

# S.S. N. 9 "VIA EMILIA" VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO ED ELIMINAZIONE PASSAGGIO A LIVELLO SULLA S.P. EX S.S. N.234

## PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)	ING. RENATO DEL PRETE  Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	DOTT. GEOL. DANILO GALLO  Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588	INTEGRAZIONE PRESTAZIONI	PROGETTISTA
			Ing. Renato Del Prete	Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)
			PROGETTAZIONE STRADALE	PROGETTAZIONE IDRAULICA
 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni  Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	 E&G Engineering & Graphics S.r.l.  Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI
			Ing. Renato Vaira (Studio Corona S.r.l.)	Ing. Nicola Ligas (I.T. S.r.l.)
			COMPUTI	CANTIERISTICA
 Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	ECOPLAN Società di Ingegneria S.p.A. a partecipazione paritetica  Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	ARKE INGEGNERIA s.r.l. Via Impugnatorie Torbiana n. 70126 Bari  Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	GEOLOGIA	GEOTECNICA
			Dott. Danilo Gallo	Ing. Gianfranco Sodero (Studio Corona S.r.l.)
			AMBIENTE	SICUREZZA
			Dott. Emilio Macchi (ECOPLAN S.r.l.)	Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	PROGETTISTA	GEOLOGO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
				
Dott. Ing. Fabrizio CARDONE	Ing. Renato DEL PRETE	Ing. Valerio BAJETTI	Dott. Danilo GALLO	Ing. Gaetano RANIERI

MA01

### M - IMPIANTI TECNOLOGICI RELAZIONE GENERALE IMPIANTISTICA

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00IM00IMPRE01B.pdf		
COMI	E	1701	CODICE ELAB. T00IM00IMPRE01	B	
D					
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA	LUGLIO 2018	ING. VALERIO BAJETTI	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI
A	PRIMA EMISSIONE	DICEMBRE 2017	ING. VALERIO BAJETTI	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	2
2	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO .....	2
3	DEFINIZIONI FOTOMETRICHE .....	3
4	NORMA UNI 11248: ILLUMINAZIONE STRADALE .....	6
5	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE STRADALE.....	9
5.1	Zone di studio .....	9
5.2	Analisi del rischio .....	9
5.3	Livelli di luminosità.....	10
5.4	Altri aspetti illuminotecnici .....	10
5.5	Caratteristiche del corpo illuminante .....	10
5.6	Calcolo illuminotecnico .....	12
6	REGOLAZIONE DELL'ILLUMINAZIONE .....	16
6.1	Normativa .....	16
6.2	Regolatore di flusso .....	17
6.3	Criteri di applicazione della regolazione .....	17
7	IMPIANTO ELETTRICO.....	18
7.1	Alimentazione impianti di sollevamento e trattamento .....	21
7.2	Dispositivi di controllo allagamento sottovia .....	22
7.3	Impianto di terra.....	22
7.4	Circuiti e cavidotti .....	23
7.5	Quadri elettrici .....	23
8	VERIFICA STATICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE DEL PALO.....	24
8.1	Dati di progetto .....	24
8.2	Calcolo dell'azione del vento .....	24
8.3	Verifica a ribaltamento .....	25
9	SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P. ....	26

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustrativa ha come scopo quello di descrivere le caratteristiche tecniche ed i criteri di calcolo adottati nello sviluppo del progetto degli impianti elettrici di pubblica illuminazione nonché di alimentazione degli impianti di sollevamento idrici e degli impianti elettrici asserviti alle vasche di trattamento acqua, a servizio della variante di Casalpusterlengo sulla SS9 "Via Emilia".

Il presente documento contiene le indicazioni tecniche di progetto esecutivo, nonché i principali vincoli normativi e di legge per la realizzazione dei su indicati impianti.

Detti vincoli sono forniti dalle normative tecniche vigenti (Norme CEI, UNI), dalle leggi dello Stato e degli Organi di Governo Decentrati, dalle guide e raccomandazioni di enti e di associazioni di categoria.

Le specifiche principali riguardano il calcolo elettrico delle linee di alimentazione ed il dimensionamento illuminotecnico dell'impianto di illuminazione stradale.

## 2 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato redatto conformemente alle vigenti disposizioni di legge e all'attuale normativa in materia di impianti elettrici, di prevenzione incendi e di prevenzione dagli infortuni, al fine di garantire la sicurezza ed il buon funzionamento dell'impianto.

Di si riporta un breve elenco non esaustivo:

- CEI 11-17 – anno 2006 - "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo";
- CEI 11-17 V1– anno 2011 - "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo";
- CEI 20-33 - anno 2006 - "Giunzioni e terminazioni per cavi di energia a tensione V0/V non superiore a 600/1000 V in corrente alternata e 750 V in corrente continua";
- CEI 64-8 – anno 2012 – "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua" e successive integrazioni e varianti;
- UNI EN 40 – anno 2006 - "Pali per l'illuminazione pubblica";
- UNI 11248 – anno 2012 - "Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche";
- EN 13201 – "Illuminazione stradale";
- UNI EN 13201-2:2016 – "Illuminazione stradale – Requisiti prestazionali";
- UNI EN 13201-3:2016 – "Illuminazione stradale – Calcolo delle prestazioni";
- UNI EN 13201-4:2016 – "Illuminazione stradale – Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche";
- UNI 10819:1999 – "Impianti d'illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso";
- UNI 11431:2011 – "Luce e illuminazione – Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso";
- Guida CEI 315-4 – anno 2012 – "Guida all'efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica: aspetti generali";
- Legge della Regione Lombardia n. 31 del 05 Ottobre 2015 "Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso";

- Legge della Regione Lombardia N. 17 del 07 Agosto 2009 “Nuove Norme per il contenimento dell’inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell’illuminazione per esterni e per la tutela dell’ambiente e dell’attività svolta dagli osservatori astronomici.”;
- Legge n. 186 del 01 Marzo 1968: “Disposizioni concernenti la produzione di materiali ... elettrici ed elettronici”;
- DM del 22 Gennaio 2008, N. 37.
- DECRETO 22 febbraio 2011: “Adozione dei criteri ambientali minimi da inserire nei bandi gara della Pubblica amministrazione per l’acquisto dei seguenti prodotti: tessili, arredi per ufficio, illuminazione pubblica, apparecchiature informatiche;
- DECRETO 27 settembre 2017: “Criteri Ambientali Minimi per l’acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l’acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l’affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica”.

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni vigenti di legge, norme e delibere in materia, anche se non espressamente elencate, si considerano applicabili e rispettate. Nei successivi capitoli, qualora necessario, saranno menzionate leggi e norme d’interesse specifico.

### 3 DEFINIZIONI FOTOMETRICHE

Nel presente paragrafo, a titolo informativo, verranno riepilogate le grandezze fotometriche necessarie al calcolo illuminotecnico su cui è basato il software di calcolo.

#### FLUSSO LUMINOSO

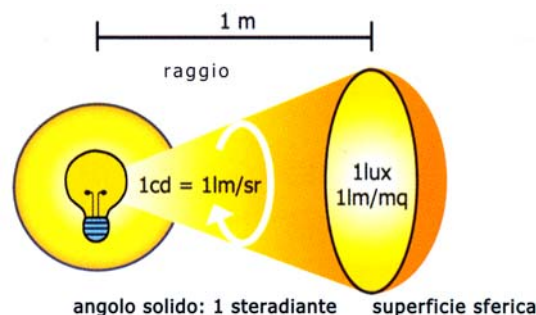
Quantità di energia emessa nello spazio da una sorgente nell’unità di tempo. Il flusso luminoso si indica con il simbolo  $\Phi$  e la sua unità di misura è il lumen (lm). Il rapporto tra il flusso luminoso emesso (lm) e la potenza elettrica assorbita (W), generano l’efficienza luminosa della lampada.

#### INTENSITA’ LUMINOSA

Quantità di luce (I) emessa da una sorgente puntiforme che si propaga in una determinata direzione definita da un angolo solido unitario:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

La sua unità di misura è la candela (cd). L’insieme delle intensità luminose emesse da un apparecchio nelle varie direzioni, rappresenta la distribuzione fotometrica dell’apparecchio.

