

**NUOVA LINEA TORINO LIONE - NOUVELLE LIGNE LYON TURIN
PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE - PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE
SEZIONE TRANSFRONTALIERE PARTE IN TERRITORIO ITALIANO
SECTION TRANSFRONTALIERE PARTIE EN TERRITOIRE ITALIEN**

**LOTTO COSTRUTTIVO 1 /LOT DE CONSTRUCTION 1
CANTIERE OPERATIVO 04C /CHANTIER DE CONSTRUCTION 04C
SVINCOLO DI CHIOMONTE IN FASE DI CANTIERE
ECHANGEUR DE CHIOMONTE DANS LA PHASE DE CHANTIER
PROGETTO ESECUTIVO - ETUDES D'EXECUTION
CUP C11J05000030001 - CIG 6823295927**

**ILLUMINAZIONE E IMPIANTI ELETTRICI
CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE,
CON CALCOLI ILLUMINOTECNICI**

II I

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	28/02/2017	Première diffusion / Prima emissione	C.BELTRAMI (-)	L.BARBERIS (MUSINET ENG.)	F.D'AMBRA (MUSINET ENG.)
A	30/09/2017	Révision suite aux commentaires TELT / Revisione a seguito commenti TELT	C.BELTRAMI (-)	A.LOVISOLO (MUSINET ENG.)	F.D'AMBRA (MUSINET ENG.)
B	29/06/2018	Modifications titre du projet/ Modifica titolo progetto	A.BIANCHI (MUSINET ENG.)	A.LOVISOLO (MUSINET ENG.)	L.BARBERIS (MUSINET ENG.)

C	0	4	C	C	1	6	1	6	6	N	V	0	2	T	7
Cat.Lav. Cat.Trav.	Lotto/Lot		Contratto/Contrat				Opera/Oeuvre			Tratto Tronçon	Parte Partie				

E	C	L	I	L	1	3	0	2	B
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Object		Numero documento Numéro de document			Indice Index	

IL PROGETTISTA/LE DESIGNER



Dott. Arch. Corrado GIOVANNETTI
Albo di Torino
N° 2736

**INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE/
/INTEGRATION SPECIALISTE**



Dott. Ing. Andrea LOVISOLO
Albo di Torino
N° 11173 S

SCALA / ÉCHELLE

-

Empty box for additional information.

L'APPALTATORE/L'ENTREPRENEUR

Empty box for contractor details.

IL DIRETTORE DEI LAVORI/LE MAÎTRE D'ŒUVRE

Empty box for project manager details.

SOMMAIRE / INDICE

SOMMAIRE / INDICE	2
LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE	4
1 INTRODUZIONE	5
1.1 Oggetto	5
1.2 Scopo	5
1.3 Norme e Leggi di riferimento	5
2 ILLUMINAZIONE DELLE RAMPE	6
2.1 Ipotesi progettuali	6
2.2 Individuazione della categoria illuminotecnica	7
2.3 Riepilogo dei dati di base	8
2.4 Calcolo e risultati	9
2.5 Tratti accelerazione e decelerazione	9
2.6 Rampe di salita/discesa	11
2.7 Conclusioni	12
3 ILLUMINAZIONE DELLA STRADA DI COLLEGAMENTO	13
3.1 Ipotesi progettuali	13
3.2 Individuazione della categoria illuminotecnica	14
3.3 Riepilogo dei dati di base	16
3.4 Calcolo e risultati	16
3.5 Conclusioni	20
4 RIDUZIONE INQUINAMENTO LUMINOSO	21
5 ILLUMINAZIONE DELLA GALLERIA	22
5.1 Concetto	22
5.2 Scelta del tipo di illuminazione	23
5.3 Dati di base	23
5.4 Individuazione della categoria illuminotecnica	24
5.5 Determinazione della luminanza interna	26
5.6 Riepilogo dati essenziali	27
5.7 Illuminazione notturna	27
5.8 Risultati	28
5.9 Scelta degli apparecchi illuminanti	28
5.10 Output di calcolo	29
5.11 Conclusioni	33
6 ILLUMINAZIONE ZONA DI USCITA GALLERIA AUTOSTRADALE GIAGLIONE	ERRORE. IL SE
6.1 Concetto	Errore. Il segnalibro non è definito.
6.2 Riepilogo dati essenziali	Errore. Il segnalibro non è definito.
6.3 Risultati	Errore. Il segnalibro non è definito.
7 ALLEGATI	34
7.1 ALLEGATO 1 - Calcolo illuminotecnico rampa di salita/discesa	35
7.2 ALLEGATO 2 - Calcolo illuminotecnico tratti di accelerazione/decelerazione	36
7.3 ALLEGATO 3 - Calcolo illuminotecnico strada di collegamento	37
7.4 ALLEGATO 4 - Calcolo illuminotecnico della galleria	38

