

POLITECNICO DI TORINO

Ingegneria Elettrica



Politecnico
di Torino

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale

Adeguamento degli impianti di illuminazione pubblica nel comune di Torino: studio della fattibilità per il passaggio alla Classe II di isolamento delle lampade storiche

Relatori

Prof. Enrico PONS

Prof. Pietro COLELLA

Candidato

Gianluca PALLADINO

Marzo 2026

Indice

Introduzione	1
1 Componenti del sistema di illuminazione pubblica	2
1.1 Analisi dell'impianto di illuminazione pubblica torinese	3
1.1.1 Struttura della distribuzione per l'alimentazione dell'impianto di illuminazione	4
1.2 Sistema di alimentazione BT	5
1.2.1 Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento I	6
1.2.2 Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento II . . .	8
1.3 Sostegni delle sorgenti luminose per l'illuminazione pubblica	10
1.3.1 Requisiti tecnici	14
1.4 Cavi	19
1.5 Dispositivi elettrici	27
1.5.1 Morsettiere e sezionatori	28

1.5.2	Giunzioni	31
1.5.3	Reattori e driver LED	32
1.6	Manutenzione	34
1.6.1	Sicurezza elettrica e figure professionali per i lavori di manutenzione	39
1.6.2	Procedure di manutenzione	43
2	Classe II di isolamento per i sistemi di illuminazione pubblica	46
2.1	Definizioni e differenze con la Classe I	47
2.2	Requisiti costruttivi	51
2.3	Requisiti di distanziamento tra parti attive	54
2.4	Grado di protezione IP	58
3	Certificazioni	62
3.1	Enti di certificazione e laboratori di consulenza	62
3.2	Dichiarazione di Conformità	65
3.3	Marchatura CE	70
3.4	Prove di verifica	72
3.4.1	Misura della resistenza di isolamento	72
3.4.2	Prova di rigidità dielettrica	74
3.4.3	Prova di durata	77

3.4.4	Prova termica	78
4	Analisi degli impianti di illuminazione pubblica nella città di Torino	82
4.1	Storia dell'illuminazione pubblica torinese	83
4.2	Riqualificazione dell'illuminazione pubblica	85
4.2.1	Relamping	87
4.3	Apparecchi di illuminazione di tipo storico	91
5	Adattamento alla Classe II di isolamento delle lampade storiche	94
5.1	Passaggio dalla Classe I alla Classe II di isolamento	95
5.1.1	Certificazioni	96
5.2	Requisiti principali della Classe II	99
5.2.1	Isolamento doppio o rinforzato	99
5.2.2	Requisiti di distanziamento tra parti attive	103
5.2.3	Requisiti costruttivi	106
5.2.4	Grado di protezione IP	109
5.3	Manutenzione delle lampade storiche	118
5.3.1	Apparecchi di illuminazione e sostegni	119
	Conclusioni	124
	Bibliografia	128
	Sitografia	130

Elenco delle tabelle	131
Elenco delle figure	133

Introduzione

L'obiettivo di questo lavoro riguarda lo studio, da un punto di vista tecnico e burocratico, dei problemi legati alla conversione di apparecchi illuminanti storici e dei suoi componenti elettrici.

Nello specifico, si vuole analizzare il caso della città di Torino, dove le direttive moderne, riguardo agli impianti di illuminazione pubblica, devono convivere con la preservazione dell'identità storica. La gestione dell'illuminazione cittadina, in particolare quella relativa agli apparecchi illuminanti di tipo storico, deve affrontare una duplice sfida: mantenere l'aspetto originale conformandosi, però, ai moderni standard di efficienza energetica e sicurezza elettrica.

Lo scopo primario della tesi è andare ad analizzare la fattibilità della conversione dei corpi illuminanti dalla Classe 1 di isolamento alla Classe 2. Saranno discussi i vincoli costruttivi e progettuali per garantire la conformità alle varie normative di riferimento. Verranno definite le procedure fondamentali per la certificazione e la messa sul mercato di tali apparecchi convertiti. Ciò includerà l'analisi delle responsabilità legali, delle prove di verifica e delle certificazioni richieste.

Si vuole andare a dimostrare come sia possibile coniugare l'innovazione tecnologica mantenendo inalterata l'architettura storica urbana, realizzando apparecchi illuminanti che mantengono la propria storicità da un punto di vista estetico, elevando però gli standard di sicurezza e di efficienza.

Capitolo 1

Componenti del sistema di illuminazione pubblica

Nel seguente capitolo verranno presentati i componenti essenziali e strutturali di un impianto per l'illuminazione pubblica, evidenziandone funzioni e caratteristiche. Infatti, l'infrastruttura di illuminazione pubblica non si limita alla sola sorgente luminosa, ovvero la lampada, ma è costituita da un complesso insieme di elementi meccanici, elettrici ed elettro-meccanici che lavorano in sinergia per il corretto funzionamento dell'impianto. Verranno, dunque, presentati i vari componenti e dispositivi elettrici che costituiscono l'ossatura del sistema di illuminazione moderno. Tali elementi sono fondamentali per la distribuzione dell'energia, la protezione dei circuiti e l'isolamento.

Gli apparecchi illuminanti per l'illuminazione pubblica sono costantemente esposti ad agenti atmosferici, inquinamento, variazioni termiche e sollecitazioni meccaniche. Di conseguenza, la loro progettazione deve rispondere a una rigorosa serie di requisiti tecnici, normativi e prestazionali che ne definiscono l'architettura interna ed esterna.

1.1 Analisi dell'impianto di illuminazione pubblica torinese

In principio, l'impianto di illuminazione pubblica torinese era gestito dal comune, successivamente, intorno agli anni '70, venne incaricata di tale mansione AEM (Azienda Energetica Metropolitana) Torino Distribuzione S.p.A. attualmente parte del gruppo Iren. A seguito di fusioni e riorganizzazioni societarie iniziate nel 2006, AEM Torino si è evoluta, confluendo nel gruppo Iren. La distribuzione di energia e gas, precedentemente gestita da AEM, è operata da Ireti S.p.A., una società del Gruppo Iren. I diversi sistemi di alimentazione individuabili nei sistemi di illuminazione pubblica sono i seguenti:

- Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento I;
- Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento II;
- Sistema di alimentazione MT in serie;
- Sistema di alimentazione MT in derivazione.

Ad eccezione di pochissimi sistemi di alimentazione in media tensione, ancora presenti in nicchie specifiche per ragioni storiche o per necessità fisiche insuperabili, il complesso degli impianti per l'illuminazione pubblica risulta essere formato da sistemi in bassa tensione. Considerando il sistema di illuminazione pubblica torinese, il sistema di alimentazione BT in classe di isolamento I risulta oggi presente in poche aree. Per quanto riguarda il sistema di alimentazione BT in classe di isolamento II, è il sistema maggiormente adottato per la realizzazione degli impianti di illuminazione pubblica torinese, circa l'80/85% degli impianti esistenti.

1.1.1 Struttura della distribuzione per l'alimentazione dell'impianto di illuminazione

Il sistema di illuminazione pubblica viene alimentato tramite una numerosa serie di cabine per l'illuminazione pubblica. Una piccola percentuale degli impianti viene alimentata direttamente in media tensione, mentre per la maggior parte si ha l'alimentazione in bassa tensione. Data l'elevata densità di sistemi di illuminazione esistenti, sono necessarie numerose cabine per l'illuminazione pubblica, che a loro volta si affiancano alle cabine in bassa e media tensione della rete pubblica. Per fornire l'energia elettrica necessaria a tutti gli impianti di illuminazione, questa viene derivata dalle dorsali che forniscono energia alla rete pubblica, ciò significa che se su una dorsale sono presenti un determinato numero di cabine, una parte di queste sarà dedicata all'illuminazione pubblica. La rete di distribuzione è di tipo magliata, in modo da garantire la continuità del servizio. Infatti, in caso di guasto, l'alimentazione delle cabine viene assicurata tramite percorsi diversi. Durante il normale funzionamento, la struttura della rete è di tipo radiale, in quanto alcune linee vengono opportunamente interdette da sezionatori. In fig.1.1 si può osservare un sistema formato da due derivazioni MT dorsali interposte tra due stazioni AT/MT. Nello specifico, si possono distinguere:

- linee blu: rappresentano le varie connessioni tra i diversi impianti di terra;
- linee nere: rappresentano i collegamenti delle tre fasi del sistema fra le cabine;
- linee rosse: indicano i collegamenti tra i dispersori delle diverse linee, o con il neutro dei sistemi BT, e l'impianto di messa a terra delle cabine. Da notare come gli impianti di terra delle reti di illuminazione siano elettricamente separati da quelli delle cabine.

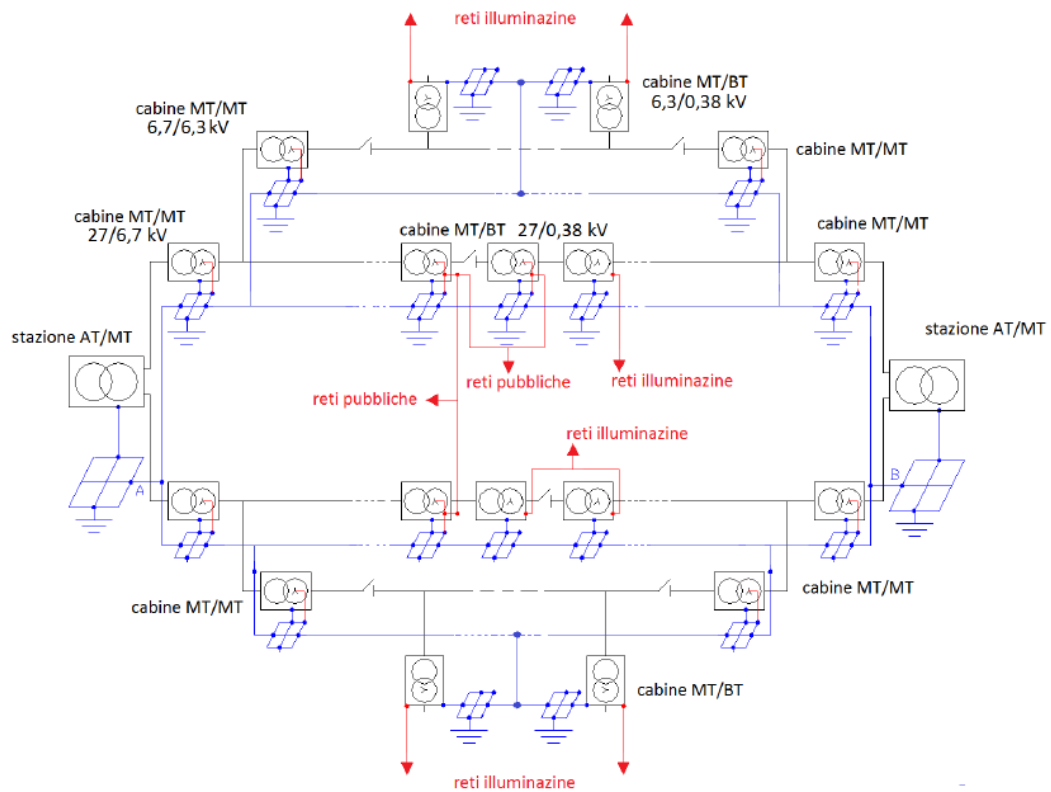


Figura 1.1: Rete di distribuzione. [Fonte: AEM Distribuzione Torino]

1.2 Sistema di alimentazione BT

Abbiamo già anticipato come la stragrande maggioranza degli impianti di illuminazione pubblica sia, ad oggi, alimentata in bassa tensione e più precisamente in parallelo. Il sistema in media tensione è una tecnologia storica di cui esistono poche tracce e sono in rapida dismissione. Nel capitolo 4 vedremo come questo passaggio all'alimentazione in BT in parallelo sia legato alla possibilità di utilizzare la tecnologia LED per gli impianti di illuminazione pubblica. Per via di quanto detto, andremo a riportare solamente il sistema di alimentazione in BT in classe di isolamento I e in classe di isolamento II per determinare le principali differenze.

1.2.1 Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento I

Viene di seguito riportato in fig.1.2 il sistema di alimentazione in bassa tensione in classe di isolamento I. Si possono osservare tutti gli elementi costituenti il sistema di alimentazione, a partire dal trasformatore per finire ai punti luce.

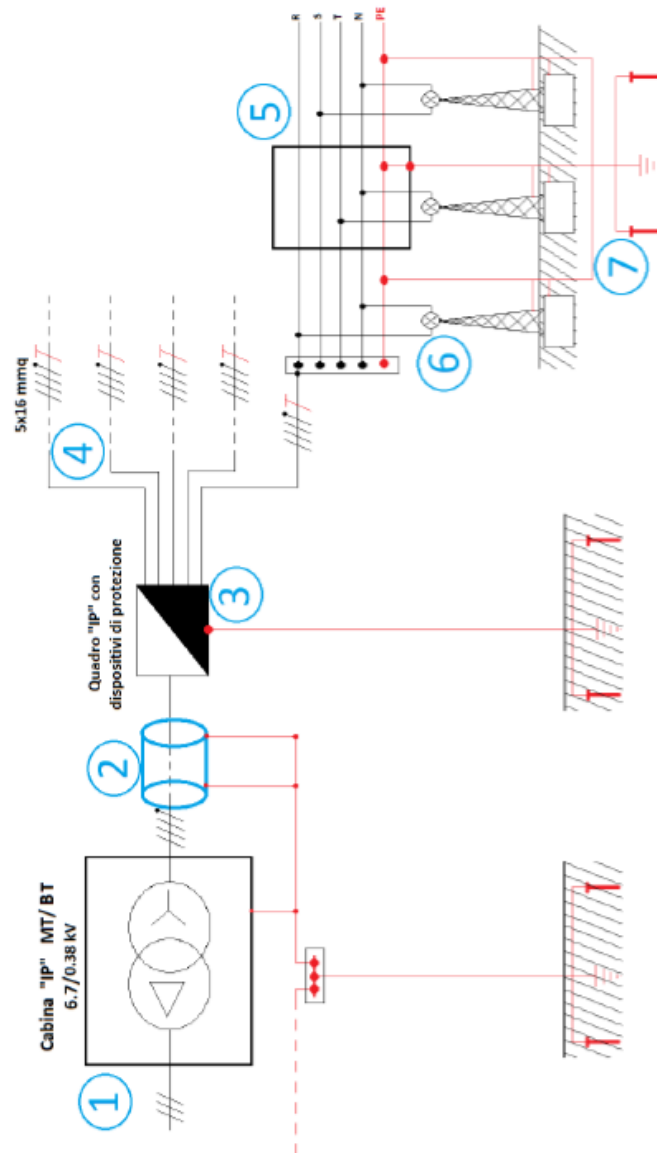


Figura 1.2: Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento I

Tenendo conto di ciò che è schematizzato in figura, è possibile descrivere gli elementi che caratterizzano questo tipo di sistema:

1. Cabina IP (Illuminazione Pubblica) MT/BT: è un nodo fondamentale della rete elettrica urbana. Il suo scopo è quello di ricevere energia in media tensione dalla rete di distribuzione e convertirla in bassa tensione. Tipicamente, queste cabine sono alloggiare in manufatti prefabbricati di cemento armato o interrate per ridurre l'impatto visivo. Le parti metalliche presenti in cabina sono connesse ad un impianto di terra comune con tutte le altre cabine IP della rete MT ma che non risulta elettricamente connesso a quello presente nell'impianto di illuminazione pubblica.
2. Linea di trasmissione di energia elettrica tra la cabina IP e il quadro IP.
3. Quadro IP con dispositivi di protezione, il suo compito è quello di smistare i cavi e comandare l'accensione di una specifica zona. È il centro di comando e protezione da cui partono le dorsali di alimentazione. All'interno del quadro si trovano l'interruttore generale, l'interruttore differenziale e interruttori automatici installati in corrispondenza di ogni linea che parte dal quadro.
4. Dorsali di alimentazione: a valle del quadro IP partono le dorsali di alimentazione, non più di cinque dorsali per ciascun quadro. Partendo a valle del quadro IP, possono essere interrate o aeree, portano l'energia a tutti i punti luce. Sono formate da cinque cavi in rame unipolari isolati con gomma etilenpropilenica e relativa guaina esterna in PVC di tipo UG7R.
5. Cassette di derivazione: è possibile osservare lungo le dorsali di alimentazione diverse cassette di derivazione, di materiale plastico o in metallo, necessarie a realizzare il collegamento con il punto luce.
6. Punto luce con sostegno: può essere presente più di un corpo illuminante per ciascuna tipologia di sostegno. Tutti gli apparecchi illuminanti di classe I

sono dotati del solo isolamento principale (vedremo nei capitoli successivi la differenza tra classe di isolamento I e classe di isolamento II) e presentano un dispositivo per il collegamento delle masse al conduttore di protezione.

7. Impianto di messa a terra: ad esso vengono collegate tutte le parti metalliche presenti nell'impianto elettrico. Viene realizzato tramite picchetti inseriti nel terreno e connessi mediante una corda nuda in rame al fine di garantire l'equipotenzialità tra le diverse masse. L'impianto di messa a terra deve essere periodicamente verificato da professionisti abilitati al rilascio della certificazione di conformità dell'impianto stesso.

1.2.2 Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento II

Il sistema progettato in classe di isolamento II è quello maggiormente adottato per la realizzazione degli impianti di illuminazione pubblica. Il requisito fondamentale è che tutti gli elementi costituenti l'impianto siano in classe di isolamento II, con l'obiettivo di garantire la protezione contro i contatti indiretti senza dover ricorrere all'impianto di messa a terra come nel caso dell'impianto in classe di isolamento I. Di seguito, in fig.1.3, si riporta lo schema di questa tipologia di impianto dove si nota, come anticipato, l'assenza dell'impianto di messa a terra a valle del trasformatore.

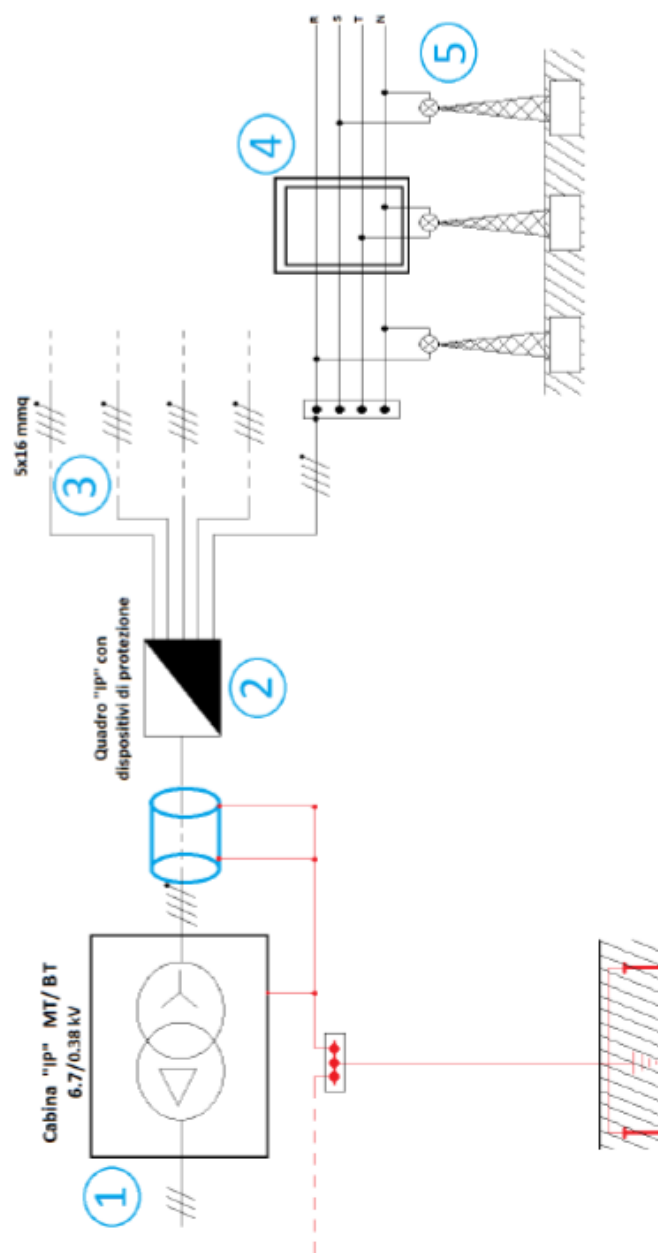


Figura 1.3: Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento II

Analizzando gli elementi caratteristici dell'impianto, troviamo:

1. Cabina IP (Illuminazione Pubblica) MT/BT: presenta le stesse caratteristiche

- che si hanno nel caso di sistema di alimentazione BT in classe di isolamento I.
2. Quadro IP con dispositivi di protezione: in questo caso si tratta di un quadro certificato in classe II e di conseguenza tutti i componenti che lo costituiscono.
 3. Dorsali di alimentazione: anche in questo caso, a valle del quadro IP partono le dorsali di alimentazione, non più di cinque dorsali per ciascun quadro. Sono formate da quattro cavi in rame unipolari o multipolari a doppio isolamento, isolati con gomma etilenpropilenica e relativa guaina esterna in PVC di tipo UG7R, oppure FG7R per tensioni sino a 1 kV.
 4. Cassette di derivazione: la derivazione per le linee aeree viene realizzata all'interno di cassette di derivazione in materiale plastico, installate in modo da garantire opportuno grado di isolamento (classe II) ed il minimo grado di protezione IP44.
 5. Punto luce con sostegno: dalle derivazioni si arriva all'alimentazione del corpo illuminante. Tutti i corpi illuminanti facenti parte di questo sistema di alimentazione devono essere dotati di classe di isolamento II. Per ogni sostegno possono esserci uno o più corpi illuminanti.

1.3 Sostegni delle sorgenti luminose per l'illuminazione pubblica

Partiamo dal descrivere l'elemento strutturale e di supporto fondamentale. I pali sono i sostegni fisici che permettono di garantire la stabilità meccanica dell'intero sistema, resistendo agli agenti atmosferici, alle sollecitazioni termiche e inoltre al peso stesso dell'apparecchio illuminante.

Le caratteristiche principali riguardano il materiale con cui vengono realizzati

(acciaio, alluminio o cemento), l'altezza, la quale determina l'intensità luminosa sulla carreggiata, e la capacità di alloggiare i dispositivi elettrici interni.

A tal proposito viene riportato, in fig. 1.4, l'esempio di un lampione per l'illuminazione stradale in cui si possono notare i diversi componenti presenti all'interno del palo.

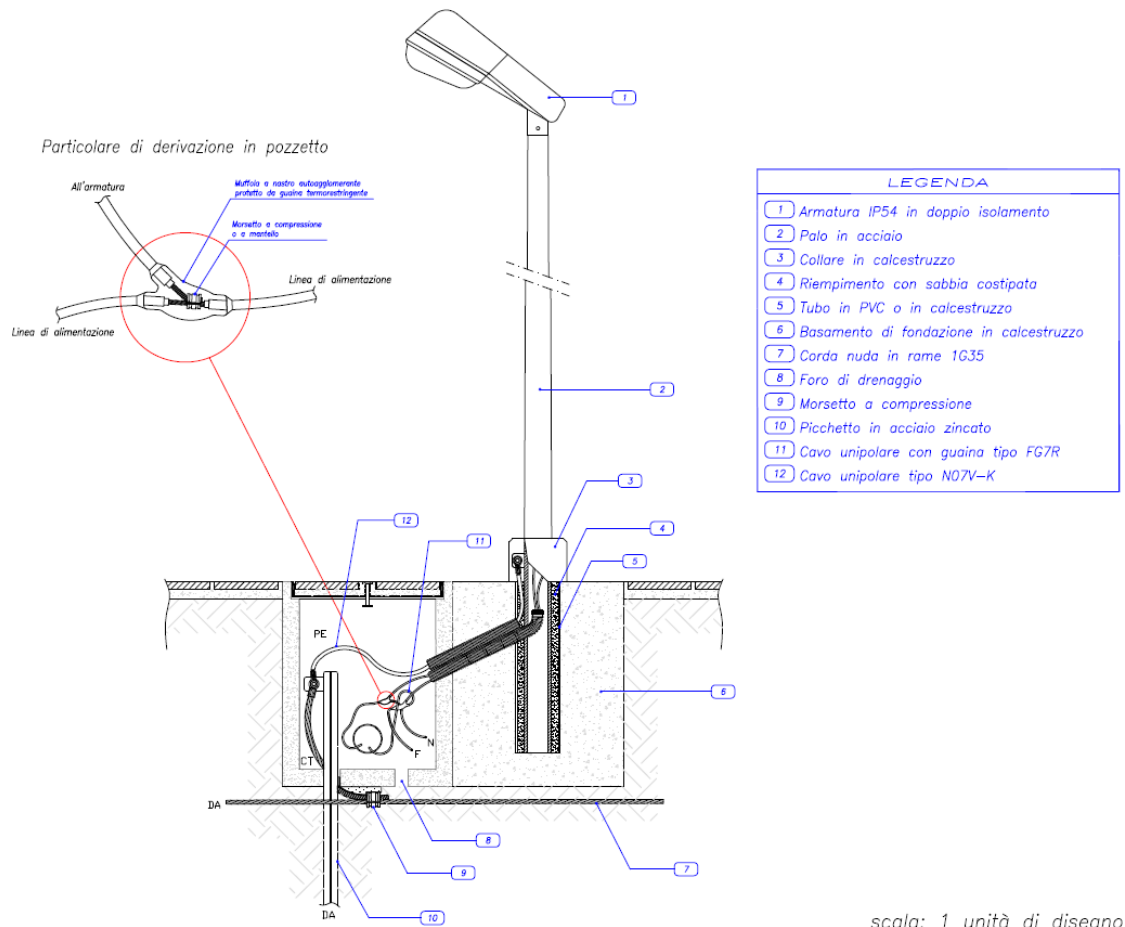


Figura 1.4: Lampione stradale. [Fonte: www.oppo.it]

Nell'illuminazione pubblica, le possibilità più ricorrenti come sostegni degli apparecchi di illuminazione sono le seguenti:

- A palo: il più utilizzato, in varie modalità e varianti, sia in ambito urbano che

extraurbano;

- Su sbraccio/mensola a muro: usato quasi esclusivamente in ambito urbano, dove ci sono edifici su cui ancorarsi;
- A sospensione (detto anche a tesata): meno frequente rispetto al passato, modalità finalizzata a porre l'apparecchio illuminante al disopra e centralmente all'area da illuminare, utilizzata esclusivamente in ambito urbano, tendendo le funi di ancoraggio tra edifici posti uno di fronte all'altro o servendosi di pali di sostegno;
- Su torre a faro: modalità utilizzata esclusivamente per grandi aree, ponendo a notevole altezza (dai 10 ai 30 m circa) un gruppo di apparecchi illuminanti.

Nelle tipologie dei sostegni utilizzati per l'illuminazione pubblica, vi sono forti differenze legate al tipo di applicazione: le varie caratteristiche, come materiali, altezze e forme variano a seconda del campo di applicazione, ma tali differenze sono dettate da ragioni quasi esclusivamente estetiche ed economiche più che da esigenze tecniche.

Vengono ora riportate, nelle figure successive, alcune disposizioni tipiche degli apparecchi illuminanti.



