

**RELAZIONE DI CALCOLO ILLUMINOTECNICO
SOTTOVIA**

INDICE

1. NOTE GENERALI	3
Oggetto del progetto illuminotecnico.....	3
Note relative a marche commerciali	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
Prescrizioni alle Norme CEI 64.8 – Sez. 714	4
3. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA	7
Prescrizioni illuminotecniche	7
a. Considerazioni generali sulle Norme UNI EN 11248	7
b. Criteri di individuazione delle categorie illuminotecniche	7
c. Classificazione delle strade ed individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento	9
d. Classificazione delle intersezioni in funzione alla viabilità (UNI 11248)	12
e. Livelli di prestazione visiva	13
Classificazione delle strade e delle rotonde	13
Suddivisione delle zone di studio e analisi dei rischi	13
Caratteristiche generali di una buona illuminazione	14
a. Indice di abbagliamento debilitante:	14
b. Visione nella Pubblica illuminazione:	15
c. Illuminazione Pubblica al servizio del pedone	15
4. RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO	17
Durata delle sorgenti luminose	17
IES LM-80-2008	18
IES TM-21-2011	19
5. RISPARMIO ENERGETICO.....	21
Considerazioni generali	21
6. DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE	21
Oggetto della specifica	21
Rispondenza a norme tecniche	21
Ambiente di installazione e caratteristiche	22
Dati tecnici	22
Criteri di dimensionamento	23
Dimensionamento dei conduttori	23
Corrente massima (portata) nelle condizioni di posa previste così ricalcolata	23
Livello di isolamento	24
Caduta di tensione	24
7. RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI	25
Sottopassi	25
1. Procedura per l'individuazione della categoria illuminotecnica	25
2. Oggetto del progetto illuminotecnico	25
3. Analisi dei rischi e parametri d'influenza.....	26
4. Categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio	26
5. Sintesi conclusiva	27
Apparecchi di illuminazione.	28

1. NOTE GENERALI

Il presente documento descrive la metodologia di dimensionamento seguita nella progettazione esecutiva degli impianti di illuminazione. In particolare si evidenzia che i calcoli allegati sono sviluppati con programmi software dedicati, i quali utilizzano armature illuminanti delle principali ditte fornitrici, universalmente riconosciuti di elevata affidabilità e debitamente validati.

Oggetto del progetto illuminotecnico

Le aree in oggetto al presente progetto, sono i sottopassi relativi all'ampliamento alla terza corsia del tratto Bologna Arcoveggio - Ferrara Sud (Autostrada A13: Bologna- Padova). Lo scopo dell'illuminazione dei sottovia serve a garantire, sia di giorno che di notte, l'ingresso e il superamento del sottovia alla velocità imposta dalla strada con un grado di sicurezza e confort visivo non inferiore a quello delle strade aperte. I sottopassi considerati nel progetto sono:

- Via Aposazza (Prog.Km 1+127);

In particolare la presente, rappresenta i criteri di dimensionamento utilizzati per la progettazione degli impianti di seguito elencati:

Note relative a marche commerciali

Le indicazioni di tipi e marche commerciali dei materiali nel presente documento e negli altri elaborati di progetto, sono da intendersi come dichiarazione di caratteristiche tecniche. L'Appaltatore dovrà, prima di fornire ciascun equipaggiamento, garantire l'equivalenza delle caratteristiche elettriche, meccaniche e prestazionali illuminotecniche dei materiali previsti.

Sono ammessi altri tipi e marche, rispetto a quanto indicato a progetto, purché equivalenti, su dimostrazione scritta del fornitore e approvati dalla D.L.

È quindi completa responsabilità dell'Appaltatore la scelta dei singoli componenti e sarà a suo carico la sostituzione di eventuali componenti non appropriati. Prodotti non in commercio al momento dell'Appalto potranno essere sostituiti con altri di caratteristiche equivalenti, previa approvazione della D.L.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- CIE Raccomandazioni CIE
- Norma EN 13201 “Illuminazione stradale”
- Norma CEI 64-8/714 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua ed in particolare la Sezione 714: Impianti di illuminazione situati all'esterno
- Norma UNI 11248 Illuminazione stradale. Selezione delle categorie illuminotecniche
- Norme UNI EN 40 Pali per illuminazione
- Norma EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places
- Legge n° 17/2000 e s.m.i. della Regione Lombardia “Misure urgenti per la lotta all'inquinamento luminoso e risparmio energetico
- D.lgs. 81 del 09.04.2008 “Attuazione degli Artt. Del 03.08.2007, n° 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”

Gli impianti ed i componenti dovranno essere realizzati a regola d'arte e specificatamente:

• CEI 11.17	:	“Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica “
• CEI 16.3	:	“Principi fondamentali e di sicurezza per interfaccia vano – macchina, la marcatura e l'identificazione principe di codifica per gl'indicatori e per gli attuatori”
• CEI 17.6	:	“Apparecchiature prefabbricate con involucro in metallo per tensioni da 1kV a 52kV”
• CEI 17.11	:	“Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra, sezionatori e unità combinate con fusibili”
• CEI 17.113	:	“Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra a bassa tensione (Quadro B.T. tipo AS e ANS)”
• CEI 11.13-3	:	“Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra a bassa tensione destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accessi al loro uso – Quadri di distribuzione ASD”
• CEI 20.22.II	:	“Prove di incendio su cavi elettrici”
• CEI 20.35	:	“Cavi non propaganti la fiamma”
• CEI 20.38	:	“Cavi non propaganti l'incendio a bassa emissione di fumi opachi o gas tossici”
• CEI 20.8	:	“Tubazioni in PVC”

ed in particolare saranno rispettati i specifici articoli delle Norme CEI 64.8 / 64.8 Sez. 714

Prescrizioni alle Norme CEI 64.8 – Sez. 714

a. Protezione da contatti diretti (Norme CEI 64.8 - Art. 714.412)

La Norma CEI 64.8 Sez. 714 stabilisce che per la protezione da contatti diretti è necessario adottare le seguenti soluzioni impiantistiche:

- Grado di protezione IPXXB solo per i componenti installati a 3 metri o più dal suolo (Ex IP2X).
- Grado di protezione IPXXD (Ex IP4X) per i soli componenti installati a meno di 3 metri.
- Gli apparecchi d'illuminazione stradale muniti di coppa di chiusura delle lampade dovranno avere un grado di protezione IPXXD.
- L'apertura degli involucri per organi d'esercizio dovrà essere possibile solo mediante attrezzi e si raccomanda di provvedere sino a tre metri di altezza, sistemi di chiusura degli involucri richiedenti l'uso di utensili non comuni (chiavi per bulloni a testa triangolare, chiave a brugola ecc.)

b. Protezione contro i contatti indiretti (Norme CEI 64.8 - Art. 714.413)

Per quanto riguarda la protezione da contatti indiretti per impianti appartenenti al gruppo "B", individuazione con tensione di alimentazione inferiore a 1000V in corrente alternata con la seguente metodologia:

- Impiego di componenti di classe II (doppio isolamento) e perché tale sistema non richiede la messa a terra dei sostegni è necessario dotare cavi con guaina con tensione normale almeno pari a 750/1000V e la tensione di tenuta verso massa di tutti i componenti non deve essere inferiore a 4000V.
- Inoltre i cavi fanno capo a morsettieria contenuta in scatole di derivazione di classe II e che anche gli apparecchi siano di classe II.
- Tale soluzione è da adottare per l'alimentazione dell'asse stradale composto da apparecchi illuminanti di classe II.
- Messa a terra e interruzione per l'alimentazione per sistemi TT.
- Tale procedura sarà adottata per l'alimentazione del regolatore di flusso realizzando un idoneo impianto di terra costituito da un dispersore a picchetto e corda di rame isolato da 16 mmq. che li collega e li connette alla sbarra generale del Quadro Elettrico, ottenendo una resistenza di terra unica di tutto l'impianto che sarà poi a sua volta coordinata con il valore d'intervento della corrente del differenziale preposto all'interruzione automatica del circuito, al fine di ottemperare la relazione:

$$R_a I_a \leq 50 \text{ V} \quad \text{dove:}$$

R_a = è il valore più elevato della resistenza di terra dei singoli dispersori o la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse (ohm)

I_a = è il valore della corrente d'intervento degli organi di protezione (A)

50V = è il valore della tensione di contatti limite (V).

secondo le Norme CEI 64.8 Art. 413.1.4.2

c. Resistenza d'isolamento verso terra (Norme CEI 64.8 - Art. 714.311)

La resistenza dell'isolamento dell'intero impianto preposto per il normale funzionamento con l'interruttore generale aperto, ma con tutti gli apparecchi illuminanti inseriti deve ottemperare la seguente relazione:

$$R_{iso} = \frac{2 U_o}{\dots} \quad \text{dove:}$$

L+N

- U₀ = è la tensione normale verso terra in kV
- L = è la lunghezza complessiva dei conduttori in Km.
- N = è il numero delle lampade del sistema

Il valore dell'isolamento con tensione di prova applicata di 500V non deve essere inferiore a **0,5 MΩ** (cautelativo).

d. Caduta di tensione a fondo linea (Norme CEI 64.8 - Art. 714.525)

Secondo le Norme CEI 64.8 Sez. V2 art. 714.525 la caduta di tensione fondo linea non deve superare il 5% della tensione nominale dell'impianto.

e. Protezione della sezione d'incastro delle strutture metalliche

La sezione di incastro dei pali metallici con formazione di calcestruzzo non affiorante dal terreno, dovrà essere protetta adeguatamente dalla corrosione mediante una fascia catramata e ricoperte di un collare in cls.

f. Altezza minima degli impianti sulla carreggiata

n.p.

g. Distanziamenti dei sostegni e degli apparecchi di illuminazione dei conduttori di linee esterne

Per i distanziamenti dei sostegni e dei relativi apparecchi di illuminazione dei conduttori o linee elettriche non devono essere inferiori a:

- a. 1 m di conduttori di classe 0 e 1;
- b. $3 + 0,015U$ m dei conduttori di linee di classe II e III, dove U è la tensione nominale della linea espresse in kV.

3. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA

Prescrizioni illuminotecniche

a. Considerazioni generali sulle Norme UNI EN 11248

Le nuove Norme UNI 11248 (ottobre 2012) forniscono le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione in una data zona della strada, identificata e definita in modo esaustivo nelle Norme UNI 13201-2 mediante l'indicazione di una categoria illuminotecnica.

Le Norme si basano, nei loro principi fondamentali, sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115 e recepisce i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici previsti nel rapporto tecnico CEN/TER 13201-1.

A tal fine introducono il concetto di parametro di influenza e la richiesta di valutazione dei rischi da parte del progettista.

Le Norme UNI 11248 individuano le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione atte a contribuire, per quanto di pertinenza, alla sicurezza degli utenti della strada ed in particolare:

- indicano come classificare una zona esterna destinata al traffico ai fini della determinazione della categoria che le compete;
- forniscono la procedura per la selezione nella categoria illuminotecnica che compete alla zona classificata;
- identificano gli aspetti che condizionano l'illuminazione stradale ed attraverso la valutazione dei rischi, permette il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale;
- forniscono prescrizioni sulle griglie di calcolo per gli algoritmi delle Norme UNI EN 13201-3 e le misurazioni in loco tratte dalle Norme UNI EN 13201-4.