7.5 ALLEGATO 5 - Calcolo illuminotecnico zona di uscita galleria autostradale
Giaglione..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Stralcio planimetrico</i>	6
<i>Figura 2 – Stralcio planimetrico</i>	13
<i>Figura 3 – Stralcio planimetrico</i>	13
<i>Figura 4 – Diagramma delle luminanze</i>	22
<i>Figura 5 – Zone di riferimento in galleria</i>	23
<i>Figura 6 – Galleria artificiale, sezione tipo</i>	24

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto

Nell'ambito dei lavori di costruzione del nuovo svincolo della Maddalena sull'Autostrada A32, in comune di Chiomonte, è prevista la realizzazione, tra l'altro, di:

- una galleria artificiale a canna singola e doppio senso di marcia, della lunghezza di circa 105 m;
- due rampe monodirezionali di raccordo all'autostrada;
- una strada di collegamento tra il nuovo svincolo e la viabilità esistente.

1.2 Scopo

La presente relazione tratta il calcolo illuminotecnico per il dimensionamento dell'impianto di illuminazione delle seguenti zone di studio:

- galleria artificiale;
- rampe di accesso all'autostrada;
- strada di collegamento alla viabilità esistente.

1.3 Norme e Leggi di riferimento

Gli impianti di illuminazione vengono dimensionati in base alle seguenti Norme e Leggi:

- UNI 10819:1999, Impianti di illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso
- UNI 11095:2011, Illuminazione delle gallerie stradali
- UNI 11248:2016, Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI 13201:2016, Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali
- D.M. 14.09.2005, Norme di illuminazione delle gallerie stradali
- Regione Piemonte, Legge 31 del 24.03.2000, Disposizioni per la prevenzione e lotta all'inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche
- Provincia di Torino, D.C.P. 330414 del 10.02.2004, Linee Guida per l'applicazione della L.R. 31 del 24.03.2000
- CEI 64-20: 2015, Impianti elettrici nelle gallerie stradali
- CEI 64-19, V1:2016, Guida agli impianti di illuminazione esterna

2 ILLUMINAZIONE DELLE RAMPE

2.1 Ipotesi progettuali

La seguente figura mostra uno stralcio planimetrico indicante il percorso delle rampe in esame, evidenziate in giallo.

