionale:

Dott. Arch. Giovan Maria Mazzoli

R.U.P.:

Arch. Daniela Massarelli

Progettista:

Geom. Matteo Furloni

Direttore Lavori:

Collaboratori:

Progettista Strutture:

Coordinatore Sicurezza:

Geom. Matteo Furloni

Nome File:

Redatto da:

Geom. Matteo Furloni

Verificato da:

Data:

Data e Numero Revisione:

Gennaio 2022

AREA DEL
TERRITORIO



Progetto Esecutivo

COMUNE DI BRESCIA

PROGETTO ESECUTIVO

Liceo "Leonardo", in comune di Brescia
Lavori di sistemazione aree esterne
e di completamento palestra

IMPIANTO ELETTRICO RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. Oggetto.....	3
2. Norme, leggi e regolamenti di riferimento	4
3. Elaborati progettuali	4
4. Classificazione degli ambienti.....	4
5. Analisi illuminotecnica	5
5.1 Principi di progettazione	5
5.2 Procedura per l'individuazione della categoria illuminotecnica	5
5.3 Definizione parametri illuminotecnici.....	5
6. Caratteristiche del sistema elettrico.....	6
6.1 Parametri elettrici di progetto:.....	6
7. Descrizione degli impianti.....	7
7.1 Derivazioni principali.....	7
7.2 Linee elettriche di alimentazione	8
7.3 Corpi illuminanti e pali di sostegno	9
8. Prescrizioni per la sicurezza	10
8.1 Protezione contro i contatti diretti	10
8.2 Protezione contro i contatti indiretti e collegamenti equipotenziali	11
8.3 Protezione contro gli effetti termici e la propagazione al fuoco.....	12
8.4 Protezione delle condutture elettriche	12
9. Prescrizioni generali per la realizzazione delle opere.....	13
9.1 Tubazioni protettive	13
9.2 Conduttori	14
9.3 Cassette di derivazione.....	14
9.4 Quadri elettrici	15
10. Qualità dei materiali.....	15
11. Norme e verifiche.....	16
11.1 Verifiche provvisorie.....	16
11.2 Verifiche periodiche e manutenzione ordinaria raccomandate	16
12. Esercizio dell'impianto.....	17

RELAZIONE TECNICA

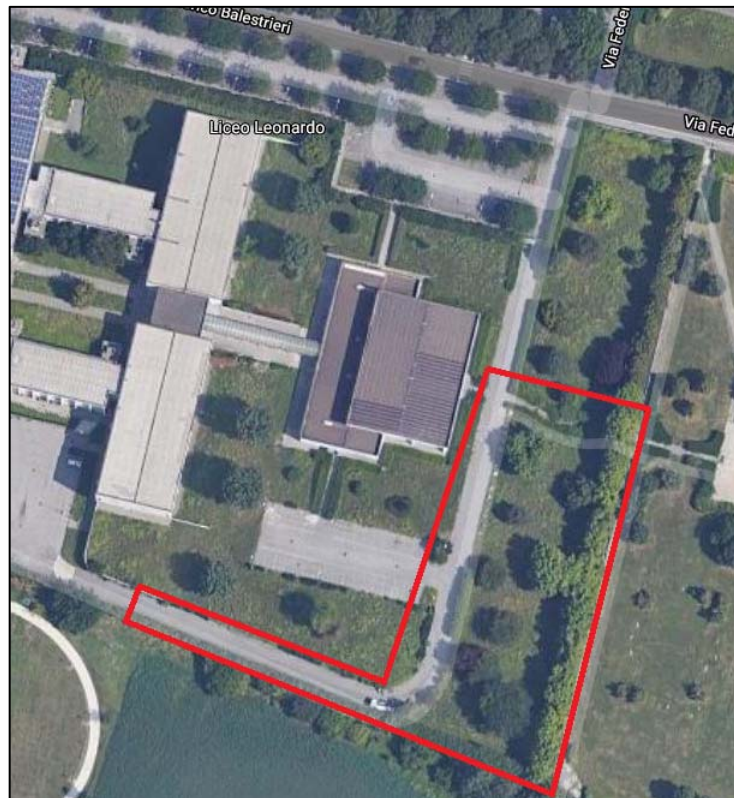
1. Oggetto

La presente relazione si riferisce alle opere necessarie alla realizzazione dell'impianto elettrico di illuminazione relativo ai lavori di sistemazione delle aree esterne e di completamento della palestra del Liceo Leonardo, sito nel comune di Brescia, e che prevedono la realizzazione di un nuovo parcheggio.

Il progetto è stato redatto nell'intento di realizzare un impianto elettrico rispondente a tutte le necessità di utilizzo dello stesso e nel rispetto delle normative tecniche e giuridiche che ne possano garantire affidabilità e sicurezza durante il normale esercizio.

In particolare sono oggetto di progettazione:

- quadro elettrico generale illuminazione;
- linee elettriche di alimentazione dei corpi illuminanti su palo;
- corpi illuminanti su pali di sostegno.



Localizzazione zona di progetto

2. Norme, leggi e regolamenti di riferimento

Gli impianti con i loro componenti dovranno essere realizzati a perfetta regola d'arte in ottemperanza alla Legge 1 marzo 1968 n. 186 e dovranno rispettare tutte le norme di Legge ed i regolamenti vigenti alla data di presentazione del progetto.