I parametri individuati nelle presenti Norme consentono di identificare una categoria illuminotecnica conoscendo:

- la classe della strada nella zona di studio;
- la geometria della zona di studio;
- l'utilizzazione della zona di studio;
- l'influenza dell'ambiente circostante.

Inoltre consentono di adottare le condizioni di illuminazione più idonee, in base allo stato attuale delle conoscenze, perseguendo anche **un uso razionale dell'energia e con il contenimento del flusso luminoso disperso**.

b. Criteri di individuazione delle categorie illuminotecniche

Definizione della categoria illuminotecnica di riferimento

- suddividere la strada in una o più zone di strada con condizioni omogenee dei pari parametri di influenza;
- per ogni zona di studio identificare il tipo di strada;
- nota del tipo di strada individuabile con l'ausilio del prospetto 1 (UNI 11248) la categoria illuminotecnica di riferimento.

Definizione della categoria illuminotecnica di progetto

Nota la categoria illuminotecnica di riferimento, valutare i parametri di influenza nel prospetto 2 (UNI 11248) secondo quanto indicato nel punto 7 (analisi dei rischi) e, considerando anche gli aspetti del contenimento dei consumi energetici, decidere se considerare la categoria illuminotecnica di riferimento con quella di progetto o modificarla, seguendo le indicazioni informative dei vari prospetti.

Definizione della categoria illuminotecnica di esercizio

In base alle considerazioni espresse dal punto 7 (analisi dei rischi) e gli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, in traduzione, se necessario, una o più categorie illuminotecniche d'esercizio, specificando chiaramente le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria.

Il progettista, nell'analisi del rischio, può decidere di non definire la categoria illuminotecnica di riferimento e determinando direttamente la categoria illuminotecnica di progetto. Per la valutazione dei parametri di influenza ancora seguire le prescrizioni del punto 7 e per la suddivisione in zone di studio ancora attenersi ai criteri esplicitati al punto 8. L'adozione di impianti con le caratteristiche variabili (variazione del flusso luminoso emesso) purché nel rispetto dei requisiti previsti dalla categoria illuminotecnica d'esercizio corrispondente, può rappresentare una soluzione per assicurare condizioni di risparmio energetico nell'esercizio e di contenimento del flusso luminoso emesso verso l'alto.

Nota

I valori dei parametri illuminotecnici specifici per ogni categoria sono intesi come minimi mantenibili durante tutto il periodo di vita utile dell'impianto di illuminazione.

In conseguenza, per la luminanza e l'illuminamento, i valori iniziali di progetto misurabili per un impianto di illuminazione dovranno essere più elevati di quelli specificati per tenere conto, per esempio del deperimento delle lampade, della tolleranza di fabbricazione e dell'incertezza sui valori di coefficiente di luminanza "r", della pavimentazione stradale e dell'incertezza di misura in fase di verifica e di collaudo.

c. Classificazione delle strade ed individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento

Prospetto 1

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km h-1]	Categoria illuminotecnica di riferimento
A₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	ME1
	Autostrade urbane	130	
A₂	Strade di servizio alle autostrade	70 - 90	ME2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	ME2
	Strade di servizio alle autostrade principali	70 - 90	ME3b
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 ¹)	70 - 90	ME2
	Strade extraurbane secondarie	50	ME3b
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	ME2
D	Strade urbane di scorrimento	70	ME2
		50	
E	Strade urbane interquartiere	50	ME2
	Strade urbane di quartiere	50	ME3b
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 ¹)	70 - 90	ME2
	Strade locali extraurbane	50	ME3b
		30	S2
	Strade locali urbane	50	ME3b
	Strade locali urbane: centri storici; isole ambientali; zone 30	30	CE3
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	CE4/S2
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	CE4/ S2
Strade locali interzonal	50		
	30		
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴)	Non dichiarato	S2
	Strade a destinazione particolare ¹)	30	

- 1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
- 2) Per strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria compatibile a questa (prospetto 5)
- 3) Vedere le osservazioni al pnto 6.3
- 4) Secondo la Legge 1 agosto 2003 numero 214

Prestazioni richieste in base alla categoria illuminotecnica di riferimento (Norme UNI EN 13201-2 integrata con prescrizioni Norme UNI 11248)

CLASSI ME:

Classe	Luminanza della carreggiata	Uniformità		Contrasto di soglia	Illuminamento aree circostanti
	L [cd/m²]	U_o	U_L	TI%	SR
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	0,5	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,4	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	N.R.

Dove:

L	:	Valore della luminanza del manto stradale ed espresso in cd/m ²
U_o	:	Rapporto tra la luminanza minima e luminanza media
U_L	:	Valore minimo dell'uniformità longitudinale delle corsie di marcia della carreggiata
TI%	:	Misura della perdita di visibilità causata dall'abbagliamento degli apparecchi di un impianto di illuminazione stradale
SR	:	Rapporto tra l'illuminamento medio sulla fascia appena fuori dei bordi della carreggiata e l'illuminamento medio sulle fasce appena all'interno dei bordi

CLASSI CE:

Classe	Illuminazione orizzontale	Uniformità	Contrasto di soglia
	\bar{E} [lx]	U_0	T1%
CE0	50	0,4	10
CE1	30	0,4	10
CE2	20	0,4	10
CE3	15	0,4	15
CE4	10	0,4	15
CE5	7,5	0,4	15

CLASSI S:

Classe	Illuminazione orizzontale		Contrasto di soglia
	\bar{E} [lx]	E_{min}	T1%
S1	15	5	15
S2	10	3	15
S3	7,5	1,5	15
S4	5	1	20
S5	3	0,6	20
S6	2	0,6	20
S7	prestazioni non determinate		

Sommario dei requisiti illuminotecnici secondo EN 13201-1

	Classe illuminotecnica	Parametro di riferimento	Utilizzo prevalente
1.	ME	Luminanza	Carreggiata stradale con prevalente traffico motorizzato a fondo prevalentemente asciutto
2.	MEW	Luminanza	Carreggiata stradale con prevalente traffico motorizzato a fondo prevalentemente bagnato
3.	CE	Illuminamento orizzontale	Aree di conflitto come strade commerciali, incroci, rotatorie, sotto-passi, ecc.
4.	S	Illuminamento orizzontale	Strade pedonali, piste ciclabili, campi scuola, parcheggi
5.	ES	Illuminamento semicilindrico	Classe aggiuntiva per aumentare il senso di sicurezza e ridurre la propensione all'aggressione
6.	EV	Illuminamento verticale	Classe aggiuntiva per facilitare la percezione di piani verticali come passaggi pedonali da utilizzare congiuntamente alle altre classi di base

d. Classificazione delle intersezioni in funzione alla viabilità (UNI 11248)

Per le rotatorie ed i punti di conflitto si dovrà far riferimento alla Norma UNI 11248 Appendice C: "La categoria illuminotecnica selezionata dovrebbe essere maggiore di un livello rispetto alla maggiore tra quelle previste per le strade di accesso, facendo riferimento al prospetto 6. Per esempio se la categoria illuminotecnica di livello massimo tra quelle selezionate per le strade di accesso è la ME3, nell'intersezione dovrebbe essere applicata la categoria illuminotecnica **CE2.**"

Con i seguenti parametri:

- Classe illuminotecnica di progetto : **CE2**
- Illuminamento orizzontale : **20 lux**
- Uniformità Uo : **40%**

e. Livelli di prestazione visiva

In linea esemplificativa si riporta la tabella comparativa dove si evince l'equilibrio tra i diversi requisiti dei parametri illuminotecnici:

COORDINAMENTO DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE VISIVA						
1. Luminanza		ME1	ME2	ME3	ME4	ME5
2. Luminanza		MEW1	MEW2	MEW3	MEW4	MEW5
3. E. orizzontali	CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5
4. E. orizzontali				S1	S2	S3
5. E. semicilindrici	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6
6. E. verticali	EV1-2	EV3	EV4	EV5		

Classificazione delle strade e delle rotatorie

Per la classificazione delle strade ai fini di assegnare la classe e la categoria di appartenenza si farà riferimento alle Norme UNI 11248 – parte 1.

Ne deriva che le strade prese in visione sono di tipo “A2” con **categoria illuminotecnica di riferimento “ME2”** con i seguenti parametri illuminotecnici:

Classe	Luminanza della carreggiata			Contrasto di soglia	Illuminamento aree circostanti
	U (cd/m ²)	U0	UL	TI%	SR
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5

Suddivisione delle zone di studio e analisi dei rischi

Si procede come di seguito:

- Le aree da illuminare sono state suddivise in “**zona di studio**” con caratteristiche omogenee,
- per ciascuna di esse viene assegnata una “**categoria illuminotecnica di riferimento**”; la suddivisione è evidenziata nei calcoli illuminotecnici allegati. La categoria illuminotecnica di riferimento delle strade viene poi comparata a quelle delle zone di conflitto utilizzando il prospetto 5 della norma UNI 11248.
- Successivamente si procede “**all’analisi dei rischi**” tenendo conto dei parametri di influenza secondo il capitolo 7 e prospetto 2 della norma UNI 11248.
- A seguito del risultato dell’analisi dei rischi si varia la categoria illuminotecnica e si ottiene la “**categoria illuminotecnica di progetto**”. I parametri da rispettare per ciascuna categoria sono ricavabili dalla UNI EN 13201-1.

Le varie categorie illuminotecniche di progetto dovranno essere ridefinite ed assegnate dopo aver effettuato l’analisi dei rischi definita dall’Art. 7 delle Norme UNI 11248.

Il valori dei parametri illuminotecnici specifici per ogni categoria intesi come **minimi mantenuti** durante

tutto il periodo di vita utile dell'impianto di illuminazione.

In conseguenza per la luminanza e l'illuminamento i valori iniziali di progetto misurabili per un impianto di illuminazione dovranno essere più elevati di quelli specificati, per tener conto, per esempio, del deperimento delle lampade, delle tolleranze di fabbrica, dell'interezza sui valori del coefficiente di luminanza ridotto "r" della pavimentazione stradale e della matrice di misura in fase di verifica e di collaudo.

Caratteristiche generali di una buona illuminazione

I caratteri dei parametri dell'illuminazione delle strade con traffico motorizzato sono ottemperate dalla Norme UNI 11248 che determinano:

- Valori d'illuminamento delle strade in funzione alle loro caratteristiche d'uso;
- Valori di uniformità delle strade in funzione alle loro caratteristiche d'uso;
- Valori dell'abbagliamento debilitante (fattore TI%) in funzione alle loro caratteristiche d'uso.

Gli impianti d'illuminazione saranno progettati al fine di rispondere alle prescrizioni tecniche delle Norme UNI 11248 "Illuminazione stradale", Norme CEI 64.8 - Sez. 714 "Impianti di illuminazione situati all'esterno", realizzando e superando i valori minimi sanciti dalle seguenti Norme, prendendo in esame gli aspetti principali della visione notturna su strade con traffico veicolare e più precisamente:

a. Indice di abbagliamento debilitante:

Abbagliamento d'incapacità (TI%):

è un indice che esprime l'impossibilità di percepire un ostacolo generato dal fastidio visivo vero e proprio dei corpi illuminanti.