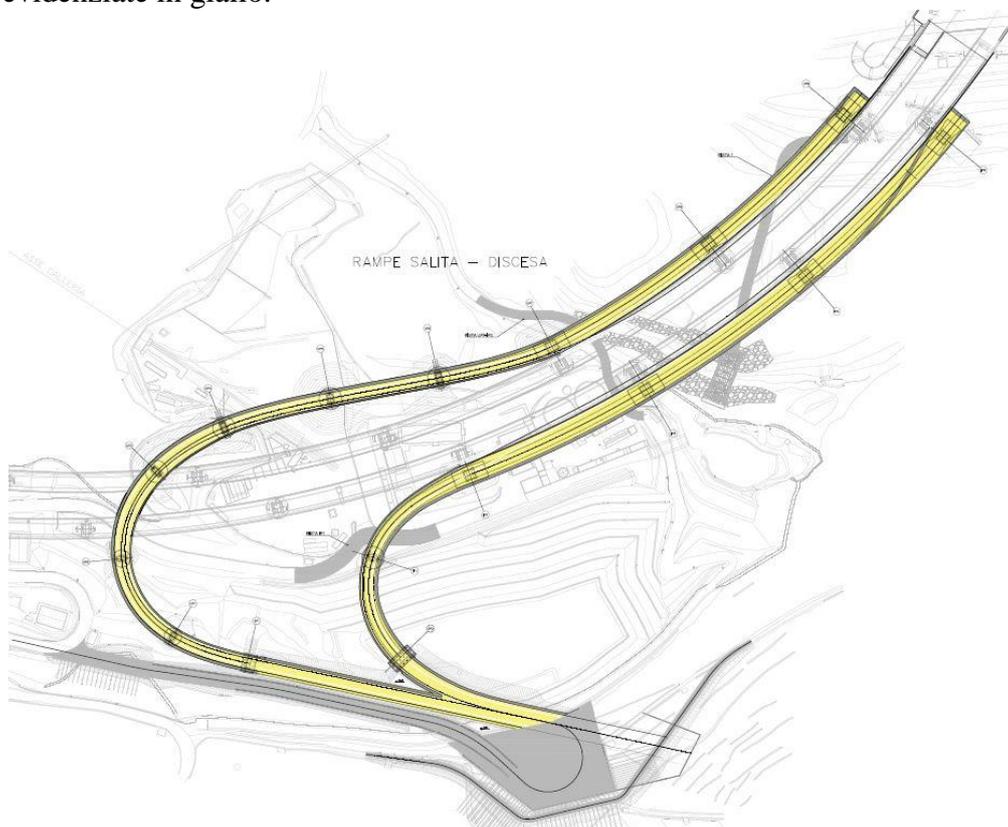


Figura 1 – Stralcio planimetrico

Ciascuna delle due rampe in esame è costituita da una carreggiata con una sola corsia a traffico unidirezionale.

La seguente figura mostra una rappresentazione schematica di un tratto stradale tipico considerato per il calcolo illuminotecnico e riassume i dati geometrici di base.

Sono definite e considerate per il calcolo le seguenti zone:

- Rampa di salita / rampa di discesa
- Rampa di discesa – tratto di accelerazione
- Rampa di salita – tratto di decelerazione.

La verifica illuminotecnica è condotta sulla base delle seguenti ipotesi progettuali:

- illuminazione mediante apparecchi illuminanti con sorgenti a led con potenza di circa 96 W – 128 W e temperatura di colore di 4'000 K;
- disposizione degli apparecchi a distanze di circa 27 e 24 m ed altezza dal piano stradale di 9.00 m, su pali di tipo curvo.

2.2 Individuazione della categoria illuminotecnica

Il primo passo consiste nella determinazione della categoria illuminotecnica di ingresso. La Norma UNI 11248:2016 individua la categoria illuminotecnica secondo la classificazione della strada in base al seguente prospetto:

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica di riferimento
A ₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 – 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 – 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	70 – 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 – 90	M2

Tabella 1- Classificazione delle strade per l'individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso

Si assume che le rampe siano classificate come “strade di servizio alle autostrade extraurbane” a cui corrisponde una categoria illuminotecnica di ingresso M2.

Le zone di studio individuate dagli innesti delle rampe sull'autostrada costituiscono delle intersezioni lineari a raso e rappresentano zone di conflitto. Nel caso specifico, la Norma UNI 11248:2016, appendice A, stabilisce che il calcolo illuminotecnico si basi su una categoria illuminotecnica della serie C.

In particolare, la Norma indica che, con riferimento al Prospetto 6 (cfr. tabella seguente) la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere di un livello superiore rispetto alla maggiore di quelle previste per le strade di accesso.

Condizione	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0.05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0.05 \text{ sr}^{-1} < Q_0 \leq 0.08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 > 0.08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4

Tabella 2 - UNI 11248:2016 – Prospetto 6 – Comparazione di categorie illuminotecniche

Assumendo $Q_0 = 0.056$ (manto stradale tipo C2) e seguendo l'indicazione della Norma, la categoria illuminotecnica della serie C comparata alla categoria M2 ed aumentata di un livello corrisponde ad una categoria illuminotecnica di ingresso C1.

In secondo luogo occorre determinare la categoria illuminotecnica di progetto a partire da quella di ingresso, valutando i parametri di influenza suggeriti dalla norma UNI 11248:2016 attraverso lo svolgimento di un'analisi dei rischi, con l'obiettivo di garantire una più efficace sicurezza degli utenti e di minimizzare i consumi energetici, i costi di installazione e l'impatto ambientale.