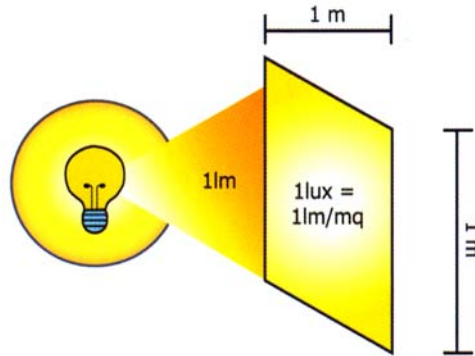


### ILLUMINAMENTO

Quantità di luce proiettata su una data superficie. L'illuminamento si indica con il simbolo  $E$  e la sua unità di misura è il lux (lx). L'illuminamento è un concetto orientato alla progettazione illuminotecnica ed è definito come:

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

dove  $\Phi$  è il flusso incidente sulla superficie (lm) e  $A$  è l'area della superficie considerata ( $m^2$ ).

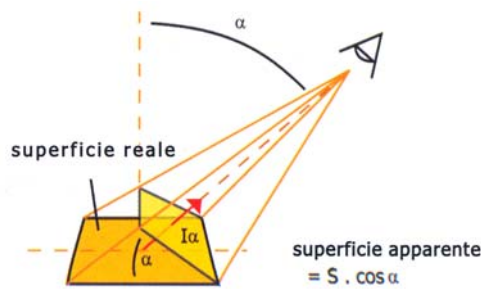


### LUMINANZA

Rapporto tra intensità luminosa della sorgente nella direzione di un osservatore e la superficie emittente, così come viene vista dall'osservatore. La luminanza si indica con il simbolo  $L$  e la sua unità di misura è la  $cd/m^2$ :

$$L = \frac{I\alpha}{dS \cos \alpha}$$

dove  $I$  è l'intensità luminosa,  $dS$  è l'area della sorgente ed  $\alpha$  è l'angolo formato dalla verticale con la direzione della sorgente. La luminanza è un concetto orientato alla progettazione illuminotecnica, particolarmente importante nell'illuminazione stradale (parametro normativo).



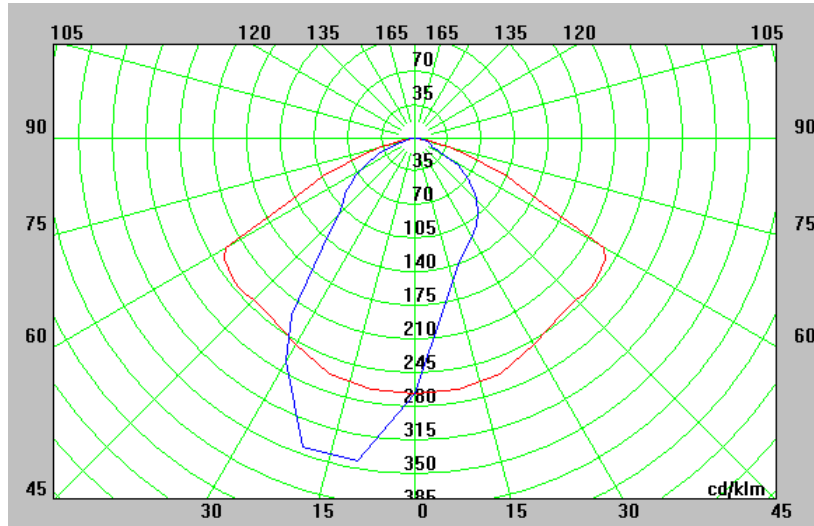
$$I\alpha = \text{intensità luminosa in direzione} \quad L\alpha = \frac{I\alpha}{S \cdot \cos \alpha}$$

In caso non fosse possibile calcolare la luminanza, a causa di problemi geometrici, è possibile determinare l'illuminamento necessario ricorrendo alla seguente approssimazione:

$$1 \text{ cd/m}^2 \approx 20 \div 25 \text{ lx}$$

### CURVE FOTOMETRICHE

L'insieme delle misure delle intensità luminose, emesse da un apparecchio, in ogni direzione, formano il solido fotometrico. Le sezioni di solido fotometrico nel piano longitudinale  $0^{\circ} - 180^{\circ}$  (linea rossa) e trasversale  $90^{\circ} - 270^{\circ}$  (linea blu), piani passanti per il centro ottico dell'apparecchio, vengono rappresentate dalle curve fotometriche.



Le curve fotometriche sono espresse in  $cd/klm$ , relative ad una lampada dello stesso tipo di quella montata nell'apparecchio illuminante, avente flusso luminoso di  $1000lm$ . Per gli apparecchi da interno e per le armature stradali, le curve fotometriche sono rappresentate in coordinate polari  $C/\gamma$ , per i proiettori in coordinate cartesiane  $V/h$ .

### RESA DEL COLORE

Capacità di una sorgente luminosa di riprodurre i colori naturali, senza distorsioni della tonalità del colore, così come risultano se illuminati da un corpo nero. L'indice di resa cromatica CRI si indica con  $R_a$  ed ha un valore compreso tra 0 e 100. Si possono identificare cinque categorie di resa cromatica:

- $R_a = 90 \div 100$  : ottima resa dei colori;
- $R_a = 80 \div 90$  : buona resa dei colori;
- $R_a = 60 \div 80$  : discreta resa dei colori;
- $R_a = 40 \div 60$  : sufficiente resa dei colori;
- $R_a < 40$  : scarsa resa dei colori.

### TEMPERATURA COLORE

Parametro qualitativo delle lampade che, in funzione della composizione spettrale delle radiazioni emesse, restituisce rese del colore differenti. La sua unità di misura è il grado Kelvin (K) ed esistono quattro categorie di temperatura di colore:

- 2500 ÷ 2800K : luce calda – morbida (lampade ad incandescenza);
- 2800 ÷ 3500K : luce calda – neutra (lampade alogene e fluorescenti);
- 3500 ÷ 5000K : luce fredda – neutra (lampade fluorescenti e ad alogenuri metallici);
- > 5000K : luce fredda (luce diurna).

#### 4 NORMA UNI 11248: ILLUMINAZIONE STRADALE

La norma fornisce le linee guida per determinare le condizioni d'illuminazione in una data zona della strada, identificate e definite in modo esaustivo nella norma UNI EN 13201-2, mediante l'indicazione di una categoria illuminotecnica. La norma si basa, nei suoi principi fondamentali, sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115 e recepisce i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti del rapporto tecnico CEN/TR 13201-1. A tal fine, introduce il concetto di parametro d'influenza e la richiesta di valutazione del rischio. Inoltre, sono fornite informazioni sull'illuminazione delle intersezioni e sulle caratteristiche inerenti la riflessione della luce da parte della pavimentazione stradale.

##### *SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE*

La norma individua le prestazioni illuminotecniche degli impianti d'illuminazione atte a contribuire, per quanto di pertinenza, alla sicurezza degli utenti della strada. Essa si applica agli impianti d'illuminazione fissi, progettati per offrire all'utilizzatore delle zone pubbliche, adibite alla circolazione, buone condizioni di visibilità durante i periodi di oscurità, con l'intento di garantire sia la sicurezza ed il buon smaltimento del traffico, sia la sicurezza pubblica, per quanto questi parametri posano dipendere dalle condizioni d'illuminazione stradale. Nel caso di intersezioni stradali, considerata la loro complessità e varietà, le indicazioni normative sono solo informative.

##### *CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE*

Si individuano le categorie illuminotecniche di un impianto mediante i seguenti passi.

Definizione della categoria illuminotecnica di riferimento:

- suddividere la strada in una o più zone di studio con condizioni omogenee dei parametri di influenza;
- per ogni zona di studio identificare il tipo di strada ;
- nota il tipo di strada, individuare, mediante il prospetto 1 della norma, la categoria illuminotecnica di riferimento.

Definizione della categoria illuminotecnica di progetto:

- nota la categoria illuminotecnica di riferimento, valutare i parametri di influenza mediante il prospetto 2 della norma in base all'analisi del rischio e variare la categoria, se necessario, in base a considerazioni di contenimento dei consumi energetici e mediante il prospetto 3 della norma.