Questa incapacità dipende dal "velo" di luminanza creata dall'interno dell'occhio dall'eccessiva intensità luminosa ammessa dalla successione di apparecchi presenti nel campo visivo del conduttore.

TI è un'espressione dell'abbagliamento che considera sia le caratteristiche dei corpi illuminanti che i parametri dell'installazione, tanto sarà più elevato l'indice TI tanta sarà l'incapacità di percepire un ostacolo in sicurezza.

In linea generale le nuove raccomandazioni internazionali raccomandano i seguenti limiti per TI:

- TI ≤ 10% per strade con velocità superiore a 70 Km./h
- TI ≤ 15% per strade secondarie

Quindi l'occhio reagisce lentamente e con fatica in presenza di scarsi livelli di luminosità, per migliorare queste caratteristiche, l'illuminazione artificiale notturna deve creare un ambiente confortevole con un'illuminazione uniforme ed evitare fenomeni perturbati.

Il fenomeno della visione nella Pubblica illuminazione deve prendere dunque in considerazione i principali parametri legati alla vista ed in particolare:

- acuità visiva: ossia la capacità di una persona di vedere distintamente un ostacolo di dimensioni definite, maggiore è l'acuità visiva della persona e minori saranno le dimensioni dell'ostacolo che riuscirà a vedere.
- sensibilità di contrasto: ossia la possibilità di distinguere un eventuale ostacolo grazie allo scarto di luminanza esistente tra oggetto (ostacolo) e il fondo (strada). Generalmente la percezione è dovuta ad un contrasto negativo in cui l'ostacolo è visto in controluce su fondo illuminato.
- abbagliamento: provocato dagli apparecchi d'illuminazione, dall'ambiente circostante, dal riflesso del manto stradale e chiaramente dai proiettori delle vetture circolanti in senso inverso.
- visibilità: o meglio l'indice di visibilità, ossia la capacità di individuare un ostacolo.

Analizzando quindi questi fenomeni è stato possibile stabilire quali sono i parametri corretti per una

buona installazione e come sia insufficiente parlare solo di illuminamento sulla sede stradale, senza considerare tutti gli altri aspetti che non sono correttamente utilizzati verificando anche un buon livello d'illuminamento.

b. Visione nella Pubblica illuminazione:

La sicurezza della circolazione automobilistica dipende in modo sostanziale dalla qualità della rete viabile e dai veicoli circolanti e durante le ore notturne un aspetto fondamentale nella sicurezza è rappresentato dalla qualità degli impianti di Pubblica illuminazione.

Un impianto d'illuminazione è considerato buono quando questo consente di avere una rapida percezione visiva delle caratteristiche nel contesto stradale e degli ostacoli eventualmente presenti sulla carreggiata, per una distanza pari a quella d'arresto del veicolo.

A seguito della velocità di marcia lo spazio di arresto (considerato come arresto d'emergenza in presenza di un ostacolo improvviso) può risultare molto superiore allo spazio illuminato con i soli fari delle vetture.

È chiaro che nelle ore notturne interagiscono altri elementi quali fatica, eventuali stati di eccitazione ecc., ma resta comunque determinante il fattore della visibilità e specificatamente la stessa Commissione C.I.E. esaminando alcuni tratti di strada, confrontando il tasso di incidenti prima e dopo la realizzazione di un buon impianto d'illuminazione, da questo confronto risulta una riduzione media del 43% degli incidenti che avvengono nelle ore notturne con una diminuzione media del 37% del numero dei morti.

Risulta evidente che le caratteristiche dell'impianto d'illuminazione devono essere tali da consentire all'occhio umano una corretta visione e vanno realizzati in funzione delle caratteristiche fisiche proprie dell'occhio nella visione notturna dell'automobilista:

- quantità e qualità della luce (luminanza e uniformità)
- percezione degli ostacoli (acuità visiva e sensibilità ai contrasti)
- perturbazione della visione (abbagliamento molesto e di incapacità)

Questi fenomeni sono strettamente correlati tra loro in quanto la variazione di un singolo fenomeno comporta un adattamento automatico dell'occhio alle mutate condizioni di variabilità.

Le raccomandazioni internazionali e le Norme UNI 11248, relative alla Pubblica illuminazione, stabiliscono i parametri di riferimento in modo tale da contenere l'adattamento dell'occhio umano entro i limiti idonei alle differenti condizioni di guida.

Quindi i progetti esecutivi dovranno essere sviluppati secondo quanto raccomandato dalle Norme UNI 11248 "Illuminazione stradale" è necessario:

- adottare apparecchi illuminanti con ottiche "cut-off" al fine di evitare qualsiasi abbagliamento e con ottiche in grado di limitare la diffusione del flusso luminoso verso l'alto secondo l'Art. 6 della Legge 17/2000 e s.m.i. della Regione Lombardia;
- ricercare una buona uniformità al fine di evitare ed individuare eventuali ostacoli;
- conservare nel tempo i parametri d'illuminamento iniziali consentendo di mantenere inalterati i valori d'illuminamento e quindi la sicurezza.

c. Illuminazione Pubblica al servizio del pedone

L'illuminazione dei passaggi pedonali è sicuramente uno dei punti critici della pubblica illuminazione e come tale deve essere trattato con ancora maggiore accuratezza per due motivi:

1. i rischi di probabile incidente in questa zona sono superiori al normale in quanto in condizioni di scarsa visibilità risulta difficile sia l'individuazione del pedone da parte dell'automobilista che la percezione della velocità e della distanza del veicolo da parte del pedone
2. le conseguenze di questi incidenti sono sempre gravi, e spesso letali, per la persona a piedi con un

grosso impatto, anche emotivo, sulla pubblica opinione

Per garantire una corretta illuminazione é necessario conseguire il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

Dal punto di vista dell'automobilista:

- Consentire la percezione a distanza di avvicinamento ad una zona a rischio
- Capacità di percepire, in tempo utile per fermarsi, la presenza di un passante
- Evitare fenomeni di abbagliamento che riducono le prestazioni visive.

Dal punto di vista del pedone:

- Permettere la percezione di un automezzo in arrivo
- Valutare distanza e velocità
- Vedere in maniera chiara l'attraversamento in modo da valutarne il tempo di attraversamento ed accedervi senza rischi

Per soddisfare le suddette condizioni é opportuno rifarsi a quanto detto in precedenza relativamente ai requisiti di un impianto di pubblica illuminazione e, data la pericolosità della zona in oggetto, rispondere come minimo ai requisiti richiesti per una strada con categoria assegnata e cioè:

Uniformità Generale ≥ 0.4
Abbagliamento di incapacità $TI \leq 10$
Zone laterali illuminate

Se l'impianto in cui é previsto il passaggio pedonale risponde a questi requisiti ed il passaggio stesso non é in prossimità di un incrocio, i criteri sopra menzionati sono sufficienti per una corretta illuminazione.

4. RIDUZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO

Gli impianti di Pubblica Illuminazione previsti, sono sostitutivi di parti di impianto in servizio dei quali si prevede la sostituzione di una limitata parte di impianto, per consentire gli adeguamenti delle infrastrutture. In considerazione delle particolarità indicate, non è prevista alcuna riduzione del flusso luminoso.

Durata delle sorgenti luminose

Le lampade a LED, siano esse lampadine o proiettori o qualsiasi altro elemento d'illuminazione, sono oggetti realizzati per avere una lunga durata e questo è proprio uno dei principali vantaggi di questa tecnologia. Una lampada LED è costituita oltre che dai LED anche dall'elettronica di alimentazione e controllo, dagli elementi di trasferimento del calore, che mantengono i LED ad una bassa temperatura, dalle ottiche, dagli elementi di protezione e da quelli estetici.

La vita della lampada dipende da quella dei LED come da quella di tutti gli altri elementi, adesivi e materiali che la compongono. In particolare, la vita di un apparecchio LED è dato dalla somma, o interazione, della vita di tutti questi elementi:

$$D_{Lampada} = D_{LED} * D_{Ottica} * D_{PCB} * D_{Meccanica} * D_{Dissipazione} * D_{Involucro} * D_{Sigillante} * D_{Elettronica} * D_{Alimentatore} * D_{Manodopera}$$

Per un funzionamento corretto nel tempo l'elettronica (e alimentazione) deve garantire una corrente costante ben controllata e non subire guasti nella vita del prodotto. Le lenti devono sopportare l'esposizione alla luce per anni senza ingiallire o creparsi, i materiali riflettenti non devono staccarsi e rimanere efficienti, il corpo dell'apparecchio deve garantire resistenza meccanica ma anche all'acqua ed alla polvere ed al tempo stesso favorire lo smaltimento del calore. Quando tutte le altre cause sono escluse, la fine della vita è determinata dal chip LED.

In una lampada LED ben progettata e ben assemblata il meccanismo principale che ne determina il fine vita è la riduzione graduale dell'intensità luminosa. Certi errori di progettazione possono accelerare questa riduzione come una temperatura di giunzione del LED (T_j) ed una corrente di alimentazione elevate.

Tutti tipi di lampada subiscono un calo di flusso nel tempo di circa il 15-20%, solitamente prima che questo sia visibile a occhio nudo avviene la rottura della lampada per altre cause. Nel LED invece è proprio questo effetto che ne determina il fine vita. Attualmente in Italia ed a livello internazionale si definisce *vita media di un LED*, o apparecchio LED, il numero di ore di funzionamento prima che vi sia il decadimento del flusso luminoso al 70% (L70) di quello di partenza sul 50% dei prodotti testati. Non c'è nessuna norma scritta e precisa che lo stabilisce ma si è preso come valore di riferimento, considerando una variazione di flusso del 30% come variazione percepibile.

Gli apparecchi LED indicati e utilizzati nei calcoli hanno vita medie indicata dal produttore di 80.000 ore. L'Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ha definito nel 2008 lo standard per misurare il decadimento del flusso delle sorgenti luminose a LED (IESNA LM-80) e nel 2011 un memorandum con un modello matematico per estrapolare dai test il decadimento fino a fine vita (IESNA TM-21).

IES LM-80-2008

Lo standard LM-80 richiede 6000 ore di test e vale per i chip e moduli LED ma esclude gli apparecchi. Secondo LM-80 si misura il flusso luminoso, tensione e corrente ogni 1000 ore almeno, e si effettuano tre diversi set di misure a tre temperature diverse, 55°C, 85°C ed una terza a scelta del produttore. Vediamo due esempi presi da due dei principali produttori mondiali di LED ovvero Lumileds Philips e Cree.