In appendice A e B sono elencate le norme, le leggi ed i regolamenti da rispettare in fase di realizzazione dell'opera:

A – leggi ,decreti, regolamenti

B – norme CEI, norme CEI UNI

Le norme riportate in appendice non ne escludono altre eventualmente non indicate. In caso di emanazioni legislative o normative postume la redazione del progetto, sarà necessario provvedere alla verifica degli impianti per valutarne eventuali adeguamenti.

3. Elaborati progettuali

Fanno parte integrante del progetto i seguenti elaborati progettuali:

- elaborato grafico con planimetria, schemi e particolari costruttivi;
- computo metrico estimativo;
- relazione tecnica;
- relazione illuminotecnica.

4. Classificazione degli ambienti

Il progetto interessa i lavori di sistemazione delle aree esterne e di completamento della palestra del Liceo Leonardo sito nel comune di Brescia e prevede la realizzazione di un nuovo parcheggio.

L'area interessata dal progetto è considerata, dal punto di vista elettrico, come luogo ordinario. L'impianto elettrico dovrà essere eseguito nel rispetto della normativa che regola i luoghi ordinari con particolare riferimento alla norma CEI 64-8 e alla norma CEI 64-7 dal titolo - *Impianti di illuminazione situati all'esterno* - applicabile a tutti gli impianti di illuminazione fissi, pubblici o privati, situati all'esterno di edifici. L'impianto elettrico in oggetto risulta posto completamente all'aperto, tuttavia si prescrive di seguire quanto di interesse in riferimento al DM 37/08 e a tutti i suoi obblighi.

5. Analisi illuminotecnica

Le caratteristiche fotometriche di un impianto di illuminazione pubblica stradale sono definite mediante la categoria illuminotecnica, della norma UNI 11248 e UNI EN 13201-2.

5.1 Principi di progettazione

I criteri di base che hanno guidato la progettazione dell'impianto di illuminazione sono:

- adeguata illuminazione dei piani di calpestio e di manovra e degli immediati dintorni;
- cura dell'aspetto estetico e di integrazione ambientale nel contesto;
- semplicità ed economia di manutenzione;
- scelta di apparecchiature improntata a criteri di elevata qualità, semplicità e robustezza;
- risparmio energetico;
- sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti;
- affidabilità degli impianti e massima continuità del servizio.

5.2 Procedura per l'individuazione della categoria illuminotecnica

In base alla norma UNI 11248, la categoria illuminotecnica dell'impianto si individua come segue:

1. noto il tipo di ambiente pubblico/strada, mediante il prospetto 1 della norma UNI 11248 è possibile individuare la categoria illuminotecnica di riferimento;
2. nota la categoria illuminotecnica di riferimento, occorre valutare i parametri di influenza riportati nel prospetto 2 della suddetta norma (ad esempio: flusso di traffico, pericolo di aggressione, prossimità di passaggi pedonali...), per definire la categoria illuminotecnica di progetto;
3. in base all'analisi dei rischi (sicurezza degli utenti) ed agli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, risultano una o più categorie illuminotecniche di esercizio.

5.3 Definizione parametri illuminotecnici

Il progetto illuminotecnico prevede l'illuminazione del parcheggio e della relativa viabilità di collegamento. L'analisi illuminotecnica è stata condotta utilizzando come valori di riferimento quelli relativi al parcheggio.

La norma UNI EN 12464 individua dei valori di illuminamento da adottare nei parcheggi intesi come luoghi di lavoro in esterno e indica tre categorie in base alla tipologia di traffico. Nel caso oggetto di progettazione il traffico può essere considerato medio (es. complessi di edifici sportivi e polivalenti, supermercati, edifici per uffici...) e il valore di illuminamento medio mantenuto E_m da rispettare è pari a 10 lx, corrispondente alla categoria illuminotecnica di riferimento P2 (si veda tabella 1). Tuttavia, a favore di sicurezza si è

preferito aumentare il valore di illuminamento, considerato che per le aree di parcheggio delle scuole il valore di illuminamento medio mantenuto E_m da rispettare è pari a 20 lx.

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	\bar{E} ^{a)} [minimo mantenuto] lx	E_{min} [mantenuto] lx	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		

a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non deve essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo di \bar{E} indicato per la categoria.

Tabella 1. Categorie illuminotecniche P secondo la norma UNI EN 13201-2

Nei calcoli illuminotecnici effettuati sono stati analizzati l'intera area di intervento, un tratto di viabilità di collegamento e una zona di parcheggio tipo, sui quali sono state eseguite delle simulazioni illuminotecniche per verificare la corrispondenza dei risultati ottenuti con la categoria illuminotecnica di progetto individuata. I valori di illuminamento risultano ampiamente rispettati su tutta l'area, con E_m pari a 23 lx. Il valore di illuminamento E_{min} risulta garantito sia nel tratto di viabilità di collegamento che nella zona di parcheggio tipo.

6. Caratteristiche del sistema elettrico

6.1 Parametri elettrici di progetto:

- sistema di distribuzione TT
- frequenza: 50 Hz
- tensione di fase: 230 V
- tensione di contatto limite: 50 V
- massima caduta di tensione sul punto più lontano: 4 %
- corrente di cortocircuito presunta nel punto di consegna: 6 kA
- potenza impegnata per il nuovo impianto: circa 0,7 kW

Il livello della corrente di corto circuito al punto di consegna è ipotizzato pari a 6 kA, valore di norma indicato dal distributore per le consegne monofase in bassa tensione. Sulla base di tale valore sono stati calcolati i poteri di interruzione delle apparecchiature dei quadri elettrici in progetto. In caso contrario, e cioè di valore al punto di consegna superiore a quello

presunto, ci si dovrà ad esso uniformare rivalutando i poteri di corto degli interruttori da installare nei quadri.