Definizione delle categorie illuminotecniche di esercizio:

- in base alle considerazioni di "analisi del rischio" correggere la categoria illuminotecnica di partenza per definire la categoria finale di progetto ed esercizio.

### *CRITERI DI SUDDIVISIONE DELLE ZONE DI STUDIO*

La strada è normalmente costituita da più zone di studio. Ogni zona è identificata da una categoria illuminotecnica di progetto ed una o più categorie illuminotecniche di esercizio. La determinazione dell'estensione della zona è compito del progettista.

### *ANALISI DEL RISCHIO*

L'analisi del rischio consiste nella valutazione dei parametri di influenza al fine di individuare la categoria illuminotecnica che garantisca la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti in condizioni notturne, minimizzando i consumi energetici, i costi d'installazione e gestione e l'impatto ambientale. L'analisi può essere fatta in base a richieste specifiche della Committenza, a direttive e/o leggi dello Stato e ad effettivi parametri di influenza rilevati per le strade esaminate. Per i casi normali, è sufficiente basare l'analisi del rischio sulla conoscenza di parametri d'influenza più significativi, che possono essere individuati mediante il prospetto 3 della norma, dove i valori vengono forniti a titolo informativo.

### *CONTROLLO DELL'ABBAGLIAMENTO DEBILITANTE*

L'abbagliamento debilitante deve essere mantenuto entro valori di tollerabilità in ogni prescrizione della norma.

### *CONDIZIONI VISIVE*

L'impianto d'illuminazione deve soddisfare le esigenze di guida visiva. La guida visiva è in larga misura determinata dalla disposizione dei centri luminosi, dalla loro successione geometrica, dalla loro intensità luminosa e dal colore della luce emessa. Affinché tali esigenze siano soddisfatte, deve essere evitata ogni discontinuità dell'impianto che non sia la conseguenza di punti singolari, per i quali è necessario richiamare l'attenzione dei conducenti dei veicoli. Per quanto riguarda la resa del colore, il valore minimo per l'indice di resa cromatica è  $R_a \geq 20$ . Inoltre, a seconda delle condizioni meteorologiche, variabili da zona a zona ed in base al periodo dell'anno, è possibile determinare più categorie illuminotecniche per la medesima strada, in modo da poter applicare una riduzione del flusso luminoso con conseguente risparmio energetico.

### *COMPARAZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE*

Quando zone adiacenti o contigue prevedono l'applicazione di categorie diverse, è necessario individuare le categorie che presentano un livello luminoso comparabile come riportato nel prospetto 6 della norma.

### *DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI LUMINOSITA'*

Fatte le necessarie scelte progettuali e prestazionali, con la conseguente determinazione della categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio, è possibile risalire al livello di illuminamento o di luminanza richiesto mediante le tabelle di conversione, estratte della norma UNI EN 13201 - 2, di seguito riportate:



Table 1a — ME-series of lighting classes

Class	Luminance of the road surface of the carriageway for the dry road surface condition			Disability glare	Lighting of surroundings
	$\bar{L}$ in cd/m <sup>2</sup> [minimum maintained]	$U_0$ [minimum]	$U_1$ [minimum]	$TI$ in % <sup>a</sup> [maximum]	$SF$ <sup>b</sup> [minimum]
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	no requirement

<sup>a</sup> An increase of 5 percentage points in  $TI$  can be permitted where low luminance light sources are used. (see note 6)

<sup>b</sup> This criterion can be applied only where there are no traffic areas with their own requirements adjacent to the carriageway.

Table 2 — CE-series of lighting classes

Class	Horizontal illuminance	
	$\bar{E}$ in lx [minimum maintained]	$U_0$ [minimum]
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

Table 3 — S-series of lighting classes

Class	Horizontal illuminance	
	$\bar{E}$ in lx <sup>a</sup> [minimum maintained]	$E_{min}$ in lx [maintained]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	performance not determined	performance not determined

<sup>a</sup> To provide for uniformity, the actual value of the maintained average illuminance may not exceed 1,5 times the minimum  $\bar{E}$  value indicated for the class.

Nelle precedenti tabelle vengono messi in luce i seguenti parametri fondamentali da rispettare nel calcolo illuminotecnico, in particolare, nel caso sia richiesto il calcolo della luminanza:

- Luminanza media mantenuta (  $L$  ) sul manto stradale, indicata anche con  $L_m$ , è la luminanza di progetto da rispettare nell'area di calcolo considerata;
- Uniformità generale (  $U_0$  ) definita come il rapporto tra la luminanza minima e la luminanza media nell'area di calcolo (  $L_{min}/L_{med}$  );
- Uniformità longitudinale (  $U_l$  ) definita come il rapporto tra la luminanza minima e la luminanza massima, determinate lungo l'asse di ciascuna corsia, con il punto di osservazione assunto lungo lo stesso asse;
- Abbagliamento debilitante (  $TI$  ) definito come in precedenza;
- Rapporto periferico (  $SR$  ) definito come la luminanza media sulla strada fuori dai bordi della carreggiata in proporzione alla luminanza media sulla strada all'interno dei bordi.

## 5 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE STRADALE

In relazione a quanto sopra esposto, in ottemperanza con quanto già riportato nel progetto definitivo, in accordo con la Committenza, la Classe di strada di riferimento è la C2 (strada extraurbana secondaria), con limiti di velocità fino a 70-90 km/h.

Alle strade di classe C2, la Norma UNI 11248 associa una categoria illuminotecnica di riferimento **ME2**.

### 5.1 ZONE DI STUDIO

Occorre suddividere il tracciato in quattro zone distinte:

- zona rotatoria o svincolo;
- rampe di uscita/immissione;
- zona stradale tipologica;
- zona pista calcabile (non sempre presente lungo il tracciato).

### 5.2 ANALISI DEL RISCHIO

L'analisi del rischio del presente progetto stradale, non essendo indicati casi particolari, viene valutata in base ai parametri d'influenza più significativi, come specificato nei prospetti 2 e 3 della normativa.

Secondo il prospetto 1 della normativa, la categoria di riferimento per la tipologia C2, risulta essere la ME2. Per il tratto stradale considerato, tenendo conto dei parametri d'influenza valutati, la categoria di progetto diventa la **ME3a**.

Per le rotatorie e gli svincoli presenti, tenendo conto dei parametri d'influenza valutati, occorre aumentare la categoria illuminotecnica di riferimento. Di conseguenza, facendo riferimento alla tabella 1A della Norma UNI EN 13201, la categoria di progetto diventa la ME2. Tuttavia, in

rotatoria non è possibile determinare la luminanza, occorre quindi convertire la categoria secondo quanto espresso dal prospetto 5 della norma UNI 11248, ottenendo la categoria **CE2**.  
 Per l'illuminazione della pista ciclabile, la categoria di riferimento è la S3. Tenendo conto dei parametri d'influenza valutati, occorre aumentare la categoria illuminotecnica di riferimento che diventa la **S2**.

