



# COMUNE DI PADOVA

---

## Settore Lavori Pubblici

### PROGETTO ESECUTIVO

#### INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA IN ALCUNE VIE COMUNALI

**IMPORTO COMPLESSIVO: € 300.000,00**

<b>N° Progetto</b>  <b>Nome file</b> APPR_12_RTS  <b>Data</b> Marzo 2019	<b>CUP</b> H97H18002210004  <b>LLPP</b> LLPP OPI 2019/17	<b>Descrizione</b>  <b>RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA</b>	<b>RTS</b>
<b>Progettisti</b>  Ing. Simone Sarto Ing. Francesco Riva Geom. Nicola Friso	<b>Rup</b>  Ing. Massimo Benvenuti	<b>Capo Settore</b>  Ing. Massimo Benvenuti	

# RELAZIONE TECNICA

## Indice generale

Premessa.....	2
Definizione delle opere.....	2
Descrizione del progetto.....	2
Caratteristiche dell'impianto.....	5
Normative di riferimento.....	6
Zone di studio e relative categorie illuminotecniche.....	7
CALCOLI ILLUMINOTECNICI.....	11
Riepilogo risultati dei calcoli illuminotecnici.....	11
CONCLUSIONI.....	14
APPENDICE: Tabelle di riferimento.....	15
Tabella A.1 - Prospetto C.1: Classificazione delle strade secondo il Codice della Strada.....	15
Tabella A.2 - Prospetto 1 della norma 11248: Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi UNI 11248.....	17
Tabella A.3 - Prospetto 6 della Norma UNI 11248: comparazione di categorie illuminotecniche.....	18
Tabella A.4 - Prospetto 2 della Norma UNI 11248: Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo.....	18
Tabella A.5 - Prospetto 3 della norma UNI 11248 - Indicazioni sulle variazioni della categoria illuminotecnica di progetto in relazione ai più comuni parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale.....	19
Tabella A.6 - Prospetto 1 della norma UNI 13201-2: Requisiti prestazionali per le categorie M.....	20
Tabella A.7 - Prospetto 2 della norma UNI 13201-2: Requisiti prestazionali per le categorie C.....	21
Tabella A.8 - Prospetto 3 della norma UNI 13201-2: Requisiti prestazionali per le piste ciclabili.....	22

## **Premessa**

Il presente documento è parte integrante del progetto esecutivo LLPP OPI 2019\_17 per l'efficientamento della rete di illuminazione pubblica del Comune di Padova.

Nel seguito sono riassunti gli interventi previsti nelle singole strade e i criteri adottati nell'esecuzione della progettazione delle soluzioni impiantistiche elettriche ed illuminotecniche.

Per ulteriori particolari si rimanda alle tavole grafiche e agli altri documenti del progetto.

## **Definizione delle opere**

Il progetto prevede due zone di intervento, a cui nel seguito del documento si farà riferimento con “zona di intervento Forcellini” e “zona di intervento Savonarola”.

Gli interventi comprendono opere edili (scavi, posa di cavidotti e plinti), e opere elettriche (posa di cavi, installazione di pali di sostegno e lampade a LED ad alta efficienza, nuovi quadri di alimentazione).

Gli interventi sono rappresentati negli elaborati grafici di progetto (planimetrie e tavole dei particolari).

## **Descrizione del progetto**

### Zona di intervento “Forcellini”

La zona di intervento illustrata nella tavola “Forcellini”, attualmente alimentata da un “circuitto serie” proveniente dalla cabina di via Scardeone, sarà convertita ad “alimentazione in derivazione 3-fase”; l'alimentazione sarà fornita da un nuovo quadro posizionato all'incrocio tra via Pertile e via Canestrini.

La linea serie nella zona di intervento sarà rimossa; la richiusura del circuito serie rimanente avverrà in prossimità dell'incrocio tra via Pertile e via Facciolati. Sarà necessario inoltre collegare la linea serie del lato di via G.Modena non oggetto dell'intervento alla linea serie di via Gattamelata.

Nella seguente tabella sono riepilogati gli interventi da eseguire.