Figura 1.5: Palo da arredo urbano, Torino (Piazza Vittorio Veneto)



Figura 1.6: Sbraccio a muro, Torino (Via Verdi)



Figura 1.7: A tesata, Torino (Via Gioacchino Rossini)



Figura 1.8: Su palo con sbraccio curvo, Torino (Via Verdi)

1.3.1 Requisiti tecnici

I requisiti tecnici per i pali di illuminazione pubblica sono definiti da una serie di norme tecniche, principalmente europee e recepite in Italia come UNI EN. Queste normative garantiscono che i pali siano sicuri, durevoli e adatti all'ambiente in cui vengono installati. La norma di riferimento è la UNI EN 40¹.

Possiamo suddividere i principali requisiti in diverse categorie:

- Requisiti strutturali e meccanici
- Requisiti di sicurezza elettrica
- Requisiti di installazione

Requisiti strutturali e meccanici

Per quanto riguarda i requisiti strutturali e meccanici, le sezioni da prendere come riferimento sono:

- UNI EN 40-3-1 e UNI EN 40-3-3: dove vengono definiti i carichi caratteristici a cui i pali devono resistere, come la spinta del vento. Tramite questi specifici calcoli, vengono realizzate le verifiche di stabilità e resistenza strutturale.
- UNI EN 40-2: specifica le dimensioni, le tolleranze e i requisiti generali.

Un aspetto fondamentale è legato al tipo di materiali utilizzati per la realizzazione dei pali. Sono realizzati principalmente in acciaio, alluminio, vetroresina e cemento, scelti per via delle loro caratteristiche meccaniche quali resistenza, durabilità e resistenza alla corrosione.

Il materiale più comunemente utilizzato è l'acciaio, spesso zincato a caldo o in

¹Normativa UNI EN 40: "Pali per l'illuminazione pubblica", specifica i requisiti tecnici, strutturali e di sicurezza per la progettazione, la fabbricazione e il collaudo dei pali destinati all'illuminazione

acciaio inossidabile per una maggiore protezione dalla corrosione. Nonostante ciò, anche l'alluminio è un'altra opzione popolare per via della sua leggerezza e resistenza alla corrosione, ed inoltre permette una maggiore lavorabilità del materiale che si traduce in una molteplicità di forme ottenibili, andando così in contro ad eventuali esigenze estetiche. Lo svantaggio dell'alluminio è legato ai costi troppo elevati che non lo rendono competitivo sul mercato italiano. Per quanto riguarda la vetroresina, questa ha il vantaggio di consentire la realizzazione di pali molto leggeri e che creano meno problemi di sicurezza in caso di incidente, offre buone proprietà di isolamento elettrico e resistenza al calore, ma è meno resistente all'usura e più fragile rispetto agli altri materiali. Infine, riguardo al cemento, era un materiale molto comune nel passato, ma ad oggi è stato in parte abbandonato a causa del suo peso elevato, delle difficoltà di installazione e dei costi di trasporto.

Per concludere il discorso sui requisiti strutturali e meccanici, andiamo a definire il processo di zincatura a caldo, che, come precedentemente anticipato, permette ai materiali ferrosi di aumentare la resistenza alla corrosione. La zincatura a caldo consta di due fasi principali: la preparazione della superficie da trattare e la zincatura vera e propria. Per l'ottenimento di una zincatura di qualità, occorre che la superficie dell'acciaio da zincare sia perfettamente pulita, in modo che nessuna presenza di ossido ed altri contaminanti possa frapporsi nel contatto del ferro con lo zinco fuso al momento dell'immersione. Una volta che il metallo è stato pulito dalle varie impurità, viene inizialmente preriscaldato a circa 100°C per poi essere immerso in una vasca contenente zinco fuso a circa 450°C. Durante l'immersione, si forma una lega tra ferro e zinco che si lega indissolubilmente al metallo base. Una volta completata la fase di immersione, si ha la fase finale di raffreddamento.

Questo processo permette di ottenere un materiale con un'elevata durata, a seconda sempre delle condizioni ambientali a cui sarà soggetto, resistenza alla corrosione e bassa manutenzione, poichè i materiali zincati richiedono meno manutenzione nel

tempo rispetto a quelli non trattati.

Requisiti di sicurezza elettrica

Passiamo ora ai requisiti di sicurezza elettrica la cui norma di riferimento è la UNI EN 40-5 relativa all'alloggiamento e al passaggio dei cavi, che verranno discussi nel capitolo successivo.

Un ulteriore fattore fondamentale per la sicurezza elettrica è legato all'isolamento. A seconda delle caratteristiche richieste dallo specifico progetto, i pali possono essere integrati in un sistema di Classe 1 o Classe 2. Anticipando brevemente ciò che verrà trattato nei capitoli successivi, la differenza sostanziale sta nel fatto che gli apparecchi di Classe 1 utilizzano la messa a terra come protezione principale, mentre quelli di Classe 2 sono caratterizzati da un doppio isolamento e non necessitano di un collegamento a terra per garantire la sicurezza contro i contatti indiretti.

Requisiti di installazione

Riguardo ai requisiti di installazione, la norma di riferimento è la CEI 64-19².

Lo scopo principale dell'illuminazione pubblica è garantire la sicurezza e la visibilità notturna. I lampioni adeguatamente distanziati possono ridurre significativamente gli incidenti e migliorare l'estetica complessiva di un'area. Al contrario, una distanza insufficiente può causare punti neri, creando un ambiente non sicuro per pedoni e conducenti.

La distanza di installazione dei lampioni per l'illuminazione pubblica dipende da vari fattori come e il tipo di lampada, la larghezza della strada, la velocità del

²Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 64-19: "Guida agli impianti di illuminazione esterna".

traffico, l'altezza del palo.

- Tipo di lampada: diversi tipi di lampioni emettono diversi livelli di luce. Ad esempio, le luci a LED sono più efficienti e luminose delle tradizionali luci al sodio;
- Larghezza della strada: le strade più larghe potrebbero richiedere più luci per garantire che la luce raggiunga il centro, mentre le strade più strette potrebbero richiedere luci più distanziate;
- Velocità del traffico: strade con velocità elevate richiedono una spaziatura maggiore per una visibilità ottimale, mentre le strade a bassa velocità possono averne di più ravvicinate;
- Altezza del palo: l'altezza di installazione del lampione influenzerà la diffusione della luce. Le luci più alte possono illuminare un'area più ampia, consentendo una maggiore spaziatura, mentre le luci più basse potrebbero dover essere posizionate più vicine tra loro.

Non essendoci, dunque, dei valori fissi relativi alle distanze da rispettare tra i vari lampioni, i progetti devono essere realizzati da un professionista qualificato, che, sulla base del progetto illuminotecnico, determinerà la corretta distanza.

La norma CEI 64-19, distingue due condizioni che devono considerarsi per l'installazione dei punti luce:

- Strade in centro abitato con limite di velocità di 50 km/h;
- Strade con velocità di progetto ≥ 70 km/h

Nel primo caso il sostegno di illuminazione deve essere posizionato, lato esterno, ad una distanza minima di 0,50 m dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della

banchina. Inoltre, nessuna parte del punto luce deve sporgere da queste misure fino all'altezza di 5,10 m.

Nel secondo caso, entrano in gioco valutazioni complesse in quanto il sostegno deve essere protetto da barriere di sicurezza. Al fine di permettere alla barriera le prestazioni attese di corretto contenimento, la sua distanza di posizionamento rispetto ai sostegni di illuminazione deve essere compatibile con la sua possibile deformazione.

Il corretto posizionamento dei sostegni dei punti luce deve essere concordato con il gestore della strada per armonizzare le esigenze illuminotecniche dell'impianto di illuminazione con quelle della sicurezza della circolazione dei veicoli.

Vengono riassunte di seguito, in Tab. 1.1, le indicazioni per un corretto posizionamento dei punti luce rispetto alla sede stradale.

Tabella 1.1: Posizionamento dei punti luce

POSIZIONAMENTO DEI PUNTI LUCE	
Distanziamento dei sostegni di impianti di illuminazione, fino ad una altezza di 5,10 m dal piano stradale, dalla carreggiata	<p>Strade in centro abitato con limite di velocità di 50 km/h: 0,50 m dal ciglio del marciapiede o dalla banchina</p> <p>Strade extraurbane e urbane con velocità di progetto uguale o superiore ai 70 km/h: Il sostegno deve essere protetto da barriere di sicurezza rispondenti alla Norma CEI UNI EN 1317. La distanza tra l'interno della barriera e l'esterno del sostegno sarà compresa tra 0,60 m e 3,50 m a secondo del tipo di barriera.</p>
Altezza minima della parte inferiore dell'apparecchio di illuminazione e di ogni altra parte del sostegno dal piano della carreggiata	<p>Strade urbane di centri storici con prevalente traffico pedonale: 4,50 m</p> <p>Altre strade: 5,10 m</p> <p>Nel caso di punti luce con apparecchi di illuminazione sostenuti da funi in acciaio o altro materiale, l'altezza di 5,10 m dovrà essere verificata con la fune nelle condizioni di temperatura e carico di cui alla Sezione 2 della Norma CEI 11-4 "Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche esterne"</p>
Passaggio per sedie a ruote	<p>La posizione del sostegno deve assicurare un passaggio di almeno 90 cm e non interferire con gli spazi di manovra. (D.M. 14 giugno 1989 n° 236 – artt. 8.0.2 e 8.2.1)</p>

1.4 Cavi

Relativamente al cablaggio interno ed esterno, la normativa di riferimento è la CEI EN 60598-1³, più precisamente la sezione 8. La seguente norma non definisce direttamente quali cavi utilizzare, ma stabilisce i requisiti di sicurezza che devono essere rispettati dai cavi di alimentazione e di cablaggio interni degli apparecchi di illuminazione. In particolare, questi requisiti riguardano la resistenza termica, la sezione minima dei conduttori, il tipo di isolamento e il fissaggio.

Prima di analizzare le parti fondamentali della sezione 8 della norma 60598-1, si va a descrivere brevemente i requisiti appena citati:

- Resistenza termica: i cavi devono essere in grado di sopportare la temperatura massima prevista all'interno dell'apparecchio di illuminazione durante il normale funzionamento, senza che l'isolamento o la guaina subiscano danni o deterioramento.
- Sezione dei conduttori: la sezione è un aspetto cruciale in quanto deve essere scelta in modo tale da essere adeguata alla corrente che attraverserà il conduttore per evitare che si surriscaldino.
- Isolamento e guaina: l'isolamento e la guaina dei cavi devono essere realizzati con materiali non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di fumi e gas corrosivi. Vedremo, nel proseguimento del capitolo, i tipi di cavi adatti a garantire tale requisito.
- Fissaggio e protezione: i cavi devono essere fissati in modo adeguato all'interno dell'apparecchio tramite pressacavi o altri sistemi di bloccaggio per evitare che i collegamenti interni possano danneggiarsi.

³Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60598-1: "Apparecchi di illuminazione - Parte 1: Prescrizioni generali e prove".

Come già anticipato, la sezione 8 della normativa CEI 60598-1 tratta i requisiti generali in merito ai cablaggi interni ed esterni, in particolare il cablaggio interno è relativo ai cavi elettrici che passano internamente al palo per collegare l'alimentazione all'apparecchio di illuminazione.

Nella sezione 8.2 della normativa, viene specificato come ogni apparecchio di illuminazione fisso debba essere dotato di uno dei seguenti mezzi di collegamento alla rete di alimentazione:

- Dispositivi per il collegamento degli apparecchi di illuminazione;
- Spine per la connessione con le prese di corrente;
- Cavi di collegamento.

Considerando i cavi utilizzati per connettere gli apparecchi di illuminazione all'alimentazione, questi devono presentare le proprietà elettriche e meccaniche riportate nelle normative CEI 60227⁴ e CEI 60245⁵, come indicato in Tab.1.2, e dovranno essere in grado di resistere, senza deteriorarsi, alle elevate temperature a cui potrebbero essere sottoposti durante le normali condizioni di utilizzo. Nello specifico si ha che la norma CEI 60227 è relativa ai cavi in PVC, ovvero in polivinilcloruro, un tipo di plastica termoplastica molto diffusa, derivata da sale e petrolio; mentre la CEI 60245 tratta i cavi flessibili e rigidi con isolamento e guaina in gomma vulcanizzata.

Il cavo in gomma, noto anche come cavo elastomerico, è un cavo elettrico caratterizzato da adattabilità, solidità e resistenza alle variazioni delle condizioni ambientali. È costruito con conduttori in rame a trefoli racchiusi da copertura elastica e materiali di rivestimento. Ecco alcuni punti salienti dei cavi elastici:

⁴Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60227: "Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V".

⁵Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60245: "Rubber insulated cables - Rated voltages up to and including 450/750 V".

- **Adattabilità:** I cavi elastici sono estremamente adattabili e consentono loro di torcersi e girare senza spaccarsi o rompersi;
- **Durabilità:** sono robusti e durevoli, in grado di sopportare la manipolazione brusca, l'abrasione e lo stress meccanico incontrati in vari ambienti. L'isolamento e la guaina in gomma forniscono uno strato protettivo che aiuta a prevenire danni ai cavi dovuti a fattori esterni quali impatto, attrito e vibrazioni;
- **Resistenza alla temperatura:** i cavi in gomma possono resistere a un'ampia gamma di temperature estreme. Questa resistenza alla temperatura garantisce che i cavi in gomma mantengano le loro proprietà elettriche e l'integrità meccanica quando esposti a condizioni climatiche difficili;
- **Versatilità:** trovano applicazioni in vari settori e ambienti, tra cui l'edilizia, l'estrazione mineraria, l'industria manifatturiera, la nautica, il petrolio e il gas.

Cavo in PVC si riferisce a cavi elettrici con isolamento e guaina in materiale di polivinilcloruro (PVC). Il PVC è un polimero termoplastico sintetico noto per le sue eccellenti proprietà di isolamento elettrico, durata, flessibilità ed efficienza economica. Ecco alcune caratteristiche e caratteristiche principali dei cavi in PVC:

- **Isolamento:** I cavi in PVC hanno un isolamento in PVC che circonda i conduttori, fornendo isolamento elettrico per prevenire cortocircuiti e guasti elettrici. L'isolamento in PVC ha buone proprietà dielettriche, il che significa che isola efficacemente i conduttori e impedisce il flusso di corrente elettrica tra di loro;
- **Guaina:** sono generalmente dotati di guaina in PVC o rivestimento esterno che fornisce protezione meccanica ai cavi e ne migliora ulteriormente la durata.

La guaina in PVC protegge i cavi dai danni dovuti ad abrasione, umidità, sostanze chimiche e fattori ambientali, prolungandone la durata e garantendo prestazioni affidabili;

- **Flessibilità:** sono noti per la loro flessibilità, che consente loro di piegarsi e flettersi senza rompersi. Questa flessibilità rende i cavi in PVC adatti per applicazioni che richiedono manovrabilità e facilità di installazione, come il cablaggio interno ai pali per l'illuminazione pubblica;
- **Costi:** Il PVC è facilmente disponibile, facile da produrre e relativamente economico, rendendo i cavi in PVC un'opzione economica per molte applicazioni senza compromettere le prestazioni o l'affidabilità

I cavi in gomma sono comunemente utilizzati in applicazioni dinamiche, tra cui la robotica, l'estrazione mineraria e l'edilizia, dove flessibilità e durata sono fondamentali. I cavi in PVC, d'altro canto, sono prevalenti nelle installazioni statiche come i cablaggi interni, la distribuzione elettrica e gli elettrodomestici, dove le loro proprietà ignifughe e il rapporto costo-efficacia rappresentano vantaggi significativi.

Un'ulteriore fattore fondamentale, per fornire un'adeguata resistenza meccanica, è la sezione dei cavi, la quale non deve essere inferiore alle specifiche riportate nella Tab. 1.3.

Concentrandoci ora sul cablaggio interno ai pali per l'illuminazione pubblica, questo deve essere realizzato con conduttori di dimensioni adeguate a gestire la potenza richiesta nelle normali condizioni d'uso. L'isolamento dei cavi deve essere di un materiale in grado di sostenere la massima tensione e temperatura al quale può essere soggetto, senza andare a compromettere la sicurezza elettrica e la durata di vita del cavo stesso.

I cavi più comunemente utilizzati sono i cavi multipolari in rame, in particolare

Tabella 1.2: Cavi di alimentazione

Luminaire	Rubber	PVC	No insulation
Ordinary class I luminaires	60245 IEC 89°	60227 IEC 52°	
Ordinary class II luminaires	60245 IEC 53°	60227 IEC 52°	
Luminaires other than ordinary class I and class II	60245 IEC 57°	60227 IEC 52 ^a °	
Portable rough service luminaires	60245 IEC 66°		
Class III or with SELV or PELV circuits luminaires AC: $U \leq 25$ V DC: $U \leq 60$ V Interrupted DC voltage for frequencies between 10 Hz and 200 Hz: ≤ 25 V peak	Unsheathed basic insulated conductor		Uninsulated conductor ^b
Class III or with SELV or PELV circuits luminaires AC: 25 V < $U \leq 50$ V DC: 60 V < $U \leq 120$ V	Unsheathed basic insulated conductor		
^a For indoor use only. ^b In accordance with the IEC 60364 series, uninsulated conductors are not allowed in certain special installations and locations, e.g. locations containing a bath or shower (IEC 60364-7-701). ^c For supply voltages greater than 250 V, higher voltage grade cables and cords than those given in this table can be necessary.			

quelli del tipo FG7OR o FG16OR16, con una tensione nominale di 0,6/1 kV.

Il cavo FG7OR è realizzato con isolamento in gomma etilenpropilenica (G7), guaina in PVC e conduttore in rame. Quello del tipo FG16OR16 è simile al precedente con la differenza di avere un isolamento in gomma HEPR (G16) che offre una maggiore resistenza termica e una migliore protezione contro i cortocircuiti.

La scheda dei tecnici dei due differenti cavi presenta le stesse caratteristiche, quali:

- Tensione nominale U_0/U : 0,6/1 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 corto circuito: 250°C

Tabella 1.3: Sezione minima dei conduttori

Condition	Minimum nominal conductor cross-section ⁱ mm ²	
	Ordinary luminaire	Other than ordinary luminaire
General	0,75	1,0
Declared to be "For indoor use only", in accordance with 6.4.15.	0,75	0,75
When the luminaire is provided with a 10/16 A socket-outlet.	1,5	1,5
Class III luminaires or SELV or PELV circuits connections between parts of other luminaire types, with 2 A maximum rated current.	0,4 ^{a c}	0,4 ^{a c}
Class III luminaires or SELV or PELV circuits connections between parts of other luminaire types, with 2 A maximum rated current, consisting of cables with two or more conductors.	0,2 ^{a b c}	0,2 ^{a b c}
Conductors connected to SELV or PELV controlgear that limits output current to maximum 2 A.	< 0,2 (No minimum) ^{d e g h}	< 0,2 (No minimum) ^{d f g h}

^a Provided that current-carrying capacity and mechanical properties are adequate.
^b Able to withstand the normal and short-circuit current provided by the associated controlgear.
^c Compliance is checked by inspection and by the test in 8.2.10.
^d Selected in relation to the maximum available current, compliance is checked by the test in 8.4.
^e Controlgear output voltage under load does not exceed 25 V RMS or 60 V ripple free DC and no-load voltage does not exceed 35 V peak or 60 V ripple free DC.
^f Controlgear output voltage not exceeding 12 V RMS or 30 V ripple free DC.
^g To check mechanical properties, the conductor assembly, fixed to the luminaire, shall be subjected to the test in 8.2.10.4.
^h The minimum insulation thickness shall be selected to withstand the voltage stress occurring, see Table T.1.
ⁱ IEC 60228 specifies that the requirement associated with the nominal conductor cross-section is a maximum resistance value, not a physical measure of the area. For nominal sizes of 0,5 mm² and above, these values are listed in IEC 60228. For lower cross-sections the resistance value is calculated accordingly.

- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm²
- Raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo

Tra i due, il cavo attualmente più utilizzato in Italia è l'FG16OR16, che sta sostituendo il precedente FG7OR. La ragione principale di questo passaggio è l'entrata in vigore del Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) del 9 marzo 2011, il quale fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, stabilendone i requisiti base. Nel caso particolare dei cavi elettrici, stabilisce i requisiti di sicurezza antincendio.

I cavi sono stati tutti classificati in 7 classi di reazione al fuoco identificate dal pedice "ca" (cable) in funzione delle loro prestazioni decrescenti.



Figura 1.9: Classi di reazione al fuoco dei cavi elettrici

Ogni classe prevede soglie minime per il rilascio del calore e la propagazione della fiamma.

Oltre alla classificazione principale, è previsto l'uso dei seguenti parametri aggiuntivi:

- s = opacità dei fumi. Varia da s1 a s3 con prestazioni decrescenti;
- d = gocciolamento di particelle incandescenti che possono propagare l'incendio. Varia da d0 a d2 con prestazioni decrescenti;
- a = acidità che definisce la pericolosità dei fumi per le persone e la corrosività per le cose. Varia da a1 a a3 con prestazioni decrescenti.

Ritroviamo questi parametri aggiuntivi nella Tab. 1.4.

Tabella 1.4: Parametri aggiuntivi per la classificazione dei cavi

Parametro	Livello	Requisiti richiesti
s	s1	$TSP_{1200} \leq 50 \text{ m}^2 - SPR \leq 0,25 \text{ m}^2/\text{s}$
	s1a	Come s1 e trasmittanza del fumo $\geq 80\%$
	s1b	Come s1 e trasmittanza del fumo compresa tra il 60% e l'80%
	s2	$TSP_{1200} \leq 400 \text{ m}^2 - SPR \leq 1,5 \text{ m}^2/\text{s}$
	s3	Nessun requisito
d	d0	Nessuna particella infiammata entro 1200 s
	d1	Nessuna particella infiammata, che persiste più di 10 s, entro 1200 s
	d2	Nessun requisito
a	a1	Acidità pH > 4,3 Conduttività < 2,5 $\mu\text{S}/\text{mm}$
	a2	Acidità pH > 4,3 Conduttività < 10 $\mu\text{S}/\text{mm}$
	a3	Nessun requisito

Dove:

- TSP: produzione di fumo totale;
- SPR: produzione di fumo per unità di tempo.

Il cavo FG16OR16 è stato specificamente progettato per soddisfare i rigorosi standard di sicurezza antincendio richiesti dal CPR, in particolar modo sulla questione della reazione al fuoco. Infatti, rispetto al precedente cavo FG7OR, presenta una migliore resistenza al fuoco, una minore produzione di fumi e una ridotta emissione di gas corrosivi in caso di incendio. Queste caratteristiche lo rendono più adatto e sicuro per l'utilizzo in ambienti ad alto rischio di incendio e, più in generale, in tutte le installazioni fisse come quelle dell'illuminazione pubblica dove la sicurezza delle persone è un aspetto cruciale.

Per concludere, il Regolamento CPR stabilisce che nel momento dell'immissione sul mercato del prodotto, il fabbricante deve redigere la Dichiarazione Di Prestazione (DoP), un documento obbligatorio che certifica le caratteristiche di un prodotto da costruzione per attestarne la conformità alle norme europee e consentire l'applicazione della marcatura CE. Di seguito in fig. 1.10, viene riportato un esempio di DoP.



Figura 1.10: Dichiarazione di Prestazione

1.5 Dispositivi elettrici

L'efficienza, l'affidabilità e la sicurezza di un sistema progettato per l'illuminazione pubblica non dipendono solamente dal corpo illuminante e dalla struttura di sostegno, il palo, ma in modo cruciale dai dispositivi elettrici incorporati al loro interno. Tali dispositivi ricoprono un ruolo determinante in funzioni essenziali quali la protezione, l'allacciamento, l'alimentazione e la gestione del flusso elettrico.

Il seguente capitolo si propone di analizzare e descrivere i principali dispositivi elettrici comunemente presenti all'interno della base o del vano tecnico dei pali di illuminazione. Nello specifico ci andremo a concentrare sulle seguenti tipologie di dispositivi:

- Morsettiere e sezionatori: fondamentali per realizzare una connessione sicura tra la linea di alimentazione e il circuito del corpo illuminante, spesso includendo funzioni di sezionamento per facilitare la manutenzione;
- Giunzioni: rappresentano i punti di interruzione e collegamento dei cavi, fondamentali per garantire la continuità elettrica;

- Reattori e driver LED: hanno il compito di gestire e controllare l'alimentazione elettrica della sorgente luminosa.

Come descritto nella sezione 7 della norma CEI 60598-1 (sezione 7: "Construction"), tutti i dispositivi elettrici che troviamo incorporati negli apparecchi di illuminazione e nei pali devono essere facilmente rimovibili. Devono essere progettati in modo tale che vi sia spazio sufficiente per consentire la sostituzione o la manutenzione di tali componenti o parti senza difficoltà e senza compromettere la sicurezza.

1.5.1 Morsettiere e sezionatori

Andando ad ispezionare la base di un palo di illuminazione pubblica, si nota come questa sia accessibile per mezzo di uno sportello di ispezione, il quale rappresenta il punto nevralgico per l'allacciamento elettrico del punto luce. All'interno di questo vano risiedono componenti fondamentali per la gestione del cablaggio e per la sicurezza degli operatori coinvolti nei lavori sull'impianto: le morsettiere e i sezionatori.

La morsettiera da palo è un dispositivo elettromeccanico progettato per una connessione sicura, affidabile e isolata di più conduttori elettrici, derivando linee e fornendo protezione contro i contatti accidentali e le sovratensioni. Svolgono i seguenti ruoli cruciali:

- Allacciamento alla rete: consentono la connessione dei cavi dell'alimentazione principale sotterranea con i cavi che salgono lungo il palo verso il corpo illuminante. Questo permette di mantenere separate e gestibili le diverse sezioni del circuito;
- Distribuzione e derivazione: la morsettiera facilita la derivazione dell'alimentazione per il singolo punto luce.

Con distribuzione di energia elettrica ci si riferisce alla rete di cavi che portano l'energia dal punto di alimentazione generale a tutti i differenti punti luce lungo una linea continua. Mentre la derivazione è l'azione con cui si preleva energia dalla linea di distribuzione principale per alimentare il singolo palo e il corpo illuminante che vi è montato. Questo passaggio è reso possibile dalla morsettiera che si trova alla base del palo, la quale funge da punto di giunzione tra i cavi dell'alimentazione principale e quelli che salgono lungo il palo per alimentare il corpo illuminante.

Come tutti i dispositivi elettrici, le morsettiere dovranno essere conformi alle normative specifiche e garantire un grado di protezione IP contro polveri e umidità, per via del fatto che si trovano collocate in un ambiente potenzialmente esposto alle infiltrazioni.

I materiali costruttivi, con cui vengono realizzate, devono essere caratterizzati da eccellenti proprietà isolanti e di resistenza al fuoco. I materiali più comuni, scelti per le loro proprietà dielettriche, che prevengono la dispersione di corrente, e per la loro resistenza termica e al fuoco, sono i seguenti:

- Poliammide (PA): la poliammide, in particolare la PA 6.6, nota anche come nylon 66, è il materiale più diffuso per la produzione delle morsettiere da palo. Offre un'elevata resistenza meccanica, rigidità e un'ottima resistenza all'usura. Inoltre, è autoestinguenta, il che significa che in caso di incendio il materiale smette di bruciare da solo in breve tempo.
- Policarbonato (PC): è un altro polimero termoplastico. La sua particolarità è dovuta al fatto che è trasparente, il che risulta utile nel caso in cui si vogliono ispezionare i collegamenti. Ha inoltre una buona resistenza agli urti meccanici e alla temperatura.
- Resine termoindurenti: è il materiale meno comune per la realizzazione delle morsettiere in sè, ma è un elemento cruciale per l'isolamento di componenti interni. Le resine sono eccellenti isolanti elettrici con un'alta resistenza

dielettrica.