7. Descrizione degli impianti

L'impianto elettrico dovrà essere eseguito nel rispetto della normativa che regola gli impianti all'aperto e di illuminazione esterna con particolare riferimento alla Norma CEI 64-8 variante V3 sezione 714 in vigore dal 1° Giugno 2017 dal titolo - *Impianti di illuminazione situati all'esterno* - applicabile a tutti gli impianti di illuminazione fissi, pubblici o privati, situati all'esterno di edifici.

Per la modalità di posa dei cavi interrati ci si riferirà alla norma CEI 11-17 e alle relative disposizioni ministeriali per quanto concerne le distanze di rispetto da eventuali condotte del gas riscontrate in fase di realizzazione dei lavori.

7.1 Derivazioni principali

La distribuzione principale dell'impianto sarà realizzata installando un nuovo quadro elettrico dedicato all'illuminazione esterna (QEI) nel locale centrale termica. L'alimentazione del QEI sarà derivata dal quadro centrale termica già esistente e presente nello stesso locale, la stessa sarà fornita installando un interruttore magnetotermico differenziale nel quadro e posando una linea di sezione adeguata in nuova tubazione rigida a vista.

Le protezioni dai contatti diretti e indiretti saranno ottenute tramite messa a terra delle masse (collegate ad un impianto di terra metallicamente indipendente da quello di cabina) e tramite interruzione automatica differenziale delle alimentazioni. Faranno eccezione quei casi in cui saranno utilizzate apparecchiature in classe II di isolamento che non necessitano di collegamento con l'impianto di messa a terra.

Il **quadro elettrico illuminazione QEI** sarà in PVC di tipo per esterno in esecuzione modulare in grado di ospitare 36 moduli, avrà un grado di protezione minimo IP65 e sarà dotato di portella munita di chiusura a chiave in dotazione al personale addetto. Il quadro in oggetto sarà dimensionato per una corrente nominale fino a 16 A e per una corrente di cortocircuito pari a 6 kA. In caso si riscontrerà, in fase esecutiva, un valore al punto di prelievo superiore a quello presunto, ci si dovrà ad esso uniformare rivalutando i poteri di corto degli interruttori da installare nei quadri contatore e generale scuola primaria. Il quadro sarà fornito di una targa identificativa che riporti il nome o il marchio del costruttore, il tipo di quadro, la tensione e la corrente nominali come prescritto dalle norme CEI 23-49 e CEI 23-51. Nel quadro troveranno alloggio le apparecchiature di manovra e di protezione delle linee di alimentazione e il sistema di comando dell'impianto di illuminazione. Con regolazione oraria e crepuscolare il sistema dovrà essere in grado di rendere automatico il ciclo di accensione e spegnimento di tutti i corpi illuminanti. Dal quadro avranno origine le linee per l'alimentazione dei corpi illuminanti del parcheggio e dei relativi percorsi.

Tutte le apparecchiature in allestimento al quadro saranno costituite da elementi modulari componibili accessibili anteriormente raggruppati sul fronte del quadro stesso e la loro funzione dovrà essere facilmente individuata da targhette identificative. Per le specifiche costruttive del quadro si rimanda ai capitoli successivi e agli schemi di progetto.

Il quadro risponde alle Norme CEI 23-51, caratterizzandosi come quadro destinato ad uso domestico e similare con corrente nominale in entrata non superiore a 125 A e con corrente presunta di cortocircuito non superiore a 6 kA. Per la loro realizzazione sarà seguito quanto riportato negli schemi elettrici di progetto allegati.

7.2 Linee elettriche di alimentazione

Dal quadro elettrico, avranno origine le linee di alimentazione dei corpi illuminanti, le dorsali saranno in cavo adeguato per la posa interrata. Dalle dorsali saranno derivate le montanti per ogni palo, lo stacco sarà realizzato con apposito sistema di giunzione gel o in morsettiera.

Il tubo protettivo sarà corrugato a doppia parete con resistenza allo schiacciamento e agli urti, idoneo per essere interrato senza particolari precauzioni tipo 450N (variante VI della norma CEI 23-46: questo tipo di tubazione permette di evitare una eccessiva profondità di posa e l'utilizzo di tegoli o fasce di segnalazione); sarà comunque opportuno interrare il cavidotto a non meno di 50 cm. I cavidotti saranno posati su di un letto di sabbia vagliata.

La tubazione contenente il cavo farà capo a pozzetti di ispezione e di infilaggio installati ai piedi di ogni palo. I pozzetti saranno con fondo perpende e di dimensioni adeguate per facilitare i lavori di posa e manutenzione dell'impianto. Eventuali derivazioni o giunzioni delle linee dorsali all'interno dei pozzetti saranno eseguite tramite giunti stagni o comunque con materiali idonei al ripristino dell'isolamento del cavo (giunti in resina colata, nastri autoagglomeranti tubi isolanti termorestringenti ecc.).

Le linee elettriche delle utenze saranno costituite da cavi elettrici di tipologia adeguata alle condizioni ambientali e di posa. I cavi sono dimensionati in base alla massima portata ammissibile e alla massima caduta di tensione a fondo linea (ossia del tratto comprensivo della dorsale principale e dello stacco fino al corpo illuminante più lontano). In particolare:

- 4% massimo totale ipotizzando che il carico sia concentrato a fondo linea

Per tutte le linee di distribuzione dovranno essere utilizzati conduttori unipolari o multipolari a doppio isolamento adatto a posa interrata: con isolamento in gomma (EPR) e guaina in PVC o con isolamento in gomma e guaina in gomma non propagante l'incendio, a ridotta emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi, per tensione nominale 0,6/1 kV tipo FG16OR16 a Marchio Italiano di Qualità, conforme al nuovo regolamento europeo dei prodotti da costruzione CPR (UE 305/2011).