L'analisi prende in considerazione sia i parametri di influenza costanti nel lungo periodo che quelli variabili nel tempo in modo periodico o casuale. Nel caso specifico viene considerato il seguente parametro:

- complessità del campo visivo normale

che permette la riduzione di una categoria illuminotecnica.

L'analisi effettuata ha permesso di stabilire che, a partire dalla categoria illuminotecnica di ingresso C1, la categoria illuminotecnica di progetto è la **C2**.

I requisiti delle categoria illuminotecnica individuata sono definiti dalla Norma 13201-2:2016 secondo il seguente prospetto:

Categoria	Illuminamento minimo mantenuto [lx]	Uniformità U_0 minima
C0	50	0.4
C1	30	0.4
C2	20	0.4
C3	15	0.4
C4	10	0.4
C5	7.5	0.4

Tabella 3 – Categorie illuminotecniche della serie C

2.3 Riepilogo dei dati di base

I dati di riferimento per lo sviluppo del calcolo sono riassunti nella seguente tabella:

Dati illuminotecnici		
Tipo di strada	A_2 (strada di servizio ad autostrada extraurbana)	
Categoria illuminotecnica di ingresso	M2 \rightarrow C1	
Categoria illuminotecnica di progetto	C2	
Velocità di progetto	[km/h]	n.d.
Fattore di manutenzione	0.8	
Riflessione del manto stradale	Superficie	C2

	Fattore Q_0	0.056
Illuminamento	[lx]	≥ 20
Uniformità generale	U_0	≥ 0.4
Sorgente luminosa	led	

Tabella 4 – Riepilogo dei dati illuminotecnici

2.4 Calcolo e risultati

Il calcolo è sviluppato considerando le ipotesi progettuali di cui al § 2.1 e i parametri illuminotecnici identificati al § 2.3.

I risultati di calcolo relativi all'illuminazione delle rampe sono riportati nei seguenti prospetti.

2.5 Tratti accelerazione e decelerazione

Tratto accelerazione / Tratto decelerazione / Dati di pianificazione

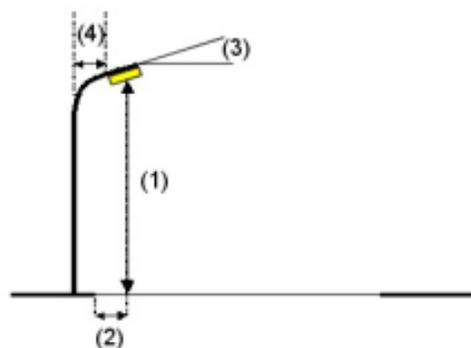
Profilo strada

Corsia di emergenza 1 (Larghezza: 9.500 m)

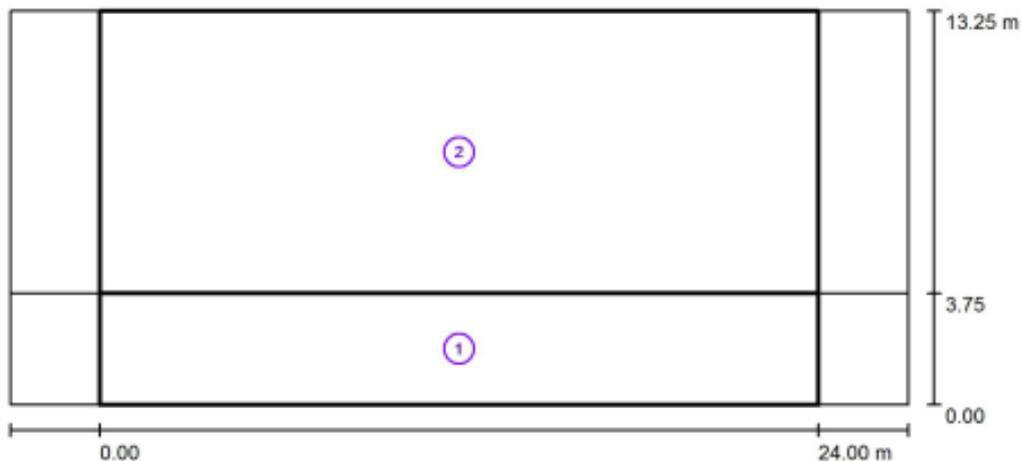
Carreggiata 1 (Larghezza: 3.750 m, Numero corsie: 1, Manto stradale: C2, q_0 : 0.056)