LUXEON Rebel CCT = 2650K, I_F = 1A

Normalized Flux

	0	24	100	100	1000	2000	3000	4000	5000	6000	
DATA SET 7 T ₅ = T _{Amb} = 105°C	median =	1.0000	0.9944	0.9957	0.9823	0.9595	0.9365	0.9360	0.9133	0.9045	0.8929
	average =	1.0000	0.9940	0.9951	0.9825	0.9589	0.9351	0.9353	0.9115	0.9018	0.8891
	st dev =	0.0000	0.0038	0.0050	0.0054	0.0060	0.0090	0.0087	0.0126	0.0132	0.0181
	min =	1.0000	0.9873	0.9819	0.9727	0.9418	0.9086	0.9153	0.8789	0.8677	0.8395
	max =	1.0000	1.0039	1.0013	0.9948	0.9684	0.9493	0.9492	0.9262	0.9158	0.9084
DATA SET 8 T ₅ = T _{Amb} = 85°C	median =	1.0000	0.9964	0.9858	0.9895	0.9745	0.9640	0.9741	0.9555	0.9493	0.9420
	average =	1.0000	0.9974	0.9860	0.9892	0.9741	0.9644	0.9741	0.9544	0.9450	0.9367
	st dev =	0.0000	0.0042	0.0038	0.0054	0.0074	0.0080	0.0086	0.0099	0.0112	0.0141
	min =	1.0000	0.9894	0.9786	0.9763	0.9610	0.9506	0.9531	0.9288	0.9138	0.8963
	max =	1.0000	1.0064	0.9951	0.9983	0.9867	0.9812	0.9904	0.9721	0.9618	0.9579
DATA SET 9 T ₅ = T _{Amb} = 55°C	median =	1.0000	0.9976	0.9817	0.9842	0.9688	0.9634	0.9851	0.9726	0.9640	0.9617
	average =	1.0000	0.9973	0.9778	0.9808	0.9663	0.9612	0.9838	0.9726	0.9627	0.9609
	st dev =	0.0000	0.0022	0.0107	0.0082	0.0073	0.0076	0.0078	0.0067	0.0087	0.0073
	min =	1.0000	0.9903	0.9487	0.9557	0.9434	0.9452	0.9656	0.9558	0.9410	0.9423
	max =	1.0000	1.0006	0.9859	0.9884	0.9744	0.9704	0.9955	0.9833	0.9742	0.9746

Risultati test LM-80 Luxeon Rebel LXM8-PW27

XLAMP XT-E WHITE LEDS (REV 3)

Revision: 3 (November 14, 2012)

Description Of LED Light Sources

XLamp XT-E White LEDs (Series: XTERWT)

Test Summary

Data Set	Case Temp. (T _c)	Ambient Temp. (T _a)	Drive Current (I _F)	Average Lumen Maintenance at 6,000 Hours	Average Chromaticity Shift (Δu,v*) at 6,000 Hours	Reported TM-21 L70 Lifetime
1	55°C	55°C	1000 mA	98.2%	0.0018	L70(L60) > 30,000 hrs
2	85°C	85°C	1000 mA	98.8%	0.0012	L70(L60) > 30,000 hrs
4	125°C	125°C	1000 mA	96.2%	0.0019	L70(L60) > 30,000 hrs

Risultati test LM-80 Cree XTE AWG

Questi dati sono disponibili nel sito dei relativi costruttori. Tutti e due i costruttori hanno fornito i dati relativi a tre serie di test a diverse temperature, 55°C, 85°C e 105°C come temperatura a scelta per entrambi. Lumileds riporta i valori di flusso normalizzati ad 1 per ogni misura con tanto di valore minimo, massimo e medio, mentre Cree fornisce solo il dato finale, ed aggiunge la variazione cromatica dopo 6000 ore di funzionamento. In questi documenti sono anche fornite le previsioni al 70% di flusso (L70) calcolate con il TM-21.

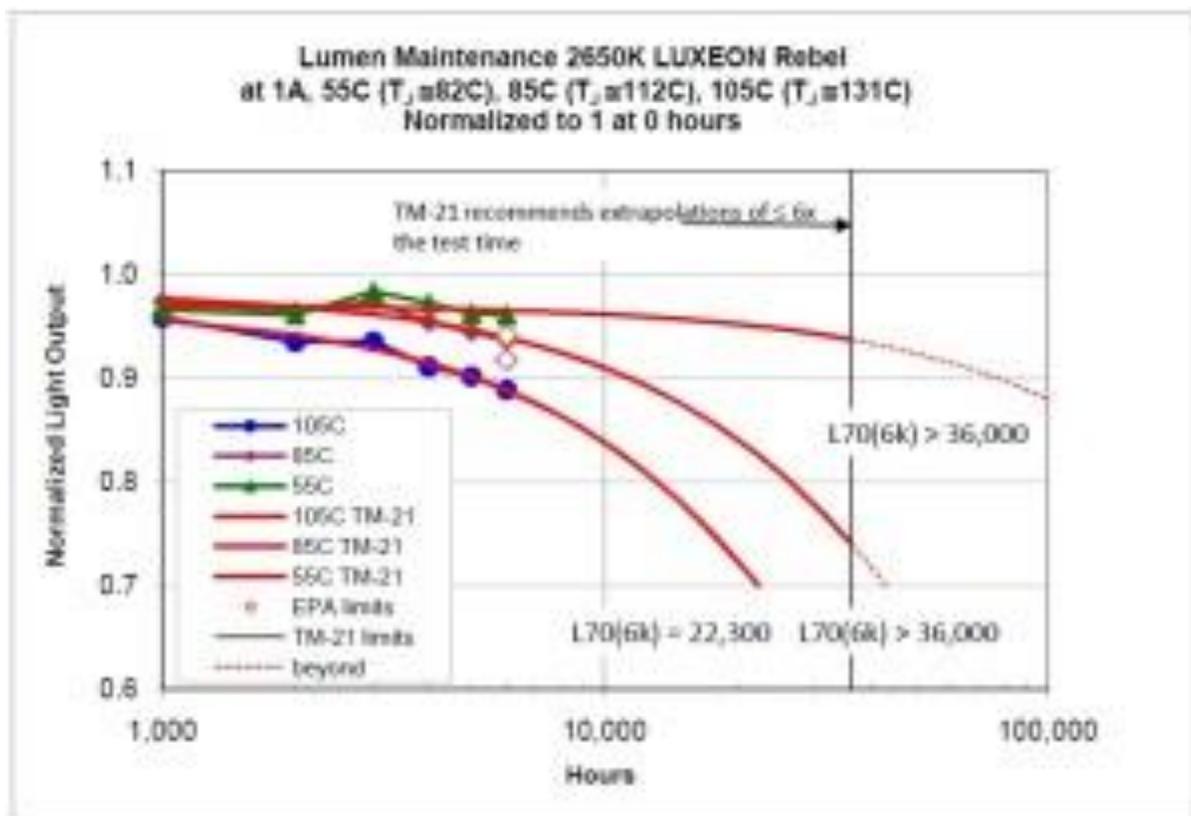
IES TM-21-2011

I dati raccolti mediante lo standard LM-80 vengono poi inseriti nel modello matematico definito dal memorandum TM-21. Questo modello è stato scritto da 6 produttori mondiali di LED (Philips Lumileds, Osram, Nichia, Illumitex, GE, and Cree) e 2 laboratori governativi americani (PNNL, NIST).

Come funziona in breve l'algoritmo matematico TM-21:

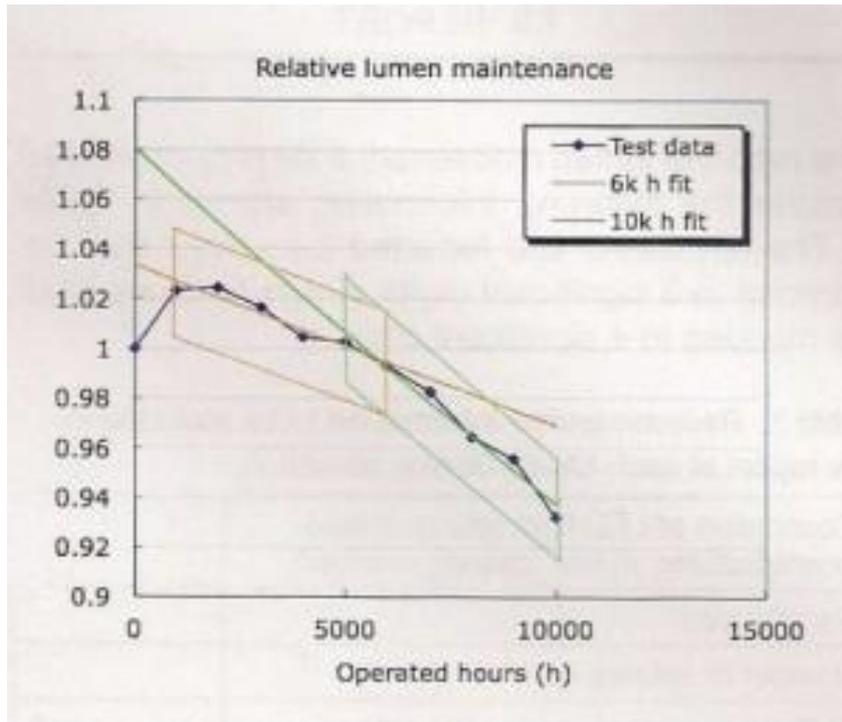
- Il dato medio di flusso a zero ore viene normalizzato a 1.
- I dati raccolti da 0 a 1000 ore vengono rimossi.
- Per il calcolo su misure a 6000 ore: dai dati raccolti da 1000 a 6000 ore si estrapola una curva esponenziale col metodo dei minimi quadrati.
- Per il calcolo su misure fino a 10000 ore: si usano i dati delle ultime 5000 ore per l'estrapolazione.
- Per il calcolo su misure superiori a 10000 ore: si usa l'ultimo 50% dei dati raccolti.
- Per la definizione della vita del LED (L70) non si può dichiarare oltre sei volte la durata dei test, ovvero 36000 ore di vita media per 6000 ore di test e 60000 ore per test di 10000 ore.