Come esempio, viene riportata in fig. 1.11 una morsettiera da palo in poliammide.



Figura 1.11: Morsettiera da palo

Oltre alle morsettiere abbiamo precedentemente citato i sezionatori, che altro non sono che dispositivi di manovra meccanica la cui funzione principale è quella di interrompere la continuità elettrica di un circuito per garantire una condizione di totale sicurezza elettrica durante le operazioni di ispezione, manutenzione o sostituzione del corpo illuminante.

Nei pali di illuminazione pubblica, il sezionatore può essere realizzato in due forme principali:

- Sezionatore integrato nella morsettiera: la soluzione più diffusa e compatta. L'estrazione di questo elemento interrompe il circuito e rende impossibile la richiusura accidentale;

- Sezionatore separato (interruttore-sezionatore): meno comune del precedente, consente di sezionare manualmente l'alimentazione prima della morsettiera.

Come per le morsettiere, andiamo ad analizzare i materiali con i quali possono essere realizzati i sezionatori. Questi dispositivi sono composti da diverse parti, realizzate con diverse materiali specifici in base alle loro funzioni:

- Parti attive: sono quelle che conducono la corrente e che si muovono per aprire o chiudere il circuito. Vengono realizzati con materiali metallici ad alta conduttività, nella maggior parte dei casi a base di rame o sue leghe;
- Supporti isolanti: siccome devono garantire l'isolamento tra le parti attive e la massa, sono realizzati con materiali dielettrici come la porcellana o le resine epossidiche;
- Struttura di supporto: la struttura metallica è realizzata con materiali robusti, nella maggior parte dei casi in acciaio o alluminio, trattati per resistere alla corrosione.

1.5.2 Giunzioni

Una giunzione elettrica è un punto di connessione elettrica e meccanica tra due o più conduttori elettrici, ovvero i cavi, realizzata con l'obiettivo di garantire la continuità elettrica del circuito e il passaggio di corrente. Una giunzione elettrica da palo è realizzata mediante l'impiego di differenti componenti atti al collegamento della linea di alimentazione principale con i cavi che vanno ad alimentare l'apparecchio illuminante. I componenti precedentemente introdotti, ovvero morsettiera, sezionatore e cavi elettrici sono gli elementi fondamentali nella realizzazione di una giunzione elettrica. Sono poi presenti anche dei componenti accessori il cui scopo fondamentale è la sicurezza:

- Vano di ispezione: è l'elemento che contiene la giunzione elettrica e la rende accessibile. È dotata di uno sportello, che può essere chiuso e bloccato, realizzato per permettere l'installazione, l'ispezione e la manutenzione della morsettiera.
- Pressacavi e passacavi: garantiscono l'isolamento e la protezione contro umidità e polvere nel punto in cui i cavi entrano ed escono dal vano di ispezione o dall'involucro della morsettiera.
- Sistema di messa a terra: garantisce la connessione del palo e dell'apparecchio illuminante al conduttore di protezione (PE) e al sistema di terra per la protezione contro i contatti diretti. Vedremo nei capitoli successivi, come per i dispositivi in Classe 2 di isolamento non sarà necessaria la messa a terra.

1.5.3 Reattori e driver LED

I reattori sono componenti fondamentali per il funzionamento delle lampade a scarica, le quali in passato erano la sorgente luminosa standard per l'illuminazione pubblica. Oggigiorno, con l'avvento dei moderni apparecchi a LED, che invece utilizzano un driver elettronico, i reattori non sono più necessari. Il compito principale di reattori e driver LED è di gestire e controllare l'alimentazione elettrica della sorgente luminosa.

Il reattore svolge due funzioni fondamentali per le lampade a scarica:

- Avviamento (o innesco): la lampada a scarica necessita di un impulso di tensione decisamente elevato, da 2.5 kV a 5 kV nel caso di lampade al sodio ad alta pressione e tensioni anche superiori nel caso di lampade al sodio a bassa pressione. Il reattore, in combinazione con un accenditore, è in grado di fornire questo picco di tensione iniziale.

- Limitazione e regolazione della corrente: una volta azionato l'arco elettrico per l'innesco della lampada, la corrente aumenterebbe esponenzialmente, se non fosse controllata, fino a distruggere la lampada. Il compito del reattore è di agire come un limitatore di corrente, per mantenere il flusso di corrente ad un valore ottimale per il funzionamento della lampada.

I due casi più comuni di reattori per lampade a scarica sono:

- Reattori elettromagnetici: sono i più tradizionali, costituiti da un nucleo di ferro e un avvolgimento di rame;
- Reattori elettronici: sono più moderni e compatti. Garantiscono una maggiore efficienza energetica, una migliore gestione del flusso e nei casi più sofisticati anche una funzione aggiuntiva come la protezione dalle sovratensioni.

I reattori possono essere collocati all'interno del corpo illuminante in testa al palo o alla base del palo. La posizione più comune è quella interna all'apparecchio illuminante in quanto permette di ridurre la lunghezza del cablaggio necessario per l'accensione della lampada a scarica. In alcuni impianti storici o con lampade particolarmente grandi, può trovarsi installato alla base del palo, accanto alla morsettiera nel vano di ispezione. Questo rende la manutenzione più semplice, in quanto il tecnico può accedervi da terra, ma ha lo svantaggio di dover aumentare la lunghezza del cablaggio che sale lungo il palo per alimentare la lampada.

Al giorno d'oggi, la maggior parte dei nuovi impianti di illuminazione pubblica utilizza la tecnologia LED, i reattori vengono dunque eliminati. La loro funzione è sostituita dal driver elettronico integrato nell'apparecchio LED, che gestisce l'alimentazione e la conversione della tensione in modo molto più efficiente e senza la necessità di un impulso ad alta tensione per l'avviamento. Svolge funzioni simili a quelle che svolgeva il reattore, ma in modo elettronico e con maggiore precisione.

- Regolazione della corrente: è la funzione più importante. Il driver monitora e regola attivamente la corrente in uscita per mantenerla costante, indipendentemente dalle variazioni della tensione di rete o della temperatura. Questo perchè i LED sono dispositivi che devono essere alimentati con una corrente precisa, che nel caso dell'illuminazione pubblica è compresa tra i 350 mA e i 700 mA, non con una tensione precisa.
- Funzioni di protezione: il driver protegge il circuito interno e i LED da picchi di tensione e sovratensioni transitorie causate da fulmini o manovre sulla linea elettrica. Inoltre, se il LED si surriscalda eccessivamente, per esempio a causa dell'innalzamento della temperatura ambientale, il driver è in grado di ridurre la corrente per abbassare la temperatura salvaguardando il LED da danni permanenti.
- Funzioni di controllo e monitoraggio: i driver più recenti e avanzati includono microcontrollori che raccolgono dati sullo stato del dispositivo illuminante come il consumo energetico e le ore di funzionamento. Questo permette al centro di controllo di facilitare un'eventuale azione di manutenzione andando ad individuare istantaneamente i guasti.

1.6 Manutenzione

Per il capitolo seguente, si farà in gran parte riferimento alle norma CEI 64-19 "Guida agli impianti di illuminazione esterna". La seguente norma fornisce elementi per la compilazione della documentazione tecnica relativa a progettazione, messa in esercizio, verifiche e collaudi in modo da garantire sicurezza e buon funzionamento. Nello specifico, ci concentreremo su quanto riportato nella sezione 9 "Criteri di esercizio e manutenzione".

La manutenzione degli impianti di illuminazione pubblica è cruciale per garantire

la sicurezza dei cittadini, migliorare la qualità della vita e ottimizzare i consumi energetici. La particolarità degli impianti di illuminazione pubblica è legata al fatto che, mentre negli impianti elettrici utilizzatori di abitazioni, stabilimenti o uffici, esiste una netta distinzione tra impianto elettrico e apparecchio utilizzatore, negli impianti di illuminazione esterna questa distinzione non esiste. Ciò significa che, mentre nel primo caso l'operazione di manutenzione sull'impianto elettrico e sull'apparecchio utilizzatore può essere eseguita da due soggetti diversi, nel caso degli impianti di illuminazione esterna la manutenzione viene fatta dallo stesso soggetto.

Con la manutenzione periodica si devono garantire nel tempo le prestazioni illuminotecniche che il progettista ha calcolato per quella tipologia di impianto nel momento della messa in esercizio. Questi impianti di illuminazione sono accessibili a tutti i cittadini che, più o meno inconsciamente possono entrare in contatto con parti metalliche accessibili dell'impianto, per questo motivo non si possono accettare carenze prestazionali che possano compromettere la salute e la sicurezza della collettività.

Salvo poche eccezioni, l'impianto è costruito ed installato completamente all'aperto, è dunque soggetto a sollecitazioni ambientali e a danneggiamenti più o meno gravi dei sostegni dovuti ad urti con veicoli che ne compromettono il buon funzionamento e la durata. In ogni caso, a prescindere dalle influenze esterne, che possono recare problemi alla continuità del servizio, l'impianto è chiaramente soggetto al degrado naturale dei suoi componenti che possono così alterare la qualità del servizio e generare situazioni di potenziale pericolo. Nel caso in cui questi componenti danneggiati vengano sostituiti, si dovrà prestare molta attenzione a non alterare le caratteristiche originarie dell'impianto o dell'apparecchio utilizzatore.

Una scadente manutenzione può portare:

- All'alterazione delle prestazioni illuminotecniche

- Allo spegnimento di tratti o di tutto l'impianto con conseguenti situazioni di pericolo
- A pericoli di cedimento strutturale dell'impianto: caduta dei pali o dei corpi illuminanti o di parti di essi.

In generale, si distinguono due categorie principali di manutenzione:

- Manutenzione ordinaria
- Manutenzione straordinaria

Un ulteriore aspetto fondamentale riguarda i costi di manutenzione, per i quali dovrà agire e farsi carico il proprietario degli impianti andando ad ottimizzare gli interventi manutentivi garantendo, con la minor spesa, i seguenti obiettivi:

- Il mantenimento nel tempo degli standard prestazionali previsti dal progetto
- La continuità del servizio necessaria ed accettabile
- Il mantenimento dell'integrità dei materiali per far raggiungere all'impianto la vita utile prevista.

Manutenzione ordinaria

Con manutenzione ordinaria si intendono gli interventi finalizzati a contenere il normale degrado d'uso, nonché a far fronte ad eventi accidentali che comportino la necessità di interventi di rimessa a punto dell'impianto. Questo tipo di manutenzione mira a mantenere l'efficienza e la sicurezza dell'impianto nel tempo e, cosa molto importante, viene realizzata con cadenza fissa nel tempo.

Questo esercizio di manutenzione può prevedere, ad esempio, i seguenti interventi:

- Ricambio di lampade ed accessori
- Pulizia dei centri luminosi

- Verniciatura dei pali
- Rinnovo di parti di linea
- Ricambio di componenti con uguali caratteristiche

Manutenzione straordinaria

Questa manutenzione non ha una periodicità fissa e viene eseguita solo in caso di guasti, calamità naturali o quando un'ispezione ordinaria rileva un grave problema. Vanno dunque intesi gli interventi svolti per il rinnovo o la sostituzione di parti dell'impianto che non vadano a modificarne le prestazioni ma che siano in grado di riportare l'impianto stesso in condizioni ordinarie di esercizio. In generale, sono tutti quegli interventi che non ricadono nella definizione di manutenzione ordinaria, ad esempio:

- La sostituzione di componenti con altri aventi caratteristiche diverse;
- L'aggiunta o lo spostamento di punti luce
- La sostituzione di componenti dei quadri elettrici con altri di diverse caratteristiche.

Manutenzione agli apparecchi di illuminazione e ai pali

La manutenzione agli apparecchi di illuminazione consiste essenzialmente nella sostituzione delle lampade e degli accessori e nella pulizia delle superfici riflettenti dei corpi illuminanti. Abbiamo già precedentemente fatto la distinzione tra le lampade a scarica e le sorgenti a LED.

Nel primo caso, si assiste ad un decadimento della resa luminosa che dipenderà essenzialmente dalle ore di funzionamento, dal tipo di lampada e dalla potenza.

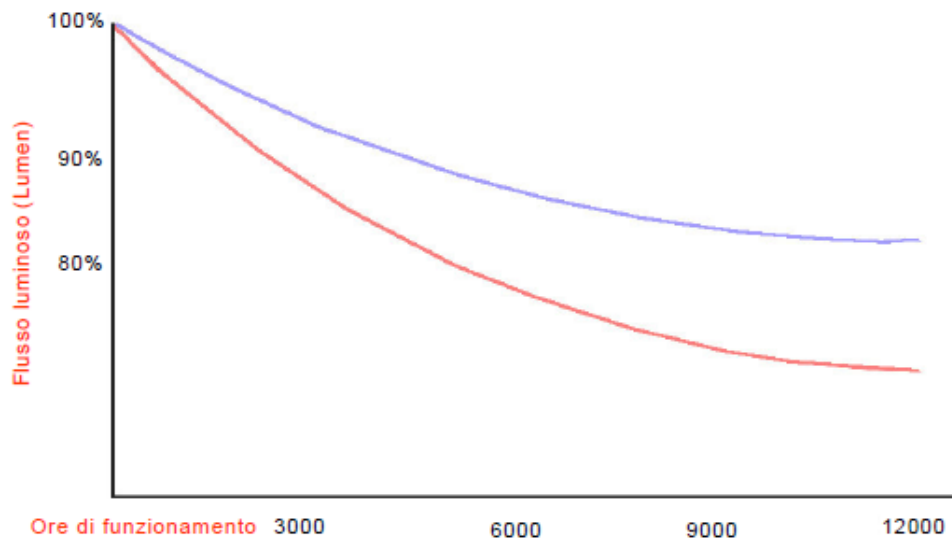


Figura 1.12: Andamento del decadimento del flusso luminoso delle lampade a scarica. Fonte: [CEI 64-19]

I fattori che più influenzano la durata di vita di una lampada a scarica sono:

- cicli di accensione;
- frequenti fluttuazioni del valore della tensione di alimentazione;
- urti e vibrazioni;
- temperatura ambiente.

Andando a considerare il secondo caso, quello delle sorgenti a LED, questi hanno in gran parte sostituito le lampade a scarica per via del fatto che garantiscono una resa luminosa e un'affidabilità superiori. La durata di vita dei LED è in genere molto elevata ed è definita con il numero di ore associato alla percentuale del flusso atteso al termine di tale periodo.

Ad esempio, se viene riportata la seguente dicitura $L_{70} = 50000$ h, sta a significare che il flusso luminoso atteso dopo 50000 ore di funzionamento è pari al 70% del flusso luminoso iniziale.

In generale, sia nel caso delle lampade a scariche che nel caso dei LED, gli apparecchi di illuminazione hanno il compito di alloggiare e proteggere le sorgenti luminose e i loro accessori. Se non meticolosamente installati, possono ritrovarsi dopo un breve periodo con le viti di fissaggio o di chiusura allentate, dovranno dunque essere controllati periodicamente.

Vi è poi una manutenzione periodica ai pali, i quali possono presentare uno stato di corrosione rendendo meno fragile il palo alla base mettendo a repentaglio la salute e la sicurezza delle persone. Per prevenire ciò, vengono tipicamente realizzate delle ispezioni visive con cadenza trimestrale o semestrale. Servono a controllare l'integrità strutturale del palo, il suo stato di conservazione, le connessioni e l'ancoraggio al suolo.

1.6.1 Sicurezza elettrica e figure professionali per i lavori di manutenzione

In merito alla sicurezza elettrica e alle procedure da adottare per i lavori di manutenzione sugli impianti di illuminazione pubblica si fa riferimento alla norma CEI 11-27⁶, applicabile a tutti i lavori, compreso il lavoro sotto tensione su impianti a tensione fino a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.

Figure professionali

I lavori di manutenzione nei sistemi di illuminazione pubblica possono essere eseguiti fuori tensione, per garantire la massima sicurezza agli operatori, o sotto tensione in alcuni casi specifici ed eseguiti solo da personale formato e abilitato. A tal proposito si introducono le seguenti figure:

⁶Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 11-27: "Lavori su impianti elettrici".

- Responsabile dell'impianto (RI): persona designata alla conduzione in sicurezza dell'impianto elettrico durante i lavori elettrici.
- Gestore programmazione lavoro (GL): persona che programma e organizza i lavori elettrici prima del loro inizio.
- Responsabile del lavoro elettrico (RLE): persona designata dal GL, la quale è stata incaricata di gestire le attività e garantire la sicurezza durante lo svolgimento dei lavori elettrici sul luogo di lavoro.
- Lavoratore (LAV): persona che svolge l'attività lavorativa nell'ambito dell'organizzazione.
- Persona esperta in ambito elettrico (PES): persona con istruzione, conoscenza ed esperienza rilevanti tali da consentire di analizzare i rischi e di evitare pericoli che l'elettricità può creare.
- Persona avvertita in ambito elettrico (PAV): persona adeguatamente informata da persone esperte per metterla in grado di evitare i pericoli che l'elettricità può creare.
- Persona comune (PEC): persona che non è esperta e non è avvertita

Lavoro fuori tensione

Un lavoro elettrico si definisce fuori tensione quando le parti attive sono prive di tensione e sono messe in sicurezza. Lo spazio di lavoro deve essere tale per cui, se parti attive interferiscono con lo spazio di lavoro stesso, queste ultime devono essere messe fuori tensione e in sicurezza. Si devono osservare nell'ordine le specificato le seguenti cinque prescrizioni:

1. Sezionare la parte attiva di impianto interessata dal lavoro, a cura del RI, da tutte le fonti di alimentazione mediante l'apertura degli apparecchi di

sezionamento o, in caso di loro assenza, mediante la rimozione di parti di circuito.

2. Prendere provvedimenti contro la richiusura intempestiva dei dispositivi di sezionamento. Occorre mettere in atto le misure necessarie per impedire che sia indebitamente ripristinato il collegamento nei punti in cui è stato effettuato il sezionamento. Le misure consistono in una delle seguenti:
 - blocchi meccanici e/o elettrici che impediscano la manovra dell'apparecchiatura;
 - impedimenti a personale non autorizzato all'accesso alle aree, ai locali o quadri contenenti il sezionamento;
 - sorveglianza atta a impedire manovre indebite.
3. Verificare che l'impianto sia fuori tensione. La rilevazione dell'assenza di tensione, a cura del RLE, deve essere effettuata verso terra su tutte le parti attive dell'impianto sezionate, quando accessibili, il più possibile vicino alla zona interessata dal lavoro.
4. Eseguire la messa a terra e in cortocircuito delle parti sezionate in AT e MT e, ove richiesta, anche in BT;
5. Provvedere alla protezione verso le eventuali parti attive adiacenti.

Lavoro sotto tensione

I lavori sotto tensione regolati dalla norma CEI 11-27 sono ammessi esclusivamente su impianti in bassa tensione con tensione nominale fino a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. Durante le procedure di lavoro sotto tensione gli operatori vengono a contatto con parti attive in tensione sia con parti del loro copro che con attrezzi, equipaggiamenti o dispositivi che vengono maneggiati. Il lavoratore che lavora sotto

tensione deve necessariamente essere PES o PAV ed aver ottenuto l'idoneità ai lavori sotto tensione rilasciata dal Datore di Lavoro (DdL). Tale idoneità sottintende il possesso di un insieme di qualità personali e professionali della persona interessata. I lavori sotto tensione possono essere eseguiti utilizzando tre metodi di lavoro che dipendono dalla posizione del lavoratore in relazione alle parti attive e dai mezzi usati per prevenire il rischio elettrico (shock elettrico ed effetti dell'arco elettrico).

- Lavoro con aste isolanti (lavoro a distanza). Metodo di lavoro in cui il lavoratore entra in contatto con la parte attiva solo con un'asta isolante rimanendo con il corpo, di fatto, fuori dalla zona prossima.
- Lavoro con guanti isolanti (lavoro a contatto). Metodo di lavoro in cui il lavoratore, le cui mani sono protette dal punto di vista elettrico con guanti isolanti, esegue il proprio lavoro a contatto con parti attive in tensione nude anche usando attrezzi, equipaggiamenti o dispositivi, isolati o isolanti. Il lavoratore deve indossare i seguenti dispositivi di protezione individuale:
 - guanti isolanti;
 - visiera di protezione;
 - elmetto isolanti;
 - idoneo vestiario che non lasci scoperte parti del tronco e degli arti.
- Lavoro a mani nude (lavoro a potenziale). Metodo di lavoro in cui il lavoratore è allo stesso potenziale della parte attiva su cui opera. Devono essere osservate le seguenti precauzioni:
 - lo spazio di lavoro deve essere costituito da una zona ben individuata;
 - non deve essere possibile per i lavoratori toccare, anche fuori dallo spazio di lavoro, parti a potenziale diverso;

- i lavoratori devono essere sistemati su piattaforme isolate o metalliche munite di parapetti metallici, isolate da terra;
- non è ammesso alcun collegamento fisico tra piattaforma e altre parti a potenziale diverso che non sia realizzat con aste o funi isolanti.

1.6.2 Procedure di manutezione

Lo scopo della manutenzione deve essere quello di mantenere l'impianto elettrico nelle condizioni di efficienza e sicurezza. La manutenzione può consistere in programmi di lavoro con lo scopo di prevenire interruzioni e mantenere le apparecchiature in buone condizioni, o in lavoro effettuato per riparare o sostituire parti difettose. Prima di procedere con le operazioni di manutenzione si devono definire i possibili rischi, per l'impianto e per gli operatori, derivanti dalla modifica dell'impianto su cui si opera.

Si possono distinguere due tipi di lavoro di manutenzione:

- lavori dove è presente il rischio elettrico (rischio di shock, cortocircuiti o archi elettrici) e dunque si devono applicare le procedure di sicurezza, viste precedentemente, in caso di lavoro fuori tensione o sotto tensione;
- lavori di sostituzione di fusibili, lampade e accessori, dove l'utilizzo di specifiche apparecchiature consente una manutenzione senza rischio elettrico.

Il Piano di manutenzione, studiato e realizzato per garantire la sicurezza dell'impianto elettrico nel tempo, deve essere visionato e approvato dal gestore dell'impianto elettrico (GI).

Per poter svolgere dei lavori di manutenzione su un impianto elettrico:

- si deve innanzitutto individuare la parte dell'impianto interessata;
- si deve individuare un responsabile dell'impianto (RI);

- si deve designare il responsabile all'attività di manutenzione, ovvero il responsabile del lavoro elettrico (RLE).

Come già riportato in precedenza, il personale che dovrà eseguire i lavori di manutenzione deve essere PES o PAV e idoneo ai lavori sotto tensione, quando necessario.

Nei lavori di riparazione si devono eseguire le seguenti operazioni:

- individuazione del guasto;
- riparazione del guasto e/o sostituzione di componenti;
- rimessa in tensione di parti riparate dell'impianto.

Per quanto riguarda, invece, i lavori di sostituzione, concentrandoci sulla sostituzione di lampade e accessori estraibili, questi devono essere eseguiti fuori tensione. Per gli impianti in Bassa Tensione, tali sostituzioni possono essere eseguite da una PEC se l'apparecchiatura è conforme alle relative norme di prodotto e garantisce un livello di protezione minimo pari a IP2X o IPXXB. Inoltre, la PEC deve essere preventivamente avvisata sul comportamento e sulle norme di sicurezza da seguire nell'esecuzione dell'intervento.

In caso di interruzioni temporanee del lavoro di manutenzione, il RLE deve attuare tutte le precauzioni necessarie per impedire l'accesso nella zona di lavoro al personale non autorizzato. Una volta terminato il lavoro di manutenzione, il responsabile del lavoro elettrico (RLE) deve consegnare l'impianto al responsabile dell'impianto (RI).

Devono, inoltre, essere definite, nel documento della valutazione dei rischi, in carico al datore di lavoro, le procedure di emergenza e soccorso, in caso appunto di situazioni critiche di emergenza, al fine di gestire le modalità dell'intervento e l'incolumità dei soccorritori e degli interessati. Tali procedure possono prevedere

l'intervento di persone esterne all'azienda che sta eseguendo il lavoro di manutenzione, ad esempio vigili del fuoco, forze dell'ordine e soccorso sanitario. Ciascuna azienda, a seconda delle dimensioni dell'impianto, individuerà misure di emergenza specifiche e le modalità di attuazione delle medesime.

Capitolo 2

Classe II di isolamento per i sistemi di illuminazione pubblica

Le classi di isolamento elettrico sono il raggruppamento omogeneo definito dall'IEC (International Electrotechnical Commission) delle caratteristiche tecniche applicabili ad un dispositivo elettrico per limitare i rischi di folgorazione, conseguenti ad un guasto dello stesso, e definiscono il limite di tolleranza al calore, ovvero la massima temperatura che un isolante può sopportare senza degradarsi. Questo lavoro si concentrerà sugli isolamenti realizzati con l'obiettivo di proteggere gli utilizzatori dal rischio di folgorazione. Nello specifico, le misure protettive contro i contatti diretti e indiretti sono classificate in diverse categorie, più precisamente si distinguono le Classi I, II e III di isolamento in base al livello di protezione offerto all'utente e alle caratteristiche costruttive.

Gli isolamenti, dunque, rappresentano un pilastro fondamentale nel tema della sicurezza elettrica. Il presente capitolo si occuperà di definire i requisiti tecnici

e costruttivi propri della Classe II di isolamento andando inoltre ad esplicitare le differenze principali con la Classe I di isolamento.

2.1 Definizioni e differenze con la Classe I

Abbiamo introdotto il concetto di classi di isolamento, definito dal comitato internazionale IEC, le quali vanno a definire le caratteristiche costruttive del dispositivo in termini di protezione contro il rischio di scossa elettrica. In sostanza, indica le misure che devono essere adottate per garantire che, anche in caso di guasto dell'isolamento principale, le parti conduttive accessibili non vadano sotto tensione pericolosa.

Per definire le classi I e II di isolamento, dobbiamo prima introdurre alcuni concetti fondamentali:

- **Isolamento principale:** è il primo livello di protezione realizzato in tutti i dispositivi elettrici, progettato e realizzato per prevenire il contatto diretto con le parti in tensione
- **Isolamento secondario:** rappresenta il secondo livello di protezione. Questo entrerà in gioco nel momento in cui decade l'isolamento principale, in modo da evitare che l'involucro dell'apparecchio, normalmente non in tensione, diventi carico
- **Messa a terra:** agisce in caso di guasto dell'isolamento principale, per proteggere le persone dal rischio di folgorazione e le apparecchiature da danni dovuti al guasto, scaricando nel terreno, tramite il conduttore di protezione, la corrente pericolosa.

Per analizzare i due casi relativi alla Classe I e alla Classe II di isolamento faremo riferimento alla norme CEI 61140¹ e alla norma CEI 60598-1 ("Prescrizioni generali e prove"), quest'ultima specifica le prescrizioni generali di sicurezza per gli apparecchi di illuminazione che incorporano sorgenti luminose elettriche per il funzionamento con tensioni di alimentazione fino a 1 kV.