Le dorsali principali saranno realizzate con cavo di qualità FG16OR di sezione minima 2,5 mmq, come indicato nella tavola di progetto, mentre gli stacchi dalla dorsale verso i corpi

illuminanti saranno realizzati con cavo qualità FG16OR16 avente sezione minima 2,5 mmq. Tutti gli stacchi realizzati nei pozzetti dovranno essere eseguiti con adeguate scatole di derivazione o giunti in gel. I sistemi di giunzione nei pozzetti e nelle scatole ad incasso dei corpi illuminanti dovranno essere realizzati con grado di protezione minimo IP68. Potranno essere utilizzati giunti con bocchettoni stagni a tre vie o giunti rapidi a gel tipo Raytech CEI 20-33. Gli stacchi non realizzati nei pozzetti potranno essere eseguiti in idonee morsettiere dei pali. In ogni palo la morsettiera dovrà essere dotata di opportuni portafusibili di protezione.

7.3 Corpi illuminanti e pali di sostegno

L'illuminazione serale e notturna dell'area oggetto di intervento sarà ottenuta con corpi illuminanti in classe II installati su palo con cavo di alimentazione di tipo a doppio isolamento. Questo tipo di soluzione consente di evitare la formazione dell'impianto di messa a terra, limitando così i costi di installazione e gli oneri, che ne comporterebbero manutenzione e verifiche periodiche: armature e pali non dovranno quindi essere collegati all'impianto di messa a terra.

Il progetto prevede dei corpi illuminanti a led definiti in base a precise scelte progettuali dettate dall'aspetto estetico, funzionale e di integrazione ambientale nel contesto. La sorgente luminosa scelta è il LED, per la sua elevata efficienza (lm/W), che consente un notevole risparmio energetico abbattendo i consumi nominali in esercizio a parità di flusso, per la gestione più flessibile ed efficiente, per la durata e la conseguente riduzione dei costi di manutenzione.

Il corpo illuminante di riferimento, utilizzato per il calcolo illuminotecnico, e scelto per le adeguate caratteristiche tecniche, è iGuzzini modello Platea Pro, con corpo in alluminio pressofuso di colore grigio e il diffusore in vetro trasparente temperato, resistente agli shock termici e agli urti. Gli equipaggi elettrici saranno montati in esecuzione a doppio isolamento e saranno dotati di accessorio per la regolazione a due livelli del flusso luminoso. Tutti gli apparecchi di illuminazione saranno comandati automaticamente con relé crepuscolare e interruttore orario programmati secondo le necessità del committente.

I corpi illuminanti saranno installati su pali cilindrici (\varnothing 76 mm) in acciaio zincato a caldo e verniciato con altezza fuori terra pari a 4 m, del tipo da interrare o con tirafondi, dotati di attacco cima palo del tipo a bicchiere per l'installazione del corpo illuminante completo di adeguato attacco testapalo.

I pali dovranno essere provvisti di un'idonea finestra d'ispezione per l'installazione e l'alloggiamento di una morsettiera dotata di portafusibile di protezione avente classe di isolamento II. La classe di isolamento II dovrà essere garantita in tutto il sistema *linea di alimentazione / palo / corpo illuminante* per evitare, come già indicato, la creazione di un impianto di terra, che comporterebbe oneri di manutenzione e di verifica elevati. Ogni elemento necessario al sostegno degli apparecchi (supporti e parti metalliche in genere) dovrà essere in materiale protetto alla corrosione tramite zincatura e/o verniciatura. In totale è prevista l'installazione di nr. 19 pali da 4m ft, di cui nr. 2 doppi e nr. 17 singoli per un totale di nr. 21 corpi illuminanti, la cui alimentazione sarà distribuita su due linee, come indicato

nella planimetria di progetto. La potenza totale di tutti i corpi illuminanti sarà di circa 0,7 kW in funzionamento nominale.

I pali di illuminazione scelti e la loro disposizione geometrica garantiranno i requisiti illuminotecnici indicati dalla norma UNI EN 12464, come indicato al capitolo 5.3.

Nell'analisi illuminotecnica (cap. 5) è specificata la procedura seguita per l'individuazione della categoria illuminotecnica di progetto e i relativi parametri normativi di riferimento.

8. Prescrizioni per la sicurezza

In riferimento alla sicurezza dell'impianto in oggetto dovranno essere previste tutte le misure atte a proteggere le persone utilizzatrici e dovranno essere seguite tutte le indicazioni normative atte a preservare i componenti stessi dell'impianto. Risultano quindi analizzati i seguenti aspetti:

- Protezione contro i contatti diretti
- Protezione contro i contatti indiretti e collegamenti equipotenziali
- Protezione contro gli effetti termici e la propagazione del fuoco
- Protezione delle condutture elettriche

8.1 Protezione contro i contatti diretti

Tutti gli involucri o le barriere che danno accesso a luoghi dove i componenti di impianto abbiano un grado di protezione inferiore a IP 20 dovranno essere realizzati in modo da poter essere rimovibili solo con operazioni volontarie e tramite l'impiego di utensili o chiavi affidate a personale specializzato. In caso contrario dovranno sempre essere presenti degli interblocchi che tolgono tensione alle parti pericolose.