Vediamo ad esempio le previsioni di durata di due LED fornite dai due costruttori di prima. Cree fornisce solo il dato come previsto dal memorandum tm-21 per test di 6000 ore mentre Lumileds pubblica un grafico con i punti di misura e la curva calcolata per estrapolazione per ognuna delle tre serie di misure:

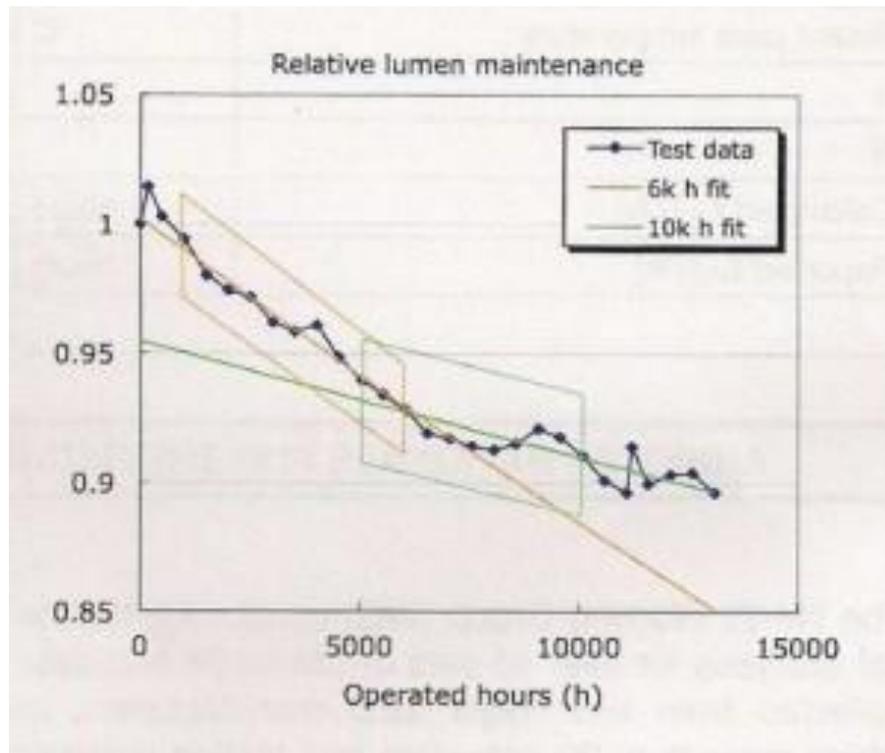


Applicazione metodo IES TM-21 su Luxeon Rebel LXM8-PW27

Si vede chiaramente che per le misure a 55°C e 85°C la vita del LED risulta superiore alle 36000 ore, ma più lungo è il tempo tra le misure reali ed i valori teorizzati e maggiore è l'incertezza. Vediamo con due esempi presentati al EPA ENERGY STAR Lamp Round Table a San Diego, CA il 24 October 2011 di quanto possono variare le previsioni se fatte su misure a 6000 o 10000 ore:



1.000-6.000 ore: $L70(6k) = 60.000$ ore
 5.000-10.000 ore: $L70(10k) = 30.000$ ore



1.000-6.000 ore: $L70(6k) = 30.000$ ore
 5.000-10.000 ore: $L70(10k) > 60.000$ ore limitato dal x6

Questo modello ha senza dubbio diverse limitazioni ma è stato proposto per rispondere alla richiesta dei molti costruttori e clienti che necessitavano di un metodo per definire l'importante dato della durata delle lampade a LED. Gli stessi ideatori del memorandum TM-21 stanno lavorando ad un metodo più preciso grazie anche ai dati raccolti in questi ultimi anni, non ci resta che attenderlo.

5. RISPARMIO ENERGETICO

Considerazioni generali

Gli impianti d'Illuminazione Pubblica o simili sono allacciati a reti di distribuzione che sono soggette a variazioni di tensione, dovute sia all'Ente erogatore sia alle variazioni di carico stagionali e giornaliere.

Le lampade, LED dotate di driver elettronico compensano automaticamente le normali fluttuazioni della tensione negli impianti distribuiti, ottimizzandone la resa sia a livello di durata, sia a livello di flusso luminoso emesse nel tempo.

6. DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE

Oggetto della specifica

Oggetto della presente specifica è l'esposizione delle norme di carattere generale e particolare per il calcolo dei cavi di alimentazione relativo agli impianti di illuminazione esterna relativi alle opere connesse della " A13 tratto bologna – Ferrara Sud ”.

Rispondenza a norme tecniche

L'appaltatore con l'accettazione della presente specifica si impegna a rispettare:

- Tutte le leggi pertinenti in vigore nella Repubblica Italiana alla data di definizione dell'appalto e le Norme e Leggi in materia anti-infortunistica;
- Norme applicabili del Comitato Elettrotecnico italiano ed in particolare

- CEI 11.17	Impianto di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica e linee in cavo	Fasc. 8402
- CEI 11.25	Correnti di corto-circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata	Fasc. 6317
- CEI 11.28	Guida di applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione	Fasc. 414812
- CEI 64.8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione limonale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua.	Fasc. 4131

- Le tabelle UNEL applicabili per le caratteristiche dei materiali unificati per le portate di corrente ecc e le equivalenti norme Europee.

- CEI-LINE 35	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua. Portata di corrente in regime permanente	Fasc. 577
---------------	---	-----------

Ambiente di installazione e caratteristiche

Le condizioni di impiego essenzialmente saranno per una posa interrata od entro tubazioni in polietilene e saranno del tipo unipolare o multipolare destinati entro tubi protettivi circolari con le seguenti condizioni ambientali:

- Temperatura massima : + 20°C;
- Temperatura minima : - 5°C;

Dati tecnici

- Identificazione del cavo : FG7(0)R - 0,6/1kV
- Tensione nominale : 0,6/1kV
- Tensione di prova : 4kV
- Temperatura d'esercizio : max 90°C
- Temperatura di corto-circuito (max) : 250°C
- Conduttore : a corda flessibile di rame ricotto
- Isolamento : gomma HEPR ad alto modulo
- Guaina : guaina speciale di qualità R2
- Colore : grigio chiaro RAL 7035

I dati caratteristici usati per il calcolo sono:

- Numero delle tubazioni : 1
- Numero dei cavi per tubo : da 4 a 6
- coefficiente di progettazione : K1

Criteria di dimensionamento

Dimensionamento dei conduttori

Il dimensionamento dei conduttori è eseguito per assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio.

Le altre considerazioni che hanno influenzato la sezione del conduttore, coordinate con l'organo di protezione sono:

a) protezione contro i sovraccarichi verificando che:

$$I_Z \geq I_N \geq I_B$$

$$I_F \leq 1,45 \leq I_Z$$

Dove:

I_B = è la corrente di regime

I_N = è la corrente nominale dell'organo di protezione

I_Z = è la portata del conduttore nelle condizioni di posa previste

I_F = è la corrente di sicurezza di funzionamento della protezione

b) protezione contro i corto-circuiti verificando che:

- tutti gli apparecchi di protezione sono stati scelti in modo che l'energia specifica lasciata passare (I^2t) sia inferiore a quella della linea e delle apparecchiature da proteggere;
- la caduta di tensione non sia superiore a quella prevista del 5%;
- la lunghezza massima protetta non è riportata nei documenti allegati, ma è ugualmente verificata dal calcolo computerizzato effettuato, anche se non richiesto dalle normative, in quanto i conduttori sono tutti verificati per la protezione contro i sovraccarichi;

Corrente massima (portata) nelle condizioni di posa previste così ricalcolata

Dalle tabelle CEI-UNEL 35026 si avrà

$$I_Z = I_0 \times K_1 \times K_7$$

Dove:

I_0 portata con temperatura del terreno a 20°C relativo al metodo di installazione previsto, ricavato dalla tabella 1

K_1 è il fattore di correzione per temperatura ambiente diversa da 20°C (tabella II)

K_7 è il fattore di correzione per più circuiti installati in fascio o strato (tabella IV CEI UNEL 35024/1)

Livello di isolamento

La resistenza di isolamento dell'impianto predisposto per il normale funzionamento con l'interruttore generale aperto, ma con tutti gli apparecchi illuminanti inseriti dovrà soddisfare la seguente relazione

$$\mathbf{Riso} < \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{(L+N)}} \quad \mathbf{M\Omega}$$

dove

L : è la lunghezza massima della linea in chilometri (con un minimo di 1km)

N : è il numero degli apparecchi illuminanti connessi

Caduta di tensione

La tensione di alimentazione influisce direttamente sull'emissione luminosa degli apparecchi di illuminazione

Le Norme CEI 64.8 Sez. 714 Art. 525 prescrivono che la caduta di tensione lungo la linea di alimentazione, calcolata a pieno carico e trascurando il transitorio di accensione, non sia superiore del valore nominale della tensione di alimentazione, salvo più severe limitazioni in relazione al tipo di lampada.

7. RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI

Sottopassi

1. Procedura per l'individuazione della categoria illuminotecnica

La categoria illuminotecnica dell'impianto si individua come segue:

- definizione della categoria illuminotecnica di riferimento: noto il tipo di strada, mediante il prospetto 1 della Norma UNI 11248;
- definizione della categoria illuminotecnica di progetto: nota la categoria illuminotecnica di riferimento, occorre valutare i parametri di influenza riportati nel prospetto 2 della suddetta Norma, per pervenire a confermare o modificare la categoria illuminotecnica di riferimento come quella di progetto;
- definizione della categoria illuminotecnica di esercizio: in base all'analisi dei rischi ed agli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, introdurre una o più categorie illuminotecniche di esercizio, specificando le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria.

L'adozione di impianti con caratteristiche variabili (variazione del flusso luminoso emesso), purché nel rispetto dei requisiti previsti dalla categoria illuminotecnica di esercizio corrispondente, rappresenta una soluzione per assicurare condizioni di risparmio energetico nell'esercizio e di contenimento del flusso luminoso emesso verso l'alto.

2. Oggetto del progetto illuminotecnico

Le aree in oggetto al presente progetto, sono i sottopassi relativi all'ampliamento alla terza corsia del tratto Bologna Arcoveggio - Ferrara Sud (Autostrada A13: Bologna- Padova):

- Via Aposazza (Prog.Km 1+127);

3. Analisi dei rischi e parametri d'influenza

L'analisi di rischio viene condotta sulla base degli elementi contenuti nel prospetto 3 della Norma UNI 11248, dove la variazione della categoria illuminotecnica è di tipo additivo ed è indicata come numero di categorie verso quelle con requisiti prestazionali inferiori (valori negativi) o verso quelle con requisiti prestazionali superiori (valori positivi), rispetto alla categoria di riferimento individuata nel precedente paragrafo.

I sottopassi relativi al seguente progetto ricadono nell'ambito di quelle gallerie corte ($25\text{m} < l < 75\text{m}$) per le quali la revisione della norma UNI 11095 "Illuminazione delle gallerie stradali" pubblicata nel 2011 non ritiene necessaria, lasciando al progettista ogni decisione in relazione alle condizioni locali.

In tal senso alcuni fattori, citati nella norma, quali la piena visibilità della sezione di uscita dalla distanza di riferimento, il grande afflusso di luce dalle sezioni di entrata e di uscita, la lunghezza di 35 m, poco più dei 25 m ritenuti dalla norma condizione di per sé sufficiente per evitare l'illuminazione di una galleria stradale. Tuttavia, essendo il sottovia aperto al traffico conflittuale (ciclisti, pedoni), ed in prosecuzione di strada servita da impianto di Pubblica Illuminazione, si ritiene necessario in tal caso l'installazione di un impianto di illuminazione notturno.

I sottopassi del caso di studio ricadono nella categoria di strada extraurbana, pertanto dalla norma 11248 si risale alla categoria ME3a.

Inoltre, considerando di utilizzare apparecchi illuminanti a led si può declassare alla categoria ME4a $L=0.75\text{cd/m}^2$.

Essendo il sottovia a doppio senso di marcia (secondo la norma 11095 par. 5.3) si considera come luminanza L il doppio rispetto alla ME4a $L=1.5\text{ cd/m}^2$."

Riassumendo, dal prospetto 3 della UNI 11248 i parametri di influenza significativi sono:

- Colore della luce (resa cromatica).

4. Categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio

Per semplicità e schematicità di rappresentazione si riportano in tabelle le variazioni delle categorie illuminotecniche in basa alla valutazione dei parametri di influenza.