Zona di intervento "FORCELLINI": dettaglio degli interventi											
	Strada	Stato di fatto alimentazione		Progetto							
		Linea serie aerea	Linea serie Interrata	Lampada	Cavo 3-fase	Plinto	palo	Scavo e cavidotto	Rimozione lampada serie e ponte	Rimoz. serie aerea	Rimoz. serie interrata
	Via Pertile	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
2	Via Ricci Curbastro	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
3	Via Ferretto	x	-	x	x	x	x	x	x	x	-
4	Via Padrin	x	-	x	x	x	x	x	x	x	-
5	Via Descalzi	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
6	Via Levi Civita	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
7	Via Forcellini	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
8	Via Da Nono	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
9	Via G. Modena	x	x	x	x	-	-	-	x	x	x
10	Via Rosmini	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11	Via Orsato Sertorio	x	-	x	x	-	-	-	x	x	-

### Zona di intervento “Savonarola”

La zona d'intervento illustrata nella tavola “Savonarola”, attualmente alimentata da un “circuito serie” proveniente dalla cabina di piazzale San Giovanni, sarà convertita ad “alimentazione in derivazione 3-fase”; l'alimentazione sarà fornita dal quadro esistente posizionato all'inizio di via Digione, modificato con l'aggiunta di nuovi circuiti.

La linea serie nella zona di intervento sarà eliminata; la richiusura del circuito serie rimanente avverrà in prossimità dell'incrocio tra via Vicenza e via Digione.

Nella seguente tabella sono riepilogati gli interventi da eseguire.

Zona di intervento “SAVONAROLA”: dettaglio degli interventi											
	Strada	Stato di fatto alimentazione		Progetto							
		Linea serie aerea	Linea serie Interrata	Lampada	Cavo 3-fase	Plinto	palo	Scavo e cavidotto	Rimozione lampada serie e ponte	Rimozione linea serie aerea	Rimozione linea serie interrata
1	Via Digione	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Via Beltrame	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
3	Via Monterotondo	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
4	Via Bligny	x	-	x	x	x	x	x	x	x	-
5	Via Garigliano	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
6	Via Castelmorrone	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
7	Via Montesuello	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
8	Via Caprera	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x
9	Via Zanibon	-	x	x	x	-	-	-	x	-	x

## Caratteristiche dell'impianto

L'impianto avrà le seguenti caratteristiche:

- Le linee di alimentazione saranno posate in cavidotto interrato, con cavi unifilari a doppio isolamento del tipo FG16R16 di sezione pari a 10 mmq e, all'interno dei pali, dalla morsettiera al corpo illuminante, del tipo FG16OR16 con sezione pari a 2x2,5 mmq.
- I corpi illuminanti avranno le seguenti caratteristiche:
  - o sorgente LED
  - o efficienza > 130 lm/watt, grado termico 4000°K
  - o vita utile gruppo ottico > 100.000h secondo L90B10
  - o presa 4 pin (Zhaga book 18) sul top del corpo e alimentatore con interfaccia di dimmerazione digitale (DALI 2.0); in questo modo i corpi illuminanti sono predisposti per la successiva installazione di ricevitori radio per il telecomando delle lampade.  
Il corpo illuminante dispone inoltre di sistema di dimmerazione automatica del flusso luminoso nelle ore centrali della notte (mezzanotte virtuale), preimpostato in fase di ordine delle lampade stesse; alla prima installazione, e in assenza o in caso di guasto del telecomando, sarà attiva la modalità autodimmer con mezzanotte virtuale.
  - o Classe di isolamento II
  - o protezione dalle sovratensioni categoria II e III
  - o I corpi illuminanti sono predisposti per essere installati su testa palo, o su sbracci.
- I quadri di alimentazione avranno le seguenti caratteristiche:
  - o Alimentazione 3-fase
  - o Dispersore di terra
  - o Orologio astronomico programmabile e teleruttore
  - o Interruttore crepuscolare
  - o Interruttori magnetotermici e differenziali
  - o Protezioni per le sovratensioni di cat. I e II
- Gli armadi su cui saranno installati i nuovi quadri si compongono di due vani, il primo per il contatore ENEL e il secondo per il quadro di alimentazione.  
E' previsto inoltre lo spazio per alloggiare i circuiti attuali presenti negli armadi sostituiti dai nuovi, che dovranno essere mantenuti, e per la successiva installazione della centralina per il controllo radio dei punti luce e di eventuali sensori.
- L'impianto di illuminazione delle strade sarà realizzato con l'installazione di pali di tipo tronco conico, con marcatura CE in conformità alla norma UNI EN40, in acciaio S 235 JR EN 10025:93 saldati elettricamente, zincati a caldo secondo norme UNI, con rinforzo e

guaina protettiva alla base, altezza fuori terra di 7 e 8m, dotati di asole per l'installazione della morsettiera e per il passaggio cavi.