Per ambienti di tipo ordinario il grado di protezione minimo degli apparecchi e degli involucri contenenti parti elettriche attive dovrà essere:

- IP 20 per involucri o barriere posti su piani;
- IP 40 per involucri o barriere posti su piani orizzontali a portata di mano

Per ambienti di tipo marci il grado di protezione minimo degli apparecchi e degli involucri contenenti parti elettriche attive dovrà essere IP44 per:

- Custodie e componenti elettrici
- Apparecchi d'illuminazione
- Apparecchi di comando

- Motori morsettiere e collettori
- Quadro generale a portello chiuso
- Quadretti prese

Per ambienti di tipo esterni marci il grado di protezione minimo degli apparecchi e degli involucri contenenti parti elettriche attive dovrà essere:

- IP 44 per apparecchiature poste in porticati protetti dalla pioggia
- IP 65 per apparecchiature poste all'esterno non protette da pioggia di stravento
- IP X7 per apparecchiature all'esterno ubicate sotto il piano di campagna o in luoghi occasionalmente allagabili (l'allagamento non deve permanere oltre i 30')

8.2 Protezione contro i contatti indiretti e collegamenti equipotenziali

L'impianto dovrà soddisfare le prescrizioni contenute nel D.P.R. 547 del 27/04/1955 e nelle norme CEI 64-8 relative agli impianti elettrici utilizzatori e dovrà essere coordinato con il sistema di protezione automatica del circuito, così come previsto dalle già citate norme CEI per i sistemi di tipo TT. L'impianto dovrà essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche periodiche.

Per la tutela delle persone dai contatti indiretti dovranno essere protette tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori che, normalmente non in tensione, potrebbero trovarsi ad un certo potenziale per cause accidentali quali: il cedimento dell'isolamento, la sfilatura di un cavo, l'allentamento di un morsetto, ecc.

Generalmente l'impianto di protezione è costituito da conduttori di protezione facenti capo agli utilizzatori collegati al collettore di terra e da conduttori per i collegamenti equipotenziali tra le masse e le masse estranee, anch'essi collegati al collettore di terra. In tal caso l'impianto risulterebbe unico e la sua resistenza di terra dovrebbe soddisfare la relazione:

$$R_A \leq \frac{50}{I_{dn}}$$

dove:

- R_A è la resistenza di terra misurata (somma delle resistenze dei conduttori di protezione e dei dispersori);
- I_{dn} è la più elevata corrente differenziale nominale di intervento degli interruttori differenziali installati;
- 50 è la tensione limite di sicurezza.

Per l'impianto in oggetto si prescrive invece la protezione contro i contatti indiretti con l'utilizzo di apparecchiature e cavidotti in classe di isolamento doppia *Classe II* evitando così l'installazione dell'impianto di messa a terra. Questo tipo di soluzione consente di evitare i

costi di installazione dell'impianto e gli oneri che ne comporterebbero la manutenzione e la verifica periodiche.

8.3 Protezione contro gli effetti termici e la propagazione al fuoco

L'impianto e i suoi componenti saranno eseguiti nel rispetto delle indicazioni riportate all'interno del Capitolo 42 delle Norme CEI 64-8. La protezione contro le ustioni sarà ottenuta limitando le temperature dei componenti elettrici dell'impianto in particolare:

- per i componenti non metallici in generale la temperatura non dovrà superare le massime temperature ammesse di 65, 80 e 90°C;
- per i componenti metallici dei componenti elettrici che necessitano di essere impugnati e di essere toccati durante il funzionamento la temperatura non dovrà superare le massime temperature ammesse di 55 e 70°C;
- per i componenti metallici dei componenti elettrici che non necessitano di essere toccati durante il funzionamento, la temperatura non dovrà superare la massima temperatura ammessa di 80°C.

Per la protezione contro gli incendi di tutti quei componenti che nel normale funzionamento potrebbero produrre archi o scintille, o superare le massime temperature ammesse in relazione alle sostanze pericolose previste, sarà realizzata con apposite custodie di protezione aventi grado di protezione minimo IP30.

Il dimensionamento delle apparecchiature elettriche dovrà essere tale da prevenire, durante il funzionamento ordinario, il supero delle temperature massime delle superfici esterne dei componenti elettrici, rispettivamente:

- 165°C per i componenti non sovraccaricabili in esercizio;
- 120°C per i componenti sovraccaricabili in esercizio.

In caso di guasti le caratteristiche meccaniche delle custodie dovranno comunque risultare preservate, anche se dovesse capitare di superare momentaneamente le temperature limite superficiali sopra indicate.

In punti particolari o rilevanti dell'impianto, sulla base di prescrizioni tecniche specifiche o ritenute opportune in fase di progettazione, potrebbero essere state indicate metodologie di protezione anche più restrittive di quelle elencate in precedenza, alle quali ci si dovrà attenere in fase esecutiva.

8.4 Protezione delle condutture elettriche

Si dovranno prevedere tutte le misure intese a proteggere le condutture elettriche. Le protezioni delle condutture contro i sovraccarichi e corto circuiti sarà realizzata mediante dispositivi installati a monte dei singoli circuiti in modo tale che siano rispettate le condizioni richieste dalle norme CEI 64-8:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 * I_z$$

$$(I^2 * t) \leq K^2 * S^2$$

dove:

- I_b è la corrente d'impiego del circuito;
- I_n è la corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_z è la portata in regime permanente della conduttura
- I_f è corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione
- I è il valore efficace della corrente di corto circuito
- t è la durata in secondi del corto circuito
- K è la costante che dipende del tipo di isolante della conduttura
- S è la sezione in mm^2 della conduttura

Si dovrà inoltre prevedere che il potere di interruzione degli interruttori installati risulti maggiore delle possibili correnti di corto circuito calcolate nel punto di installazione degli stessi interruttori.