Categoria Illuminotecnica di riferimento	ME3a
Colore della luce	-1
Categoria ill. di progetto	ME4a

5. Sintesi conclusiva

L'impianto di illuminazione deve soddisfare, inoltre, le esigenze di guida visiva, 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, si eviterà ogni discontinuità dell'impianto.

Infine, nel calcolo si terrà conto di un fattore di manutenzione complessivo pari a 0.8 secondo le prescrizioni tecniche fornite dalla casa produttrice degli apparecchi illuminanti. Tale fattore tiene conto sia del decadimento del flusso emesso dalle lampade, sia della sporcizia che si accumula sull'armatura, che ne riduce le prestazioni.

La categoria di esercizio ME4a per gallerie a doppio senso di marcia necessita le seguenti prestazioni illuminotecniche:

- Illuminamento orizzontale (minimo mantenuto): $E = 1.5 \text{ cd/m}^2$
- Uniformità generale (minima) $U_0 = 0.4$
- Uniformità longitudinale (minima) $U_l = 0.7$
- Abbagliamento debilitante (massimo) $T_i = 15\%$

Apparecchi di illuminazione.

Per meglio dettagliare le caratteristiche costruttive e il valore tecnico ed estetico degli elementi componenti l'impianto, seguono delle brevi schede tecniche che costituiscono il riferimento prestazionale minimo atteso. Saranno valutate diverse proposte aventi pari o migliori caratteristiche.

Utilizzo: SOTTOPASSO

Codice tipologia xx		ARMATURA STRADALE MODELLO TIPO FIVEP PER TUNNEL EUREKA O EQUIVALENTE	
TIPOLOGIA SORGENTE	15 LED	IMMAGINE DI RIFERIMENTO	
FLUSSO LUMINOSO APPARECCHIO (lm)	3315		
TEMPERATURA DI COLORE (K)	4000 K		
RESA CROMATICA	Ra≥70		
OTTICA	Asimmetrica		
CLASSE DI ISOLAMENTO	II		
GRADO DI PROTEZIONE	IP66	CURVE FOTOMETRICHE	
ALIMENTAZIONE	220 V 50Hz	<p>FOTOMETRIA TIPICA Lente Asimmetrica:</p> <p>Flusso 3173 lm Massimo 624.73 lx/1m Posizione Cx180.00 Cx088.08 Rendimento: 88.92% Data: 05-02-2016 KALIMETROS</p>	
CORRENTE DI PILOTAGGIO	500 mA		
Profilo di Regolazione personalizzato	NESSUNO		

- ALLEGATO CALCOLO ILLUMINOTECNICO

SOTTOPASSO APOSAZZA AUTOSTRADA A13

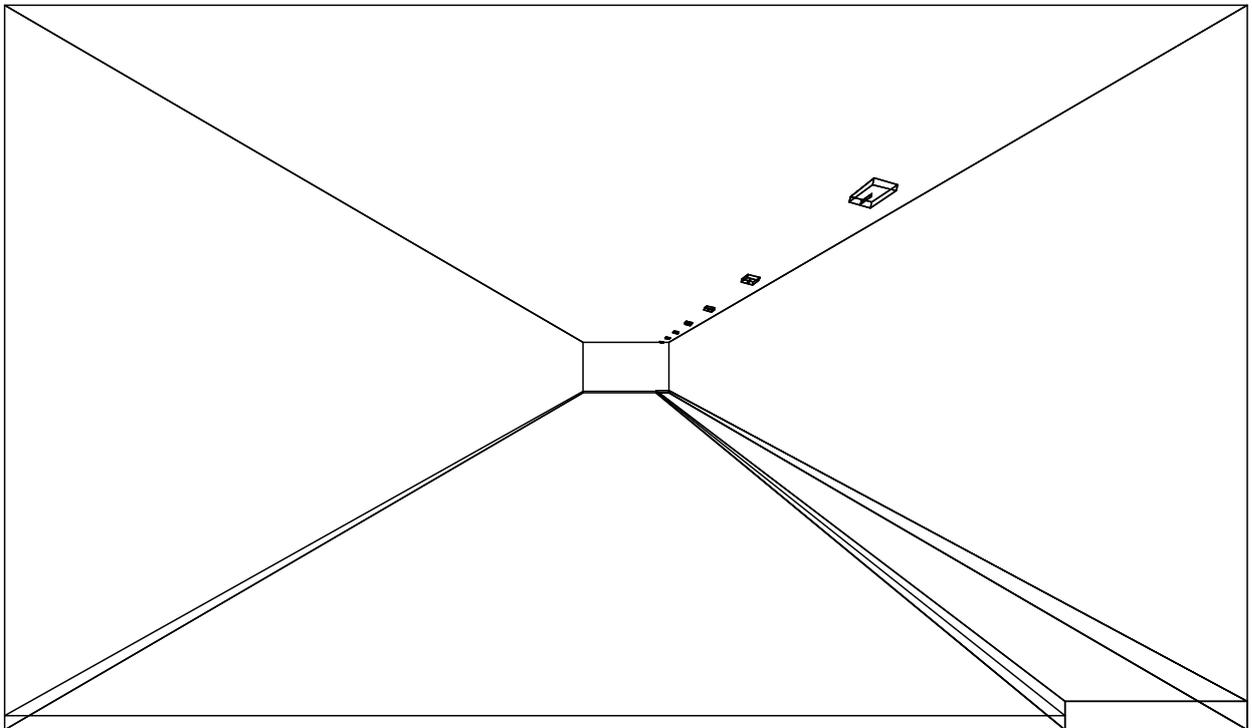
Note Installazione:

Cliente:

Codice Progetto: REV_0_APOSAZZA 15/11/2016

Data

Note



Lighting Designer:
Indirizzo:
Tel.-Fax

ERRE.VI.A. Srl TREZZANO S.N.

Avvertenze:

1.1 Informazioni Area

Superficie	Dimensioni [m]	Angolo°	Colore	Coefficiente Riflessione	Illum.Medio [lux]	Luminanza Media [cd/m ²]
Soffitto	8.51x35.00	Piano	RGB=126,126,126	0%	6.37	---
Parete 1	35.00x5.00	-180°	RGB=255,255,255	40%	15	1.87
Parete 2	35.00x5.00	0°	RGB=255,255,255	40%	23	2.89
Manto Stradale	35.00x7.26	Piano	RGB=126,126,126	C2 7.01%	37	2.09

Dimensioni del Parallelepipedo Contenente l'Area [m]:
Reticolo Punti di Calcolo del Parallelepipedo [m]:

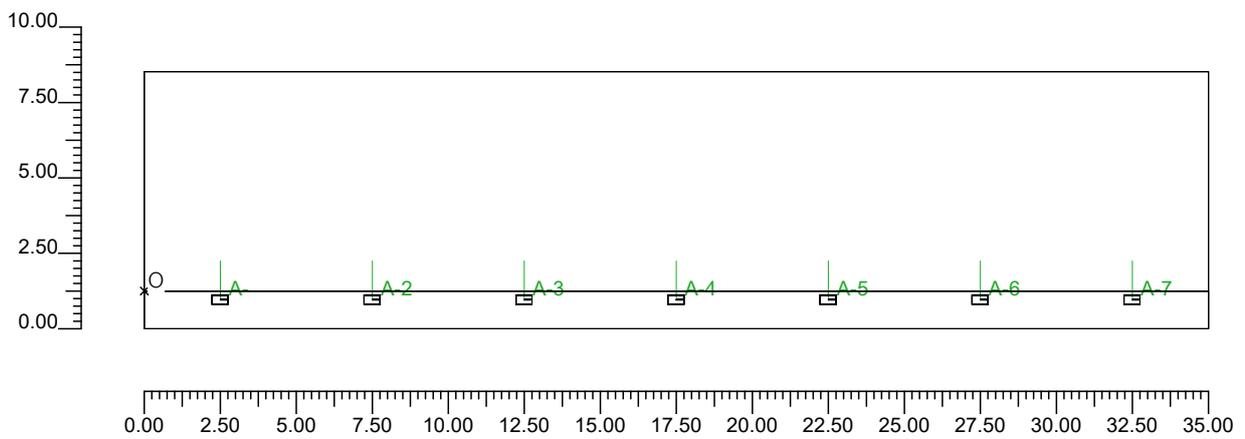
35.00x8.51x5.00
direzione X 1.94 - Y 1.21 - Z 1.94

Comfort visivo

Luminanza velante - Lv -	Incremento di Soglia - TI -	Abbagliamento Molesto - G -
0.32 cd/m ²	9.56 %	5.38