- I plinti di fondazione sui quali installare i pali saranno comprensivi di pozzetto per la realizzazione delle derivazioni dei cavi elettrici.

La distanza minima del palo rispetto al ciglio della strada non dovrà essere comunque inferiore a 60 cm.

## **Normative di riferimento**

Gli impianti rispetteranno, salvo esplicite deroghe previste dal “progetto”, le seguenti disposizioni legislative e normative: ad esse si farà riferimento in sede di accettazione e verifiche preliminari degli impianti, e in sede di collaudo finale.

- Legge n°186 del 01/03/1968 – “disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”.
- Decreto legislativo n°163 del 12/04/2006 – "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”.
- Norma CEI 11-1 - “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Norme generali”;
- Norma CEI 11-17 - “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”;
- Norma CEI 11-18 - “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni”;
- Norme CEI 17-13/1 - “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per la bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Prescrizioni per apparecchiature di serie (AS) e non di serie (ANS)”;
- Norma CEI 34-21 - “Apparecchi di illuminazione - Parte I: Prescrizioni generale e prove”;
- Norma CEI 34-33 - “Apparecchi di illuminazione - Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi per illuminazione stradale”;
- Norma CEI 34-46 - “Dispositivi di innesco (esclusi gli starter a bagliore) - Prescrizioni generali di sicurezza”;
- Norma CEI 34-47 - “Dispositivi di innesco (esclusi gli starter a bagliore) - Predisposizioni di prestazione”;
- Norma CEI 34-48 - “Alimentatori per lampade a scarica (escluse le lampade fluorescenti tubolari) - Prescrizioni generali e di sicurezza”;

- Norma CEI 34-49 - “Alimentatori per lampade a scarica (escluse le lampade fluorescenti tubolari) - Prescrizioni di prestazione”;
- Norma CEI 64-8 - “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”;
- Legge Regionale n°3/2011 del 18 marzo 2011.

Inoltre per gli aspetti illuminotecnici il progetto rispetta le seguenti normative:

- Norma UNI 11248 (2016 Novembre) - “illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche”;
- Norma UNI EN 13201-1-2-3-4 (2016 Febbraio) – “Illuminazione stradale – Requisiti prestazionali”;
- Legge regionale 17/2009 in materia di Inquinamento Luminoso ed efficienza energetica.

## **Zone di studio e relative categorie illuminotecniche**

### Classificazione delle strade secondo il codice della strada

Le strade delle zone di intervento sono state classificate secondo la “Tabella A.1 - Prospetto C.1: Classificazione delle strade” riportata in appendice. Si tratta di strade di quartiere con le seguenti caratteristiche:

Numero carreggiate indipendenti:	1/2
Numero corsie per senso di marcia:	1
Numero di sensi di marcia:	1/2
Velocità max	<= 50 km/h

Pertanto i tratti di strada sono di categoria “F - strada urbana di quartiere”

### Individuazione delle categorie delle strade ai fini illuminotecnici

Le vie delle zone di intervento, ad eccezione del tratto di via Forcellini, si possono considerare equivalenti (omogenee) sotto il profilo illuminotecnico; pertanto sono state individuate due “zone di studio”: la prima comprende le strade tipo “A” (tutte le strade ad eccezione del tratto di via Forcellini), e la seconda le strade tipo “B” (il tratto di via Forcellini oggetto dell’intervento).

Nel seguito, individuata per ogni zona di studio la categoria illuminotecnica di ingresso, si è proceduto a determinare le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio sulla base dei parametri di influenza e dell’analisi dei rischi.



Queste informazioni sono riassunte nelle successive tabelle “zona di intervento Forcellini” e “zona di intervento Savonarola”.

#### Categorie illuminotecniche di ingresso

Le categorie illuminotecniche di ingresso delle strade sono state individuate in base al prospetto 1 della norma UNI 11248 riportato in appendice in tabella A.2.

Per quanto riguarda le intersezioni, considerata la tipologia delle strade, non si è ritenuto di eseguire calcoli specifici o ricorrere alle categorie della classe C.