La sezione delle condutture in partenza dai quadri elettrici sarà tale che la portata delle stesse risulti superiore di almeno il 30% rispetto alla corrente ipotetica massima assorbita dalle utenze nella peggiore ipotesi di funzionamento.

9. Prescrizioni generali per la realizzazione delle opere

9.1 Tubazioni protettive

I tubi di tipo flessibile o rigido che dovranno accogliere i conduttori, dovranno essere di materiale termoplastico (PVC) della serie pesante.

La piegatura di eventuali curve sarà realizzata in maniera tale da non danneggiare il tubo e non pregiudicare la sfilabilità del cavo, per fare questo si dovrà possibilmente ottenere un raggio di curvatura almeno pari a due volte il diametro del tubo. Sia per garantire la sfilabilità sia in previsione di eventuali aggiunte di cavo non dovranno essere utilizzate tubazioni incassate con diametro interno inferiore a 20 mm. In ogni caso dovrà essere utilizzato un tubo con diametro interno almeno 1,3 volte quello del cerchio circoscritto al fascio di conduttori in esso contenuti.

Per valutare la dimensione della tubazione in funzione del numero di cavi introducibile si potrà utilizzare la seguente tabella:

Diametro $\varnothing_{\text{int}}/\varnothing_{\text{ext}}$	Sezione dei cavi [mm^2]								
	(0,5)	(0,75)	(1)	1,5	2,5	4	6	10	16
12/8,5	(4)	(4)	(2)						

14/10	(7)	(4)	(3)	2					
16/11,7			(4)	4	2				
20/15,5			(9)	7	4	4	2		
25/19,8			(12)	9	7	7	4	2	
32/26,4					12	9	7	7	3

9.2 Conduttori

I conduttori impiegati saranno del tipo a marchio italiano di qualità e rispetteranno i colori distintivi indicati nelle tabelle CEI-UNEL 00712 che prevedono:

- giallo-verde per i conduttori di protezione;
- giallo-verde per i conduttori equipotenziali;
- giallo-verde con fascetta blu chiaro all'estremità per i conduttori PEN;
- blu chiaro con fascetta all'estremità giallo-verde per i conduttori PEN;
- blu chiaro per il conduttore di neutro;
- altri con preferenza di nero, grigio e marrone per i conduttori di fase.

I conduttori unipolari o multipolari utilizzati all'esterno dell'edificio, per impianti interrati o per colonne montanti/dorsali, saranno adatti a tensioni a 0,6/1 kV tipo FG16OR16 non propagante l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi e conformi al nuovo regolamento europeo dei prodotti da costruzione CPR (UE 305/2011). Tutti i conduttori dei circuiti di segnalazione e comando saranno isolati per le stesse tensioni al fine di poterli alloggiare nelle stesse tubazioni dei circuiti di potenza. Questi ultimi se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti per tensioni superiori saranno isolati per la tensione nominale maggiore.

Al fine di limitare la caduta di tensione tra il gruppo di misura e un qualsiasi punto dell'impianto al 4% della tensione nominale, le sezioni dei conduttori nei diversi tratti sono state calcolate in base alla potenza impegnata e alla lunghezza dei circuiti, dopodiché sono state scelte tra quelle unificate. Poiché in progetto non sono previsti cavi di sezione maggiore a 16 mm², la sezione dei conduttori di neutro sarà scelta sempre uguale a quella dei corrispondenti conduttori di fase.

9.3 Cassette di derivazione

Le cassette di derivazione saranno in materiale isolante non igroscopico e di dimensioni tali da poter alloggiare comodamente conduttori e morsetti consentendo lo smaltimento del calore da essi prodotto (volume occupato uguale al volume libero).

Il grado di protezione garantito dalla cassetta sarà relativo all'ambiente di installazione e adeguato con il resto dei componenti d'impianto presenti nel medesimo locale (imbocchi,

bussole ecc.). In condizioni ordinarie di installazione nelle cassette non sarà possibile l'introduzione di corpi estranei.

Le tubazioni saranno attestate alle cassette in maniera ordinata al fine di evitare eccessivi intrecci di cavi. Le giunzioni dei conduttori eseguite nelle cassette di derivazione avverranno con morsetti a cappuccio dal serraggio a vite o a mantello, adatti per tensioni fino a 750 V aventi sezione adeguata alla dimensione del conduttore.

Si dovranno assolutamente evitare giunzioni con attorcigliamento e nastratura. Sarà ammesso l'entra-esce sui morsetti purché doppi o, se singoli, dimensionati per ricevere la sezione totale dei conduttori da collegare. Non sarà ammesso ubicare nei tubi i dispositivi di connessione. Nelle cassette non esisterà promiscuità di conduttori a diversa tensione nominale, salvo il transito di conduttori per circuiti diversi con uguale tensione nominale (per esempio luce e F.M.) per i quali i morsetti di derivazione saranno raccolti in scomparti diaframmati da separatori isolanti non asportabili.

9.4 Quadri elettrici

Il quadro elettrico in progetto si caratterizza come quadro destinato ad uso domestico e similare avendo corrente nominale in entrata non superiore a 125 A e corrente presunta di cortocircuito non superiore a 6 kA. Per tale motivo dovrà rispettare quanto indicato dalle Norme CEI 23-3 \ 23-9 \ 23-42 \ 23-51. Tutte le apparecchiature di manovra o di protezione in allestimento al quadro dovranno essere raggruppate sul fronte del quadro e la loro funzione dovrà essere facilmente individuata da targhette identificative. I collegamenti ai nodi equipotenziali ed al collettore di terra saranno mantenuti separati dalle apparecchiature di protezione, comando e controllo predisponendo un adeguato spazio nella struttura.