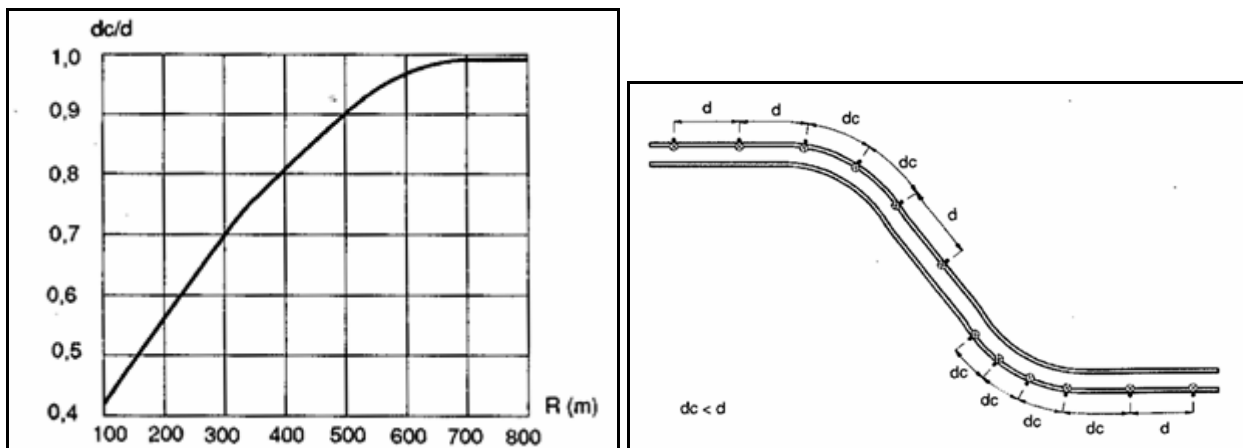
### 5.3 LIVELLI DI LUMINOSITÀ

Secondo quanto esposto nell'analisi del rischio, tenendo conto delle tabelle di conversione dei parametri di luminanza ed illuminamento, si avranno le seguenti situazioni da rispettare nel calcolo illuminotecnico:

- categoria ME3a → luminanza > 1,0 cd/m<sup>2</sup> – U<sub>0</sub> > 0,4 – U<sub>1</sub> > 0,7;
- categoria CE2 → illuminamento > 20lx – U<sub>0</sub> > 0,4;
- categoria S2 → illuminamento > 10lx – E<sub>min</sub> > 3lx

### 5.4 ALTRI ASPETTI ILLUMINOTECNICI

L'interasse medio tra i centri luminosi è calcolato in rettilineo, mentre per i tratti in curva si deve tener conto di una riduzione di passo come suggerito dal seguente grafico:



Tale grafico rappresenta il rapporto fra la distanza in curva e la distanza in rettilineo dei centri luminosi, in funzione del raggio di curvatura della strada ed è suggerito ENEL-Federelettrica "Guida per l'esecuzione degli impianti di illuminazione pubblica". Un esempio di riduzione della distanza tra i centri luminosi in curva, rispetto al rettilineo, è possibile apprezzarlo nell'esempio sopra riportato.

### 5.5 CARATTERISTICHE DEL CORPO ILLUMINANTE

Per i tratti stradali si è valutata l'utilizzazione di un'armatura stradale a tecnologia LED costituita da un gruppo ottico antinquinamento luminoso di tipo Cut-Off, con distribuzione simmetrica in senso longitudinale e distribuzione asimmetrica (altamente performante) in senso trasversale.

L'alimentazione elettrica è di 230V, 50Hz con isolamento di Classe II.

La scelta della tecnologia a LED è dovuta ad una ottima efficienza luminosa ( $\text{lm/W}$ ), pari a 142,5, nonché un'ottima resa cromatica  $\text{IRC} > 80$ , oltre ad una buona durata della componentistica. La temperatura del colore, per questo tipo di sorgente luminosa, è di  $4000 \text{ °K}$ , con un indice di resa cromatica di  $\text{IRC} > 80$ . I valori di resa cromatica e temperatura del colore, in caso di manutenzione, dovranno sempre essere rispettati oppure migliorati, qualora la tecnologia lo permettesse, senza ridurre l'efficienza luminosa della lampada, per non compromettere la guida visiva.

Di seguito sono riportate le caratteristiche tecniche, geometriche ed il diagramma polare del corpo illuminante adottato per le verifiche illuminotecniche.

**AN-LIGHT S.R.L. mod. London LED 100W- 4000K ST, tipo o similare**

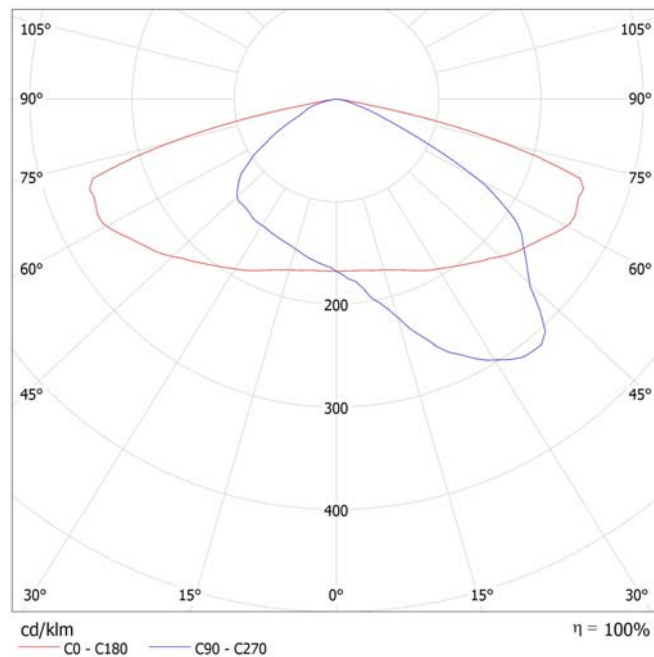
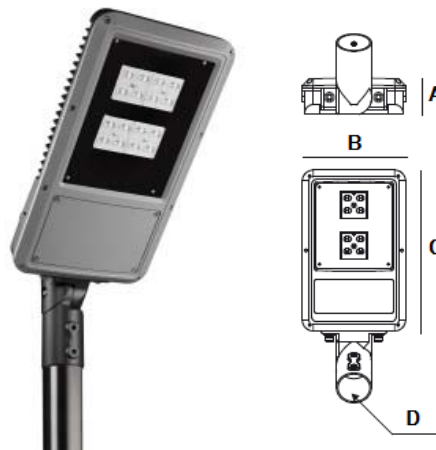
Flusso luminoso (Apparecchio): 14250 lm

Flusso luminoso lampada: 13440 lm

Potenza elettrica apparecchio: 100.0 W

Classificazione lampade secondo CIE: 100

CIE Flux Code: 33 72 97 100 100



Per l'illuminazione dei sottopassi è stato utilizzato l'apparecchio avente le seguenti caratteristiche, con montaggio in orizzontale con apposito attacco in dotazione:

**AN-LIGHT S.R.L. mod. London LED 56W- 4000K ST, tipo o similare**

Flusso luminoso (Apparecchio): 8590 lm

Flusso luminoso lampada: 8225 lm

Potenza elettrica apparecchio: 56.0 W

Classificazione lampade secondo CIE: 100

CIE Flux Code: 33 72 97 100 100

Per l'illuminazione della pista ciclabile Cascina Borasca è stato utilizzato l'apparecchio avente le seguenti caratteristiche:

**AN-LIGHT S.R.L. mod. London LED 35W- 4000K ST, tipo o similare**

Flusso luminoso (Apparecchio): 4400 lm

Flusso luminoso lampada: 3490 lm

Potenza elettrica apparecchio: 35.0 W

Classificazione lampade secondo CIE: 100

CIE Flux Code: 36 74 97 100 100

## 5.6 CALCOLO ILLUMINOTECNICO

I calcoli di verifica illuminotecnica sono stati eseguiti con software professionale, utilizzando i corpi illuminanti precedentemente descritti.

Come fattore di manutenzione è stato utilizzato un valore pari 0,80, essendo l'impianto soggetto ad un ciclo di manutenzione standard.

Si rimanda alla tavola specifica di progetto per ulteriori dettagli.

Per la progettazione e dimensionamento dell'impianto di illuminazione pubblica si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

- disposizione dei centri luminosi: unilaterale;
- altezza dei centri luminosi (h palo fuori terra): 9,0m;
- sbraccio di avanzamento di 2,5m;
- distanza tra i centri luminosi: 35m lungo i rettilinei, lungo i tratti curvi, variabile a seconda del raggio di curvatura;
- posizionamento del palo a bordo stradale: 1,8m dal limite esterno della banchina.