#### Categorie illuminotecniche di progetto

Alla classificazione delle categoria di ingresso delle strade è stata applicata l’analisi dei rischi, che consiste nella valutazione delle caratteristiche dell’ambiente che possono portare ad individuare una diversa categoria illuminotecnica di progetto; lo scopo è garantire la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando al contempo consumi energetici, costi di installazione, di gestione e impatto ambientale.

#### Categoria illuminotecniche di esercizio

Le categorie illuminotecniche di esercizio sono state definite sulla base dei contenuti della tabella Tabella A.5 - Prospetto 3 della norma UNI 11248.

Ad esclusione delle ore centrali della notte, la categoria di esercizio è uguale a quella di progetto per tutte le strade; nelle ore centrali della notte invece, ipotizzando una riduzione di almeno il 50% del flusso di traffico, sarà possibile ridurre la categoria di esercizio da M5 ( $>0,5$  cd/mq) a M6 ( $>0.30$  cd/mq); pertanto si potrà ridurre il flusso luminoso del 30% rispetto al valore corrispondente al funzionamento al 100%. Ciò sarà ottenuto inizialmente con la modalità autodimmer con calcolo della mezzanotte virtuale, e successivamente, in modo adeguato alle reali condizioni di traffico e/o meteorologiche, con il *controllo adattivo* mediante l’utilizzo di sensori e il telecontrollo delle lampade.

Zona di intervento "Forcellini": categoria di ingresso, analisi dei rischi, cat. progetto ed esercizio												
	Strada	Classe strada	Cat ill. ingresso	Complessità campo visivo normale (Si/No)	Assenza o bassa densità zone di conflitto (Si/No)	Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali (Si/No)	Assenza di pericolo di aggressione (Si/No)	Max riduzione di categoria previste	Cat. Ill. progetto	Cat. Ill. Esercizio	Tipo strada per simulazione	Cat. Esercizio ore notturne
1	V. Pertile	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
2	V. Ricci Curbastro	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
3	V. Ferretto	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
4	V. Padrin	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
5	V. Descalzi	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
6	V. Levi Civita	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
7	V. Forcellini	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	B	M6
8	V. Da Nono	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
9	V. G. Modena	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
10	V. Rosmini	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
11	V. Orsato Sertorio	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6

Zona di intervento "Savonarola": categoria di ingresso, analisi dei rischi, cat. progetto ed esercizio

	Strada	Classe strada	Cat ill. ingresso	Complessità campo visivo normale (Si/No)	Assenza o bassa densità zone di conflitto (Si/No)	Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali (Si/No)	Assenza di pericolo di aggressione (Si/No)	Max riduzione di categoria previste	Cat. Ill. progetto	Cat. Ill. Esercizio	Tipo strada per simulazione	Cat. Esercizio ore notturne
1	V. Digione	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
2	V. Beltrame	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
3	V. Monterotondo	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
4	V. Bligny	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
5	V. Garigliano	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
6	V. Castelmorrone	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
7	V. Montesuello	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
8	V. Caprera	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6
9	V. Zanibon	F / strada locale urbana	M4	SI	NO	NO	SI	1	M5	M5	A	M6

## CALCOLI ILLUMINOTECNICI

---

Gli apparecchi di riferimento utilizzati per i calcoli sono di marca iGUZZINI tipo STREET, potenze di apparato 35.8w e 42,7w, ottica ST1 (L/H=1).

Si potranno ottenere analoghi risultati con apparecchi con caratteristiche fotometriche equivalenti a quelle degli apparecchi prescelti.

Per il calcolo illuminotecnico si è utilizzato il programma di simulazione Relux.

I calcoli sono stati eseguiti con superficie CIE-C2,  $Q_0=0,07\text{sr}$ , fattore di manutenzione 0.8, e considerando il solo contributo della luce artificiale diretta.