I dispositivi di manovra, controllo e protezione, salvo quelli destinati alla sicurezza, devono essere inaccessibili ai non addetti. Il quadro elettrico dovrà perciò essere munito di sportello con chiusura a chiave.

Sul quadro dovranno essere applicati i cartelli richiamanti il pericolo generico costituito dalla corrente elettrica, il valore della tensione e la tabella con le istruzioni sui soccorsi da prestarsi ai colpiti da corrente elettrica. La segnaletica deve risultare conforme, per tipologia e dimensione, alle disposizioni contenute nel DPR 524/82. In prossimità del quadro dovrà essere esposto lo schema unifilare d'impianto.

Il costruttore del quadro dovrà rilasciare la dichiarazione di conformità del quadro con relativo rapporto di prova ai sensi delle direttive della Comunità Europea

10. Qualità dei materiali

Nell'esecuzione dell'impianto elettrico dovranno essere impiegati solo materiali rispondenti alla regola dell'arte in conformità alla legge 186/68 del 1.3.1968 «Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici».

I materiali impiegati per gli impianti saranno adatti all'ambiente di installazione e presenteranno caratteristiche ad esso compatibili al fine di poter resistere alle sollecitazioni che l'ambiente stesso impone (azioni meccaniche, termiche, corrosive ecc.).

In base alle direttive europee relative alla compatibilità elettromagnetica (EMC) e sul materiale di bassa tensione (BT), tutti i materiali, gli apparecchi utilizzatori e i componenti dell'impianto dovranno essere rispondenti alla Direttiva 93/68 e dovranno essere forniti della marcatura CE.

Tutti i materiali impiegati dovranno inoltre essere ammessi al Marchio Italiano di Qualità, con le caratteristiche ed i dati tecnici conformi alle specifiche Norme CEI di prodotto e alle tabelle di unificazione CEI-UNEL fatte salve le esclusioni ammesse (per esempio: prese a spina per uso domestico, apparecchi elettromedicali e materiali antideflagranti).

Nel caso in cui non esistono tali specifiche dovranno rispondere ai requisiti di sicurezza previsti dalla legge 791/77 del 18.10.1977 «Attuazione delle direttive CEE 72/23 relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico».

Tutti i materiali impiegati per la realizzazione dell'impianto dovranno essere nuovi, di ottima qualità, di primaria e di robusta costruzione e dovranno resistere alla tensione ed alla corrente di esercizio normali ed alle loro prevedibili escursioni.

11. Norme e verifiche

11.1 Verifiche provvisorie

Ad impianto completato da parte dell'installatore si provvederà al collaudo per la messa in esercizio effettuando le seguenti verifiche:

- verifica dello stato di isolamento e la continuità elettrica dei circuiti;
- verifica del grado di isolamento e delle sezioni dei conduttori;
- verifica dell'efficienza delle protezioni nei confronti dei contatti indiretti;
- verifica dell'efficienza di comandi e protezioni in condizioni di massimo carico previsto.

Una verifica provvisoria positiva consente l'inizio dell'attività degli impianti.

11.2 Verifiche periodiche e manutenzione ordinaria raccomandate

La manutenzione elettrica si può definire come il complesso di operazioni necessarie che il datore di lavoro è tenuto a far effettuare da personale specializzato per mantenere nel tempo l'efficienza funzionale e le prestazioni nominali di un impianto, di una macchina o di un'attrezzatura, nel pieno rispetto delle norme di sicurezza. Fanno parte delle operazioni di manutenzione anche le verifiche d'impianto ovvero l'insieme delle operazioni necessarie per accertare la sua rispondenza a requisiti prestabiliti.

Per garantire l'efficienza e la sicurezza di un impianto bisogna seguire la regola d'arte anche durante le fasi di verifica e manutenzione. Quest'ultima prevede che l'impianto e i suoi

componenti siano tenuti sotto osservazione per valutarne il permanere nel tempo delle caratteristiche di sicurezza e affidabilità. Tale principio è espressamente indicato dall'Art. 80 e dall'Art. 86 del "Testo unico sulla sicurezza" che impongono al datore di lavoro di effettuare i controlli di manutenzione.

Gli impianti dovranno sempre essere mantenuti in buono stato, controllati e verificati periodicamente. La manutenzione dovrà essere programmata tenendo presenti le prescrizioni fornite dai costruttori dei componenti d'impianto al fine di assicurarne l'affidabilità e il corretto funzionamento. La manutenzione nel suo complesso dovrà essere affidata a personale specializzato e abilitato, il quale, in possesso della documentazione di progetto, dei manuali d'uso delle apparecchiature e delle istruzioni di manutenzione dei vari componenti, dopo aver eseguito interventi di ordinaria o straordinaria manutenzione, provvederà ad annotarli su un apposito registro specificando la natura e le modalità dell'intervento.

Per il controllo dell'impianto elettrico si può far riferimento alla norma CEI 64-8/6 allegato E - *Verifiche periodiche* - che prevede esami a vista e prove d'impianto con particolare riguardo alla protezione contro l'incendio e i contatti diretti; la misura della resistenza d'isolamento; la prova della continuità dei conduttori di protezione; la prova dell'efficienza della protezione contro i contatti indiretti, compresa la prova strumentale degli interruttori differenziali. Il controllo degli impianti dovrà sempre essere effettuato con l'aiuto di un tecnico qualificato. Ad intervalli non superiori ai due anni sarà opportuno verificare l'efficienza delle apparecchiature in classe II e la misura della resistenza di isolamento dei circuiti verso terra.