Lo shock elettrico è definito come l'effetto fisiologico risultante dal passaggio di una corrente elettrica attraverso il corpo umano. Le parti attive pericolose non devono essere accessibili e le parti conduttive accessibili non devono risultare pericolose al contatto nè in condizioni normali nè in condizioni di guasto.

Considerando il caso di funzionamento in condizioni normali, la protezione contro lo shock elettrico è data da una protezione principale, detto isolamento principale. Nel caso di isolamento solido, questo deve impedire il contatto con parti attive pericolose. Invece, se l'isolamento principale è fornito dall'aria, l'accesso alle parti attive pericolose deve essere impedito da barriere o involucri di protezione.

Nel caso di condizioni di guasto, la protezione consiste in una o più disposizioni aggiuntive rispetto a quelle per la protezione principale. Si ha dunque la presenza di un isolamento supplementare, ovvero un isolamento ulteriore a quello principale. Facendo riferimento alla sezione 6 della normativa CEI 61140, siamo in grado di definire le diverse misure di protezione contro lo shock elettrico, si riportano di seguito quelle utili al nostro studio:

1. Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione
2. Protezione mediante isolamento doppio o rinforzato
3. Protezione mediante collegamento equipotenziale di protezione

¹Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 61140: "Protezione contro le scosse elettriche - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature".

Per quanto riguarda il primo caso, l'interruzione automatica dell'alimentazione consiste nella combinazione delle seguenti disposizioni di protezione: la protezione principale è fornita da un isolamento principale o da barriere di protezione tra le parti attive pericolose e le masse; mentre la protezione contro i guasti mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione.

Nel secondo caso, la protezione mediante isolamento doppio o rinforzato può essere realizzate nei seguenti due modi equivalenti al fine della protezione:

- la protezione principale è fornita dall'isolamento principale delle parti sotto tensione pericolose e la protezione dai guasti è fornita da un isolamento supplementare;
oppure
- la protezione principale e la protezione contro i guasti sono fornite da un isolamento rinforzato tra le parti attive pericolose e le parti accessibili.

Per concludere, abbiamo la protezione mediante collegamento equipotenziale in cui la protezione principale è fornita dall'isolamento principale tra le parti attive pericolose e le masse, e la protezione contro i guasti è fornita da un sistema di collegamento equipotenziale di protezione che impedisce tensioni pericolose tra le masse e le masse estranee contemporaneamente accessibili.



Si vuole andare ora a definire le classi di isolamento I e II.

Iniziamo con il definire un componente elettrico in classe I. Si tratta di un dispositivo elettrico con almeno una disposizione per la protezione principale e un collegamento a un conduttore di protezione come disposizione per la protezione contro i guasti. Dunque, le masse dei componenti elettrici e tutte le parti conduttive accessibili devono essere collegate al dispositivo di protezione (PE). In caso di guasto, il conduttore PE scarica la corrente di dispersione a terra, e successivamente i dispositivi di protezione interromperanno l'alimentazione.

Invece, un componente elettrico di classe II prevede un isolamento principale e un

isolamento supplementare in caso di guasto oppure può presentare un isolamento rinforzato in grado di fornire sia la protezione principale che la protezione in caso di guasto. Dunque, al contrario dei componenti in classe I, per quelli in classe II non deve essere prevista la connessione a terra tramite il dispositivo di protezione. Per distinguere un componente elettrico di classe I da uno di classe II, questi dovranno essere contrassegnati con il simbolo grafico della norma IEC 60417², posto accanto alle informazioni identificative, ad es. sulla targa dei dati.

Tabella 2.1: Simboli per riconoscimento dei dispositivi elettrici in classe I e II di isolamento

Classe di componente elettrico	Marcatura o istruzioni del componente elettrico	Simbolo	Condizioni per il collegamento del componente elettrico per l'impianto
Classe I	Marcatura del terminale di collegamento di protezione con simbolo grafico IEC 60417-5019: 2006-08, o lettere PE, o combinazione di colori verde-giallo		Collegare questo terminale al collegamento equipotenziale di protezione del sistema
Classe II	Marcatura con il simbolo grafico IEC 60417-5172:2003-02 (doppio quadrato)		Nessuna dipendenza dalle misure di protezione dell'impianto

Nei sottocapitoli successivi, andremo a riportare i requisiti principali dei dispositivi in classe II, quali:

- Requisiti costruttivi: doppio isolamento o isolamento rinforzato e materiali idonei
- Requisiti di distanziamento tra parti attive
- Grado di protezione IP

²Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60417: "Graphical symbols for use on equipment".

2.2 Requisiti costruttivi

Abbiamo già riportato come i dispositivi in classe II non richiedano la connessione di messa a terra ma sono progettati mediante un doppio isolamento o isolamento rinforzato. Devono essere realizzati in modo tale che, a seguito di un guasto, l'utilizzatore non possa entrare in contatto con una parte in tensione con il rischio di shock elettrico. Riportiamo le caratteristiche costruttive che dovranno essere rispettate per realizzare tale isolamento e quali sono i materiali idonei.

Consideriamo quindi le disposizioni per la protezione principale e per quella supplementare.

La protezione principale consiste in una disposizione che, in condizioni di normale funzionamento, impediscano il contatto con parti attive pericolose. Si distinguono due casi principali: l'isolamento solido e l'isolamento in aria. Quello solido utilizza materiali come plastiche o resine per impedire il contatto con le parti conduttive, mentre quello in aria sfrutta le distanze tra i conduttori e la bassa densità dell'aria come isolante.

Considerando la limitazione della tensione, l'isolamento principale deve essere in grado di soddisfare la seguente condizione:

- la tensione di contatto, in nessun caso, dovrà superare:
 - 25 V in c.a. (valore efficace) o 60 V in c.c. senza ondulazione, quando il componente elettrico è normalmente utilizzato in luoghi asciutti e non è previsto alcun tipo di contatto con il corpo umano;
 - 6 V in c.a. (valore efficace) o 15 V in c.c. senza ondulazione in tutti gli altri casi.

Riferendoci, invece, alle limitazioni della corrente e dell'energia di contatto queste dovranno essere limitate a valori non pericolosi. Nel caso di contatto accidentale di

un utilizzatore, i valori della corrente e dell'energia di contatto non possono essere superiori ai valori riportati nell'elenco seguente e definiti nella norma CEI 61140.

- Per la corrente di contatto si dispongono i seguenti valori:
 - una corrente a regime che fluisce tra parti conduttive accessibili contemporaneamente non eccedente la soglia di percezione, 0,5 mA c.a. o 2 mA c.c. in normali condizioni operative;
 - valori non superiori alla soglia del dolore 3,5 mA c.a. o 10 mA c.c. possono essere specificati in condizioni anomale o di guasto
- Per l'energia immagazzinata disponibile tra le parti conduttive accessibili, sono proposti i seguenti valori:
 - 0,5 mJ corrispondenti alla soglia del dolore;
 - 5 μ J corrispondenti alla soglia di percezione.

Per quanto riguarda l'isolamento supplementare, per andare a formare il doppio isolamento, consiste in una disposizione aggiuntiva rispetto a quelle per la protezione principale per garantire una protezione in caso di guasto o anomalie. Questo isolamento dovrà essere dimensionato per resistere alle stesse sollecitazioni specificate per l'isolamento principale.

Oltre al doppio isolamento, abbiamo visto come un dispositivo di classe II possa presentare in alternativa un isolamento rinforzato. Quest'ultimo viene definito come una protezione rafforzata, in grado, cioè, di fornire sia la protezione principale che quella contro i guasti. L'isolamento rinforzato deve essere progettato per resistere alle stesse sollecitazioni elettriche, termiche, meccaniche e ambientali con la stessa affidabilità di protezione fornita dal doppio isolamento.

Il comportamento isolante dell'isolamento solido è in diretta funzione delle caratteristiche intrinseche del materiale, di conseguenza bisognerà fare una scelta ponderata

su quale materiale utilizzare. Nei sistemi di isolamento possono esservi spazi tra i diversi strati di isolamento oppure possono essere presenti vuoti nel materiale isolante. Vi è la possibilità che vadano a presentarsi scariche parziali in questi spazi vuoti andando ad influenzare la durata di vita dell'isolamento solido. Un altro punto critico, sta nel fatto che l'isolamento solido non è un mezzo rinnovabile, per cui picchi di tensione elevati possono avere un effetto molto negativo andando a deteriorare il materiale isolante.

Le sollecitazioni elettriche, termiche e ambientali contribuiscono all'invecchiamento del materiale isolante. A causa delle caratteristiche elettriche proprie di ogni materiale, non è possibile calcolare uno spessore standard richiesto dagli isolamenti solidi. Le prestazioni dovranno essere verificate esclusivamente mediante delle prove (le quali verranno riportate nel capitolo 3).

Nella scelta del materiale isolante bisognerà tenere conto dei rischi dovuti agli urti meccanici. In caso di resistenza insufficiente all'impatto, un urto meccanico può provocare un guasto dell'isolamento.

Inoltre, anche la frequenza avrà un impatto notevole sulla durata di vita dell'isolante. La capacità di tenuta alla tensione dell'isolamento solido è inversamente proporzionale alla frequenza, sarà dunque ridotta all'aumentare della frequenza.

Per concludere, i materiali idonei alla realizzazione degli strati isolanti nei dispositivi di classe II per l'illuminazione pubblica sono materiali plastici ad alte prestazioni, resine sintetiche e in alcuni casi anche delle fibre di vetro. Andando nello specifico abbiamo che:

- per l'isolamento principale, ritroviamo materiali come PVC e gomma etilene-propilene utilizzati per l'isolamento dei conduttori e dei cavi interni. Mentre, polimeri termoplastici vengono utilizzati per le parti strutturali interne come morsettiere e portalampade;
- per l'isolamento supplementare, i materiali utilizzati più frequentemente sono

quelli termoplastici come il policarbonato e alcuni tipi di resine termoplastiche.

2.3 Requisiti di distanziamento tra parti attive

In merito ai requisiti di distanziamento tra le parti attive, un aspetto da considerare è quello legato al micro-inquinamento. Vengono definiti dei gradi di inquinamento, poichè le distanze di isolamento in aria possono essere completamente annullate da particelle solide, polvere e acqua. Al fine di valutare le distanze superficiali e le distanze di isolamento in aria, sono stati stabiliti i quattro gradi di inquinamento seguenti:

- Grado di inquinamento 1: non vi è inquinamento o si produce soltanto un inquinamento secco non conduttivo. Pertanto, l'inquinamento non ha influenza.
- Grao di inquinamento 2: si produce soltanto un inquinamento non conduttivo. Ci si deve tuttavia aspettare occasionalmente una conduttività temporanea provocata dalla condensazione.
- Grado di inquinamento 3: si produce inquinamento conduttivo o un inquinamento secco non conduttivo, che diventa conduttivo a seguito della condensazione che può prodursi.
- Grado di inquinamento 4: si ha una conduttività persistente causata dalla polvere conduttrice, dalla pioggia o da altre condizioni di umidità.

Oltre al grado di inquinamento, sono fondamentali le categorie di sovratensione nella definizione delle distanze minime di isolamento tra le parti attive. Il concetto di categorie di sovratensione viene utilizzato per le apparecchiature alimentate direttamente dall'alimentazione in bassa tensione.

- L'apparecchiatura di categoria di sovratensione IV sono previste per essere utilizzate all'origine dell'impianto.
- L'apparecchiatura di categoria di sovratensione III è un'apparecchiatura per installazioni fisse.
- L'apparecchiatura di categoria di sovratensione II è un'apparecchiatura utilizzatrice, alimentata dall'impianto fisso.
- Le apparecchiature con tensione di tenuta a impulso di categoria I non devono presentare una connessione diretta a un'alimentazione di rete.

Dovranno poi essere adottate misure in grado di assicurare che le sovratensioni temporanee siano sufficientemente limitate in modo che il loro valore di picco non superi quello della corrispondente tensione nominale di tenuta a impulso. Viene riportata, in fig. 2.2, la tabella dei valori di tensione nominale di tenuta a impulso per le apparecchiature alimentate direttamente dalla rete BT.

Tabella 2.2: Valori di tensione nominale di tenuta a impulso per le apparecchiature alimentate direttamente dalla rete BT

Tensione nominale della rete di alimentazione ^(a) sulla base della IEC 60038 ^(c)		Tensione tra fase e neutro derivata dalle tensioni nominali in c.a. o in c.c. Fino a e compreso	Tensione nominale di tenuta a impulso ^(b)			
Trifase V	Monofase V		Categoria di sovratensione ^(d)			
		V	I V	II V	III V	IV V
		50	330	500	800	1 500
		100	500	800	1 500	2 500
	Da 120 a 240	150 ^(e)	800	1 500	2 500	4 000
230/400	277/480	300	1 500	2 500	4 000	6 000
400/690		600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000		1 000	4 000	6 000	8 000	12 000
	>1 000 ≤ 1 250 ^(f)	1 250 ^(f)	4 000	6 000	8 000	12 000
	>1 250 ≤ 1 500 ^(f)	1 500 ^(f)	6 000	8 000	10 000	15 000

(a) Per l'applicazione alle diverse reti di alimentazione a bassa tensione esistenti e la loro tensione nominale vedi l'Allegato B.

(b) Le apparecchiature con queste tensioni nominali di tenuta a impulso possono essere utilizzate in impianti in accordo alle prescrizioni della IEC 60364-4-44.

(c) Il segno "/" indica un sistema di distribuzione trifase a quattro fili. Il valore inferiore corrisponde alla tensione fase-neutro, mentre il valore superiore alla tensione tra le fasi. Quando viene indicato un solo valore, questo si riferisce a sistemi trifase a tre fili e specifica il valore di tensione tra le fasi.

(d) Per una spiegazione delle categorie di sovratensione vedi 4.3

(e) Le tensioni nominali per i sistemi monofase in Giappone sono 100 V oppure da 100 V a 200 V. Tuttavia, il valore della tensione nominale di tenuta a impulso è determinato dalle colonne applicabili a una tensione tra fase e neutro di 150 V (vedi l'Allegato B).

(f) Solo per i valori in c.c.

Avvalendoci, inoltre, della norma CEI 60598-1, ritroviamo, nella sezione 13, i requisiti e i valori delle distanze di isolamento tra parti attive. Nello specifico, vengono riportate le distanze minime per tutti quei casi che rispettano i seguenti parametri:

- per l'utilizzo fino a 2000 m oltre il livello del mare;
- grado di inquinamento II;
- apparecchiature appartenenti alle categorie di sovratensione II.

A questo punto, si riportano in Tab. 5.1, le distanze minime di superficie (definite come creepage distances), e in Tab. 5.2, le distanze minime in aria tra parti attive (definite come clearances). Con creepage distances si intende la distanza più breve, lungo il materiale isolante, tra due parti attive. Mentre, con clearances, si intende la distanza più breve attraverso l'aria. Dunque, entrambe si riferiscono alle distanze minime tra parti attive, ma lungo percorsi differenti.

Tabella 2.3: Distanze minime superficiali tra parti attive

Working voltage ^a V	Minimum creepage distance ^b mm			
	Basic or supplementary insulation		Reinforced insulation	
	PTI < 600	PTI ≥ 600	PTI < 600	PTI ≥ 600
25	0,5	0,5	– ^c	– ^c
50	1,2	0,6	– ^c	– ^c
150	1,6	0,8	3,2	1,6
250	2,5	1,25	5,0	2,5
500	5,0	2,5	10	5,0
750	7,5	3,75	16	7,5
1 000	10	5,0	20	10
1 500	15	7,5	30	15

Tabella 2.4: Distanze minime in aria tra parti attive

Distances mm	RMS working voltage not exceeding V				
	50	150	300	600	1 000
Clearances with mains supply transients according to overvoltage category II ^b – Basic or supplementary insulation – Reinforced insulation	0,2	0,5	1,5	3	5,5
	0,2	1,5	3	5,5	8
Clearances without mains supply transients ^{a b} – Basic or supplementary insulation – Reinforced insulation	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7
	0,2	0,2	0,2	0,6	1,6

In aggiunta a queste due tabelle, relative alle distanze minime di isolamento tra parti attive, la norma CEI 60598-1 riporta un'ulteriore tabella in cui vengono distinti i casi di apparecchi in classe I, II e III.

Tabella 2.5: Distanze tra parti attive e classi di isolamento

Creepage distances and clearances between	Luminaires of class I	Luminaires of class II	Luminaires of class III
Maximum working voltage (not exceeding)	1 000 V	1 000 V	50 V AC or 120 V DC
(1) Live parts of different polarity	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600
(2a) Live parts and accessible metal parts	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Reinforced insulation or double insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600
(2b) Live parts and the outer accessible surface of insulating parts	Reinforced insulation or double insulation ³ Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Reinforced insulation or double insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600
(3) Parts which can become hazardous live parts due to the breakdown of basic insulation in luminaires of class II and accessible metal parts		Supplementary insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	
(4) The outer surface of a flexible cord or cable and an accessible metal part to which it is secured by means of a cord grip, cable carrier or clip of insulating material	Basic insulation ^p Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Supplementary insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	
(5) Live parts and other metal parts, between them and the mounting surface (ceiling, wall, table, etc.) or between live parts and the mounting surface where there is no intervening metal	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Reinforced insulation or double insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600

In tutte le tabelle sopra riportate, un fattore importante che viene preso in

considerazione è l'indice di resistenza alle correnti superficiali, PTI (Proof Tracking Index). Si tratta di un parametro cruciale nella classificazione dei materiali isolanti, poichè sta ad indicare la tensione di prova che il materiale è in grado di sopportare senza che si formino delle tracce, ovvero percorsi di corto circuito sulla sua superficie, che potrebbero portare a un deterioramento dell'isolamento.

I requisiti di distanziamento tra parti attive sono un argomento fondamentale nella realizzazione degli apparecchi illuminanti, e in generale per tutti i dispositivi elettrici. Questo perchè, considerando il caso di perdita dell'isolamento principale, avendo un ulteriore isolamento supplementare, si ipotizza che, andando ad utilizzare lo strumento di prova, chiamato "sonda di prova" o più comunemente "dito di prova", toccando il case esterno del prodotto questo non dovrà essere in tensione.

2.4 Grado di protezione IP

Uno degli aspetti fondamentali per garantire la sicurezza, la durata e l'affidabilità dei sistemi è la corretta scelta del grado di protezione IP, il quale abbiamo anticipato essere uno dei requisiti principali per un dispositivo di classe II. Il grado IP definisce la capacità di un involucro di proteggere il materiale elettrico al suo interno, garantendone la sicurezza e la funzionalità in diversi ambienti, generalmente indicato con due cifre caratteristiche più eventuali due lettere (addizionale e supplementare).

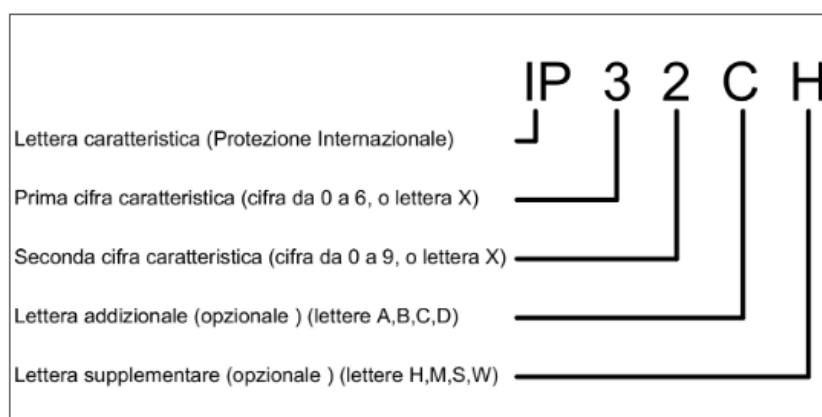


Figura 2.1: Esempio di struttura del codice IP

Il codice IP è così strutturato:

- Prima cifra: grado di protezione contro l'ingresso di corpi solidi e polvere. Indica la capacità dell'involucro di impedire l'ingresso di oggetti, polvere o contatti accidentali. Va da 0 (nessuna protezione) a 6 (protezione totale contro la polvere).
- Seconda cifra: grado di protezione contro l'ingresso di liquidi e umidità. Indica il livello di resistenza alla penetrazione dell'acqua sotto varie forme: gocce, spruzzi, getti o immersione. Va da 0 (nessuna protezione) a 8 (protezione da immersione prolungata). Esistono anche classificazioni aggiuntive come IPX9K per ambienti industriali con lavaggio ad alta pressione.
- Lettera addizionale: da usarsi qualora la protezione delle persone contro il contatto con parti pericolose sia superiore a quella della protezione contro l'ingresso dei corpi solidi richiesta dalla prima cifra caratteristica.
- Lettera supplementare: per fornire ulteriori informazioni relative al materiale.

Questo codice consente di sapere fino a che punto un dispositivo elettrico è protetto contro l'ingresso di polvere, strumenti, dita, particelle o acqua. La classificazione

IP è uno dei parametri più importanti per valutare l' idoneità di un componente in base all'ambiente in cui sarà installato.

Elemento	Cifra o lettera	Significato per la protezione dell'apparecchiatura	Significato per la protezione delle persone
Lettera caratteristica	IP	-	-
Prima cifra caratteristica		Contro la penetrazione di corpi solidi estranei	Contro l'accesso a parti pericolose
	0	(non protetto)	(non protetto)
	1	≥ 50 mm di diametro	Dorso della mano
	2	≥ 12,5 mm di diametro	Dito
	3	≥ 2,5 mm di diametro	Attrezzo
	4	≥ 1,0 mm di diametro	Filo
	5	Protetto contro la polvere	Filo
	6	Totalmente protetto contro la polvere	Filo
Seconda cifra caratteristica		Contro la penetrazione di acqua con effetti dannosi	
	0	(non protetto)	
	1	Caduta verticale	
	2	Cadute di gocce d'acqua (inclinazione 15°)	
	3	Pioggia	
	4	Spruzzi d'acqua	
	5	Getti d'acqua	
	6	Onde o getti d'acqua potenti	
	7	Immersione temporanea	
	8	Immersione continua	
	9	Getti d'acqua a pressione e temperatura elevati	

Figura 2.2: Tabella dei valori di protezione

Dunque, prendendo come esempio un grado IP in cui la prima cifra caratteristica corrisponde ad un 3, sta ad indicare che l'involucro è in grado di proteggere il dispositivo da tutti i corpi solidi estranei aventi diametro maggiore o uguale a 2,5 mm. Andiamo a riportare, in fig. 2.3, le diverse combinazioni di protezione contro i corpi solidi e l'ingresso di acqua.

		Seconda cifra caratteristica									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Nessuna protezione	Caduta d'acqua verticale	Caduta di gocce d'acqua a 15°	Pioggia	Spruzzi d'acqua	Getti d'acqua	Onde o getti d'acqua potenti	Immersione temporanea	Immersione continua	Getti d'acqua a pressione e temperature elevati
Prima cifra caratteristica	0	IP00									
	1	IP10	IP11	IP12							
	2	IP20	IP21	IP22	IP23						
	3	IP30	IP31	IP31	IP33						
	4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44					
	5	IP50	IP51	IP52	IP53	IP54	IP55	IP56	IP57		
	6	IP60	IP61	IP62	IP63	IP64	IP65	IP66	IP67	IP68	IP69

Figura 2.3: Combinazioni e significati dei gradi di protezione IP

Nel caso specifico dell'illuminazione pubblica, il grado di protezione IP tipicamente richiesto è IP65. Dunque, i dispositivi elettrici utilizzati in tale ambito saranno protetti totalmente dall'ingresso della polvere e protetti dai getti d'acqua.

Capitolo 3

Certificazioni

L'obiettivo principale di questo lavoro è quello di verificare se sia possibile ottenere la certificazione di classe II di isolamento per un apparecchio illuminante che nasce originariamente in classe I e che, in una fase successiva, è stato modificato per essere reso conforme alla classe II mediante l'implementazione di un doppio isolamento e la rimozione del morsetto di terra. Nel caso in cui questa procedura sia ammissibile, si vuole andare a studiare il ruolo e l'importanza degli enti che si occupano di certificare il prodotto modificato.

Il seguente capitolo si occuperà del ruolo degli enti di certificazione, i quali, attraverso delle prove di verifica, rilasceranno documenti certificando la sicurezza, l'affidabilità e la conformità dei prodotti immessi sul mercato.

3.1 Enti di certificazione e laboratori di consulenza

Come riportato nell'introduzione del seguente capitolo, la funzione primaria di questi organismi di certificazione è garantire che i dispositivi elettrici immessi sul mercato rispettino gli standard di sicurezza, verificati attraverso prove tecniche di

laboratorio, e siano conformi alle normative tecniche e legali vigenti.

Un organismo di certificazione (OdC) è indispensabile quando un'azienda deve mettere in commercio attrezzature che devono sottostare a precise norme. Il loro compito non è quello di progettare e realizzare prodotti per conto di aziende, ma la loro funzione è unicamente quella di verificare se siano state seguite tutte le leggi di riferimento per quel preciso settore. Inoltre, l'OdC non fornisce servizi di consulenza e non si occupa di commercializzare ciò che certifica. Nel momento in cui un'azienda si rivolge a uno specifico OdC, quest'ultimo potrà solamente eseguire le prove sul prodotto affidatogli. Ciò significa che, a seguito delle diverse prove di verifica, presentano i problemi rilevati senza però fornire la soluzione tecnica nel caso di non conformità. Per la consulenza e la risoluzione dei problemi, le aziende vengono indirizzate in specifici laboratori di consulenza in cui svolgere le attività di prova fino al rilascio della Dichiarazione di Conformità.

Per fornire le certificazioni un organismo deve necessariamente essere accreditato presso enti riconosciuti dallo Stato. In Italia il punto di riferimento è Accredia – Ente Italiano di Accreditamento, sul cui sito viene riportato che *"La validità di un prodotto viene attestata dal certificato di conformità rilasciato dall'organismo di certificazione accreditato che ha svolto l'attività di valutazione. Il certificato di prodotto garantisce che il prodotto certificato è conforme ad una norma o specifica. A seconda della tipologia dello schema di certificazione adottato dall'organismo, la conformità del prodotto attestata può interessare un singolo elemento della produzione, un singolo lotto o tutti i lotti prodotti a valle della certificazione stessa. Per garantire che la conformità venga mantenuta nel tempo, l'organismo può operare mediante verifiche di conformità (test e/o ispezioni e/o audit) successive all'emissione del certificato."*

Documenti e certificazioni per l'immissione sul mercato

Da un punto di vista burocratico e legale, il costruttore deve redigere la Dichiarazione di Conformità, attraverso la quale si assume la responsabilità della adeguatezza del prodotto ai requisiti di sicurezza, con l'ausilio di laboratori di prova. Questi ultimi, affiancheranno il costruttore realizzando un fascicolo tecnico che dovrà essere conservato insieme alla Dichiarazione di Conformità. All'interno del fascicolo tecnico dovranno essere riportati:

- descrizione complessiva del prodotto;
- disegni dettagliati del dispositivo e degli schemi dei circuiti di comando;
- documentazione relativa alla valutazione dei rischi;
- le norme e le altre specifiche tecniche applicate per il rispetto dei requisiti di sicurezza e salute;
- istruzioni del prodotto;
- test report, frutto di prove eseguito sul dispositivo da un ente di certificazione autorizzato.