### Riepilogo risultati dei calcoli illuminotecnici

Zona di studio	Categoria illum. di progetto	Illuminamento medio per corsia	Uniformità $U_0$	Uniformità longitudinale $U_l$	Abbagliamento $TI$
Strade tipo "A"	M5	0,63/0,69 (min 0,5)	0,50/0,49 (min 0,35)	0,74/0,8 (min 0,4)	14% (max 15%)
Strade tipo "B"	M5	0,72/0,78 (min 0,5)	0,57/0,55 (min 0,35)	0,81/0,93 (min 0,4)	11% (max 15%)

### Limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso

La norma UNI 10819, e la Legge Regionale Veneto n. 17 del 07 agosto 2009 in materia di inquinamento luminoso, prescrivono che gli impianti di illuminazione esterna di nuova realizzazione, debbano rispettare specifici parametri qualitativi in modo da evitare forme di inquinamento luminoso dovute all'indirizzamento diretto o riflesso verso l'alto del fascio luminoso. Le condizioni di installazione, con angolo di inclinazione verso l'alto (Tilt) pari a  $0^\circ$ , e l'uso di apparecchi illuminanti con ottica stradale totalmente "cut off", soddisfano quanto prescritto dalla legge regionale.

Gli apparecchi adottati sono dotati di certificazione contro l'inquinamento luminoso.

Le soluzioni adottate prevedono il posizionamento unilaterale dei punti luce sui cigli delle strade con orientamento prevalentemente ortogonale rispetto all'asse stradale.

## **Corpi illuminanti**

I corpi illuminanti saranno di tipo stradale con ottiche asimmetriche di tipo cut-off nel rispetto della Norma UNI 10819 e delle leggi regionali in materia di inquinamento luminoso, corpo pressofuso in alluminio, predisposti per l'installazione su testa palo e grado di protezione IP66.

Sotto il profilo elettrico i corpi illuminanti saranno in classe II, dotati di protezioni alle sovratensioni di categoria II e III.

Il corpo illuminante dovrà essere certificato a norme CEI attraverso il regime IMQ del Marchio Italiano di Qualità o altro Istituto equivalente riconosciuto nell'ambito della Comunità Europea ed essere marchiato CE.

Gli apparecchi dovranno essere predisposti per l'installazione dei dispositivi radio per il telecontrollo del flusso luminoso; a tale scopo saranno equipaggiati di alimentatore conforme allo standard DALI 2.0 e presa ZHAGA 4 pin (Zhaga book 18) sul top del corpo per la successiva installazione del ricevitore.

In assenza del telecontrollo sarà attiva la modalità autodimmer, che si basa sul calcolo della mezzanotte virtuale. In questa modalità di funzionamento è attiva la riduzione automatica del flusso luminoso nelle ore notturne, senza ulteriori cavi di comando e/o dispositivi di controllo; tipicamente viene impostata dal costruttore la riduzione del 30% del flusso luminoso per 7 ore.

La media tra l'orario di accensione (tramonto) e di spegnimento (alba) del sistema di illuminazione è il punto di riferimento per il dispositivo, e viene indicato con il termine "mezzanotte virtuale". Un microprocessore calcola l'orario di commutazione tra il funzionamento al 100% e quello ridotto.

## **Pali di sostegno**

Il pali di sostegno saranno di tipo tronco conico di tipo liscio ricavati da lamiera per saldatura, con i fori asolati per il passaggio cavi e l'installazione della morsettiera, zincati a caldo e successivamente verniciati con antiruggine e vernice di tipo epossidico stesa in doppio strato; in corrispondenza della sezione di incastro nel blocco di fondazione saranno dotati inoltre di una protezione addizionale bituminosa.

## **Blocchi di fondazione e pozzetti rompitratta**

I plinti per la posa dei pali di sostegno dei punti luce saranno in calcestruzzo armato e vibrato di adeguate dimensioni, realizzati in opera o in esecuzione prefabbricata.

Nell'ambito del blocco di fondazione sarà presente un vano pozzetto con chiusino in ghisa carrabile in modo da consentire il raccordo tra cavidotti di linea e la tubazione predisposta per la risalita alla morsettiera interna ad ogni singolo sostegno.

I pozzetti rompitratta degli impianti di illuminazione saranno di tipo prefabbricato in calcestruzzo vibrato armato con rete elettrosaldata e dotati di soletta con annegato il chiusino di sommità.

I pozzetti di transito saranno previsti per l'ispezione e/o la posa dei cavi qualora si sia in presenza di interdistanze significative, di attraversamenti stradali, e di cambiamenti di direzione della linea di posa dei cavidotti per cui risulti essere difficoltoso il tiro allineato dei cavi durante le lavorazioni di posa.

### **Cavidotti interrati**

I cavidotti avranno le caratteristiche dimensionali e costruttive indicate negli elaborati grafici di progetto; sono previste tubazioni flessibili in PEAD a doppia parete a sezione circolare, aventi rivestimento esterno con profilo corrugato e rivestimento interno a parete liscia in modo da favorire l'infilaggio dei conduttori.