Per l'illuminazione della pista ciclabile si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

- disposizione dei centri luminosi: unilaterale;
- altezza dei centri luminosi (h palo fuori terra): 5,5m;
- apparecchio illuminante a testapalo;

- distanza tra i centri luminosi: 17m lungo i rettilinei, lungo i tratti curvi, variabile a seconda del raggio di curvatura;
- posizionamento del palo a bordo stradale: 0,0m.
- 

Ogni palo di illuminazione è corredato di un pozzetto da 40x40x40 cm, con fondo aperto per il drenaggio, per le derivazione elettriche, al cui interno avverrà la derivazione in muffola del cavo elettrico. All'interno del palo, nell'apposita asola, alloggerà la morsettiera di Classe II per lo stacco al corpo illuminante. La presenza del pozzetto di derivazione e della morsettiera all'interno del palo, favoriscono eventuali interventi di manutenzione.

Il posizionamento dei pali nel progetto illuminotecnico verifica i requisiti della Legge Regione Lombardia n. 31 del 05 Ottobre 2015 in materia di inquinamento luminoso.

In alcune zone del tracciato è prevista una pista ciclabile adiacente la strada. Come precedentemente determinato, la pista ciclabile deve essere illuminata secondo le caratteristiche della categoria S2.

Sul tracciato sono previsti ter sottovia. Secondo la norma UNI11095, occorre verificare che tipo di illuminazione si deve prevedere in galleria, in quanto un sottovia è, in pratica, una galleria corta. E' indispensabile prevedere l'illuminazione che, secondo quanto previsto dalla normativa per le gallerie a doppio senso di marcia vale:

$$L_i = 2 \cdot L$$

Dove  $L_i$  è la luminanza necessaria in galleria (sottovia) ed  $L$  è la luminanza determinata per il tratto stradale esterno. Per cui, è necessario mantenere una luminanza media all'interno dei sottovia di:

$$L_i = 1,5 \text{ cd/m}^2 .$$

Per l'illuminazione dei sottovia, si è utilizzata la stessa tipologia di armatura utilizzata per l'illuminazione stradale, con montaggio a parete in orizzontale su apposito supporto. L'apparecchio illuminante scelto avrà una potenza di 56W, con 8590 lm.

Di seguito si riepilogano i risultati della verifica illuminotecnica.

#### SVINCOLO 1 - ROTATORIA R01

- Illuminamento medio,  $E_m=25$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,62$ .

#### SVINCOLO 1 - ROTATORIA R04

- Illuminamento medio,  $E_m=24$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,69$ .

#### SVINCOLO 1 – RAMPE SVINCOLO

- Luminanza Media (minima mantenuta),  $L_{media}=1,13$  cd/m<sup>2</sup>;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,71$ ;
- Uniformità Longitudinale (minima/massima lungo mezzzeria),  $U_l=0,78$ ;
- Abbagliamento Debilitante massimo,  $TI\%=8$ ;
- Illuminazione delle aree circostanti,  $SR=0,91$ .

#### SVINCOLO 1 - ROTATORIA R05

- Illuminamento medio,  $E_m=24$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,69$ .

#### SVINCOLO 1 - SOTTOPASSO

- Illuminamento medio,  $E_m=44$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,74$ .

#### SVINCOLO 1 – COLLEGAMENTO SP 141

- Luminanza Media (minima mantenuta),  $L_{media}=1,04$  cd/m<sup>2</sup>;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,65$ ;
- Uniformità Longitudinale (minima/massima lungo mezzzeria),  $U_l=0,71$ ;
- Abbagliamento Debilitante massimo,  $TI\%=9$ ;
- Illuminazione delle aree circostanti,  $SR=0,78$ ;
- Pista Ciclabile Illuminamento medio,  $E_m=14,70$  lux;
- Pista Ciclabile Illuminamento minimo,  $E_{min}=10,02$  lux;
- Pista Ciclabile Illuminamento semicilindrico,  $E_{min}=4,05$  lux.

#### SVINCOLO 1 - ROTATORIA R06

- Illuminamento medio,  $E_m=24$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,68$ .

#### SVINCOLO 2 - ROTATORIA R02

- Illuminamento medio,  $E_m=24$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,60$ .

#### SVINCOLO 2 - ROTATORIA R07

- Illuminamento medio,  $E_m=24$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,67$ .

#### SVINCOLO 2 - ROTATORIA R08

- Illuminamento medio,  $E_m=23$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,61$ .

#### SVINCOLO 2 – CICLABILE CASCINA BORASCA

- Pista Ciclabile Illuminamento medio,  $E_m=14,89$  lux;
- Pista Ciclabile Illuminamento minimo,  $E_{min}=8,70$  lux;
- Pista Ciclabile Illuminamento semicilindrico,  $E_{min}=2,18$  lux.

#### SVINCOLO 3 - ROTATORIA R03

- Illuminamento medio,  $E_m=23$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,58$ .

#### SVINCOLO 3 – RAMPE SVINCOLO

- Luminanza Media (minima mantenuta),  $L_{media}=1,14$  cd/m<sup>2</sup>;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,77$ ;
- Uniformità Longitudinale (minima/massima lungo mezzzeria),  $U_l=0,78$ ;
- Abbagliamento Debilitante massimo,  $TI\%=8$ ;
- Illuminazione delle aree circostanti,  $SR=0,90$ .

#### SVINCOLO 4 - ROTATORIA R10

- Illuminamento medio,  $E_m=29$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,76$ .

#### SVINCOLO 4 - ROTATORIA R09

- Illuminamento medio,  $E_m=31$  lux;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,83$ .

#### SVINCOLO 4 – RAMPE SVINCOLO

- Luminanza Media (minima mantenuta),  $L_{media}=1,14$  cd/m<sup>2</sup>;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_o=0,77$ ;
- Uniformità Longitudinale (minima/massima lungo mezzzeria),  $U_l=0,78$ ;
- Abbagliamento Debilitante massimo,  $TI\%=8$ ;
- Illuminazione delle aree circostanti,  $SR=0,90$ .



## SVINCOLO 5 – RAMPE SVINCOLO

- Luminanza Media (minima mantenuta),  $L_{media}=1,14 \text{ cd/m}^2$ ;
- Uniformità Globale (minimo/medio),  $U_0=0,77$ ;
- Uniformità Longitudinale (minima/massima lungo mezzeraia),  $U_l=0,78$ ;
- Abbagliamento Debilitante massimo,  $TI\%=8$ ;
- Illuminazione delle aree circostanti,  $SR=0,90$ .

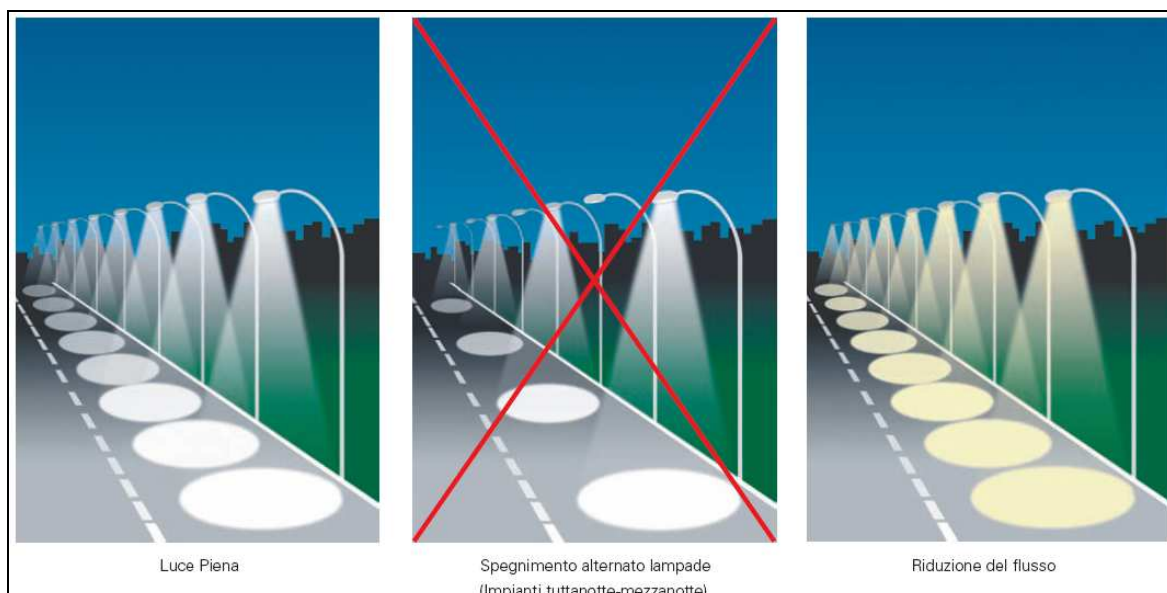
Si rimanda al calcolo di verifica illuminotecnica per maggiori dettagli.