12. Esercizio dell'impianto

Gli impianti dovranno essere eserciti da personale addestrato o quanto meno informato sulle manovre necessarie all'utilizzo dell'apparecchiatura in uso e sui pericoli derivanti dall'impianto elettrico.

Gennaio 2022

Appendice - A -

- **Legge n. 123/07** sulla tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- **Legge n. 791/77** norme per le garanzie di sicurezza sul materiale elettrico;
- **Legge n. 186/68** norme per gli impianti elettrici eseguiti a regola d'arte;
- **D.Lgs. 106/09** disposizioni integrative e correttive del D.Lgs 81/08;
- **D.Lgs. 81/08** regolamento di attuazione Legge 123/07;
- **D.Lgs. 626/96** attuazione delle direttive CEE 85/467 in materia di marcatura CE;
- **D.Lgs. 106/17** adeguamento normativa nazionale al regolamento UE N. 305/2011.
- **D.P.R. 222/03** norme per i cantieri temporanei;
- **D.P.R. 462/01** norme per le verifiche degli impianti;
- **Prescrizioni ISPESL**
- **Prescrizioni di autorità locali**
- **Prescrizioni e indicazioni ENEL**
- **Prescrizioni e norme in materia antinfortunistica**

NB: le disposizioni legislative e regolamentari citate vanno intese con le successive modifiche e integrazioni

Appendice - B -

- **Norma CEI 0-10** guida alla manutenzione degli impianti elettrici;
- **Norma CEI 0-13** Protezione contro i contatti elettrici – Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature;
- **Norma CEI 0-14** Guida all'applicazione del DPR 462/01;
- **Norma CEI 11-8** Norme generali per gli impianti di messa a terra;
- **Norma CEI 11-15** Esecuzione di lavori sotto tensione;
- **Norma CEI 11-16** attrezzi di lavoro a mano per lavori sotto tensione fino a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua;
- **Norma CEI 11-17** impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica -linee in cavo;
- **Norma CEI 11-18** per le distanze di sicurezza;
- **Norma CEI 11-27** lavori su impianti elettrici;
- **Norma CEI 11-48** esercizio degli impianti elettrici;
- **Norma CEI 11-49** esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali);
- **Norma CEI 11-74** lavori sotto tensione. Prescrizioni minime per l'uso di attrezzi, dispositivi ed equipaggiamenti;
- **Norma CEI 17-13** apparecchiature assiemate di protezione e di manovra in BT;
- **Norma CEI 20-19** cavi isolati in gomma a tensione nominale non superiore 450/750 V;
- **Norma CEI 20-20** cavi isolati in PVC con tensione nominale non superiore 450/750 V;
- **Norma CEI 20-21** calcolo delle portate dei cavi elettrici;
- **Norma CEI 20-22** prova dei cavi non propaganti l'incendio;
- **Norma CEI 20-27** sistema di designazione dei cavi per energia e per segnalamento;
- **Norma CEI 20-31** cavi isolati in polietilene per posa esterna e tensione <1000 V;
- **Norma CEI 20-35** relativa alle prove sui cavi elettrici non propaganti la fiamma;
- **Norma CEI 20-36** prova di resistenza al fuoco dei cavi elettrici;
- **Norma CEI 20-37** relativa ai cavi del tipo a bassa emissione di gas;
- **Norma CEI 20-38** cavi isolati in gomma non propaganti l'incendio a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi per tensione nominale non superiore a 0.6/1 kV;
- **Norma CEI 20-40** guida all'uso di cavi a bassa tensione;
- **Norma CEI 23-3** interruttori automatici a protezione degli impianti;

- **Norma CEI 23-8** tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro (PVC) e accessori;
- **Norma CEI 23-9** apparecchi di comando non automatici per installazione fissa;
- **Norma CEI 23-14** tubi protettivi flessibili in PVC e loro accessori;
- **Norma CEI 23-18** Interruttori differenziali;
- **Norma CEI 23-42** interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
- **Norma CEI 23-43/v1** per gli interruttori differenziali senza sganciatore di sovracorrente;
- **Norma CEI 23-44** per gli interruttori differenziali con sganciatore di sovracorrente;
- **Norma CEI 23-46/v1** per il sistema di canalizzazione dei cavi interrati;
- **Norma CEI 23-51** realizzazione dei quadri di distribuzione per installazioni fisse;
- **Norma CEI 23-54** sistemi di tubi rigidi e accessori;
- **Norma CEI 23-55/v1** sistemi di tubi pieghevoli e accessori;
- **Norma CEI 34-21** apparecchi di illuminazione – Parte 1;
- **Norma CEI 34-22** apparecchi di illuminazione – Parte 2;
- **Norma CEI 61-99** sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare;
- **Norma CEI 64-2** impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione o di incendio;
- **Norma CEI 64-8** (1998 - varie parti) impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- **Norma CEI 64-12** esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso resid. e terz.;
- **Norma CEI 70-1/v1** classificazione del grado di protezione degli involucri;
- **Guida CEI 0-10** manutenzione degli impianti elettrici;
- **Guida CEI 0-14** applicazione del DPR 462/01.

NB: Le norme citate si intendono comprensive delle relative varianti