### **Linee in cavo**

Le linee di alimentazione saranno realizzate con cavi a doppio isolamento, con conduttori in rame multifilari, di tipo FG16R16 per le linee nei cavidotti e FG16OR16 per i collegamenti all'interno dei pali di sostegno, adatti per tensioni fino a 0,6/1 kV.

Le derivazioni per l'alimentazione dei corpi illuminanti saranno realizzate all'interno dei pali attraverso l'uso di morsettiere isolate in classe II; altre derivazioni saranno eseguite fuori terra, attraverso l'uso di apposite cassette in lega di alluminio equipaggiate con morsettiere multi-via.

L'alimentazione elettrica sarà distribuita collegando i corpi illuminanti ciclicamente tra le 3 fasi R, S, T e il neutro; la risalita al corpo illuminante sarà protetta dal fusibile installato sulla morsettiera all'interno del palo di sostegno.

La sezione dei conduttori all'interno dei cavidotti è pari a 10 mmq; ciò garantisce cadute di tensione inferiori al 5% della tensione nominale.

I cavi di collegamento tra morsettiera e corpo illuminante saranno avranno sezione pari a 2x2,5 mmq.

### **Muffole di giunzione**

L'isolamento primario, sarà costituito da un gel polimerico reticolato autoestinguente, e l'involucro isolante plastico esterno sarà di adeguata robustezza in modo da rendere il giunto di Classe II, in accordo alle definizioni della norma CEI 64-8.

### **Prescrizioni impiantistiche**

Tutti gli impianti di illuminazione saranno realizzati in classe II di isolamento, come ammesso dalla Norma CEI 64-8/714.

In particolare i componenti elettrici di classe II saranno i seguenti:

- Armature apparecchi illuminanti;
- Cavi elettrici;
- Morsettiere alla base dei pali.

### **Calcoli illuminotecnici**

Il calcolo illuminotecnico, parte integrante del progetto, è stato eseguito con coefficiente di decadimento della prestazione delle sorgenti luminose pari a 0.8, adeguato al sito di installazione dei singoli punti luce, alla diminuzione della trasparenza del vetro di chiusura, e alla riduzione della emissione delle sorgenti luminose.

## CONCLUSIONI

I contenuti della presente relazione sono parte della documentazione tecnica di progetto, che comprende i “Calcoli illuminotecnici”, le “tavole grafiche” e il “Capitolato Speciale d’Appalto”.

Complessivamente l’intervento prevede l’installazione di 170 punti luce con sorgente LED alimentati in derivazione in sostituzione di lampade a incandescenza e sodio alimentate in serie.

La potenza degli apparati installati è di 35,8 e 42,7 watt.

La potenza complessiva assorbita è pari a 6169 watt. ( $158 \times 35,8 + 12 \times 42,7 = 6169$  watt)

La caduta di tensione massima a fine linee alimentazione è  $< 5\%$ .

## APPENDICE: Tabelle di riferimento

Sebbene la classificazione delle strade non sia di competenza del progettista illuminotecnico, spetta a quest'ultimo la verifica della corrispondenza tra la classe assegnata e le effettive esigenze illuminotecniche.

A titolo informativo, per facilitare il progettista nella valutazione dei rischi e nella scelta della categoria illuminotecnica di ingresso, il prospetto C.1 riassume le caratteristiche dei vari tipi di strada come definiti nell'articolo 2 del Codice della Strada e dal Decreto Ministeriale dei Trasporti del 5/11/2001, N° 6792.

**Tabella A.1 - Prospetto C.1: Classificazione delle strade secondo il Codice della Strada**

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	N° minimo di carreggiate indipendenti	N° minimo di corsie per senso di marcia	N° di sensi di marcia	Portata max di servizio per corsia (veicoli/ora)	
B	Strade extraurbane principali	2	2	2	1000	
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	1	1	2	600	Strade tipo provinciali, regionali e statali, con banchine laterali transitabili
	Strade extraurbane secondarie	1	1	2		
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	1	1	2		
D	Strade urbane di scorrimento	2	2	2	950	Strade urbane di grandi dimensioni e di connessione alla "rete urbana di quartiere" o "extraurbana secondaria"
E	Strade urbane di	1	1	2	800	



Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	N° minimo di carreggiate indipendenti	N° minimo di corsie per senso di marcia	N° di sensi di marcia	Portata max di servizio per corsia (veicoli/ora)	
	scorrimento		2	1		
F	Strade urbane di quartiere	1	1	1 o 2	450	
F	Strade locali extraurbane	1	1	1 o 2		
F	Strade locali interzonali	1	1	1 o 2	800	
F	Strade locali urbane	1	1	1 o 2	800	

**Tabella A.2 - Prospetto 1 della norma 11248: Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi UNI 11248**

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità (km/h)	Categoria Illuminotecnica di ingresso
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle extraurbane principali	da 70 a 90	M3
C	Strade extra-urbane secondarie (tipi C1 e C2)	da 70 a 90	M2
	Strade extra-urbane secondarie	50	M3
	Strade extra-urbane secondarie con limiti particolari	da 70 a 90	M2
D	Strade urbana di scorrimento	70	M2
		50	
E	Strade urbana di quartiere	50	M3
F	Strade locali extra-urbane (tipi F1 e F2)	da 70 a 90	M2
	Strade locali extra-urbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zona 30	30	C4/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
		30	C4/P2
F bis	Itinerari ciclopeditoni	Non dichiarato	P2
		30	

**Tabella A.3 - Prospetto 6 della Norma UNI 11248: comparazione di categorie illuminotecniche**

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizione	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $q_0 \leq 0.05$ sr	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0.05 < q_0 \leq 0.08$ sr	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $q_0 > 0.08$ sr	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4

**Tabella A.4 - Prospetto 2 della Norma UNI 11248: Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo**

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto 1) 2)	1
Segnaletica cospicua (3) nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
<p>1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse.</p> <p>2) E' compito del progettista definire il limite di bassa densità</p> <p>3) Riferimenti CIE 137</p>	

**Tabella A.5 - Prospetto 3 della norma UNI 11248 - Indicazioni sulle variazioni della categoria illuminotecnica di progetto in relazione ai più comuni parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale.**

<b>Parametro di influenza</b>	<b>Riduzione massima della categoria illuminotecnica</b>
Flusso orario inferiore al 50% della portata di servizio	1
Flusso orario inferiore al 25% della portata di servizio	2
Riduzione della complessità della tipologia di traffico	1

**Tabella A.6 - Prospetto 1 della norma UNI 13201-2: Requisiti prestazionali per le categorie M**

prospetto 1 <b>Categorie illuminotecniche M</b>						
Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato				Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	Asciutto			Bagnato	Asciutto	Asciutto
	$\bar{L}$ [minima mantenuta] cd × m <sup>2</sup>	$U_o$ [minima]	$U_l^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{T1}^{c)}$ [massima] %	$R_{E1}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale ( $U_l$ ) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

c) I valori indicati nella colonna  $f_{T1}$  sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

Nota 2 La luminanza del manto stradale è il risultato dell'illuminamento del manto stradale, delle proprietà riflettenti del manto stradale e delle condizioni geometriche di osservazione. Le convenzioni sono indicate nella EN 13201-3 e nella EN 13201-4, per la guida lungo tratti di strada con visione a distanze comprese tra 60 m e 160 m.

Nota 3 La luminanza media ( $\bar{L}$ ) è correlata al livello di luminanza generale che consente la visibilità al conducente. Al basso livello di illuminazione utilizzato per l'illuminazione stradale, la prestazione migliora con la luminanza in termini di incremento della sensibilità al contrasto, incremento dell'acuità visiva e riduzione dell'abbagliamento.

Nota 4 L'uniformità generale ( $U_o$ ) esprime, in generale, la variazione delle luminanze e indica l'adeguatezza del manto stradale come sfondo per segnaletica stradale, oggetti e altri utenti della strada.

Nota 5 L'uniformità longitudinale ( $U_l$ ) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sulla strada. Si riferisce alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti.

Nota 6 L'incremento di soglia ( $f_{T1}$ ) indica che, sebbene l'illuminazione stradale migliori le condizioni visive, essa causa anche abbagliamento debilitante in misura dipendente dal tipo di apparecchi di illuminazione, lampade e situazione geometrica. I valori di  $f_{T1}$  calcolati si riferiscono a un conducente giovane. La causa all'origine dell'abbagliamento è la diffusione nell'occhio umano che tende ad aumentare con l'età della persona. L'aumento è individuale e può essere basso per alcuni, di un fattore di due per altri e può essere elevato per persone affette da cataratta non trattata.