Fattore di manutenzione: 0.80

Disposizioni lampade



Lampada:	Prilux City\ 199407 EGEA XL LED ROAD 64 leds 128W 740 700 mA ASIM VIAL	
Flusso luminoso (Lampada):	15814 lm	Valori massimi dell'intensità luminosa per 70°: 569 cd/klm per 80°: 348 cd/klm per 90°: 17 cd/klm Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori. La disposizione rispetta la classe degli indici di abbagliamento D.0.
Flusso luminoso (Lampadine):	15771 lm	
Potenza lampade:	148.0 W	
Disposizione:	un lato, in alto	
Distanza pali:	24.000 m	
Altezza di montaggio (1):	9.000 m	
Altezza fuochi:	8.949 m	
Distanza dal bordo stradale (2):	-8.586 m	
Inclinazione braccio (3):	15.0 °	
Lunghezza braccio (4):	0.900 m	

Tratto accelerazione / Tratto decelerazione / Risultati illuminotecnici

Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:215

Lista campo di valutazione

- 1 Campo di valutazione Carreggiata 1
 Lunghezza: 24.000 m, Larghezza: 3.750 m
 Reticolo: 10 x 3 Punti
 Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.
 Classe di illuminazione selezionata: CE2

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

E_m [lx]	U0
21.18	0.81
≥ 20.00	≥ 0.40
✓	✓

2.6 Rampe di salita/discesa

Rampe salita/discesa / Dati di pianificazione

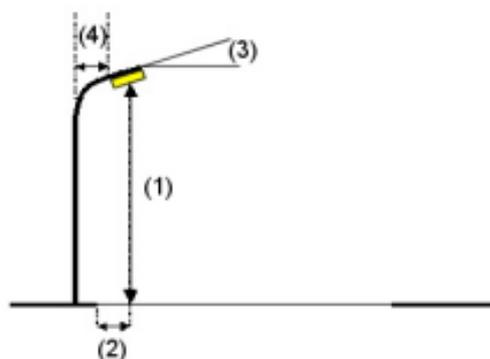
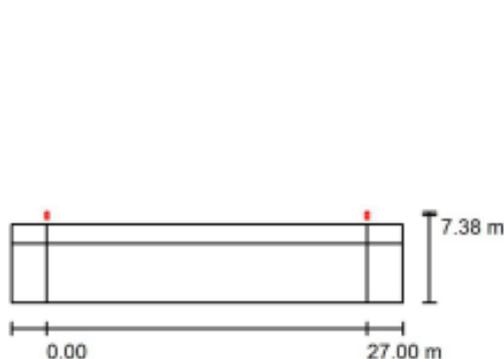
Profilo strada

Corsia di emergenza 1 (Larghezza: 1.630 m)

Carreggiata 1 (Larghezza: 5.000 m, Numero corsie: 1, Manto stradale: C2, q0: 0.056)

Fattore di manutenzione: 0.80

Disposizioni lampade



Lampada: Prilux City\ 194662 EGEA XL LED ROAD 64 leds 96W 740 500 mA ASIM VIAL

Flusso luminoso (Lampada): 12035 lm
 Flusso luminoso (Lampadine): 12002 lm
 Potenza lampade: 108.0 W
 Disposizione: un lato, in alto
 Distanza pali: 27.000 m
 Altezza di montaggio (1): 9.000 m
 Altezza fuochi: 8.948 m
 Distanza dal bordo stradale (2): -2.380 m
 Inclinazione braccio (3): 0.0 °
 Lunghezza braccio (4): 0.900 m