Una volta realizzato il fascicolo tecnico, il costruttore potrà redigere la Dichiarazione di Conformità nella quale dovrà riportare le caratteristiche del prodotto, come ad esempio la classe di isolamento, e le norme che ha applicato per la realizzazione e successiva verifica del prodotto.

L'atto finale per l'immissione sul mercato del prodotto è il rilascio della Marcatura CE, attraverso la quale il fabbricante dichiara che il prodotto è conforme a tutte le Direttive Europee pertinenti, inclusi i requisiti di sicurezza relativi alla Classe II di isolamento.

Passaggio da Classe I a Classe II di isolamento

Abbiamo già definito come la modifica di un prodotto, originariamente in Classe I di isolamento, alla Classe II sia il tema centrale. Modificare un dispositivo, mediante l'implementazione di un doppio isolamento e la contemporanea rimozione del morsetto di terra, comporterà il fatto che, chiaramente, il prodotto non sarà più lo stesso. Dovranno dunque essere nuovamente ripetuti gli iter di certificazione per dichiarare la conformità del prodotto a tutti i requisiti di sicurezza e salute definiti dalle normative. In particolare, la modifica porterà ad una variazione del fascicolo tecnico, del foglio delle istruzioni e della Marcatura CE.

La ripetizione delle prove di verifica è dovuta al fatto che il fabbricante non può autocertificare il dispositivo modificato, ovvero non è autorizzato a dichiarare che il prodotto, originariamente in Classe I, sia conforme ai requisiti richiesti per la Classe II. Saranno dunque necessarie nuove documentazioni e una nuova Marcatura CE per dichiarare che, il prodotto così realizzato, rispetta tutti i requisiti richiesti dalle normative.

Il prodotto ottenuto dovrà rispondere ai requisiti principali della Classe II, ovvero:

- Doppio isolamento;
- Requisiti di distanziamento tra parti attive tali per cui vengano rispettate le distanze conformi alla Classe II;
- Requisiti costruttivi;
- Grado di protezione IP.

3.2 Dichiarazione di Conformità

La Dichiarazione di Conformità, detta anche DICO, è un documento rilasciato dal fabbricante che attesta che l'apparecchio di illuminazione o il dispositivo elettrico,

nel nostro caso specifico in Classe II, è stato realizzato in conformità ai requisiti di sicurezza delle Direttive europee pertinenti. La documentazione dovrà essere rilasciata secondo:

- la Direttiva 2014/35/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relativa alla messa a disposizione sul mercato del materiale elettrico destinato a essere adoperato entro taluni limiti di tensione;
- la Direttiva 2014/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica.

Nelle Direttive appena citate vengono riportati gli obblighi dei fabbricanti, ovvero coloro che fabbricano il dispositivo, o che lo fanno progettare o fabbricare, e che lo commercializzano con il proprio nome o marchio commerciale.

- All'atto dell'immissione del materiale elettrico sul mercato, i fabbricanti assicurano che sia stato progettato e fabbricato conformemente ai requisiti di sicurezza.
- I fabbricanti devono presentare la documentazione tecnica e successivamente far eseguire le verifiche di prova. Se il prodotto risulta conforme alle disposizioni delle normative tecniche, i fabbricanti potranno redigere una DICO e apporre la marcatura CE.
- I fabbricanti devono conservare la documentazione tecnica e la DICO per dieci anni dalla data in cui il materiale elettrico è stato messo sul mercato.
- I fabbricanti garantiscono che siano predisposte le procedure necessarie affinché la produzione in serie continui a essere conforme alle normative.

- Sul materiale elettrico deve essere apposto un numero di tipo, di lotto o di serie che ne consenta l'immediata identificazione.
- I fabbricanti indicano sul materiale il loro nome, il loro marchio registrato e il loro indirizzo postale al quale possono essere ricontattati.

Secondo la Direttiva Bassa Tensione 2014/35/UE, le apparecchiature elettriche devono essere progettate e fabbricate tenendo conto che:

- le caratteristiche del dispositivo elettrico devono essere riportate sul materiale stesso oppure, qualora non fosse possibile, su un documento che l'accompagna;
- il dispositivo elettrico e le sue parti costitutive sono costruiti in modo da poter essere assemblati e collegati in maniera sicura ed adeguata;
- le persone e gli animali siano adeguatamente protetti dal pericolo di lesioni fisiche che possono derivare da contatti diretti o indiretti;
- non devono prodursi sovratemperature, archi elettrici o radiazioni che possano causare un pericolo;
- l'isolamento sia proporzionato alle sollecitazioni prevedibili.

Tenendo conto, invece, della Direttiva 2014/30/UE, le apparecchiature devono essere progettate e fabbricate in modo tale che:

- le perturbazioni elettromagnetiche prodotte non superino il livello al di sopra del quale le apparecchiature radio e di telecomunicazione non possono funzionare normalmente;
- presentino un livello di immunità alle perturbazioni elettromagnetiche prevedibili in base all'uso al quale sono destinate che ne consenta il normale funzionamento senza deterioramenti inaccettabili.

Secondo le Direttive, una Dichiarazione di Conformità UE deve obbligatoriamente contenere le seguenti voci:

1. Modello di apparecchio/prodotto (numero di prodotto, tipo, lotto o serie)
2. Nome e indirizzo del fabbricante o del suo rappresentante autorizzato
3. La presente dichiarazione di conformità è rilasciata sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante
4. Oggetto della dichiarazione (identificazione del progetto che ne consenta la rintracciabilità)
5. L'oggetto della dichiarazione di cui sopra è conforme alla pertinente normativa di armonizzazione dell'Unione
6. Riferimento alle pertinenti norme armonizzate utilizzate, compresa la data delle norme, o riferimenti alle altre specifiche tecniche in relazione alle quali è dichiarata la conformità, compresa la data delle specifiche
7. Se del caso, l'organismo notificato ... (denominazione, numero) ha effettuato ... (descrizione dell'intervento) e rilasciato il certificato
8. Informazioni supplementari
9. Luogo e data del rilascio
10. Firma

Si riporta, in Fig. 3.1, un esempio di Dichiarazione di Conformità UE.



Dichiarazione di conformità

Il sottoscritto:	
In qualità di legale rappresentante della ditta:	registrata con il numero:
con sede in Sede:	
Partita IVA:	
Numero UDI-DI di base:	
Dichiara	
che il prodotto:	
Modello e codice:	
Anno di costruzione:	Classe del dispositivo
Lotto di produzione:	
È stato costruito rispettando le seguenti leggi e norme:	
<ul style="list-style-type: none"> Regolamento (UE) 2017/745 relativo ai Dispositivi Medici Direttiva 2014/35/UE nota come "Direttiva Bassa Tensione"; Direttiva 2014/30/UE nota come "Direttiva sulla Compatibilità Elettromagnetica"; Direttiva 2014/53/UE nota come "Direttiva RED" Direttiva 2011/65/CE nota come RoHS Direttiva 2012/19/UE nota come "RAEE" Direttiva 2009/125/CE relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia Direttiva 2001/95/CE relativa alla Sicurezza Generale dei Prodotti Norma UNI CEI EN ISO 14971:2012 – Dispositivi medici – Applicazione della gestione dei rischi ai dispositivi medici. Norma IEC 61882:2016 metodo di analisi dei rischi secondo il metodo HAZOP. 	
Ed è quindi conforme alle leggi e normative vigenti.	
La presente dichiarazione di conformità è rilasciata sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante.	
Luogo:	Firma:
Data:	
Rev. 0	



La corretta costituzione del fascicolo tecnico, così come i documenti preparati da _____, sono stati verificati dall'ing. _____

Figura 3.1: Esempio di Dichiarazione di Conformità UE

La dichiarazione di conformità per apparecchi elettrici è redatta da un'impresa abilitata, firmata dal titolare o dal legale rappresentante e dal responsabile tecnico dell'impresa stessa. L'impresa che esegue i lavori è la principale responsabile della redazione del documento, mentre il responsabile tecnico è colui che deve possedere i requisiti professionali richiesti (ingegnere elettrico o perito elettrotecnico) e che deve firmare la DICO. Invece, per la progettazione dell'impianto e non del singolo componente elettrico è necessaria la progettazione di un professionista iscritto all'albo, che si occupa di redigere il progetto prima della realizzazione.

3.3 Marcatura CE

Tutti i dispositivi elettrici, prima di poter essere messi in commercio, richiedono la marcatura CE. Il marchio attesta che il prodotto è stato valutato dal produttore e che si ritiene rispetti i requisiti previsti dall'UE in materia di sicurezza, salute e tutela dell'ambiente.

Nel nostro caso specifico, ovvero dispositivi elettrici di Classe II, la marcatura CE implica che il fabbricante ha eseguito tutti i test e le verifiche necessarie per confermare che il doppio isolamento o l'isolamento rinforzato sia effettivamente in grado di fornire la protezione richiesta contro i contatti indiretti.

La responsabilità di dichiarare la conformità con tutti i requisiti ricade esclusivamente sul produttore. Non occorre una licenza per apporre la marcatura CE sul prodotto, ma prima di farlo bisogna:

- garantire la conformità con tutti i requisiti pertinenti a livello dell'UE;
- stabilire se la valutazione del prodotto può essere effettuata in proprio o se occorre coinvolgere un organismo notificato;
- preparare un fascicolo tecnico che documenti la conformità;

- redigere e firmare una Dichiarazione di Conformità UE.

Dunque, come già anticipato, la marcatura CE è l'atto finale nel percorso di conformità e consiste in un marchio che deve essere visibile, leggibile e indelebile sull'apparecchio o sulla targhetta. Qualora non sia possibile o la natura dell'apparecchio non lo consenta, essa è apposta sul suo imballaggio e sui documenti di accompagnamento.

Si riporta, in fig. 3.2, il simbolo caratteristico della marcatura CE.

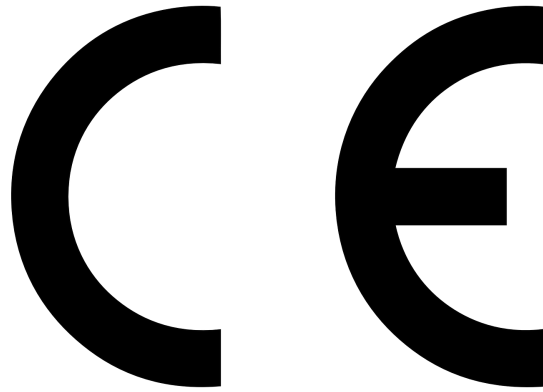


Figura 3.2: Simbolo Marcatura CE

Entrambe le lettere devono avere la stessa dimensione verticale e non devono essere inferiori a 5 mm (se non diversamente specificato nei corrispondenti requisiti del prodotto).

Per concludere, la marcatura CE non ha un periodo di validità, non ha dunque una scadenza. Tuttavia, se il prodotto viene modificato o se le direttive vengono modificate, bisognerà aggiornare la versione della Dichiarazione di Conformità e rilasciare una nuova marcatura CE.

3.4 Prove di verifica

Da quanto scritto finora in merito alle certificazioni, risulta che le verifiche di prova sui dispositivi elettrici ricoprono un ruolo fondamentale nel fascicolo tecnico che il produttore deve compilare prima di poter apporre la marcatura CE al prodotto e immetterlo sul mercato. Le prove di verifica non rappresentano però solo un requisito burocratico, ma un processo di verifica della sicurezza, dell'affidabilità e della conformità normativa del prodotto.

Nella norma CEI 60598-1 vengono riportate le seguenti prove da svolgere sul dispositivo elettrico:

- Misura della resistenza di isolamento
- Prova di rigidità dielettrica
- Prove di durata e di riscaldamento
- Misura della resistenza al calore, al fuoco e alle correnti superficiali

3.4.1 Misura della resistenza di isolamento

La resistenza di isolamento deve essere misurata tra ogni conduttore attivo e il conduttore di protezione connesso a terra o tra conduttori differenti. Viene misurata applicando una tensione continua tramite un apposito strumento chiamato megaohmetro, o più comunemente megger, uno strumento portatile progettato per testare resistenze estremamente elevate producendo una tensione compresa tra 50 e 15000 V, a seconda del modello scelto. Il tester è sostanzialmente un misuratore di resistenza ad alta gamma con un generatore CC incorporato. Il generatore dello strumento, che può essere azionato a mano, a batteria o collegato alla rete, sviluppa una tensione continua elevata che provoca diverse piccole correnti attraverso e sulle superfici dell'isolamento sottoposto a test. La corrente totale viene misurata

e conoscendo la tensione applicata all'isolante per lo svolgimento del test, viene ricavata la resistenza d'isolamento corrispondente.

La verifica della resistenza di isolamento serve a verificare lo stato di salute dei materiali isolanti identificando invecchiamento, umidità o difetti di cablaggio che causano pericolose dispersioni di corrente. Durante la prova, devono essere sconnessi i seguenti componenti:

- condensatori in parallelo;
- condensatori posti tra le parti attive e le parti metalliche accessibili;
- dispositivo a impedenza di protezione;
- trasformatori connessi tra parti attive;
- dispositivi di protezione dalle sovratensioni.

Una volta collegato il megger, viene applicata una tensione continua dal valore di 500 V per circa un minuto e viene poi misurata la resistenza di isolamento. Mentre, per i sistemi SELV o PELV viene applicata una tensione continua di 100 V.

La resistenza di isolamento viene riportata in $M\Omega$ e il suo valore non deve essere inferiore a quelli riportati nella seguente Tab.3.1.

Tabella 3.1: Valori minimi della resistenza d isolamento. Fonte: [CEI 60598-1]

Insulation of parts	Minimum insulation resistance		
	MΩ		
	Class I luminaires	Class II luminaires	Class III luminaires
SELV/PELV:			
Between current-carrying parts of different polarity	A	A	A
Between current-carrying parts and the mounting surface ^a	A	A	A
Between current-carrying parts and metal parts of the luminaire ^c	A	A	A
Between the outer surface of a flexible cord or cable where it is clamped in a cord anchorage and accessible metal parts	A	A	A
Insulating bushings as described in Clause 8	A	A	A
Other than SELV/PELV:			
Between hazardous live parts of different polarity	B	B	-
Between hazardous live parts and the mounting surface ^a	B	B and C, or D	-
Between hazardous live parts and metal parts of the luminaire	B	B and C, or D	-
Between hazardous live parts which can become of different polarity through action of a switch	B ^b	B ^b	-
Between the outer surface of a flexible cord or cable where it is clamped in a cord anchorage and accessible metal parts	B	C	-
Insulating bushings as described in Clause 8	B	C	-
A Basic insulation for voltages of SELV/PELV	1		
B Basic insulation for voltages other than SELV/PELV	2		
C Supplementary insulation	2		
D Double or reinforced insulation	4		

3.4.2 Prova di rigidità dielettrica

La prova di rigidità dielettrica, anche chiamata hipot test (high potential test), serve a verificare che l'isolante sia in grado di sopportare sovratensioni accidentali senza rompersi e causare cortocircuiti o folgorazioni. La prova permette di:

- identificare difetti di fabbricazione come distanze di isolamento insufficienti o presenza di impurità nei materiali;

- prevenire rischi di scosse;

- verificare l'invecchiamento andando a verificare che l'isolante non si sia degradato a causa di calore, umidità o usura.

La prova consiste nell'applicazione di una tensione di prova, notevolmente superiore alla tensione nominale di funzionamento, per un periodo di tempo definito, tipicamente 60 secondi, tra le parti attive e le parti metalliche accessibili. La normativa CEI 60598-1 prevede l'applicazione di una tensione in corrente alternata ad una frequenza di 50 Hz o 60 Hz.

Riportiamo di seguito la Tab.3.2 con i valori delle tensioni di prova per i rispettivi casi.

Tabella 3.2: Tensioni di prova per la verifica della rigidità dielettrica. Fonte: [CEI 60598-1]

Insulation of parts	Test voltage V		
	Class I luminaires	Class II luminaires	Class III luminaires
SELV/PELV:			
Between current-carrying parts of different polarity	A	A	A
Between current-carrying parts and the mounting surface ^a	A	A	A
Between current-carrying parts and metal parts of the luminaire ^d	A	A	A
Between the outer surface of a flexible cord or cable where it is clamped in a cord anchorage and accessible metal parts	A	A	A

Insulation of parts	Test voltage V		
	Class I luminaires	Class II luminaires	Class III luminaires
Insulating bushings as described in Clause 8	A	A	A
Other than SELV/PELV:			
Between hazardous live parts of different polarity	B	B	-
Between hazardous live parts and the mounting surface ^a	B	B and C, or D ^e	-
Between hazardous live parts and metal parts of the luminaire	B	B and C, or D ^e	-
Between hazardous live parts which can become of different polarity through action of a switch	B ^c	B ^c	-
Between the outer surface of a flexible cord or cable where it is clamped in a cord anchorage and accessible metal parts	B	C	-
Insulating bushings as described in Clause 8	B	C	-
A Basic insulation for voltages of SELV/PELV	500		
B Basic insulation for voltages other than SELV/PELV	$2U^b + 1\,000$		
C Supplementary insulation	$2U^b + 1\,000$		
D Double or reinforced insulation	$4U^b + 2\,000$		
^a The mounting surface is covered with metal foil for the purpose of this test. ^b U in this case is the nominal line-to-neutral voltage of the neutral-earthed supply system. Advice can be found in IEC 60664-1. ^c During the test, the switch can influence the result. In the case of electronic disconnection according to IEC 61058-1:2016, 7.14.1 or micro disconnection according to IEC 61058-1:2016, 7.14.2, it can be necessary to remove the switch from the circuit. ^d This requirement does not exclude the connection of the PELV circuits to earth for functional purposes. ^e This table gives details for the situations where no electrical insulation is provided between the mains supply and output circuits of the controlgear. Where the controlgear provides basic or double or reinforced insulation from the mains supply, the required insulation from the hazardous live part to the accessible part, including the mounting surface, may be different. As a consequence of the requirements according to Table T.1, the test voltage may be modified.			

Come si può vedere, la tensione di prova viene stabilita raddoppiando il valore della tensione nominale di funzionamento a cui andranno sommati altri 1000 V. La prova non viene superata se durante il test si verificano scariche disruptive, come innesco, cedimento o perforazione dell'isolante.

Nel campo dell'illuminazione pubblica questo risulta essere un test fondamentale in quanto, essendo apparecchi installati all'aperto, soggetti a umidità, sbalzi termici e sovratensioni atmosferiche, questa prova garantisce che l'isolamento sia in grado di prevenire folgorazioni e garantire la sicurezza.

Volendo fare un paragone con la verifica della resistenza di isolamento, questa risulta essere una prova più stressante in quanto spinge l'isolante al limite per verificarne la tenuta meccanica ed elettrica.

3.4.3 Prova di durata

La prova di durata, o prova di resistenza, prevede di sottoporre le lampade e gli apparecchi di illuminazione a diversi cicli di funzionamento andando a simulare diverse condizioni termiche. Al termine dei cicli, per superare il test, la lampada non deve presentare danni, come la fusione dei materiali isolanti o deformazioni, o l'allentamento delle connessioni elettriche.

Per eseguire il test, il corpo illuminante viene posto in una camera termica all'interno della quale si trovano dispositivi in grado di monitorare la temperatura. La temperatura all'interno della camera in cui viene svolto il test deve rimanere in un range di ± 2 °C rispetto ad una temperatura che deve essere stabilita come $t_a + 10$ °C, dove la temperatura ambiente t_a viene tipicamente posta a 25 °C a meno di particolari condizioni.

Una volta raggiunta la temperatura prestabilita, la lampada viene sottoposta a 7 cicli di lavoro, acceso/spento, della durata di 24 h ciascuno per un totale di 168 h. L'apparecchio viene alimentato a una tensione compresa tra il 105 e il 110 % della sua tensione nominale. In ciascuno di questi cicli di funzionamento, l'apparecchio viene alimentato per 21 h e disconnesso poi dall'alimentazione per le restanti 3 h. Nello specifico, per i primi 6 cicli di lavoro la lampada verrà testata nelle normali condizioni di funzionamento, come abbiamo detto, alimentata ad un valore leggermente superiore a quello della tensione nominale, mentre durante il settimo ciclo di funzionamento sarà alimentata con una tensione pari al 130 % della tensione nominale, in modo da essere sottoposta ad una condizioni di funzionamento anomala.

Se durante uno dei cicli il dispositivo cessa di funzionare a causa del cedimento di una delle sue parti, questa dovrà essere sostituita e si potrà riprendere con lo svolgimento del test. Al termine delle prove, la lampada avrà superato il test se tutte le sue parti non presenteranno danni o deformazioni e di conseguenza l'apparecchio illuminante verrà considerato idoneo.

3.4.4 Prova termica

La prova termica viene svolta per verificare che le lampade e gli apparecchi di illuminazione non raggiungano temperature pericolose durante il loro funzionamento causando guasti ai componenti o evitando rischi di incendio.

Anche per questa prova, il dispositivo viene posto in una camera termica al cui interno viene stabilizzata la temperatura ad un valore tipicamente di 25 °C, e perchè possa svolgersi il test può essere accettato solamente lo scarto di ± 1 °C rispetto alla temperatura prestabilita. Le misurazioni non possono essere svolte fino a che la lampada non ha raggiunto il regime termico, ovvero quando l'aumento della temperatura non supera 1 °C in un'ora. Definita questa condizione, si potrà procedere al rilevamento delle temperature dei vari punti critici come possono essere morsettiere, cavi, superficie di montaggio e involucro esterno. Nello specifico, in Tab.3.3 vengono riportati i valori massimi di temperatura che possono sostenere i componenti principali di una lampada e in Tab. 3.4 le temperature massime che possono sopportare i materiali comunemente utilizzati per la realizzazione degli apparecchi illuminanti. Il test è superato se il valore rilevato non supera di più di 5 °C il valore riportato in tabella. Se uno dei componenti presenterà deterioramento a seguito del test e un valore di temperatura eccessivo, questo dovrà essere sostituito e il test dovrà essere ripetuto.

Tabella 3.3: Temperature massime dei componenti principali. Fonte: [CEI 60598-1]

Part	Maximum temperature °C
Lamp caps	As specified in the appropriate IEC lamp standard^a
Windings in ballasts or transformers with r_w marking	r_w
Case (of capacitor, starting device, electronic controlgear or converter, LED module, etc.)	
If r_c is marked	r_c^b
For capacitor if r_c is not marked	50
Windings in transformers, motors, etc., if the winding insulation system according to IEC 60085 is:	
– of class A material ^c	100
– of class E material ^c	115
– of class B material ^c	120
– of class F material ^c	140
– of class H material ^c	165
Insulation of wiring:	See Table 22 and 14.4.3, items b) and c)
Contacts of ceramic lampholders and insulating material of lampholders and starterholders:	
T1 or T2 marked (B15 and B22) ^d (IEC 61184)	165 for T1 and 210 for T2
Other types with T marking	
(IEC 60238, IEC 60400, IEC 60838 series ^e and IEC 61184)	T marking
Other types without T marking	
(E14, B15) (IEC 60238 and IEC 61184)	135
(E27, B22) (IEC 60238 and IEC 61184) (E26)	165
(E40) (IEC 60238) (E 39)	225
Fluorescent lampholders, starterholders and miscellaneous lampholders without T marking (IEC 60400 and IEC 60838 series ^e)	80
Switches marked with individual ratings:	
With T marking	T marking
Without T marking	55
Switches that comply with IEC 60669-1 or IEC 60669-2-1	35 ^h
Other parts of the luminaire (according to material and use):	See Table 22 and 14.4.3, item b)
Mounting surface:	
Normally flammable surface	90
Non-combustible surface	Not measured
Means of adjustment and its surrounding space ^f	
Metal parts	60
Non-metal parts	75
Objects lighted by spotlights (see 14.4.2 j));	90 (of test surface)
Track (for track-mounted luminaires)	As stated by the track manufacturer ^g

Part	Maximum temperature °C
Lamp caps	As specified in the appropriate IEC lamp standard^a
Plug-in independent controlgear:	
– case parts intended to be gripped by hand	75
– plug/socket interface	70
– all other parts	85
Replaceable glow-starting devices	80 ^f
Surface of recessed luminaires above suspended ceiling, covered with thermal insulating material	90
<p>^a For luminaires marked with information concerning the use of special lamps, or if it is obvious that special lamps are to be used, a higher value, as specified by the lamp manufacturer, is allowed. IEC 60357 and IEC 60682 provide information for the measurement of pinch temperature for tungsten-halogen lamps. These measurements are required for performance criteria of lamps and not safety criteria of the luminaire. (Single-capped fluorescent lamps are excluded from being measured under normal operation test conditions, see Table 23).</p> <p>This does not apply to lamps covered by the scope of IEC 60432-2. The relevant information in this document for luminaire design shall be observed.</p> <p>^b Measured at the given reference point marked by the device manufacturer.</p> <p>^c The material classification is in accordance with IEC 60085 and the IEC 60216 series.</p> <p>^d Temperature measured on the rim of a corresponding cap.</p> <p>^e For bi-pin lampholders, in case of doubt, the average of the contact temperature measurements should be used.</p> <p>^f For adjustable luminaires where the mounting instructions provide clear guidance to mount out of reach, and for settable luminaires, the temperature limits for the means of adjustment are not applicable.</p> <p>^g For measuring conditions for the track temperature, see IEC 60570:2003, 12.1.</p> <p>^h This temperature limit is the ambient temperature measured as close as possible to the switch.</p> <p>ⁱ This temperature limit is for performance and is not a safety recommendation.</p>	

Tabella 3.4: Temperature massime dei materiali comunemente utilizzati per le lampade. Fonte: [CEI 60598-1]

Part	Maximum temperature °C
Insulation of wiring (internal and external), supplied with luminaire ^b :	
Glassfibre silicone-varnish impregnated	200 ^a
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	250
Silicone rubber (not stressed)	200
Silicone rubber (compressive stress only)	170
Rubber or ordinary polyvinyl chloride (PVC)	90 ^a
Heat-resisting polyvinyl chloride (PVC)	105 ^a
Ethylene vinyl acetate (EVA)	140 ^a
Insulation of fixed wiring (as a fixed part of the installation not supplied with the luminaire) ^a :	
Unsleeved	90 ^c
Appropriate sleeving supplied with the luminaire	120

Part	Maximum temperature °C
Thermoplastics:	
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	95
Cellulose acetate butyrate (CAB)	95
Polymethyl methacrylate (acrylic)	90
Polystyrene	75
Polypropylene	100
Polycarbonate	130
Polyvinyl chloride (PVC) (where not used for electrical insulation)	100
Polyamide (nylon)	120
Thermosetting plastics:	
Mineral-filled phenol-formaldehyde (PF)	165
Cellulose-filled phenol-formaldehyde (PF)	140
Urea-formaldehyde (UF)	90
Melamine	100
Glassfibre-reinforced polyester (GRP)	130
Other materials:	
Resin-bonded paper or fabric	125
Silicone rubber (where not used for electrical insulation)	230
Rubber (where not used for electrical insulation)	90
Wood, paper, textiles and the like	90
Permanent magnet used for luminaire or part of luminaire suspension	Maximum continuous working temperature declared by the magnet manufacturer
<p>^a Reduced by 15 °C where insulation is stressed, e.g. clamped or flexed.</p> <p>^b Cable specifications usually quote different maximum temperatures but these are based on continuous operating temperatures rather than the test conditions given in this document.</p> <p>^c This temperature is the maximum permitted under the artificial test conditions given in this table, for example draught-proof enclosure and test supply voltage above the rated value for the luminaire. It is important to note that, in some countries, the European installation standards and the European cable standards specify a temperature of 70 °C to be the maximum that PVC fixed wiring can sustain in normal continuous operation.</p>	

Capitolo 4

Analisi degli impianti di illuminazione pubblica nella città di Torino

Il seguente capitolo si apre analizzando l'evoluzione tecnologica che ha interessato l'illuminazione pubblica nel comune di Torino: dai primi lampioni a gas dell'Ottocento fino all'adozione dell'attuale tecnologia LED (Light Emitting Diode). Questa evoluzione ha portato notevoli vantaggi e ha ridefinito il concetto di gestione energetica della città. Si porrà, dunque, l'attenzione sulla tecnologia LED e sui principali vantaggi portati da essa, su tutti un notevole risparmio energetico e una riduzione delle emissioni di CO_2 .