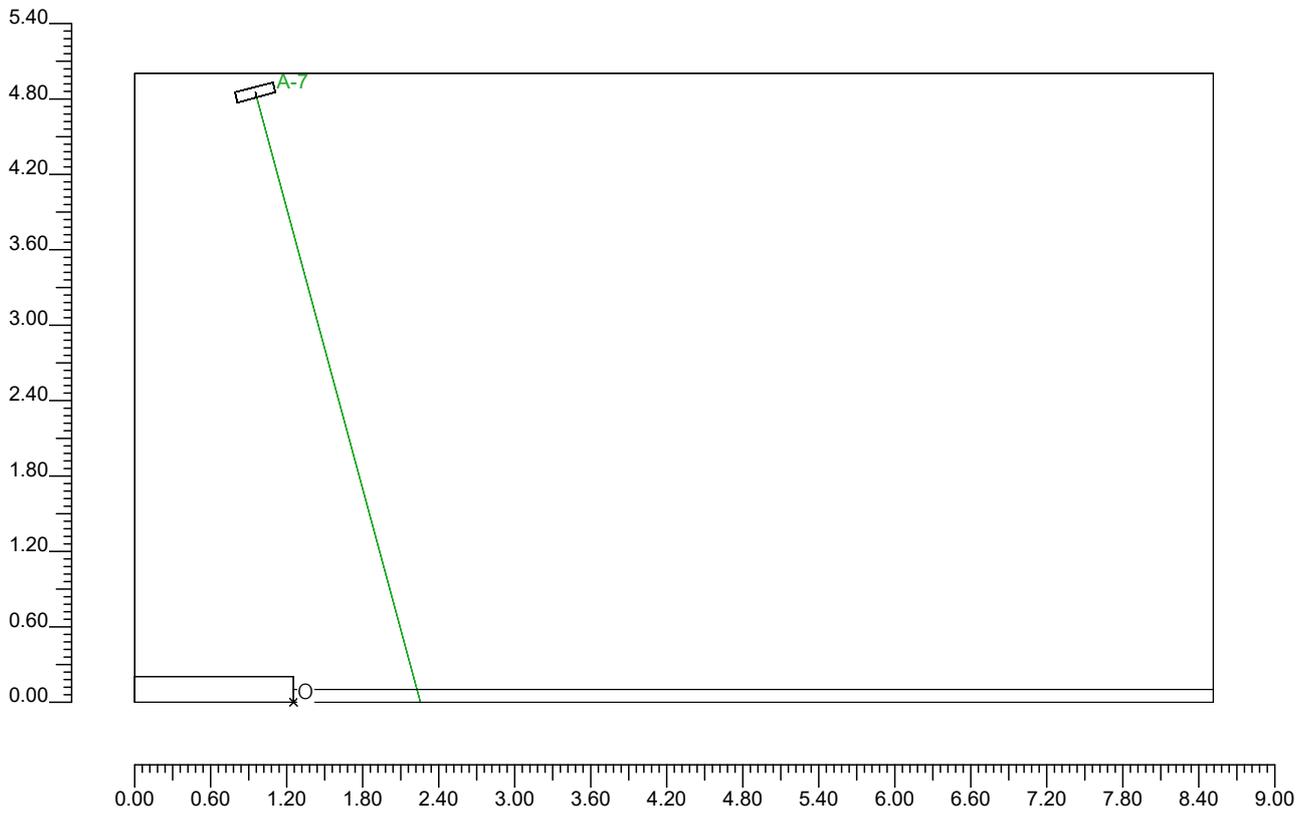
2.1 Vista 2D in Pianta

Scala 1/250



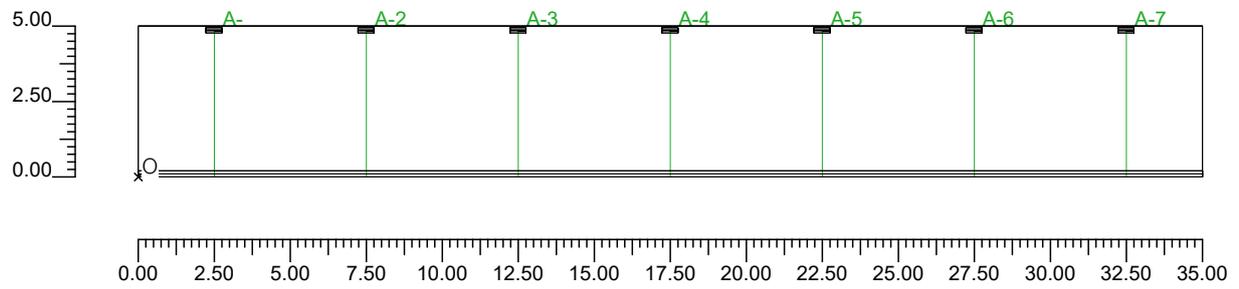
2.2 Vista Laterale

Scala 1/60



2.3 Vista Frontale

Scala 1/250



3.1 Informazioni Apparecchi/Rilievi

Rif.	Linea	Nome Apparecchio (Nome Rilievo)	Codice Apparecchio (Codice rilievo)	Apparecchi n.	Rif.Lamp.	Lampade n.
A	EUREKA XP-G2 ott. A	EUREKA 15led XP G2 700mA A (EUREKA ott. A)	EUREKA 15 LED OTT.A (GLD0590)	7	LMP-A	1

3.2 Informazioni Lampade

Rif.Lamp.	Tipo	Codice	Flusso lm	Potenza W	Colore K	n.
LMP-A	LED	XP G2 15led A	3315	35	4000	-

3.3 Tabella Riepilogativa Apparecchi

Galleria		Apparecchi	
Tipo Galleria	Tipo A	Tipo Installazione	1 fila sul ciglio destro
Lunghezza galleria	35.00 m	Altezza	4.85 m
Altezza Galleria	5.00 m	Inclinazione	15.00°
Larghezza Corsie	3.63 m	Rotazione	0.00°
Num.Corsie	2	Angolo Incl. Laterale	0.00°
Dist.ciglio-parete Sx	0.00 m	Interdistanza	5.00 m
Dist.ciglio-parete Dx	1.25 m	Inizio Fila	2.50 m
Carreggiata	Senso Unico	Lunghezza Fila	32.50 m
TabellaR Carreggiata	C2	Dist.ciglio destro	-0.30 m
Fattore q0 Carreggiata	7.0100 %	Fatt. Manutenzione	80 %
Pareti	Diffusiva		
Coeff. Riflessione Pareti	40.00 %		

4.1 Valori delle Luminanze su: Manto Stradale 1 (x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m ---> (x=30.00;y=1.82;z=0)

O (x:9.80 y:0.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.21	Luminanza (L)	2.28 cd/m ²	0.93 cd/m ²	5.36 cd/m ²	0.41	0.17	0.43

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Luminanza - Uniformità Longitudinale

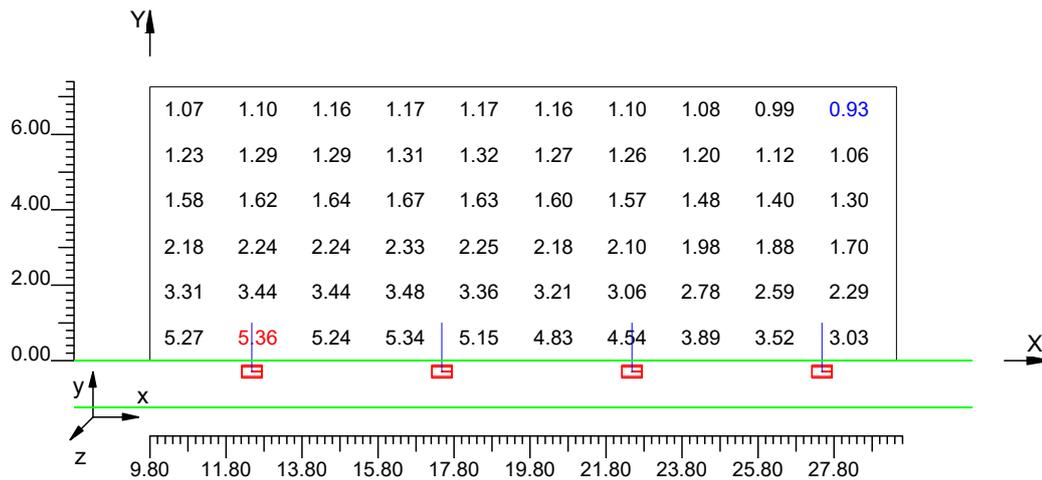
Posizione Osservatore	Direzione Di Osservazione	Uniformità Longitudinale
(x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m	(x=30.00;y=1.82;z=0.00)m	-

Comfort visivo

Luminanza velante - Lv -	Incremento di Soglia - TI -	Abbagliamento Molesto - G -
0.32 cd/m ²	9.56 %	5.38

Scala 1/200

CV= 0.567



4.2 Curve Isoluminanze su: Manto Stradale 1 1 (x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m ---> (x=30.00;y=1.82;z=0)

O (x:9.80 y:0.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.21	Luminanza (L)	2.28 cd/m ²	0.93 cd/m ²	5.36 cd/m ²	0.41	0.17	0.43

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

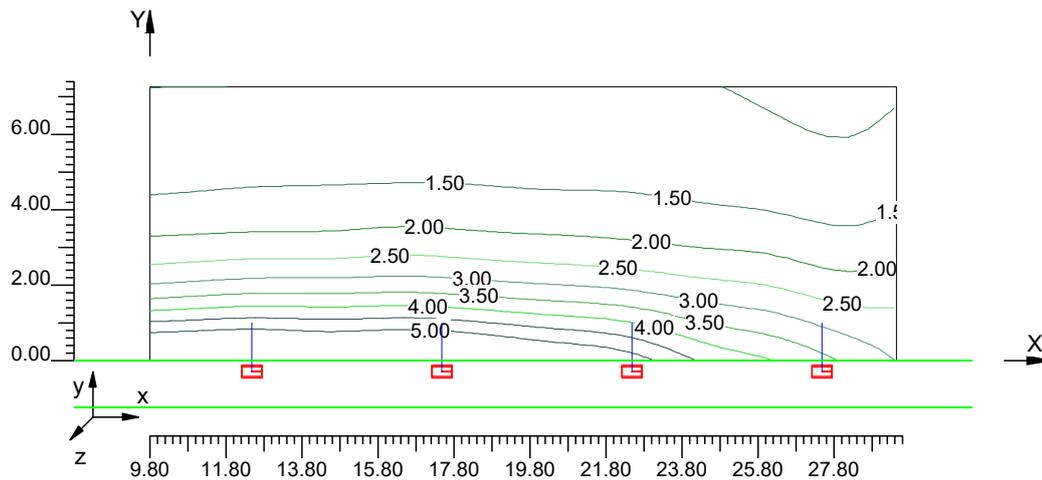
Luminanza - Uniformità Longitudinale

Posizione Osservatore	Direzione Di Osservazione	Uniformità Longitudinale
(x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m	(x=30.00;y=1.82;z=0.00)m	-

Comfort visivo

Luminanza velante - Lv -	Incremento di Soglia - TI -	Abbagliamento Molesto - G -
0.32 cd/m ²	9.56 %	5.38

Scala 1/200



4.3 Valori delle Luminanze su: Manto Stradale 1 UL (x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m ---> (x=30.00;y=1.82

O (x:9.80 y:1.27 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.21	Luminanza (L)	3.10 cd/m ²	2.29 cd/m ²	3.48 cd/m ²	0.74	0.66	0.89

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Luminanza - Uniformità Longitudinale

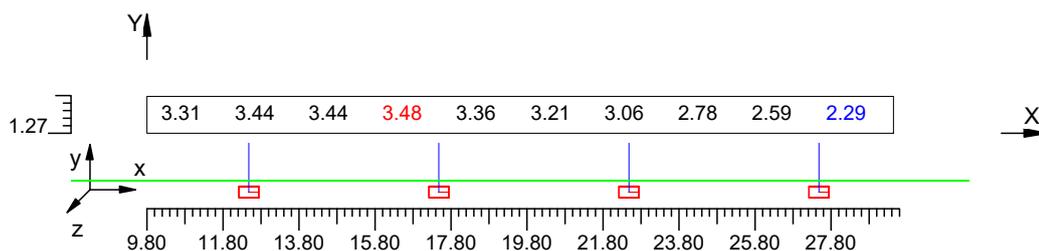
Posizione Osservatore	Direzione Di Osservazione	Uniformità Longitudinale
(x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m	(x=30.00;y=1.82;z=0.00)m	-

Comfort visivo

Luminanza velante - Lv -	Incremento di Soglia - TI -	Abbagliamento Molesto - G -
0.32 cd/m ²	9.56 %	5.38

Scala 1/200

CV= 0.126



4.4 Valori delle Luminanze su: Parete 1 1 (x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m ---> (x=30.00;y=1.82;z=0.00)m

O (x:6.01 y:7.26 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.25	Luminanza (L)	3.02 cd/m ²	2.17 cd/m ²	3.68 cd/m ²	0.72	0.59	0.82

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Luminanza - Uniformità Longitudinale

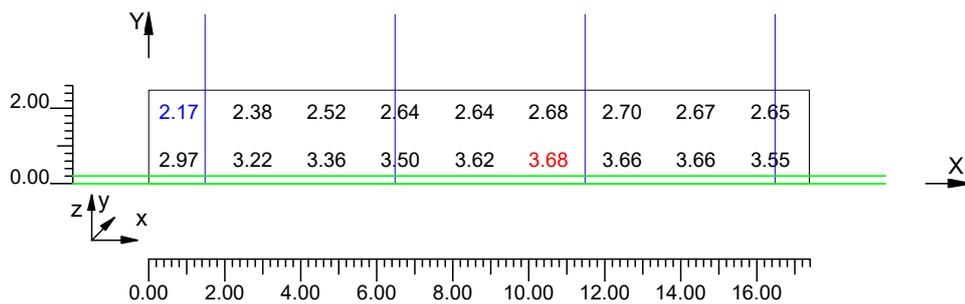
Posizione Osservatore	Direzione Di Osservazione	Uniformità Longitudinale
(x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m	(x=30.00;y=1.82;z=0.00)m	-