Le prestazioni dell'impianto di illuminazione rispettano i requisiti precedenti minimi previsti dalla Norma UNI11248 ed i requisiti della Legge Regionale N. 31 del 05/10/2015 in materia di risparmio energetico ed inquinamento luminoso.

## 6 REGOLAZIONE DELL'ILLUMINAZIONE

### 6.1 NORMATIVA

L'uso razionale delle risorse è un tema che si sta progressivamente affermando nella coscienza comune e la disponibilità dell'energia non ne giustifica più lo spreco. Da questa consapevolezza emerge sempre più forte l'esigenza di salvaguardare l'ambiente. Questo tema è stato affrontato con attenzione e responsabilità dai molti Paesi che hanno aderito al Protocollo di Kyoto. Attualmente le norme prescrivono, per il comparto di pubblica illuminazione, un livello massimo di luminanza media mantenuta (impianto a pieno regime) riferito alla condizione di maggior traffico stradale, e consentono la riduzione del flusso luminoso in corrispondenza di un minore flusso di veicoli. I livelli di uniformità fissati dalla norma sono tali che gli impianti tuttanotte/mezzanotte, non rappresentano più una soluzione praticabile. La norma dà la possibilità di parzializzare il flusso luminoso durante le ore di ridotta attività, a condizione di conservare l'uniformità (evitando di spegnere alcune parti dell'impianto). Se si dimmerizza il flusso luminoso, pur mantenendo costante la somma di luce naturale e artificiale, si possono conseguire significativi risparmi.



## 6.2 REGOLATORE DI FLUSSO

Ciascun apparecchio illuminante, con esclusione di quelli installati lungo le piste ciclabili E nei sottopassi, saranno integrati con il sistema DYNA CONTROL.

Il regolatore di flusso luminoso è uno stabilizzatore che consente una regolazione della corrente erogata all'apparecchio, in funzione dei flussi di traffico stimati e delle ore di accensione dell'impianto. La riduzione di potenza ai valori programmati durante il funzionamento a regime normale e la riduzione nelle ore notturne, quando la diminuzione del flusso del traffico lo consente, determinano una contrazione nei consumi di energia elettrica.

## 6.3 CRITERI DI APPLICAZIONE DELLA REGOLAZIONE

Come descritto precedentemente, il progetto prevede l'illuminazione di svincoli, strade e sottovia. E' possibile applicare la regolazione di flusso sia agli svincoli, sia alla strada ed ai sottovia, escludendo l'illuminazione aggiuntiva per la pista ciclabile. Durante le ore diurne, gli interruttori astronomici determineranno la disattivazione di tutto l'impianto d'illuminazione.

Al crepuscolo, il dispositivo di comando attiverà a piano regime l'impianto d'illuminazione dedicato alla pista ciclabile (ON/OFF).

Il dispositivo DYNA CONTROL è un sistema automatico di controllo del flusso luminoso delle lampade. Il sistema entra in funzione alla prima accensione calcolando per 3 giorni i tempi di accensione, il quarto giorno il sistema in modo autonomo calcola la mezzanotte virtuale eseguendo una regolazione del flusso regolando la lampada come indicato sullo schema di Fig. 1.

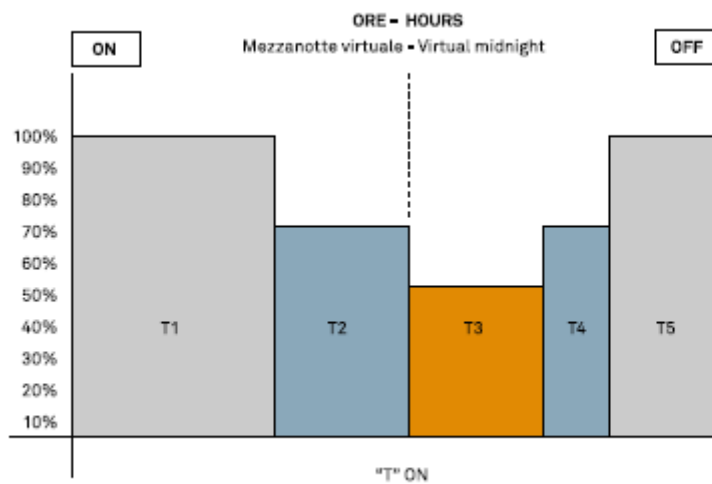


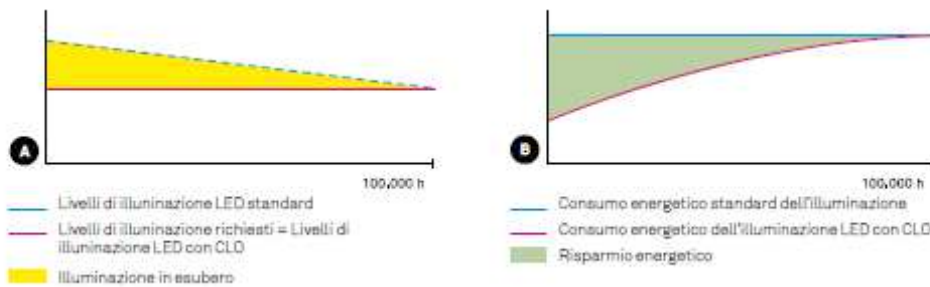
Fig. 1

Per i primi tre giorni quindi il sistema manterrà le lampade accese al 100%, nel tempo di accensione dell'impianto, il quarto giorno entrerà in funzione il sistema DYNA CONTROL gestendo in modo autonomo il flusso luminoso garantendo così un notevole risparmio energetico.

Accensioni inferiori ad 1 ora (es. manutenzione) verranno ignorate ed il sistema non entra in funzione, per accensioni da 1 a 4 ore (es. anomalia impianto) o superiori alle 23 ore (es. impianto sempre acceso), il sistema resetta il timer quindi ricomincerà a contare per i primi 3 giorni e successivamente riprenderà il funzionamento automatico.

Inoltre ciascun apparecchio installato, compresi quelli di rinforzo alle piste ciclabili nei sottopassi, saranno dotati, come richiesto dal DECRETO 22 febbraio 2011: "Adozione dei criteri ambientali minimi da inserire nei bandi gara della Pubblica amministrazione per l'acquisto dei seguenti prodotti: tessili, arredi per ufficio, illuminazione pubblica, apparecchiature informatiche", di dispositivo CLO – COSTANT LIGHT OUTPUT, per la riduzione della potenza assorbita da ciascun apparecchio durante la fase iniziale di esercizio.

Tutte le fonti di luce (anche i LED) hanno una riduzione della produzione di luce nel corso del tempo. Per garantire il minimo richiesto di livelli di luce in un impianto, il progetto di illuminazione è calcolato in base al livello di luce alla fine della vita utile della lampada (di norma il punto L70: 70% dei Lumen iniziali). Ciò significa che il sistema consuma più potenza del necessario, sprecando in media 15% di energia durante la sua vita.



L'emissione luminosa funzionalità costante (CLO) compensa questa perdita di luce, in modo che i LED siano in grado di fornire sempre il livello di luce necessaria.

L'alimentatore può essere programmato per erogare corrente costante ad un livello ridotto per un nuovo apparecchio, ed aumentare gradualmente compensando il decadimento del flusso luminoso.

Ciò influisce positivamente sulla vita della sorgente luminosa, sul risparmio energetico, prolungando la durata del sistema.

La regolazione della potenza erogata viene fatta in base al contatore delle ore di esercizio.

Ad intervalli di tempo di 4.000 ore, il sistema incrementa la corrente del corrispondente valore di decadimento del flusso luminoso indicato dai costruttori della sorgente luminosa. In questo modo il flusso luminoso dell'apparecchio rimane costante per tutta la sua vita.