A questo punto si affronterà il punto cruciale di questa stesura, ovvero sulla possibilità di rendere le lampade storiche conformi alle normative attuali. Torino, infatti, possiede un vasto parco di lanterne e bracci storici che definiscono l'estetica del centro cittadino. La sfida risiede nell'integrazione dei moduli LED all'interno di corpi illuminanti antichi senza andare a snaturare l'architettura iniziale o alterare

la percezione visiva delle piazze storiche.

4.1 Storia dell'illuminazione pubblica torinese

La città di Torino ha assunto nel corso del tempo la denominazione di Ville Lumière italiana. Tale accezione non è stata attribuita in modo casuale, ma a seguito di cambiamenti ed evoluzioni che l'illuminazione ha subito nelle strade e piazze del capoluogo piemontese.

La nascita dell'illuminazione pubblica a Torino può essere ricondotta al 1675 con l'uso di lanterne a sego tenute da pertiche fissate al muro. Successivamente, le pertiche sono state sostituite da bracci di ferro e nel 1782 da lampade all'olio.

Nel 1837 a Torino nacque la prima società italiana specializzata nella produzione di gas illuminante. La produzione contemplava una serie di apparecchi differenti: candelabri semplici o a bracci multipli nelle piazze o nelle vie principali, a braccio a parete nelle vie secondarie, lampioni appesi alle catene delle volte sotto i portici. Qualche anno dopo, agli inizi del 1846, dopo l'introduzione del più economico sistema ad alimentazione a gas, vennero sostituiti i lampioni ad olio con i lampioni a gas. Questi venivano accesi ogni sera manualmente da operai addetti, i lampionai. La luce a gas rappresentò il primo vero passaggio verso la sicurezza urbana notturna, ma la resa luminosa era scarsa e i costi di manutenzione altissimi.

Tra la fine dell'800 e gli inizi del '900 si può assistere all'avvento dell'elettricità. In particolare, nel 1884 viene inaugurato, in occasione dell'Esposizione Generale Italiana, il primo impianto di illuminazione elettrica grazie al quale fu illuminato il Teatro Regio e piazza Carlo Felice. Seguirà poi l'illuminazione di via Po, via Roma, piazza San Carlo e piazza Vittorio Emanuele. Con l'avvento dell'elettricità, il Comune, al fine di gestire direttamente i servizi pubblici, fonda nel 1907 l'Azienda Municipale Elettrica (AEM), con una conseguente diminuzione del prezzo dell'energia, la quale approvò il primo grande progetto di illuminazione pubblica

con la totale sostituzione dei lampioni a gas con le più aggiornate apparecchiature elettriche.

Il 1919 è un anno cruciale per l'illuminazione pubblica torinese poichè, il Capo del Servizio Tecnologico Municipale, ossia l'ingegner Peri, realizza il primo disegno globale ed organico di illuminazione elettrica della città. I lavori iniziarono nell'ottobre del 1920 con molte difficoltà dovute all'eccessivo costo dei materiali provenienti dall'estero. Nel 1923 l'impianto venne ultimato con l'installazione di tredicimila lampade. L'impianto, dunque, iniziò a prendere forma grazie ad una dorsale principale con la certezza che ulteriori sviluppi sarebbero stati apportati negli anni successivi. Infatti, dopo i primi cinque anni di attività, venne applicata un'importante innovazione tecnologica all'impianto. Tale tecnologia permetteva di attivare un comando unico centralizzato per l'accensione e lo spegnimento delle lampade a distanza, in sostituzione degli orologi presenti in ogni singola cabina. I criteri per l'illuminazione della città negli anni successivi rimasero immutati, diversamente dall'evoluzione tecnologica, che continuò la sua avanzata introducendo sul mercato nuovi fonti di luce: lampade a vapori di sodio (luce arancione), lampade a ioduri metallici, i vapori di mercurio a tubo fluorescente e a bulbo fluorescente ed altre ancora.

Si arriva così all'inizio degli anni Settanta dove si riscontra un diffuso potenziamento dei livelli di illuminamento e contemporaneamente viene rivolta particolare attenzione alle vie di grande scorrimento. Si assiste ad un progressivo impiego di lampade a scarica, scelta obbligata in seguito all'improvvisa crisi energetica. Nel 1973 l'AEM formulò un piano globale per la ristrutturazione dell'illuminazione urbana, denominato "Piano per il potenziamento dell'illuminazione pubblica di Torino", ed inoltre si occupò di sostituire e rinnovare alcuni impianti obsoleti.

Nel 1986 la città di Torino affida all'AEM l'intero servizio di illuminazione, con l'incarico di eseguire diversi esercizi di manutenzione, installazione e rinnovo degli

impianti di illuminazione pubblica. Nel 2013, l'AEM è stata incorporata da Iren Energia, la quale gestisce il servizio di illuminazione pubblica, il cui parco impianti è costituito da 115.000 punti luce, alimentati da una rete elettrica estesa per circa 2900 km.

Infine, l'ultimo decennio ha segnato un cambiamento radicale con la sostituzione massiva di migliaia di punti luce con la tecnologia LED.

4.2 Riqualificazione dell'illuminazione pubblica

La transizione alla tecnologia LED nell'illuminazione pubblica è un processo di ammodernamento che sostituisce vecchi corpi illuminanti con lampade LED ad alta efficienza, generando notevoli risparmi energetici e riducendo le emissioni di CO₂, grazie anche all'integrazione con sistemi di telecontrollo e smart city per la gestione intelligente e adattiva della luce in base alle necessità (traffico, meteo).

L'illuminazione pubblica è oggi una delle voci più consistenti della spesa energetica dei Comuni, tale spesa può essere ridotta grazie a interventi di efficienza energetica che, a parità di punti luce, possono ridurre i consumi fino al 40-60%. Realizzare interventi di riqualificazione dell'impianto di pubblica illuminazione, consente al Comune di ottenere benefici:

- energetici: la sostituzione delle armature stradali esistenti con apparecchi illuminanti utilizzando la tecnologia LED, consente di ottenere un significativo risparmio energetico (fino al 60% dei consumi);
- illuminotecnici: l'installazione di armature stradali LED, dotate di ottiche con capacità di regolare e indirizzare il flusso luminoso, permette di conseguire un miglioramento del comfort visivo e una consistente riduzione dell'inquinamento delle città;

- gestionali e di sicurezza: impianti nuovi e più efficienti, dotati di sistemi di automazione e telecontrollo, garantiscono una maggiore sicurezza sia per la circolazione stradale che pedonale, oltre ad abbattere i costi di gestione e ridurre gli interventi di manutenzione.

Nel caso specifico del Comune di Torino, nel 2019, Iren ha avviato il progetto "LED PER TORINO" per la sostituzione complessiva di 7.090 lampade di illuminazione pubblica con apparecchi a LED di nuova generazione, 12.000 lanterne semaforiche e oltre 400 centri di controllo degli incroci semaforizzati. L'investimento per tale progetto è stato di 14 milioni di euro che ha portato ad un risparmio energetico complessivo pari al 70% del consumo pre lavori, con una riduzione della bolletta energetica per le casse comunali di oltre 2 milioni di euro all'anno.

La nuova illuminazione pubblica LED di Torino ha portato importanti vantaggi alla Municipalità non solo in termini di riduzione dei costi energetici e di manutenzione, ma anche di attrattività. Attraverso l'intervento di riqualificazione, infatti, le aree della città sono illuminate in maniera uniforme e maggiormente fruibili da parte dei cittadini anche di notte per un miglioramento delle attività commerciali e della vita notturna.

Tale investimento ha portato benefici in diversi ambiti:

- riduzione dei costi: ottiche ad elevata efficienza energetica per un minore consumo annuo elettrico e manutenzione ridotta hanno portato un notevole risparmio alle casse comunali;
- maggiore sicurezza: Utilizzare un'illuminazione di qualità significa garantire maggiore sicurezza a viaggiatori e pedoni ed aumentare la vita notturna nelle aree pubbliche;
- riduzione delle emissioni di CO_2 : all'incirca 10.700 tonnellate di CO_2 prodotte in meno ogni anno;

- riduzione dello smaltimento delle lampade annuo.

4.2.1 Relamping

Con relamping si intende la sostituzione delle lampadine tradizionali con quelle a LED più efficienti dal punto di vista energetico. Nel caso di illuminazione pubblica le lampade da sostituire sono solitamente ai vapori di mercurio ad alta pressione e ai vapori di sodio ad alta e bassa pressione. Nella maggior parte dei casi si tratta di un intervento piuttosto semplice in cui è sufficiente la sostituzione della lampadina, ma se si sceglie di rinnovare l'intero sistema illuminate i vantaggi si moltiplicano. Il relamping offre vantaggi immediati, sia di tipo economico, sia dal punto di vista della qualità dell'illuminazione.

Convertendo l'illuminazione pubblica con apparecchi efficienti a LED si ottengono innumerevoli vantaggi sia per i cittadini che per le Pubbliche Amministrazioni che riescono ad avere importanti risparmi in termini di costi operativi, assicurando così un veloce ritorno dell'investimento, per città più efficienti e sicure. I motivi per scegliere di operare l'azione di relamping sono i seguenti:

- Riduzione dei costi operativi. Uno dei principali vantaggi dell'illuminazione pubblica LED è il ridotto consumo energetico: i LED consumano molto meno energia delle tradizionali lampade per offrire la stessa emissione luminosa. L'illuminazione LED, confrontata con fonti di illuminazione tradizionali, porta infatti a risparmi considerevoli. Inoltre, l'utilizzo dei LED nell'illuminazione pubblica ha modificato sensibilmente il concetto di manutenzione. L'illuminazione a LED, grazie ai recenti upgrade tecnologici, raggiunge e supera le 100.000 ore, ovvero oltre venti anni di funzionamento.
- Aumento della sicurezza. Scegliere di realizzare l'illuminazione pubblica a LED, sia che si tratti di illuminazione stradale, tunnel o anche di illuminazione per arredo urbano, porta innumerevoli vantaggi anche per i cittadini.

L'illuminazione pubblica a LED garantisce infatti un'elevata resa cromatica, che si traduce in un migliore rilevamento degli ostacoli per gli automobilisti o per la creazione di ambienti confortevoli anche di notte, come parchi e giardini pubblici.

- Riduzione delle emissioni di CO_2 . Un vantaggio dell'illuminazione pubblica a LED è quello di ridurre drasticamente le emissioni di anidride carbonica, principale causa dell'effetto serra. I lampioni a LED utilizzano molta meno energia rispetto alle sorgenti tradizionali, di conseguenza il consumo in kWh all'anno è decisamente inferiore e contribuisce alla riduzione della CO_2 , per città più ecosostenibili. Scegliere di convertire l'illuminazione pubblica a LED è dunque una valida strategia per la riduzione dei costi energetici e dell'impronta di carbonio sul pianeta.

L'illuminazione a LED è caratterizzata da un dispositivo optoelettrico che sfrutta la capacità di alcuni materiali semiconduttori di produrre fotoni attraverso un fenomeno di emissione spontanea, anziché tramite filamento o gas come per le lampade tradizionali. Questa tecnologia permette alla lampada di accendersi immediatamente attraverso un minimo passaggio di corrente, emettendo una luce priva di infrarossi ed ultravioletti. L'adeguamento dell'illuminazione pubblica esistente a quella LED può avvenire in due modalità:

- conservando il sostegno illuminante originale e sostituendo la tecnologia all'interno della lampada;
- sostituendo il sostegno con corpi illuminanti con tecnologia LED.

In entrambi i casi, l'intervento di relamping è sempre in grado di generare sempre notevoli risparmi e molteplici benefici. Come anticipato precedentemente, la tecnologia LED necessita di un minimo di passaggio di corrente per mettersi in funzione, nel caso dell'illuminazione pubblica, un corpo illuminante LED è in grado

di produrre la stessa quantità di luce di uno tradizionale richiedendo, però, solo la metà della corrente. Considerando anche che questi nuovi impianti hanno un limitato bisogno di manutenzione, è facile intuire come i costi si possano ulteriormente abbassare.

Un ulteriore aspetto a favore della tecnologia LED è legato al fatto che non inquina e non contiene sostanze pericolose. Infatti, è composto essenzialmente da polvere di silicio e non presenta altri gas nocivi o sostanze tossiche, a differenza delle lampade fluorescenti e delle lampade a scarica (alogenuri metallici e vapori di sodio). Non contenendo mercurio o altre sostanze pericolose per la salute dell'uomo, presentano uno smaltimento più semplice (pur essendo dei rifiuti RAEE) e sono riciclabili al 95%. Con la sigla RAEE si indicano i Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, ossia ciò che resta a fine vita di apparecchiature che per il funzionamento hanno avuto bisogno di correnti elettriche o di campi elettromagnetici. Un apparecchio per l'illuminazione pubblica a LED a fine vita è riciclabile quasi nella sua interezza (mediamente oltre il 95%) e non necessita di particolari processi di captazione di gas o di altri materiali inquinanti durante il suo smaltimento, ciò rappresenta un discreto vantaggio economico, sia per la realizzazione del processo stesso che per l'ambiente.

Si introducono ora i Criteri Ambientali Minimi (CAM), definiti dal Ministero dell'Ambiente, ovvero requisiti per le varie fasi del processo di acquisto nella pubblica amministrazione, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo tutto il suo ciclo di vita. Riferendosi all'illuminazione pubblica, ed in particolare alla tecnologia LED, nei casi in cui la fornitura è esclusivamente riferita ai moduli LED ed è separata da una contestuale fornitura del relativo apparecchio di illuminazione, il costruttore deve fornire le seguenti informazioni:

- dati tecnici essenziali: marca, modello, corrente tipica (o campo di variazione)

di alimentazione, tensione (o campo di variazione) di alimentazione, frequenza, potenza (o campo di variazione) di alimentazione in ingresso, potenza nominale, indicazione della posizione e relativa funzione o schema del circuito, valore della massima temperatura ammessa (t_c), tensione di lavoro massima;

- temperatura del modulo (t_p), ovvero la temperatura alla quale sono riferite tutte le prestazioni del modulo LED;
- flusso luminoso nominale emesso dal modulo LED (lm) in riferimento alla temperatura del modulo t_p e alla corrente di alimentazione del modulo previste dal progetto;
- efficienza luminosa (lm/W) iniziale del modulo LED alla temperatura t_p e alla temperatura t_c ;
- fattore di potenza per ogni valore di corrente previsto;
- indice di resa cromatica (Ra);

Inoltre vengono stabilite le efficienze luminose minime del modulo LED completo di sistema ottico e senza sistema ottico.

- Efficienza luminosa del modulo LED completo di sistema ottico [lm/W] 95
- Efficienza luminosa del modulo LED senza sistema ottico [lm/W] 110

Infine, il fattore di mantenimento del flusso luminoso e il tasso di guasto dei moduli LED.

- Fattore di mantenimento del flusso luminoso: L80 per 60.000 h di funzionamento. Significa che dopo 60.000 h di utilizzo il LED deve emettere l'80% del suo flusso luminoso iniziale.

- Tasso di guasto (%): B10 per 60.000 h di funzionamento. Indica la percentuale di moduli all'interno di un gruppo che smetterà di funzionare correttamente (o smetterà del tutto di emettere luce) entro un determinato numero di ore di funzionamento. In questo caso, si ha che, dopo 60.000 h di utilizzo, la percentuale di moduli che non raggiunge il flusso luminoso può essere al massimo pari al 10%.

4.3 Apparecchi di illuminazione di tipo storico

Nonostante nel corso degli anni ci siano stati innumerevoli cambiamenti in merito alla tecnologia per l'illuminazione pubblica, in alcuni ambienti, principalmente nel centro storico delle città, si è voluto mantenere, dove possibile, le originarie lampade storiche. Soffermandosi nel contesto della città di Torino, le lampade storiche rappresentano un elemento distintivo del paesaggio urbano, questo perché, gli apparecchi illuminanti storici, non sono solo fonti di luce, ma veri e propri arredi urbani che valorizzano le vie, i portici e le piazze storiche della città. Da un punto di vista puramente estetico, andare a sostituire un lampione storico in ghisa con un dispositivo moderno, creerebbe distacco tra l'arredo urbano e l'ambiente in cui questi verrebbero collocati.

Tipicamente realizzati in ghisa o ferro battuto, vengono restaurati, puliti e trattati per rimuovere la corrosione, ripristinando il loro aspetto originale. Oltre al già citato valore estetico, si considerano anche ragioni estetiche ed economiche per giustificarne il mantenimento. Infatti, la ghisa e il ferro battuto dei sostegni storici hanno una durata di vita estremamente lunga per questo è più economico ed ecologico procedere alla restaurazione piuttosto che allo smaltimento e la conseguente installazione di un nuovo sostegno. Chiaramente, nei casi in cui non fosse possibile il restauro, è possibile procedere con la riproduzione fedele di tali apparecchi basandosi sui

documenti storici, in modo da mantenere la coerenza architettonica nelle vie e nelle piazze storiche della città.

Volendo, dunque, conservare il patrimonio culturale e architettonico, bisognerà andare ad integrare le nuove tecnologie in modo da poter mantenere l'estetica classica ma con le esigenze moderne di efficienza energetica e sicurezza. Lo scopo di questo elaborato è proprio quello di andare a verificare la possibilità di rendere queste lampade storiche conformi alle normative attuali, senza andare a modificare l'apparecchio illuminante.

Le tipologie di lampade storiche più comuni nel Comune di Torino sono le seguenti:

- Lampioni in ghisa in stile Liberty: principalmente diffusi nel centro storico, presentano pali in ghisa decorati e dotati di bracci lavorati che sostengono lanterne.



Figura 4.1: Lampione in ghisa in stile Liberty, Torino (Via Alessandro Riberi)

- Lanterne a braccio o a sospensione: comune lungo i portici di via Po e via Roma nel centro di Torino. Si tratta di lanterne appese a bracci in ferro battuto fissati ai muri degli edifici.



Figura 4.2: Lanterna a braccio, Torino (Vicolo Cesare Benevello)

- Lampioni in stile Sabauda: collocati nelle piazze principali, come piazza Vittorio Emanuele, tipicamente caratterizzati da uno stile elegante con pali a candelabro e decorazioni architettoniche dallo stile barocco. (Vedi Fig.1.5 Capitolo 1)
- Lampioncini del Valentino: caratteristici per il loro design, in quanto presentano un'altezza minore rispetto ai tipici lampioni, e sono diffusi lungo il Parco del Valentino e nelle zone limitrofe.

Capitolo 5

Adattamento alla Classe II di isolamento delle lampade storiche

La domanda cardine su cui si concentra quest'ultimo capitolo riguarda la possibilità di ottenere la certificazione in classe II di isolamento per un apparecchio illuminante che nasce originariamente in classe I e che, in una fase successiva, è stato modificato per essere reso conforme alla classe II mediante l'implementazione di un doppio isolamento e la rimozione del morsetto di terra.

Si tratta di una criticità tipica di quelle città nelle quali i gestori degli impianti elettrici per l'illuminazione pubblica si trovano ad avere a che fare con corpi illuminanti antichi che, per vari motivi, non possono essere sostituiti in toto e si è dunque costretti a riadattarli. Attualmente, come riportato nel paragrafo precedente, gli apparecchi di illuminazione a LED hanno sostituito quasi totalmente le vecchie sorgenti di lampade a incandescenza. Nel caso in cui queste non si possano sostituire, si ricorre ad un'operazione di adattamento del prodotto.

Per poter rendere conformi queste sorgenti luminose storiche alle normative odierne relative alla classe II di isolamento, non è possibile modificare il singolo componente elettrico come cavi, morsettiere o giunzioni ma è necessario sostituirli. Questo perchè, un componente, originariamente realizzato in classe I di isolamento, non può essere modificato e reso conforme alla classe II ma dovrà essere sostituito con un nuovo componente. Sarà dunque possibile modificare l'apparecchio illuminante storico rendendolo in classe II, ma non è altrettanto possibile andare a modificare il singolo componente.

5.1 Passaggio dalla Classe I alla Classe II di isolamento

Una volta realizzata la modifica del dispositivo, questo non sarà più lo stesso, avremo una variazione:

- del codice del prodotto;
- della marcatura CE: per i dispositivi in classe I non è obbligatorio riportare alcun simbolo grafico, al contrario per la classe II deve essere riportato il doppio quadrato concentrico;
- del foglio delle istruzioni relativo alla sicurezza e all'installazione del prodotto.

Prima di poter essere installato, il costruttore deve essere in grado di dimostrare, con prove sostenute da laboratori specializzati, che il prodotto è sicuro da un punto di vista elettrico e che soddisfi i requisiti della classe II. A seguito delle prove, viene poi rilasciato un test report frutto delle prove eseguite sul prodotto dall'ente di certificazione. Questi enti di certificazione. Gli enti di certificazione sono organizzazioni indipendenti che conducono attività di valutazione e certificazione della conformità ai requisiti specifici definiti da norme nazionali, internazionali o da altre

specifiche tecniche. Questi enti operano in una vasta gamma di settori e possono certificare prodotti, processi, sistemi di gestione e persino competenze professionali. Sono organizzati in modo tale da garantire l'indipendenza, l'imparzialità e la competenza necessarie per svolgere le loro attività. Di solito, sono costituiti da un corpo di esperti e professionisti qualificati nel settore specifico in cui operano. Gli enti di certificazione devono essere accreditati da organismi di accreditamento riconosciuti per garantire la loro competenza e imparzialità. L'accREDITAMENTO viene concesso solo dopo un'approfondita valutazione da parte dell'organismo di accreditamento, che verifica la conformità agli standard internazionali e alle linee guida specifiche del settore. Questo processo assicura che gli enti di certificazione operino secondo elevati standard di qualità e professionalità. In Italia, i principali enti di certificazione in ambito elettrico, accreditati da Accredia, garantiscono la sicurezza e la conformità di impianti e componenti. Tra i più noti citiamo IMQ, ovvero l'Istituto Italiano del Marchio di Qualità.

Devono essere soddisfatti i requisiti principali della Classe II di isolamento, quali:

- Doppio isolamento
- Requisiti di distanziamento tra parti attive
- Requisiti costruttivi
- Grado di protezione IP

Per adattare l'apparecchio illuminante alla Classe II di isolamento, si deve consultare la Norma CEI 60598-1 all'interno della quale vengono specificati i requisiti tecnici e le modifiche da apportare al prodotto.

5.1.1 Certificazioni

Gli enti di certificazione sono organizzazioni indipendenti che conducono attività di valutazione e certificazione della conformità ai requisiti specifici definiti da norme

nazionali, internazionali o da altre specifiche tecniche. Questi enti operano in una vasta gamma di settori e possono certificare prodotti, processi, sistemi di gestione e persino competenze professionali.

Gli enti di certificazione sono organizzati in modo tale da garantire l'indipendenza, l'imparzialità e la competenza necessarie per svolgere le loro attività. Di solito, sono costituiti da un corpo di esperti e professionisti qualificati nel settore specifico in cui operano. Gli enti di certificazione devono essere accreditati da organismi di accreditamento riconosciuti per garantire la loro competenza e imparzialità.

L'accREDITAMENTO viene concesso solo dopo un'approfondita valutazione da parte dell'organismo di accreditamento, che verifica la conformità agli standard internazionali e alle linee guida specifiche del settore. Questo processo assicura che gli enti di certificazione operino secondo elevati standard di qualità e professionalità. Accredia è l'ente italiano di accreditamento, riconosciuto a livello nazionale ed internazionale, che svolge un ruolo chiave nell'assicurare la qualità e l'affidabilità dei servizi di certificazione, ispezione e prova in Italia. L'accREDITAMENTO da parte di Accredia conferisce validità alle attività degli enti di certificazione, ispezione e prova operanti sul territorio italiano, garantendo che essi rispettino gli standard internazionali di competenza, imparzialità e affidabilità.

Nel momento in cui il gestore degli impianti di illuminazione pubblica procede alla modifica delle lampade storiche per renderle in classe II di isolamento, questo non può autocertificare che il prodotto ottenuto soddisfi tutte le specifiche richieste per la classe II. Sono necessarie una nuova marcatura CE e un nuovo foglio delle istruzioni. Da un punto di vista burocratico, bisogna rifare la Dichiarazione di Conformità, ovvero l'attestato che redige direttamente il costruttore con l'ausilio di specifici laboratori di prova. Questi laboratori aiutano il costruttore a realizzare un fascicolo tecnico, successivamente il costruttore potrà stilare la Dichiarazione di Conformità nella quale dichiara le caratteristiche del prodotto e le norme che sono

state applicate.

Si ricorda che la marcatura e il marchio di origine sono obbligatori, devono dunque essere presenti sul corpo illuminante. Nello specifico, le marcature possono essere riportate sia internamente che esternamente al prodotto. Nel caso dei dispositivi storici, anche se presente, la marcatura potrebbe risultare illeggibile a causa dell'usura. Per questo motivo, vengono disposte anche delle prove per verificare la bontà dell'inchiostro utilizzato per realizzare la marcatura.

In seguito ai test eseguiti dai laboratori di prova, gli enti di certificazione assistono le aziende, che producono il dispositivo sotto esame, per il rilascio della Dichiarazione di Conformità. Nonostante ciò, non possono fare consulenza ma solo realizzare le prove sul prodotto. Ciò significa che, a seguito delle prove di verifica realizzate sul prodotto da testare, presentano i problemi rilevati ma non possono fornire la soluzione tecnica in caso di non conformità. Per la consulenza, gli enti di certificazioni indirizzano le aziende presso specifici laboratori di consulenza in cui svolgere le attività di prova fino al rilascio della Dichiarazione di Conformità.

Per operare su un apparecchio di illuminazione serve una delega dell'azienda che l'aveva originariamente costruito. Dunque, per ogni modifica apportata sugli apparecchi illuminanti storici deve esserci stata l'autorizzazione del precedente costruttore per poter lavorare sul dispositivo. Tale prodotto sarà un nuovo prodotto con una nuova Dichiarazione di Conformità a fronte di prove di verifica che attestano che il prodotto, così modificato, è sicuro da un punto di vista della sicurezza elettrica. Dunque, a seguito di queste procedure burocratiche, è possibile ottenere la certificazione in classe II per un apparecchio che nasce originariamente in classe I e che, in una fase successiva, è stato modificato per essere reso conforme alla classe II mediante l'implementazione di un doppio isolamento e la rimozione del morsetto di terra.