Comfort visivo

Luminanza velante - Lv -	Incremento di Soglia - TI -	Abbagliamento Molesto - G -
0.32 cd/m ²	9.56 %	5.38

Scala 1/200

CV= 0.165



4.5 Valori delle Luminanze su: Parete 1 1 UL (x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m ---> (x=30.00;y=1.82;z=0.00)

O (x:6.01 y:7.26 z:1.54)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.25	Luminanza (L)	2.56 cd/m ²	2.17 cd/m ²	2.70 cd/m ²	0.85	0.80	0.95

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Luminanza - Uniformità Longitudinale

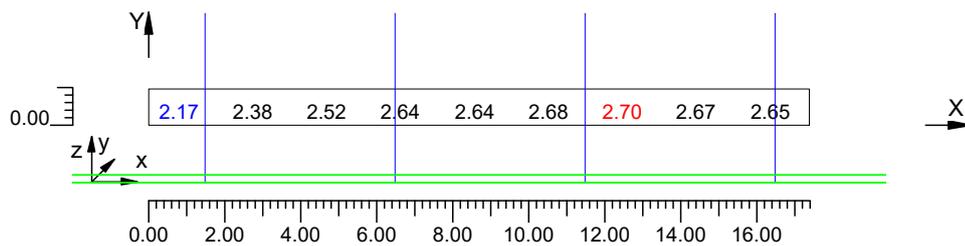
Posizione Osservatore	Direzione Di Osservazione	Uniformità Longitudinale
(x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m	(x=30.00;y=1.82;z=0.00)m	-

Comfort visivo

Luminanza velante - Lv -	Incremento di Soglia - TI -	Abbagliamento Molesto - G -
0.32 cd/m ²	9.56 %	5.38

Scala 1/200

CV= 0.066



4.6 Valori delle Luminanze su: Parete 2 1 (x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m ---> (x=30.00;y=1.82;z=0.00)m

O (x:28.73 y:-1.25 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.25	Luminanza (L)	3.14 cd/m ²	2.59 cd/m ²	4.02 cd/m ²	0.82	0.64	0.78

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Luminanza - Uniformità Longitudinale

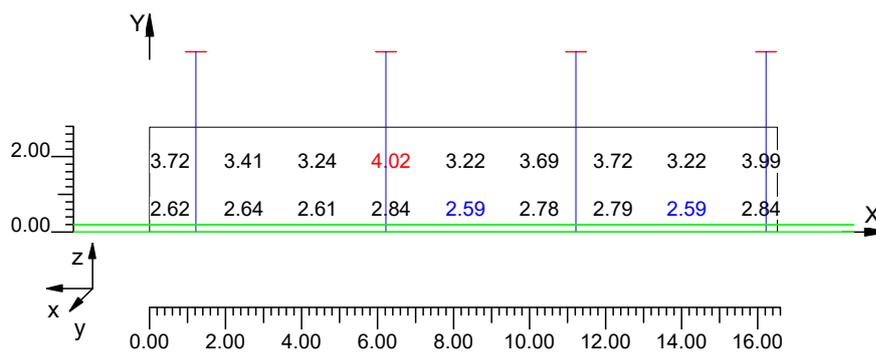
Posizione Osservatore	Direzione Di Osservazione	Uniformità Longitudinale
(x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m	(x=30.00;y=1.82;z=0.00)m	-

Comfort visivo

Luminanza velante - Lv -	Incremento di Soglia - TI -	Abbagliamento Molesto - G -
0.32 cd/m ²	9.56 %	5.38

Scala 1/200

CV= 0.157



4.7 Valori delle Luminanze su: Parete 2 1 UL (x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m ---> (x=30.00;y=1.82;z=0.00)

O (x:28.73 y:-1.25 z:1.41)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.25	Luminanza (L)	3.58 cd/m ²	3.22 cd/m ²	4.02 cd/m ²	0.90	0.80	0.89

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Luminanza - Uniformità Longitudinale

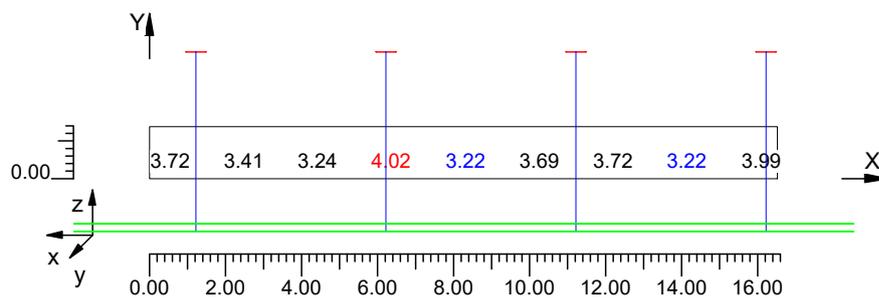
Posizione Osservatore	Direzione Di Osservazione	Uniformità Longitudinale
(x=-60.00;y=1.82;z=1.50)m	(x=30.00;y=1.82;z=0.00)m	-

Comfort visivo

Luminanza velante - Lv -	Incremento di Soglia - TI -	Abbagliamento Molesto - G -
0.32 cd/m ²	9.56 %	5.38

Scala 1/200

CV= 0.084



4.8 Valori di Illuminamento su: Manto Stradale 2

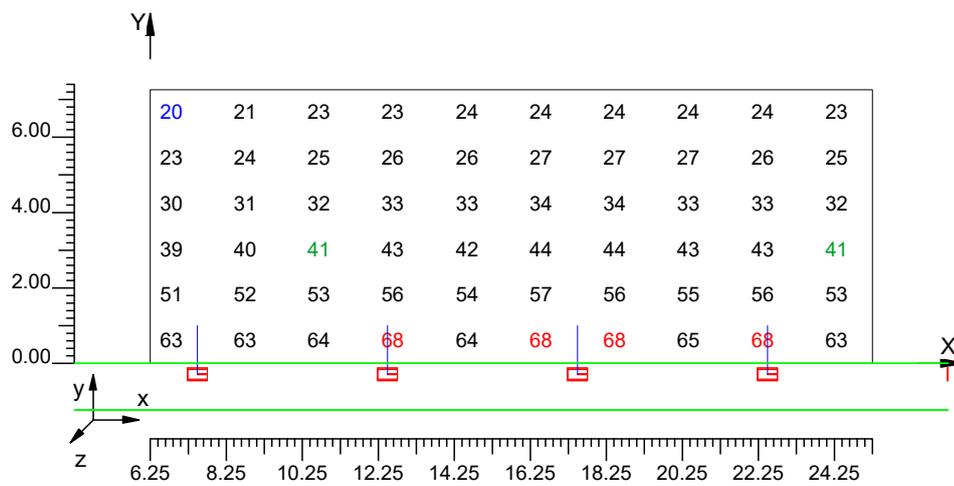
O (x:6.25 y:0.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.21	Illuminamento Orizzontale (E)	41 lux	20 lux	68 lux	0.50	0.29	0.59

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Scala 1/200

CV= 0.378



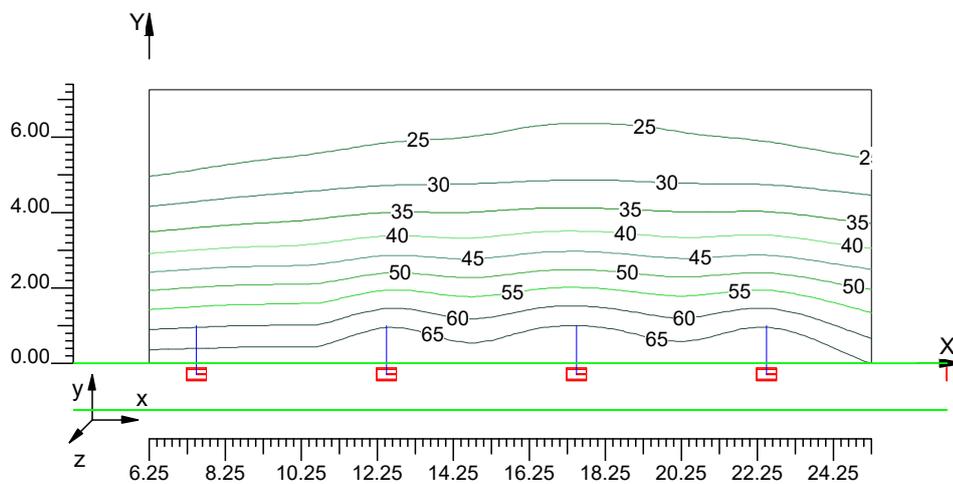
4.9 Curve Isolux su: Manto Stradale 2 1

O (x:6.25 y:0.00 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.21	Illuminamento Orizzontale (E)	41 lux	20 lux	68 lux	0.50	0.29	0.59

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Scala 1/200



4.10 Valori di Illuminamento su: Parete 1 2 1

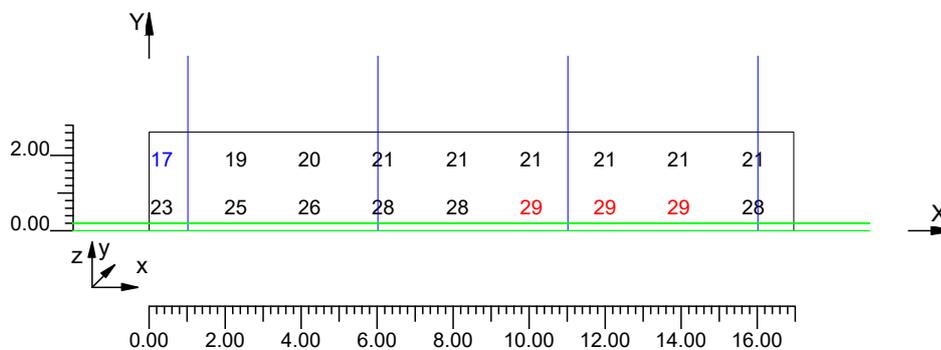
O (x:6.47 y:7.26 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.25	Illuminamento Orizzontale (E)	24 lux	17 lux	29 lux	0.72	0.59	0.82

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Scala 1/200

CV= 0.165



4.11 Valori di Illuminamento su: Parete 2 2

O (x:28.69 y:-1.25 z:0.00)	Risultati	Medio	Minimo	Massimo	Min/Medio	Min/Max	Medio/Max
DX:1.94 DY:1.25	Illuminamento Orizzontale (E)	25 lux	20 lux	32 lux	0.83	0.64	0.78

Tipo Calcolo

Dir.+Indir.(1 Interriflessioni) + Arredi + Ombre

Scala 1/200

CV= 0.154