## 7 IMPIANTO ELETTRICO

Le sezioni di impianto di nuova realizzazione saranno alimentate, per ciascuno svincolo, rotatoria o intersezione, direttamente dall'Ente Distributore di energia elettrica in bassa tensione. Ciascun sistema elettrico sarà quindi di tipo TT. L'alimentazione dell'impianto avverrà in corrente alternata a 50 Hz, con tensione nominale di alimentazione pari a 400 V.

Dal Quadro Generale di rotatoria o svincolo saranno alimentati, per mezzo di contattori comandati dagli interruttori crepuscolari/orari, gli organi illuminanti, suddivisi su più circuiti trifase. I singoli corpi illuminanti saranno alimentati ad una tensione nominale pari a 230 V e distribuiti lungo le tre fasi, in modo da rappresentare un carico complessivamente equilibrato.

Le condutture delle linee di alimentazione saranno costituite da cavi in ALLUMINIO isolati in gomma di qualità G7 e con guaina in PVC, di tipo ARG7R 0,6/1kV, viaggianti in cavidotti di tipo

450 o 750 di diametro DN 160 ed interrati ad una profondità superiore a 0,8m su letto di sabbia vagliata.

La distribuzione nei sottopassi sarà a vista in canale metallico 100x75mm con coperchio, IPX4, da cui saranno derivate mediante cassetta in metallo e tubazione flessibile TAZ le alimentazioni ai singoli apparecchi illuminanti.

Il regolamento prodotti da costruzione, n. 305/11 che impone l'utilizzo di cavi CPR a decorrere dal 09/08/17, si applica ai materiali *"destinati ad essere incorporati in modo permanente in opere di costruzione o in parte di esse e la cui prestazione incide sulla prestazione delle opere di costruzione rispetto ai requisiti di base delle opere stesse"*.

Se i cavi non sono incorporati in un'opera di costruzione (come nel caso dell'impianto di illuminazione pubblica all'aperto) non si applica il regolamento.

Dal punto di vista tecnico, ad un cavo all'aperto e tra l'altro in posa interrata non ha senso applicare i requisiti di reazione e propagazione dell'incendio.

Il dimensionamento delle linee è stato effettuato tenendo conto della caduta di tensione, il cui limite massimo ammesso è pari al 5% della tensione nominale di alimentazione, come prescritto dalla Norma CEI 64-8. La portata dei cavi è stata calcolata tenendo conto della contemporanea posa di più circuiti nella stessa tubazione, con riferimento alla posa interrata, come specificato dalla Norma CEI UNEL 35026.

Il dimensionamento globale dell'impianto, in termini di sezioni dei cavi, potenze elettriche e cadute di tensione è stato sovradimensionato considerando un margine del 20% che può tener conto di eventuali ampliamenti futuri.

Le connessioni dei centri luminosi alle linee di alimentazione saranno realizzate mediante giunti a muffola in resina colata od iniettata, posti in pozzetti di derivazione e/o tramite morsetti adeguati posti all'interno delle cassette di derivazione. I diametri delle tubazioni saranno sempre molto maggiori del 30% rispetto al diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi presenti al loro interno, in ossequio ai consigli delle regole di buona tecnica.

### *I CARICHI ELETTRICI*

I carichi elettrici saranno costituiti da soli apparecchi illuminanti, così suddivisi:

- SVINCOLO 1 - Quadro Elettrico QGD1– 63 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W, 56W – potenza complessiva pari a 7560W;
- SVINCOLO 1 - Quadro Elettrico QGD2– 34 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W, 56W – potenza complessiva pari a 3580W;
- SVINCOLO 1 - Quadro Elettrico QGD3 – 28 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W, 56W – potenza complessiva pari a 2860W;
- SVINCOLO 2 - Quadro Elettrico QGD4– 46 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W – potenza complessiva pari a 5520W;
- SVINCOLO 2 - Quadro Elettrico QGD4A– 25 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W, 35W – potenza complessiva pari a 1900W;
- SVINCOLO 2 - Quadro Elettrico QGD4B– 10 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W – potenza complessiva pari a 1200W;

- SVINCOLO 3 - Quadro Elettrico QGD5– 50 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W – potenza complessiva pari a 6000W;
- SVINCOLO 4 - Quadro Elettrico QGD6 – 51 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W – potenza complessiva pari a 6120W;
- SVINCOLO 5 - Quadro Elettrico QGD7 – 37 apparecchi illuminanti tra le potenze di 100W, 56W – potenza complessiva pari a 4140W.

Ciascun apparecchio avrà una potenza elettrica massima di 100 W (35W per le piste ciclabili, 56W per il sottopasso; nel dimensionamento delle linee di alimentazione si è considerata, a vantaggio di sicurezza, una potenza maggiore del 10%+10%.

Dal punto di vista dell'alimentazione elettrica si tratta di carichi che non necessitano di particolari accorgimenti per il loro funzionamento.

#### LA PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI

Per gli impianti di illuminazione non è richiesta una specifica protezione contro il sovraccarico, in quanto un organo illuminante non può generare una simile sovracorrente, mentre può dar luogo ad una corrente elevata solo in caso di cortocircuito.

Si ritiene di prevederla comunque, poiché in tal caso, essendo utilizzato un unico dispositivo di protezione dalle sovracorrenti, la norma CEI 64-8 non richiede la verifica della protezione dal cortocircuito a fondo linea (lunghezza massima protetta).

Per la protezione da sovraccarico, le relazioni da soddisfare sono le seguenti:

$$1) I_b \leq I_n \leq I_z; \quad 2) I_f \leq 1,45 \cdot I_z;$$

dove:

$I_b$  è la corrente di impiego del circuito

$I_z$  è la portata in regime permanente della conduttura

$I_n$  è la corrente nominale del dispositivo di protezione

$I_f$  è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione in condizioni definite

Utilizzando per la protezione dai sovraccarichi interruttori magnetotermici, ovvero dotati di relais in grado di offrire una protezione combinata da sovraccarico e cortocircuito, la relazione 2) è soddisfatta automaticamente a patto di applicare correttamente la relazione 1).

Per la protezione da cortocircuito, le relazioni da verificare sono le seguenti:

$$1) PdI \leq I_{CC-MAX}; \quad 2) \int_0^t i^2 dt \leq K^2 \cdot S^2;$$

Se la protezione dal cortocircuito è realizzata contemporaneamente a quella dal sovraccarico mediante un unico dispositivo di protezione, la condizione 2) può essere considerata come sempre verificata.

Dato che l'impianto è esercito in bassa tensione direttamente da rete del Distributore, il valore presunto della Icc nel punto di consegna, e quindi massimo, è standardizzato a 6kA.  
Per il dimensionamento dei quadri elettrici si farà riferimento alle tavole di progetto.

#### *LA PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI ED INDIRECTI*

La protezione contro i contatti diretti sarà pienamente garantita dalle due misure classiche di protezione totale: l'isolamento e l'uso di contenitori aventi grado di protezione meccanico di almeno IPXXB.

La protezione contro i contatti indiretti sarà garantita realizzando l'impianto di Classe II, cioè a doppio isolamento per la parte di apparecchiatura, e a cavi tipo ARG7R ed FG7OR, 0,6/1 kV con giunzioni e attraversamenti anch'essi di CLASSE II per quella di impianto.

Per gli impianti di Classe II, secondo la Norma CEI 64/8, l'impianto di terra non è richiesto, anzi è proibito.

La protezione con componenti di Classe II permette, inoltre, di evitare l'obbligo della denuncia dell'impianto di terra all'I.S.P.E.S.L. ed all'A.R.P.A. territorialmente competenti e delle relative verifiche periodiche previste dal D.P.R. 462/01.

#### *LA PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE*

La protezione dei sostegni contro i fulmini non è necessaria, come espressamente indicato nella Norma CEI 64-8.

### **7.1 ALIMENTAZIONE IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO E TRATTAMENTO**

Lungo il tracciato sono presenti sia impianti di trattamento acqua che impianti di sollevamento e rilancio acqua piovana asserviti ai tre sottopassi presenti.

Tali impianti saranno alimentati dal quadro elettrico di svincolo o rotatoria.