5.2 Requisiti principali della Classe II

5.2.1 Isolamento doppio o rinforzato

Gli apparecchi di illuminazione di classe II devono essere progettati in modo che il grado di protezione richiesto contro le scosse elettriche non sia compromesso a seguito dell'installazione dell'apparecchio, ad esempio dal contatto con condotti metallici o guaine dei cavi. Il contatto tra le superfici di montaggio e le parti con solo isolamento principale e quello tra parti metalliche accessibili e isolamento principale deve essere efficacemente impedito.

Le parti degli apparecchi di illuminazione di classe II che fungono da isolamento supplementare o isolamento rinforzato devono essere fissate in modo che non possano essere rimosse senza essere gravemente danneggiate e non devono poter essere fissate in una posizione errata. Tipicamente, per l'isolamento principale e quello supplementare vengono utilizzati materiali differenti.

Per quanto riguarda l'isolamento principale dei conduttori e dei cavi interni, si utilizzano materiali come PVC o gomma etilenpropilenica. Mentre, nel caso dell'isolamento principale delle parti strutturali, come morsettiere e portalampade, vengono adoperati polimeri termoplastici.

- PVC (Polivinilcloruro): è un materiale termoplastico ricavato da materie prime naturali. In generale la caratteristica del PVC è la sua versatilità di utilizzo, consentita dalle sue proprietà quali flessibilità e allo stesso tempo, in funzione dei suoi processi produttivi, la rigidità. La fase di produzione può conferire proprietà meccaniche e di resistenza all'abrasione, all'usura e all'invecchiamento, agli agenti chimici e all'attacco di funghi e batteri. Il PVC riesce, inoltre, ad essere un materiale leggero, idrorepellente, difficilmente infiammabile ed è auto-estinguente. L'isolamento elettrico in PVC per cavi è comunemente utilizzato per applicazioni a bassa tensione. Lo strato isolante che

circonda il conduttore previene le dispersioni elettriche, garantendo sicurezza e un trasferimento di energia fluido.

- Gomma etilenpropilenica (EPDM): è costituita da copolimeri di Etilene e Propilene, e da un Diene Monomero, i componenti del materiale che danno vita anche all'acronimo EPDM. Si tratta di un prodotto in grado di resistere in modo eccellente all'invecchiamento da agenti atmosferici. Vanta, inoltre, ottime proprietà di resistenza al calore, assicurando solitamente una temperatura d'impiego da -50°C a $+150^{\circ}\text{C}$.

Le guarnizioni in EPDM possiedono eccellenti proprietà di isolamento elettrico, rendendole la scelta ideale per applicazioni che richiedono isolamento e protezione elettrica. Hanno un'elevata rigidità dielettrica, ovvero la loro capacità di resistere alle sollecitazioni elettriche senza rompersi. Questa proprietà consente alle guarnizioni in EPDM di fornire un isolamento efficace e prevenire le perdite elettriche, garantendo la sicurezza e l'affidabilità degli impianti elettrici. Fondamentale, inoltre, il fatto che queste gomme presentano una bassa conduttività elettrica, il che significa che hanno una bassa tendenza a condurre corrente elettrica. Questa proprietà è fondamentale per prevenire cortocircuiti e scosse elettriche. L'elevata rigidità dielettrica e la bassa conduttività elettrica garantiscono la sicurezza, l'affidabilità e la longevità degli impianti elettrici.

- Polimeri termoplastici: sono costituiti da catene lineari, poco ramificate, non legate tra loro da legami covalenti o ionici. Ciò significa che i polimeri termoplastici diventano malleabili quando vengono riscaldati e tornano allo stato solido quando si raffreddano. Possono essere fusi e rimodellati molte volte, senza subire alterazioni chimiche o degradazioni. Sono ampiamente utilizzati per l'isolamento dei componenti elettrici, quali morsettiere e giunzioni,

e dei portalampade grazie alla loro eccellente rigidità dielettrica, resistenza meccanica e facilità di lavorazione tramite stampaggio a iniezione.

Per l'isolamento supplementare, i materiali in grado di soddisfare le specifiche richieste sono il policarbonato, la poliammide e il polibutilentereftalato (PBT).

- Policarbonato (PC): si tratta di un materiale plastico con buone proprietà di isolamento elettrico e termico. Questo polimero termoplastico si distingue anche per essere leggero, sopportare carichi pesanti, resistere all'abrasione, al vapore e alle intemperie. Viene spesso utilizzato per l'isolamento supplementare e per la protezione di componenti in tensione poichè caratterizzato da:
 - rigidità dielettrica: l'elevata capacità di impedire il passaggio di corrente elettrica lo rende un ottimo isolante;
 - resistenza al calore: le lampade (specialmente i vecchi modelli) generano calore e il policarbonato è in grado di mantenere la sua stabilità strutturale fino a 120-130°C;
 - autoestinguenza: sono trattati in modo tale da essere ritardanti di fiamma. In questo modo, nel caso in cui si verifichi un cortocircuito, il materiale tende a non alimentare la combustione.

Per via delle sue proprietà, viene utilizzato come isolante di driver LED e morsetti oltre che come parte del telaio dei portalampade.

- Poliammide (PA): comunemente conosciuti come "nylon" si distinguono in diverse tipologie. Le più importanti sono: PA6 e PA66. Le differenti proprietà fisiche esistenti tra questi tipi di materiali, sono determinate, principalmente, dalla composizione e dalla loro struttura della catena molecolare. Presentano elevata resistenza meccanica, rigidità, durezza e tenacia, eccellente resistenza all'usura e buone proprietà di isolamento elettrico. La poliammide 66 è la più

diffusa per i componenti interni delle lampade per l'illuminazione pubblica, in quanto offre un eccellente equilibrio tra rigidità, resistenza al calore e proprietà isolanti. Tipicamente utilizzata per realizzare i supporti delle morsettiere e come involucro interno per gli alimentatori. La poliammide 6 ha una resistenza termica inferiore alla PA66 e per tale motivo viene utilizzata principalmente come isolante per tutti quei componenti che non si trovano a diretto contatto con fonti di calore estremo come guaine o passacavi.

- Polibutilentereftalato (PBT): appartiene alla famiglia dei tecnopolimeri ed è un prodotto di reazione tra acido tereftalico e glicole butilenico. Le principali caratteristiche tecniche di questo polimero sono:
 - elevato punto di fusione: circa 220-230°C;
 - buona resistenza all'usura;
 - ottime proprietà dielettriche;
 - resistenza alla maggior parte degli agenti chimici.

Nel caso specifico delle lampade per l'illuminazione pubblica, questo materiale può essere utilizzato per realizzare connettori, condensatori e portalampade.

Si ricorda come l'isolamento principale è il primo livello di protezione realizzato in tutti i dispositivi elettrici, progettato e realizzato per prevenire il contatto diretto con le parti in tensione. Mentre, l'isolamento supplementare o isolamento secondario rappresenta il secondo livello di protezione. Quest'ultimo entra in gioco nel momento in cui decade l'isolamento principale. L'isolante dell'isolamento principale, supplementare e rinforzato deve essere in grado di sopportare a lungo nel tempo le sollecitazioni elettriche e meccaniche, come pure gli effetti termici e ambientali che possono prodursi durante la durata di vita prevista dell'apparechiatura.

L'isolamento deve sopportare le sollecitazione di tensione, considerando:

- sovratensioni transitorie;
- sovratensioni di tenuta alle sovratensioni temporanee;
- tensioni di picco ricorrente;
- tensioni di lavoro in regime permanente.

L'isolamento principale e quello supplementare devono essere progettati per sopportare le seguenti sovratensioni di tenuta alle sovratensioni temporanee:

- sovratensioni temporanee di breve durata di U_0+1200 V con durate fino a 5 s;
- sovratensioni temporanee di lunga durata di U_0+250 V con durate superiori a 5 s.

Dove U_0 è la tensione nominale fase-neutro dei sistemi di alimentazione.

L'isolamento rinforzato deve resistere a valori pari al doppio di quelli riportati per l'isolamento principale.

5.2.2 Requisiti di distanziamento tra parti attive

Un aspetto fondamentale, da tenere in conto nella modifica di una lampada storica per renderla in classe II, è quello relativo alle distanze di isolamento tra le parti attive. Si deve distinguere tra distanze minime di superficie (definite come creepage distances) e distanze minime in aria tra parti attive (definite come clearances). Con distanza minima di superficie si intende la distanza più breve, lungo il materiale isolante, tra due parti attive. Mentre, con distanza minima in aria si intende la distanza più breve attraverso l'aria tra parti attive. Dunque, in entrambi i casi, si parla di distanze minime da rispettare tra parti attive nella realizzazione della lampada storica, ma lungo percorsi differenti.

Ricordando l'indice di resistenza alle correnti superficiali, PTI (Proof Tracking

Index), come un parametro cruciale nella classificazione dei materiali isolanti, il quale va ad indicare la tensione di prova che il materiale è in grado di sopportare senza che si formino delle tracce, riportiamo, nelle tabelle seguenti, i valori di distanza minima da rispettare.

Tabella 5.1: Distanze minime superficiali tra parti attive. Fonte: [CEI 60598-1]

Working voltage ^a V	Minimum creepage distance ^b mm			
	Basic or supplementary insulation		Reinforced insulation	
	PTI < 600	PTI ≥ 600	PTI < 600	PTI ≥ 600
25	0,5	0,5	– ^c	– ^c
50	1,2	0,6	– ^c	– ^c
150	1,6	0,8	3,2	1,6
250	2,5	1,25	5,0	2,5
500	5,0	2,5	10	5,0
750	7,5	3,75	16	7,5
1 000	10	5,0	20	10
1 500	15	7,5	30	15

Tabella 5.2: Distanze minime in aria tra parti attive. Fonte: [CEI 60598-1]

Distances mm	RMS working voltage not exceeding V				
	50	150	300	600	1 000
Clearances with mains supply transients according to overvoltage category II ^b					
– Basic or supplementary insulation	0,2	0,5	1,5	3	5,5
– Reinforced insulation	0,2	1,5	3	5,5	8
Clearances without mains supply transients ^{a b}					
– Basic or supplementary insulation	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7
– Reinforced insulation	0,2	0,2	0,2	0,6	1,6

Tabella 5.3: Distanze tra parti attive e classi di isolamento. Fonte: [CEI 60598-1]

Creepage distances and clearances between	Luminaires of class I	Luminaires of class II	Luminaires of class III
Maximum working voltage (not exceeding)	1 000 V	1 000 V	50 V AC or 120 V DC
(1) Live parts of different polarity	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600
(2a) Live parts and accessible metal parts	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Reinforced insulation or double insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600
(2b) Live parts and the outer accessible surface of insulating parts	Reinforced insulation or double insulation ^a Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Reinforced insulation or double insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600
(3) Parts which can become hazardous live parts due to the breakdown of basic insulation in luminaires of class II and accessible metal parts		Supplementary insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	
(4) The outer surface of a flexible cord or cable and an accessible metal part to which it is secured by means of a cord grip, cable carrier or clip of insulating material	Basic insulation ^b Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Supplementary insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	
(5) Live parts and other metal parts, between them and the mounting surface (ceiling, wall, table, etc.) or between live parts and the mounting surface where there is no intervening metal	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Reinforced insulation or double insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600	Basic insulation Creepage or clearance PTI \geq or $<$ 600

Il PTI è di fondamentale importanza in quanto, nel caso in cui si formino dei percorsi di cortocircuito sulla superficie dell'isolante, quest'ultimo potrebbe andare in contro a usura e deterioramento. Infatti, uno dei punti critici dell'isolamento solido sta proprio nel fatto che questo non è un mezzo rinnovabile, per cui picchi di tensione elevati, anche non frequenti, possono avere un effetto molto negativo sull'isolamento stesso. Tale situazione può verificarsi durante il funzionamento e durante le prove di verifica dell'isolante.

La base per la determinazione di una distanza superficiale è il valore efficace di lunga durata della tensione esistente ai suoi capi. Questa tensione è il valore più alto della tensione di lavoro in regime permanente. Le sovratensioni transitorie

sono trascurate dal momento che non influenzano normalmente il fenomeno della traccia. Tuttavia, le sovratensioni temporanee o qualsiasi sovratensione necessaria al funzionamento del dispositivo devono essere prese in considerazione se la loro durata e la loro frequenza di manifestazione possono influenzare la traccia.

La superficie dell'isolamento solido dovrebbe comprendere nervature e scanalature trasversali che interrompano la continuità del percorso della corrente di dispersione dovuta all'inquinamento.

Inoltre, le distanze superficiali del doppio isolamento sono la somma dei valori dell'isolamento principale e supplementare che compongono il sistema a doppio isolamento. Mentre, le distanze superficiali per l'isolamento rinforzato devono essere il doppio della distanza superficiale per l'isolamento principale.

Le distanze di isolamento in aria devono essere dimensionate in modo tale da resistere al valore più alto tra:

- la tensione nominale di tenuta a impulso, scelta in base alla categoria di sovratensione specificata e alla tensione nominale dell'apparecchiatura; oppure
- la tensione di picco in regime permanente, sovratensioni temporanee o tensioni di picco ricorrente.

Per concludere, una distanza di isolamento superficiale non può essere inferiore alla distanza di isolamento in aria associata, cosicché la più breve distanza di isolamento superficiale possibile è uguale alla distanza di isolamento in aria richiesta.

5.2.3 Requisiti costruttivi

I dispositivi in classe II devono essere realizzati in modo tale che, a seguito di un guasto, l'utilizzatore non possa entrare in contatto con una parte in tensione con il rischio di shock elettrico. Gli apparecchi di illuminazione devono essere progettati e costruiti in modo tale che, in condizioni di normale funzionamento, operino in

modo sicuro senza causare pericoli per le persone e l'ambiente circostante.

All'interno della sezione 7 della norma CEI 60598-1, ritroviamo i requisiti costruttivi generali per gli apparecchi di illuminazione.

- **Componenti sostituibili:** gli apparecchi di illuminazione che incorporano componenti o parti destinati ad essere sostituibili o riparabili devono essere progettati in modo che vi sia spazio sufficiente per consentire la sostituzione o la manutenzione di tali componenti senza difficoltà e senza compromettere la sicurezza.
- **Canaline:** devono essere lisce e prive di spigoli vivi o sbavature che possano causare l'abrasione dell'isolamento. Parti metalliche, come le viti di fissaggio, non devono sporgere dalle canaline.
- **Morsettiere:** se gli apparecchi di illuminazione sono dotati di cavi di collegamento che richiedono una morsettiera separata per il collegamento del cablaggio fisso, deve essere previsto uno spazio adeguato per tale morsettiera all'interno dell'apparecchio di illuminazione o all'interno di una scatola fornita con l'apparecchio di illuminazione.
- **Morsetti e terminali di alimentazione:** negli apparecchi di illuminazione di classe II devono essere prese adeguate precauzioni per evitare che le parti metalliche diventino parti attive a causa del distacco di un cavo o di una vite. Tale requisito viene soddisfatto fissando i cavi all'ingresso dei terminali di alimentazione mediante l'utilizzo di un rivestimento isolante. I terminali di alimentazione devono essere schermati in modo tale che, se un conduttore fuoriesce da un terminale, non vi sia alcun rischio di contatto tra parti attive e parti metalliche quando l'apparecchio è completamente assemblato o aperto per la sostituzione della sorgente luminosa o altri componenti sostituibili.

- Guaine e rivestimenti isolanti: devono essere progettati in modo tale da essere mantenuti in posizione in modo affidabile una volta installati i conduttori, i terminali, il portalampada, le morsettiere e le restanti parti. Devono avere un'adeguata resistenza meccanica, elettrica e termica. La conformità è verificata mediante ispezione, prova manuale e prova di rigidità dielettrica.
- Isolamento doppio o rinforzato: gli apparecchi di illuminazione fissi di classe II devono essere progettati in modo che il grado di protezione richiesto contro le scosse elettriche non sia compromesso a seguito dell'installazione dell'apparecchio. Le parti degli apparecchi di illuminazione di classe II che servono come isolamento supplementare o rinforzato devono essere fissate in modo che non possano essere rimosse senza essere gravemente danneggiate e non possano essere riposizionate in una posizione errata. Un rivestimento isolante viene considerato fissato in modo adeguato se può essere rimosso solamente rompendolo o tagliandolo. La conformità è verificata tramite ispezione e prova manuale.
- Le viti e i collegamenti meccanici, il cui guasto può rendere l'apparecchio di illuminazione non sicuro, devono resistere alle sollecitazioni meccaniche che si verificano durante il normale utilizzo.
- Materiali infiammabili: tutte le coperture e il paralume (accessorio destinato a impedire la diffusione diretta della luce e ad attenuarne l'intensità) che non hanno funzione isolante devono essere adeguatamente distanziati da qualsiasi parte dell'apparecchio di illuminazione che possa scaldarsi. Queste parti devono essere dotate di dispositivi di fissaggio o di supporto adeguati per mantenere la distanza. La distanza dalle parti riscaldabili deve essere di almeno 30 mm, a meno che il materiale non sia protetto da uno schermo distanziato ad almeno 3 mm dalle parti riscaldabili. Questo schermo non deve

avere fori e deve avere un'altezza e una lunghezza almeno pari alle dimensioni delle parti riscaldabili.

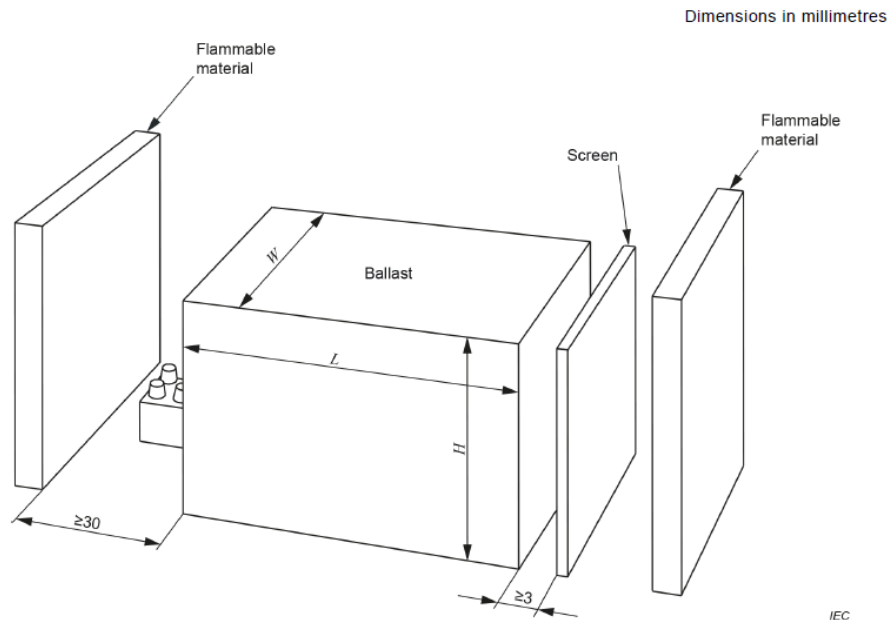


Figura 5.1: Distanze minime di sicurezza dai componenti riscaldabili. Fonte: [CEI 60598-1]

- Fori di drenaggio: gli apparecchi di illuminazione devono essere progettati in modo che, se l'acqua dovesse accumularsi all'interno dell'apparecchio, a causa di pioggia o getti d'acqua, questa possa fluire efficacemente all'esterno dell'apparecchio attraverso uno o più fori.

5.2.4 Grado di protezione IP

Il grado di protezione IP è il livello di protezione di un involucro, ovvero un elemento in grado di fornire all'apparecchiatura la protezione contro l'accesso a parti pericolose, la penetrazione di corpi solidi estranei, e/o contro l'ingresso di acqua. Nel paragrafo 2.4 del capitolo 2 della tesi è riportata tutta la nomenclatura e il significato del codice IP.

Si riportano a questo punto le specifiche da tenere in considerazione per andare a testare il prodotto, in modo da verificare che sia effettivamente protetto secondo il suo codice IP. Le condizioni atmosferiche raccomandate durante le prove sono le seguenti:

- Campo di temperatura: da 15 a 35 °C
- Umidità relativa: da 25 a 75%
- Pressione atmosferica: da 86 a 106 kPa

Gli esemplari sottoposti alle singole prove devono essere nuovi e puliti, con tutte le parti collocate e montate conformemente alle indicazioni del costruttore. Se non fosse possibile eseguire le prove sull'apparecchiatura completa, si devono eseguire tali prove su parti rappresentative o su esemplari più piccoli delle apparecchiature, aventi gli stessi particolari costruttivi in dimensioni reali. L'interpretazione dei risultati di prova è responsabilità del Comitato Tecnico competente. In assenza di tali specificazioni si devono almeno applicare le condizioni di accettazione della norma CEI 60529¹.

¹Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60529: "Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)".

Condizioni di prova per i gradi di protezione indicati dalla prima cifra caratteristica

Tabella 5.4: Condizioni di prova prima cifra caratteristica codice IP. Fonte: [CEI 60529]

Prima cifra caratteristica <i>First characteristic numeral</i>	Prova per la protezione contro <i>Test for protection against</i>	
	accesso alle parti pericolose <i>access to hazardous parts</i>	corpi solidi estranei <i>solid foreign objects</i>
0	Non è richiesta alcuna prova <i>No test required</i>	Non è richiesta alcuna prova <i>No test required</i>
1	La sfera di diametro 50 mm non deve penetrare completamente e deve essere mantenuta una distanza adeguata da parti pericolose <i>The sphere of 50 mm Ø shall not fully penetrate and adequate clearance shall be kept</i>	
2	Il dito di prova articolato può penetrare per tutta la sua lunghezza di 80 mm, ma deve essere mantenuta una distanza adeguata <i>The jointed test finger may penetrate up to its 80 mm length, but adequate clearance shall be kept</i>	La sfera di diametro 12,5 mm non deve penetrare completamente <i>The sphere of 12,5 mm Ø shall not fully penetrate</i>
3	L'asta di prova di diametro 2,5 mm non deve penetrare e deve essere mantenuta una adeguata distanza da parti pericolose <i>The test rod of 2,5 mm Ø shall not penetrate and adequate clearance shall be kept</i>	
4	Il filo di prova di diametro 1,0 mm non deve penetrare e deve essere mantenuta una adeguata distanza da parti pericolose <i>The test wire of 1,0 mm Ø shall not penetrate and adequate clearance shall be kept</i>	
5	Il filo di prova di diametro 1,0 mm non deve penetrare e deve essere mantenuta una adeguata distanza da parti pericolose <i>The test wire of 1,0 mm Ø shall not penetrate and adequate clearance shall be kept</i>	Protetto contro la polvere, come specificato in Tab. 2 <i>Dust-protected as specified in Tab. II</i>
6	Il filo di prova di diametro 1,0 mm non deve penetrare e deve essere mantenuta una distanza adeguata da parti pericolose <i>The test wire of 1,0 mm Ø shall not penetrate and adequate clearance shall be kept</i>	Totalmente protetto contro la polvere, come specificato in Tab. 2 <i>Dust-tight as specified in Tab. II</i>

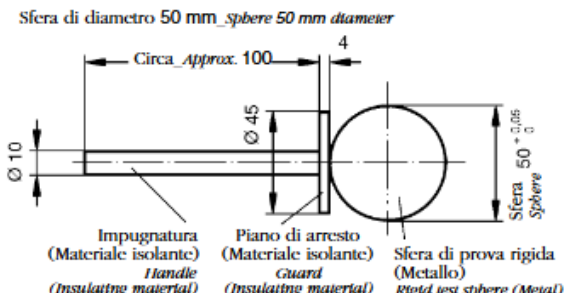
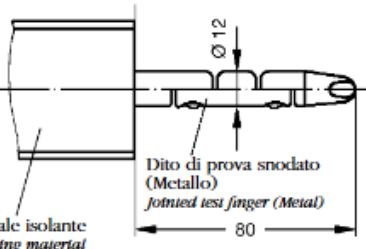
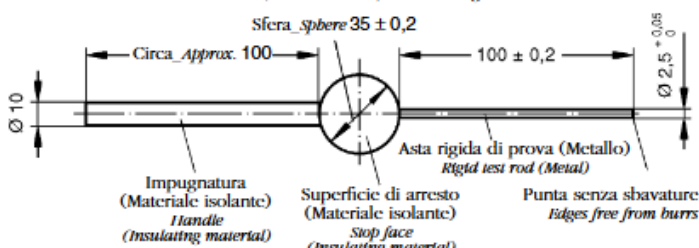
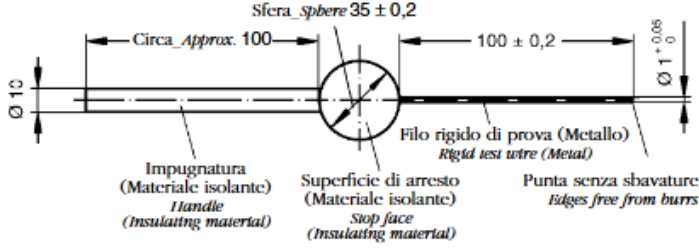
Nel caso della prima cifra caratteristica 1 e 2, la frase "non deve penetrare completamente" significa che l'intero diametro della sfera non deve passare attraverso aperture dell'involucro.
In the case of the first characteristic numerals 1 and 2, "not fully penetrate" means that the full diameter of the sphere shall not pass through an opening of the enclosure.

Prove per la protezione contro l'accesso a parti pericolose indicata dalla prima cifra caratteristica

Per la seguente prova viene utilizzato un calibro, premuto contro oppure inserito in tutte le aperture dell'involucro. Per le prove sulle apparecchiature per bassa tensione si collega una sorgente di alimentazione a bassa tensione (tra 40 e 50

V) in serie con unalampada appropriata, da una parte con il calibrodi prova e dall'altra con le parti pericolose all'in-terno dell'involucro. Le parti attive pericolose ri-coperte solamente di vernice o di pittura, o pro-tette per ossidazione o con procedimetoanalogo, devono essere rivestite da un foglio me-tallico collegato elettricamente alle parti che sonormalmente attive durante l'uso ordinario. Si riportano nella Tab.5.5 i calibri utilizzati per la seguente prova.

Tabella 5.5: Calibri di accessibilità per le prove di protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose. Fonte: [CEI 60529]

Prima cifra First numeral	Lettera addiz. Addit. letter	Calibro di accessibilità Access probe	Forza di prova Test force
1	A	<p>Sfera di diametro 50 mm <i>sphere 50 mm diameter</i></p>  <p>Impugnatura (Materiale isolante) / Handle (Insulating material)</p> <p>Piano di arresto (Materiale isolante) / Guard (Insulating material)</p> <p>Sfera di prova rigida (Metallo) / Rigid test sphere (Metal)</p>	50 N ± 10%
2	B	<p>Dito di prova snodato <i>jointed test finger</i></p> <p>Superficie di arresto <i>stop face</i></p> <p>(Ø 50 × 20)</p> <p>Per le dimensioni complete vedi Fig. 1 See Fig. 1 for full dimensions</p>  <p>Materiale isolante / Insulating material</p> <p>Dito di prova snodato (Metallo) / Jointed test finger (Metal)</p>	10 N ± 10%
3	C	<p>Asta di prova di diametro 2,5 mm, di lunghezza 100 mm Test rod 2,5 mm diameter, 100 mm long</p>  <p>Impugnatura (Materiale isolante) / Handle (Insulating material)</p> <p>Superficie di arresto (Materiale isolante) / Stop face (Insulating material)</p> <p>Punta senza sbavature / Edges free from burrs</p>	3 N ± 10%
4, 5, 6	D	<p>Filo di prova di diametro 1,0 mm, di lunghezza 100 mm Test wire 1,0 mm diameter, 100 mm long</p>  <p>Impugnatura (Materiale isolante) / Handle (Insulating material)</p> <p>Superficie di arresto (Materiale isolante) / Stop face (Insulating material)</p> <p>Punta senza sbavature / Edges free from burrs</p>	1 N ± 10%

La protezione è soddisfacente se è mantenuta una distanza adeguata tra il calibro di accessibilità e le parti pericolose.