Nota 7 L'illuminazione limitata alla carreggiata è inadeguata a rendere visibili le zone laterali immediatamente adiacenti alla strada e gli utenti della strada presenti sul ciglio.

Nota 8 In alcuni paesi, il manto stradale è umido o bagnato per molte delle ore di buio. Per una determinata condizione di umidità, può essere imposto un requisito aggiuntivo di uniformità generale ( $U_o$ ) per evitare una seria riduzione della prestazione in alcuni periodi umidi.

**Tabella A.7 - Prospetto 2 della norma UNI 31201-2: Requisiti prestazionali per le categorie C**

Le categorie C del prospetto 2 riguardano i conducenti di veicoli motorizzati e altri utenti della strada in zone di conflitto come strade in zone commerciali, incroci stradali di una certa complessità, rotonde, zone con presenza di coda, ecc.

Nota 1 Indicazioni per l'applicazione di tali categorie sono fornite nella CEN/TR 13201-1.

Le categorie C si possono applicare inoltre alle zone utilizzate dai pedoni e dai ciclisti, per esempio i sottopassaggi.

L'illuminamento medio ( $\bar{E}$ ) e l'uniformità generale dell'illuminamento ( $U_o$ ) devono essere calcolati e misurati in conformità alla EN 13201-3 e alla EN 13201-4.

La zona della strada per la quale si applicano i requisiti del prospetto 2 può comprendere solo la carreggiata, quando si applicano altri requisiti per l'illuminazione adeguata di altre zone della strada per pedoni e ciclisti, oppure anche altre zone della strada.

Nota 2 La limitazione dell'abbagliamento debilitante può essere dimostrata valutando i valori di  $f_{T1}$  per tutte le combinazioni pertinenti delle direzioni di osservazione e delle posizioni dell'osservatore (vedere appendice C) oppure ottenuta attraverso la scelta degli apparecchi di illuminazione secondo le categorie G\*1, G\*2, G\*3, G\*4, G\*5 o G\*6 (vedere punto A.1).

prospetto 2 **Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale**

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	$\bar{E}$ [minimo mantenuto] lx	$U_o$ [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

Nota 3 Le categorie C si utilizzano principalmente quando le convenzioni per i calcoli della luminanza del manto stradale non valgono o risultano inapplicabili. Questo può accadere quando le distanze di osservazione sono minori di 60 m e quando posizioni diverse dell'osservatore sono significative. Le categorie C si applicano contemporaneamente agli altri utenti della strada nella zona di conflitto. Le categorie C si applicano inoltre a pedoni e ciclisti quando le categorie P e HS definite nel punto 6.1 non sono adeguate.

Si riportano per completezza la prescrizioni contenuta al par. 4.5 della norma 11248

- il valore medio dell'illuminamento non può superare di più del 35% il limite prescritto dalla normativa per le categorie M, e del 25% per le altre categorie:

- nota 1: nel caso di zone di studio non omogenee i requisiti sopra riportati possono essere soddisfatti solo (cioè "è ammesso che siano soddisfatti solo") dalla categoria illuminotecnica con categorie più elevate.

- nota 2: i requisiti della categoria vanno garantiti durante tutto il periodo di vita utile dell'impianto

## Tabella A.8 - Prospetto 3 della norma UNI 13201-2: Requisiti prestazionali per le piste ciclabili

Nota 2 La limitazione dell'abbagliamento debilitante può essere dimostrata valutando i valori di  $f_{Ti}$  per tutte le combinazioni pertinenti delle direzioni di osservazione e delle posizioni dell'osservatore (vedere appendice C) oppure ottenuta attraverso la scelta degli apparecchi di illuminazione secondo le categorie G\*1, G\*2, G\*3, G\*4, G\*5 o G\*6 (vedere punto A.1).

Nota 3 La limitazione dell'abbagliamento molesto può essere ottenuta attraverso la scelta degli apparecchi di illuminazione secondo le categorie D1, D2, D3, D4, D5 o D6 dell'appendice A (vedere punto A.2). Per le categorie HS del prospetto 4, sono pertinenti solo le categorie D5 o D6.

prospetto 3 **Categorie illuminotecniche P**

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

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