Gli impianti di sollevamento asserviti ai sottopassi, unitamente alle utenze di controllo allagamento sottopassi saranno alimentati in "riserva" da Gruppi Elettrogeni indipendenti per ciascuna sezione di impianto.

Ciascun gruppo elettrogeno, cassonato per installazione da esterno, sarà dotato a bordo di centralina automatica di commutazione rete-gruppo. Nel quadro elettrico sarà comunque previsto una coppia di interruttori di by-pass per permettere la manutenzione del gruppo stesso. Ciascun GE sarà collegato equipotenzialmente al dispersore di terra predisposto per ciascun quadro generale.

La protezione dai contatti indiretti sarà assicurata da interruttore automatico differenziale posto a valle del GE, quale generale della sezione "riserva" nel quadro elettrico.

Ciascun impianto di pompaggio o trattamento sarà alimentato, in derivazione dal quadro generale di rotatoria o svincolo denominato QGD..., da un quadro elettrico di potenza ubicato in prossimità dell'impianto stesso, in armadio in VTR del tipo stradale, in esecuzione IP65.

Per gli impianti alimentati direttamente dal Distributore, l'armadio in VTR sarà dotato di soprizzo per l'alloggiamento del contatore del distributore.

I quadri conterranno al loro interno tutte le apparecchiature di comando e controllo poste a servizio delle pompe. La protezione contro i contatti indiretti sulla parte impiantistica sarà assicurata da interruttori automatici con sganciatore differenziale.

## 7.2 DISPOSITIVI DI CONTROLLO ALLAGAMENTO SOTTOVIA

Al fine di controllarne il livello di riempimento, si prevede l'installazione di un sensore ad ultrasuoni in grado di determinare il livello di acqua raggiunto in vasca ed un sensore ad ultrasuoni in grado di determinare il livello di acqua raggiunto nel sottopasso. Il sensore in vasca, per mezzo di una centralina di controllo, trasmetterà i dati mediante GSM al centro di controllo di supervisione, mentre il sensore nel sottovia, oltre a trasmettere i dati al centro di controllo, attiverà un semaforo posto in entrambi gli accessi al sottovia, commutandolo da verde a rosso, attivando un dispositivo ottico/acustico (sirena), montato sopra ai semafori, nonché una sbarra metallica automatica elettroassistita.



La linea di alimentazione del sistema così descritto sarà derivata dalla sezione di Riserva del quadro elettrico del sottopasso, alimentata da Gruppo Elettrogeno.

## 7.3 IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di pubblica illuminazione è di Classe II, per tale motivo non necessita di messa a terra ed i pali non devono essere messi a terra. Tuttavia, gli impianti di sollevamento e trattamento acqua, semaforici, gli impianti di controllo livello acqua sono di classe I e necessitano di messa a terra. Per tale ragione, per ogni quadro elettrico di distribuzione e ad ogni sottovia, è previsto un impianto di terra costituito semplicemente da un picchetto in acciaio zincato entro pozzetto 30x30 cm.

## 7.4 CIRCUITI E CAVIDOTTI

Si prevede l'installazione di un cavidotto in tubo corrugato DN 160 lungo tutto il tracciato d'interesse, nel quale saranno posati i cavi di tipo ARG7R per l'alimentazione dell'illuminazione pubblica e dei dispositivi di controllo dei sottovia. Ove necessario, ed in corrispondenza di ciascun attraversamento stradale, sono previsti pozzetti rompi tratta e/o di derivazione da 40x40 cm senza fondo, per assicurare l'eventuale drenaggio.

Nei sottovia, la distribuzione interna avverrà mediante passerella e risalita cavi dal pozzetto di derivazione o da cassetta metallica.

Secondo la NORMA CEI 11-27 - art. 6.4, in corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo interrato, il cavidotto deve essere posato entro tubazione di acciaio da 8" prolungata di almeno 0,60 m fuori della sede stradale, da ciascun lato di essa, e disposta a profondità non minore di 1,00 m sotto il piano stradale.

## 7.5 QUADRI ELETTRICI

Sono previsti 12 punti di consegna dal Distributore per l'alimentazione degli impianti a progetto.

Ogni punto di consegna è dotato di un quadro elettrico di distribuzione, realizzato in Classe II IP 65 con all'interno assiemate e cablate le apparecchiature come da schemi elettrici unifilari allegati alla documentazione di progetto. I quadri elettrici saranno allocati in armadi stradali in vetroresina del tipo stradale con soprizzo per alloggio contatore, il tutto IP55.

Negli schemi elettrici unifilari sono riportati, per ciascuna linea, tutti i dati tecnici e di verifica elettrica:

- potenza elettrica del circuito e corrente impiegata,
- tipo di linea,
- tipo di posa,
- portata,
- lunghezza massima del circuito,
- caduta di tensione e fondo linea,
- dati dell'interruttore di protezione.

A vantaggio di sicurezza, dato il basso valore di corrente assorbita, per la determinazione della caduta di tensione a fondo linea si è ipotizzata la presenza di un carico, di potenza complessiva pari all'intero circuito, ubicato a fondo linea. Tale ipotesi semplificativa restituisce un valore di CDT decisamente più alto e conservativo rispetto a calcolo con il distributore.

I risultati delle cadute di tensione, pur essendo stati eseguiti con tale modalità, sono di gran lunga inferiori ai limiti di norma pari a 5%.

Si rimanda agli schemi elettrici unifilari per maggiori dettagli.



## 8 VERIFICA STATICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE DEL PALO

Si considera un plinto di dimensioni 100x100cm e di altezza 100cm.

### 8.1 DATI DI PROGETTO

Ai fini del calcolo dell'azione del vento sono state considerate le seguenti caratteristiche geometriche del palo:

Caratteristiche del palo	
Altezza totale	9.0 m
Diametro medio	0.109 m

Di seguito si riportano inoltre i parametri del sito considerato:

Zona	1
vb,0	25 m/s
a0	1000 m
Ka	0.01 1/s
altitudine sito	90 m
velocità base vb	25 m/s
pressione cinetica qb	390.625 N/mq
classe rugosità terreno	B
categoria esposizione	IV
Kr	0.22
z0	0.3 m
zmin	8 m
coefficiente di forma cp	1.2
coefficiente dinamico cd	1
coefficiente topografia ct	1

### 8.2 CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

Il calcolo dell'azione del vento è stato eseguito nel seguente modo:

Coefficiente di esposizione ce	z (m)	Pressione del vento (N/mq)	Pressione x diametro (N/m)	Risultanti (moltiplicazione per Dz)
1.634211973	0.5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	1	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	1.5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	2	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	2.5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	3	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	3.5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	4	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	4.5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	5.5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	6	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	6.5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	7	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	7.5	766.0368624	83.498018	41.749009
1.634211973	8	766.0368624	83.498018	41.749009
1.674198079	8.5	784.7803494	85.54105808	42.770529
1.712223825	9	802.6049178	87.48393604	43.741968
<b>Azione totale (N)</b>				<b>754.496641</b>

### 8.3 VERIFICA A RIBALTAMENTO

Le caratteristiche geometriche utilizzate ai fini della verifica a ribaltamento del plinto di fondazione vengono riportate qui sotto:

Caratteristiche geometriche	
H altezza plinto	1 m
B base plinto	1 m
A profondità	1 m
Lunghezza sbraccio	2.5 m

La verifica è stata quindi eseguita nel seguente modo:

Verifica ribaltamento rispetto al piede		
	Azione (N)	Braccio (m)
Plinto	25000	0.5
Palo	1060	0.5
Sbraccio	130	2.5
Vento	754.49	4.5

Momento ribaltante	4250.87	N*m
Momento stabilizzante	12500	N*m
C.S.	2,94	

La verifica risulta quindi soddisfatta.

**9 SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.**

STUDIO CORONA S.r.l.

ECOPLAN S.r.l.

---

---

I.T. S.r.l.

E&G S.r.l.

---

---

CONSORZIO UNING

ARKE' INGEGNERIA S.r.l.

---

---

SETAC S.r.l.

ING. RENATO DEL PRETE

---

---

DOTT. DANILO GALLO

---