Per apparecchiature a bassa tensione (tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.) il calibro di accessibilità non deve toccare parti attive pericolose. Se la distanza adeguata è verificata per mezzo di un circuito di segnalazione posto tra il calibro di prova e le parti pericolose, la lampada non si deve accendere.

Prove per la protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei indicata dalla prima cifra caratteristica

Riportiamo in Tab.5.6 i mezzi di prova per la protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei.

Tabella 5.6: Mezzi di prova per la protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei. Fonte: [CEI 60529]

Prima cifra caratteristica <i>First characteristic numeral</i>	Mezzi di prova (calibri di prova e camera della polvere) <i>Test means (object probes and dust chamber)</i>	Forza di prova <i>Test force</i>
0	Nessuna prova <i>No test required</i>	—
1	Sfera rigida senza impugnatura né guardia di diametro $50^{+0,05}_0$ mm <i>Rigid sphere without handle or guard $50^{+0,05}_0$ mm diameter</i>	50 N ± 10%
2	Sfera rigida senza impugnatura né guardia di diametro $12,5^{+0,2}_0$ mm <i>Rigid sphere without handle or guard $12,5^{+0,2}_0$ mm diameter</i>	30 N ± 10%
3	Asta d'acciaio rigida di diametro $2,5^{+0,05}_0$ mm con estremità senza sbavature <i>Rigid steel rod $2,5^{+0,05}_0$ mm diameter with edges free from burrs</i>	3 N ± 10%
4	Filo d'acciaio rigido di diametro $1,0^{+0,05}_0$ mm con estremità senza sbavature <i>Rigid steel wire $1,0^{+0,05}_0$ mm diameter with edges free from burrs</i>	1 N ± 10%
5	Camera della polvere Fig. 2, con o senza depressione <i>Dust chamber Fig. 2, with or without underpressure</i>	—
6	Camera della polvere Fig. 2, con depressione <i>Dust chamber Fig. 2, with underpressure</i>	—

Per la prima cifra caratteristica 1, 2, 3 e 4, la protezione è idonea se il diametro massimo del calibro non passa attraverso alcuna apertura.

Per la prima cifra caratteristica 5 e 6, la prova è effettuata utilizzando la camera della polvere in cui la pompa per la circolazione della polvere può essere sostituita da altri mezzi idonei a mantenere la polvere di talco in sospensione in una camera di prova chiusa. La polvere di talco utilizzata deve essere tale da poter passare attraverso un setaccio a maglia quadrata in cui il diametro nominale dei fili è di 50 μm e la distanza nominale tra i fili è di 75 μm . La quantità di polvere di talco da usare è di 2 kg per ogni m^3 di volume della camera di prova. La polvere non deve essere usata per più di 20 prove.

Nel caso della prima cifra caratteristica 5, la protezione è soddisfacente se l'esame mostra che la polvere di talco non si è accumulata in quantità o in posizioni tali per cui, anche con qualsiasi altro tipo di polvere, essa non possa interferire con il corretto funzionamento dell'apparecchiatura o comprometterne la sicurezza.

Nel caso della prima cifra caratteristica 6, la prova è soddisfacente se alla fine della prova non vi è alcun deposito di polvere all'interno dell'involucro.

Prova per la protezione contro l'ingresso di acqua indicata dalla seconda cifra caratteristica

I mezzi di prova e le principali condizioni di prova sono riportati in Tab.5.7.

Tabella 5.7: Mezzi di prova e principali condizioni di prova per la verifica della protezione contro l'ingresso di acqua. Fonte: [CEI 60529]

Seconda cifra caratteristica <i>Second characteristic numeral</i>	Mezzi di prova <i>Test means</i>	Portata dell'acqua <i>Water flow rate</i>	Durata della prova <i>Duration of test</i>
0	Nessuna prova <i>No test required</i>	—	—
1	Vasca di gocciolamento Fig. 3 Involucro su tavola rotante <i>Drip box</i> Fig. 3 <i>Enclosure on turntable</i>	$1_0^{+0,05}$ mm/min	10 min
2	Vasca di gocciolamento Fig. 3 Involucro in 4 posizioni fisse con inclinazione di 15° <i>Drip box</i> Fig. 3 <i>Enclosure in 4 fixed positions of 15° tilt</i>	$3_0^{+0,5}$ mm/min	2,5 min per ogni posizione inclinata <i>2,5 min for each position of tilt</i>
3	Tubo oscillante Fig. 4 Spruzzo ± 60° dalla verticale, distanza max. 200 mm oppure ugello d'annaffiamento, Fig. 5, Spruzzo ± 60° dalla verticale <i>Oscillating tube</i> Fig. 4 <i>Spray ± 60° from vertical, distance max. 200 mm or</i> <i>spray nozzle</i> Fig. 5 <i>Spray ± 60° from vertical</i>	0,07 l/min ± 5% per foro, moltiplicato per il numero di fori <i>per hole, multiplied by number of holes</i> 10 l/min ± 5%	10 min 1 min/m ² almeno 5 min <i>at least 5 min</i>
4	Come per la cifra 3 Spruzzo ± 180° dalla verticale <i>As for numeral 3</i> <i>Spray ± 180° from vertical</i>	Come per la cifra 3 <i>As for numeral 3</i>	
5	Ugello per getti d'acqua Fig. 6 Diam. ugello 6,3 mm, Dist. da 2,5 a 3 m <i>Water jet hose nozzle</i> Fig. 6 <i>Nozzle 6,3 mm diameter, distance 2,5 m to 3 m</i>	12,5 l/min ± 5%	1 min/m ² almeno 3 min <i>at least 3 min</i>

Seconda cifra caratteristica <i>Second characteristic numeral</i>	Mezzi di prova <i>Test means</i>	Portata dell'acqua <i>Water flow rate</i>	Durata della prova <i>Duration of test</i>
6	Ugello per getti d'acqua Fig. 6 Diam. ugello 12,5 mm, Dist. da 2,5 a 3 m <i>Water jet hose nozzle</i> Fig. 6 <i>Nozzle 12,5 mm diameter, distance 2,5 m to 3 m</i>	100 l /min \pm 5%	1 min/m ² almeno 3 min <i>at least 3 min</i>
7	Vasca per immersione Livello d'acqua sull'involucro: 0,15 m sopra il punto piú alto 1 m sopra il punto piú basso <i>Immersion tank</i> <i>Water-level on enclosure:</i> <i>0,15 m above top</i> <i>1 m above bottom</i>	—	30 min
8	Vasca per immersione Livello d'acqua: secondo accordi <i>Immersion tank</i> <i>Water-level: by agreement</i>	—	secondo accordi <i>by agreement</i>

Le prove vengono eseguite con acqua dolce. Durante le prove da IPX1 a IPX6 la temperatura dell'acqua non deve differire da quella dell'esemplare in prova di oltre 5 K. Se la temperatura dell'acqua è inferiore a quella dell'esemplare di oltre 5 K, si deve dotare l'involucro di un equilibratore di pressione. Durante la prova, l'umidità contenuta nell'involucro può condensarsi parzialmente. La ruggine che potrebbe depositarsi non deve essere scambiata erroneamente per penetrazione di acqua. Inoltre, devono essere prese adeguate precauzioni di sicurezza quando si prova l'apparecchiatura sotto tensione.

Dopo le prove, l'involucro deve essere esaminato per verificare la penetrazione dell'acqua. Il Comitato Tecnico competente ha il compito di specificare la quantità d'acqua che può essere accettata nell'involucro. In generale, se è penetrata acqua nell'involucro, essa non deve:

- essere in quantità tale da nuocere al buon funzionamento dell'apparecchiatura o comprometterne la sicurezza;

- depositarsi su parti isolanti dove potrebbe ridurre la resistenza alle correnti superficiali;
- raggiungere le parti in tensione o gli avvolgimenti non previsti per funzionare bagnati;
- essersi accumulata in prossimità delle terminazioni dei cavi o essere penetrata negli eventuali cavi.

Se l'involucro è provvisto di fori di drenaggio, si deve verificare con esame a vista che l'acqua penetrata non si sia accumulata e che sia uscita senza avere arrecato danno all'apparecchiatura.

5.3 Manutenzione delle lampade storiche

Per parlare di manutenzione, è necessario distinguere le tipologie di interventi manutentivi necessari a tenere efficienti gli impianti di illuminazione esterna dividendoli in categorie:

- Manutenzione agli apparecchi di illuminazione.
- Manutenzione all'impianto elettrico.
- Manutenzione dei sostegni

In questo capitolo ci concentreremo sulla manutenzione degli apparecchi di illuminazione e dei sostegni, tralasciando quella sull'impianto elettrico.

Per quanto riguarda la manutenzione delle lampade storiche, è necessario mantenere un equilibrio tra conservazione estetica e efficienza. Per quanto riguarda la sorgente luminosa, la maggior parte delle lampade storiche sono state dotate della tecnologia LED senza però snaturare la forma dell'apparecchio di illuminazione. Nel caso invece dei sostegni a palo, in molti centri storici, si è preferito il recupero

dei pali originali rispetto alla sostituzione con repliche moderne, poichè la ghisa antica ha una resistenza meccanica e una qualità spesso superiore alle imitazioni contemporanee.

5.3.1 Apparecchi di illuminazione e sostegni

La manutenzione agli apparecchi di illuminazione consiste essenzialmente nella sostituzione delle lampade e degli accessori e nella pulizia delle superfici riflettenti dei corpi illuminanti. Gli specialisti dedicati a questa mansione esaminano attentamente le varie parti dell'intero impianto di illuminazione pubblica, tra cui morsetti, cablaggi e reattori, per garantire non solo il corretto funzionamento ma anche la massima sicurezza ed efficienza.

Una manutenzione scadente o nulla può portare:

- All'alterazione delle prestazioni illuminotecniche: i valori di illuminamento inizialmente progettati saranno soggetti a naturale degradamento senza una adeguata manutenzione.
- Allo spegnimento di tratti o dell'impianto intero portando a situazioni di pericolo per la circolazione stradale e disagio per i cittadini.
- A pericoli di cedimento strutturale: si può assistere alla caduta dei pali o dei sostegni dei corpi illuminanti, come anche alla caduta del corpo illuminante stesso.

Apparecchi per lampade a scarica

Molte delle prime forme di illuminazione elettrica storica, in particolare quelle sviluppate nel XIX secolo, erano lampade a scarica. La norma CEI 64-19 si concentra sulle lampade per l'illuminazione esterna del tipo a scarica in gas. Queste lampade

sono caratterizzate da ottime rese luminose (Lumen/Watt) e buone durate di vita; hanno buoni indici di resa cromatica e di tonalità di colore fattori fondamentali, ad esempio. nel caso dell'illuminazione monumentale o di centri storici.

Le lampade, per naturale usura dei metalli e dei gas contenuti nei tubi di scarica, per l'annerimento dei vetri ed il consumo degli elettrodi, sono soggette ad un lento e costante decadimento del flusso luminoso emesso, che dipenderà essenzialmente, a parità di ore di funzionamento, dal tipo di lampada e dalla potenza.

I fattori che influiscono maggiormente sulla durata di vita delle lampade sono i seguenti:

- frequenti fluttuazioni del valore della tensione di alimentazione;
- cicli di accensione;
- temperatura ambiente;
- urti e vibrazioni;
- shock termici.

Ponendo l'attenzione sulle lampade storiche, mantenute al più possibile nel loro stato architettonico originale come apparecchi decorativi, questi sono destinati all'arredo urbano, cioè vie e piazza pedonali, parchi e centri storici e devono presentare le seguenti caratteristiche:

- qualità estetica adeguata al contesto ambientale;
- struttura meccanica che ne consenta la resistenza ai vandalismi e la facilità di manutenzione;
- prestazioni fotometriche idonee al livello di illuminamento previsto e a minimizzare sia l'abbagliamento che l'inquinamento luminoso.

Inoltre, le tecnologie attuali permettono una manutenzione meno invasiva mediante dei sensori che avvisano in tempo reale se una lampada storica è spenta, evitando ispezioni costose e inutili. Infatti, gli apparecchi di illuminazione esterna, sono soggetti a guasti accidentali alle sorgenti luminose che le rendono inefficienti e pericolose. Tramite dei sistemi di telecontrollo sarà possibile monitorare in tempo reale:

- se la sorgente luminosa è accesa o spenta;
- se la sorgente luminosa è in esaurimento;
- se il rifasamento è insufficiente;
- il monitoraggio dei consumi.

Un ulteriore vantaggio è legato al fatto che si potrà pilotare l'impianto per:

- accensione e spegnimento;
- riduzione del flusso luminoso delle lampade.

LED

Sono costituite da diodi in grado di convertire l'energia elettrica direttamente in luce e caratterizzati da basso consumo e, dunque, una buona efficienza luminosa, accensione immediata e lunga durata. Questi fattori hanno spinto i costruttori ad adottarli come sorgente luminosa e, in particolare, a sostituire le vecchie tecnologie delle lampade storiche con i moduli LED mantenendo inalterata la struttura esterna. La manutenzione delle sorgenti LED richiede una pulizia periodica del corpo illuminante, il controllo dei driver e, nella maggior parte dei casi, la sostituzione dell'intero apparecchio nel caso risultasse guasto, poichè i LED spesso non sono sostituibili singolarmente ma bisognerà procedere con la sostituzione dell'intero modulo.

Gli interventi di manutenzione periodici su questo tipo di sorgenti permette una durata di vita che può raggiungere le 100.000 ore. Ciò comporta una riduzione drastica dei costi di manutenzione, poichè, avendo una durata di vita superiore rispetto alle altre sorgenti luminose, le operazioni di sostituzione saranno molto meno frequenti, riducendo di conseguenza i costi per l'acquisto di nuove lampade e per la manodopera necessaria ai lavori di manutenzione.

Un altro fattore di rilievo è legato al fatto che, tipicamente, i LED non si fulminano, ma subiscono un graduale decadimento del flusso luminoso, permettendo una manutenzione pianificata e non emergenziale. In questo modo, le lampade vengono utilizzate solo nel loro periodo di massima efficienza luminosa e si riducono notevolmente gli interventi occasionali per sorgente luminosa spenta.

Manutenzione dei sostegni

Gli impianti di illuminazione esterna per l'illuminazione pubblica sono progettati per durate di vita minime di 20 anni, obiettivo facilmente raggiungibile se ben costruiti e mantenuti nel tempo. Chiaramente, i componenti più esposti e soggetti a usura sono quelli installati totalmente all'aperto, ovvero pali e corpi illuminanti. Gli apparecchi di illuminazione hanno il compito di alloggiare e proteggere le sorgenti luminose e i loro accessori, oltre che modellare l'emissione luminosa della sorgente luminosa. Nel caso particolare degli apparecchi di illuminazione storici, possono essere realizzati in ferro, ghisa, acciaio, alluminio e ottone. Dovranno essere periodicamente controllati, in quanto, a causa delle vibrazioni e degli agenti esterni, possono ritrovarsi con le viti di fissaggio e i relativi sistemi di fissaggio allentati.

Per quanto riguarda il controllo sui pali e sui bracci a muro, occorre controllare periodicamente lo stato di corrosione del metallo che può rendere fragile il sostegno. È vietato utilizzare pali metallici senza zincatura a Norme UNI EN 40 internamente

ed esternamente. L'integrità del palo può altresì essere compromesso a causa di urti che danneggiano lo strato di zincatura o da urti in grado di piegare il sostegno rischiando non solo di piegarlo ma in alcuni casi di abatterlo.

Conclusioni

Lo scopo principale di questo lavoro era quello di verificare come e se le lampade storiche presenti nell'illuminazione pubblica potessero essere modificate e rese conformi alle specifiche degli apparecchi certificati in classe II di isolamento. Al termine di questa stesura si evince come sia possibile ottenere la certificazione in classe II di isolamento per un apparecchio nato originariamente in classe I e che, a seguito di modifiche e successive prove di laboratorio, è stato reso conforme alle specifiche richieste per gli apparecchi di illuminazione in classe II di isolamento.

La necessità di verificare se fosse possibile modificare le lampade storiche, nasce dal fatto che nelle città, ed in particolare a Torino, i gestori dell'impianto hanno a che fare con corpi illuminanti antichi che, per vari motivi, non possono essere sostituiti e sono costretti a riadattarli. Gli accorgimenti da fare, per il passaggio dalla classe I alla classe II, riguardano principalmente l'isolamento elettrico per limitare i rischi di folgorazione. Gli isolamenti elettrici, dunque, rappresentano un pilastro fondamentale nel tema della sicurezza elettrica. Vengono così definite le classi I, II e III di isolamento.

Tralasciata la classe III, ci si è concentrati sulle classi I e II, in modo da verificare le differenze sostanziali e le modifiche da apportare alle lampade storiche per realizzare il passaggio da una classe all'altra. Il concetto di isolamento è stato definito dal Comitato Internazionale IEC (International Electrotechnical Commission), secondo cui, per definire le diverse classi di isolamento, bisogna anzitutto distinguere il

concetto di isolamento principale, supplementare, rinforzato e il concetto della messa a terra.

- L'isolamento principale abbiamo visto essere il primo livello di protezione realizzato in tutti i dispositivi elettrici, progettato per evitare il contatto diretto con le parti in tensione.
- L'isolamento supplementare rappresenta il secondo livello di protezione. Questo entra in gioco nel momento in cui decade l'isolamento principale, in modo da evitare che l'involucro dell'apparecchio, normalmente non in tensione, diventi carico.
- La messa a terra agisce in caso di guasto dell'isolamento principale, per proteggere le persone dal rischio di folgorazione e le apparecchiature da danni dovuti a guasti elettrici. La connessione a terra permette di scaricare le correnti pericolose verso il suolo.

La sostanziale differenza tra la classe I e la classe II è legata al fatto che, nel primo caso ritroviamo l'isolamento principale e l'impianto di messa a terra, mentre nel secondo caso ritroviamo un isolamento principale un isolamento supplementare (o secondario) oppure un isolamento rinforzato in grado di fornire sia la protezione principale che la protezione in caso di guasto. Dunque, per un dispositivo in classe II non deve essere prevista la connessione a terra tramite il dispositivo di protezione. Una volta definite le differenze tra le due classi di isolamento, sono stati analizzati i requisiti principali della classe II, i quali, oltre al già citato doppio isolamento, prevedono:

- requisiti di distanziamento tra parti attive;
- requisiti costruttivi;
- materiali idonei;

- grado di protezione IP.

Dunque, tenendo in considerazione le specifiche riportate nelle normative rilasciate dal CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), è possibile apportare delle modifiche agli apparecchi illuminanti storici e renderli conformi alla classe II di isolamento. Una volta modificato, il prodotto non sarà più lo stesso, sarà infatti caratterizzato da un nuovo codice identificativo e da una nuova marcatura CE. Il tema delle certificazioni è altresì fondamentale, senza di esse il dispositivo non può essere messo sul mercato e adoperato. Ciò è dovuto al fatto che, una volta modificato, il prodotto dovrà rispettare degli standard di sicurezza, verificati attraverso prove tecniche di laboratorio. Un organismo di certificazione (OdC) è indispensabile quando un'azienda deve mettere in commercio attrezzature che devono sottostare a precise norme. Il loro compito non è quello di progettare e realizzare prodotti per conto di aziende, ma la loro funzione è unicamente quella di verificare se siano state seguite tutte le leggi di riferimento per quel preciso settore. Inoltre, l'OdC non fornisce servizi di consulenza e non si occupa di commercializzare ciò che certifica. Nel momento in cui un'azienda si rivolge a uno specifico OdC, quest'ultimo potrà solamente eseguire le prove sul prodotto affidatogli. Ciò significa che, a seguito delle diverse prove di verifica, presentano i problemi rilevati senza però fornire la soluzione tecnica nel caso di non conformità. Per la consulenza e la risoluzione dei problemi, le aziende vengono indirizzate in specifici laboratori di consulenza in cui svolgere le attività di prova fino al rilascio della Dichiarazione di Conformità. Dunque, il gestore dell'impianto di illuminazione pubblica non può autocertificare un prodotto modificato e reso in classe II di isolamento, sono necessari:

- una nuova Marcatura CE che attesti che il prodotto è stato valutato e si ritiene rispetti i requisiti di sicurezza, salute e tutela dell'ambiente;
- una nuova Dichiarazione di Conformità: un documento che attesta che l'apparecchio di illuminazione è stato realizzato in conformità ai requisiti di sicurezza

delle Direttive europee pertinenti;

- prove sostenute da laboratori specializzati;
- test report, frutto di prove eseguite dagli enti di certificazione sul prodotto;
- un nuovo fascicolo tecnico in cui vengono riportati gli schemi progettuali.

Fondamentale sottolineare come la lampada storica, originariamente certificata in classe I di isolamento possa essere modificata e resa conforme alla classe II di isolamento, ma i singoli componenti interni alla lampada stessa, come può essere ad esempio una morsettiera, progettati in classe I non potranno essere modificati ma dovranno essere sostituiti con nuovi componenti realizzati in classe II.

Nell'apportare le modifiche alla lampada storica, è conveniente, per questioni economiche e di resa luminosa, adottare una sorgente luminosa a LED, tale operazione è definita relamping. Si tratta di una soluzione ottima per coniugare la salvaguardia del patrimonio architettonico con le esigenze moderne di sostenibilità, efficienza e sicurezza. Nonostante questo procedimento richieda un notevole investimento economico, dall'altra parte permetterà una notevole diminuzione nei consumi di energia elettrica e un conseguente risparmio sui costi dell'energia, garantendo così un notevole ritorno economico dell'investimento iniziale.

In conclusione, il passaggio alla Classe II per gli apparecchi di illuminazione storica non rappresenta soltanto un adeguamento tecnico volto alla sicurezza elettrica, ma si configura come un atto di tutela del patrimonio urbano. Dimostrare che la sicurezza normativa e la bellezza architettonica possono coesistere attraverso processi di certificazione rigorosi apre la strada a una gestione più consapevole e sostenibile delle nostre città.

Bibliografia

- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 64-8: "Impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua", Data Pubblicazione 07/2024
- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60598-1: "Apparecchi di illuminazione - Parte 1: Prescrizioni generali e prove", Data Pubblicazione 02/2025
- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60598-2-3: "Apparecchi di illuminazione - Parte 2-3: Prescrizioni particolari - Apparecchi per illuminazione stradale", Data Pubblicazione 10/2003
- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 64-19: "Guida agli impianti di illuminazione esterna", Data Pubblicazione 02/2014
- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 11-27: "Lavori su impianti elettrici", Data Pubblicazione 10/2025
- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60227: "Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V", Data Pubblicazione 02/2024

- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60245: "Rubber insulated cables - Rated voltages up to and including 450/750 V", Data Pubblicazione 12/2003
- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 61140: "Protezione contro le scosse elettriche - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature", Data Pubblicazione 11/2023
- Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 60417: "Graphical symbols for use on equipment", Data Pubblicazione 10/2004
- Normativa UNI EN 40: "Pali per l'illuminazione pubblica"

Sitografia

- www.my.ceinorme.it
- www.eurocert.it
- www.europa.eu
- www.mrdico.com
- www.gruppoiren.it
- www.marcaturace.net
- www.oppo.it

Elenco delle tabelle

1.1	Posizionamento dei punti luce	18
1.2	Cavi di alimentazione	23
1.3	Sezione minima dei conduttori	24
1.4	Parametri aggiuntivi per la classificazione dei cavi	26
2.1	Simboli per riconoscimento dei dispositivi elettrici in classe I e II di isolamento	50
2.2	Valori di tensione nominale di tenuta a impulso per le apparecchiature alimentate direttamente dalla rete BT	55
2.3	Distanze minime superficiali tra parti attive	56
2.4	Distanze minime in aria tra parti attive	57
2.5	Distanze tra parti attive e classi di isolamento	57
3.1	Valori minimi della resistenza d isolamento. Fonte: [CEI 60598-1]	74
3.2	Tensioni di prova per la verifica della rigidità dielettrica. Fonte: [CEI 60598-1]	75
3.3	Temperature massime dei componenti principali. Fonte: [CEI 60598-1]	79
3.4	Temperature massime dei materiali comunemente utilizzati per le lampade. Fonte: [CEI 60598-1]	80
5.1	Distanze minime superficiali tra parti attive. Fonte: [CEI 60598-1]	104

5.2	Distanze minime in aria tra parti attive. Fonte: [CEI 60598-1]	104
5.3	Distanze tra parti attive e classi di isolamento. Fonte: [CEI 60598-1]	105
5.4	Condizioni di prova prima cifra caratteristica codice IP. Fonte: [CEI 60529]	111
5.5	Calibri di accessibilità per le prove di protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose. Fonte: [CEI 60529]	113
5.6	Mezzi di prova per la protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei. Fonte: [CEI 60529]	114
5.7	Mezzi di prova e principali condizioni di prova per la verifica della protezione contro l'ingresso di acqua. Fonte: [CEI 60529]	116

Elenco delle figure

1.1	Rete di distribuzione. [Fonte: AEM Distribuzione Torino]	5
1.2	Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento I	6
1.3	Sistema di alimentazione BT in classe di isolamento II	9
1.4	Lampione stradale. [Fonte: www.oppo.it]	11
1.5	Palo da arredo urbano, Torino (Piazza Vittorio Veneto)	13
1.6	Sbraccio a muro, Torino (Via Verdi)	13
1.7	A tesata, Torino (Via Gioacchino Rossini)	13
1.8	Su palo con sbraccio curvo, Torino (Via Verdi)	13
1.9	Classi di reazione al fuoco dei cavi elettrici	25
1.10	Dichiarazione di Prestazione	27
1.11	Morsettiera da palo	30
1.12	Andamento del decadimento del flusso luminoso delle lampade a scarica. Fonte: [CEI 64-19]	38
2.1	Esempio di struttura del codice IP	59
2.2	Tabella dei valori di protezione	60
2.3	Combinazioni e significati dei gradi di protezione IP	61
3.1	Esempio di Dichiarazione di Conformità UE	69
3.2	Simbolo Marcatura CE	71

4.1	Lampione in ghisa in stile Liberty, Torino (Via Alessandro Riberi) .	92
4.2	Lanterna a braccio, Torino (Vicolo Cesare Benevello)	93
5.1	Distanze minime di sicurezza dai componenti riscaldabili. Fonte: [CEI 60598-1]	109

Ringraziamenti

Alla mia famiglia.

A mia mamma e mio papà, che mi hanno sostenuto e supportato nel corso di tutti questi anni.

A mia sorella Giulia, che mi è stata vicino nonostante la distanza che ci separa in questi ultimi anni.