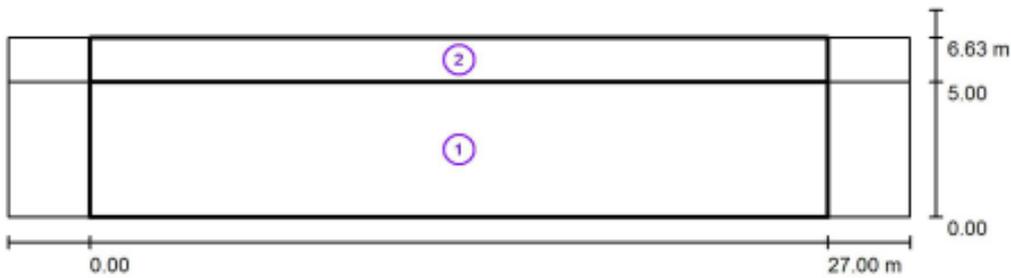
Valori massimi dell'intensità luminosa
 per 70°: 478 cd/klm
 per 80°: 25 cd/klm
 per 90°: 4.81 cd/klm

Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.

La disposizione rispetta la classe di intensità luminosa G3.

La disposizione rispetta la classe degli indici di abbagliamento D.4.

Rampe salita/discesa / Risultati illuminotecnici



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:236

Lista campo di valutazione

- 1 Campo di valutazione Carreggiata 1
 Lunghezza: 27.000 m, Larghezza: 5.000 m
 Reticolo: 10 x 4 Punti
 Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.
 Classe di illuminazione selezionata: CE2

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

Valori reali calcolati:
 Valori nominali secondo la classe:
 Rispettato/non rispettato:

E_m [lx]	U0
23.66	0.53
≥ 20.00	≥ 0.40
✓	✓

2.7 Conclusioni

La verifica di calcolo ha permesso di dimostrare che le ipotesi progettuali individuate nel presente studio soddisfano i requisiti normativi e sono pertanto confermate. La rappresentazione grafica dell'impianto di illuminazione delle rampe è riportata negli allegati elaborati grafici.

3 ILLUMINAZIONE DELLA STRADA DI COLLEGAMENTO

3.1 Ipotesi progettuali

La verifica illuminotecnica è condotta sulla base delle seguenti ipotesi progettuali:

- illuminazione mediante apparecchi illuminanti con sorgenti a led con potenza di circa 64 W, flusso luminoso di circa 10'740 lm, e temperatura di colore di 4'000 K;
- disposizione degli apparecchi a distanze di circa 27 m ed altezza dal piano stradale di 9.00 m, su pali di tipo curvo.

La seguente figura mostra uno stralcio planimetrico indicante il percorso della strada di collegamento in esame, evidenziata in giallo.

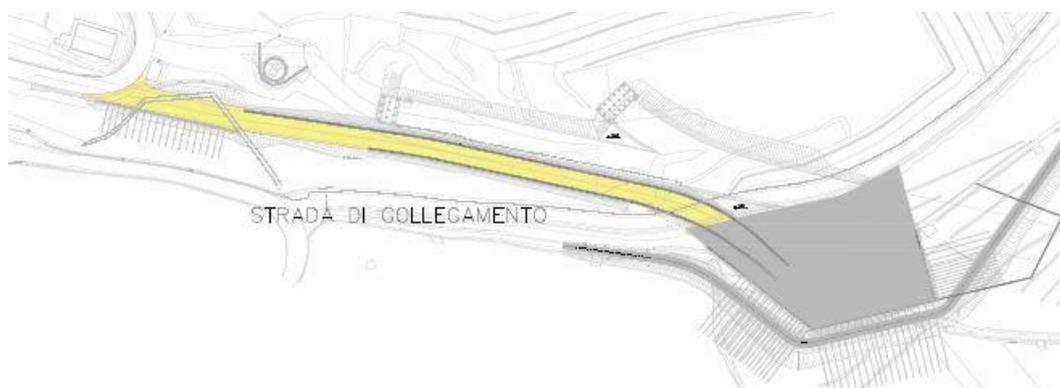
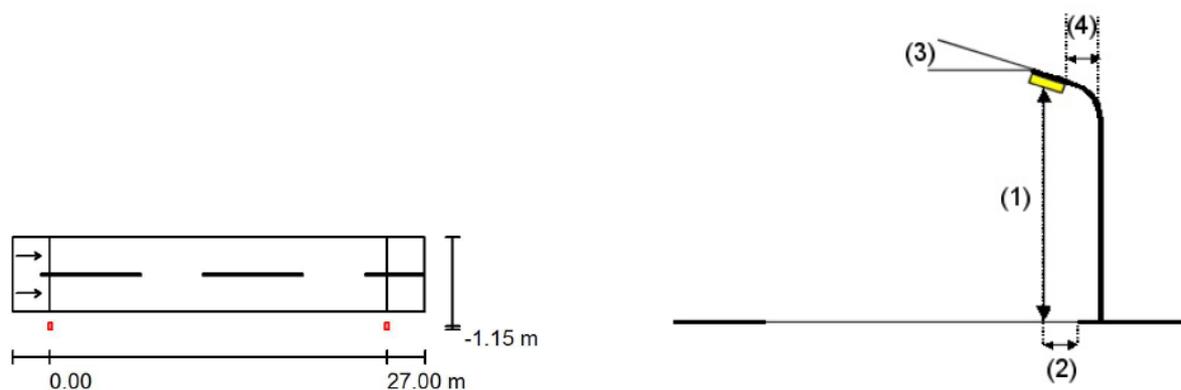


Figura 2 – Stralcio planimetrico

La strada di collegamento è costituita da una carreggiata a due corsie a traffico bidirezionale. La seguente figura mostra una rappresentazione schematica di un tratto stradale tipico considerato per il calcolo illuminotecnico e riassume i dati geometrici di base.



(1) = 9.00 m	(2) = -1.15 m	(3) = 0°	(4) = 0.90 m
Nota: la dimensione (2) è riportata in negativo a causa della posizione arretrata del punto luce rispetto al bordo della corsia da illuminare			

Figura 3 – Stralcio planimetrico

3.2 Individuazione della categoria illuminotecnica

Il primo passo consiste nella determinazione della categoria illuminotecnica di ingresso. La Norma UNI 11248:2016 individua la categoria illuminotecnica secondo la classificazione della strada in base al seguente prospetto:

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica di riferimento
A ₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 – 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 – 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	70 – 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 – 90	M2

Tabella 5- Classificazione delle strade per l'individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso

Si assume che la strada di collegamento sia classificata come “strade extraurbana secondaria” a cui corrisponde una categoria illuminotecnica di ingresso M3.

In secondo luogo occorre determinare la categoria illuminotecnica di progetto a partire da quella di ingresso, valutando i parametri di influenza suggeriti dalla norma UNI 11248:2016 attraverso lo svolgimento di un'analisi dei rischi, con l'obiettivo di garantire una più efficace sicurezza degli utenti e di minimizzare i consumi energetici, i costi di installazione e l'impatto ambientale.

L'analisi prende in considerazione sia i parametri di influenza costanti nel lungo periodo che quelli variabili nel tempo in modo periodico o casuale. Nel caso specifico viene considerato il seguente parametro:

- impiego di apparecchi che emettono luce con indice di resa cromatica $R_a \geq 60$ e rapporto S/P ≥ 1.10 (sorgenti a led)

che permette la riduzione di una categoria illuminotecnica.

L'analisi effettuata ha permesso di stabilire che, a partire dalla categoria illuminotecnica di ingresso M3, la categoria illuminotecnica di progetto è la **M4**.

I requisiti delle categoria illuminotecnica individuata sono definiti dalla Norma 13201-2:2016 secondo il seguente prospetto:

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata				Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	Manto asciutto			Manto bagnato	Manto asciutto	Manto asciutto
	L media (min mant.) [cd/m ²]	U ₀ minima	U ₁ minima	U _{0w} minima	f _{TI} massima [%]	R _{EI} minima
M1	2.00	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.30

Tabella 6 – Luminanza media mantenuta

3.3 Riepilogo dei dati di base

I dati di riferimento per lo sviluppo del calcolo sono riassunti nella seguente tabella:

Dati illuminotecnici		
Tipo di strada	C (Extraurbana secondaria)	
Categoria illuminotecnica di ingresso	M3	
Categoria illuminotecnica di progetto	M4	
Velocità di progetto	[km/h]	n.d.
Fattore di manutenzione	0.8	
Riflessione del manto stradale	Superficie	C2
	Fattore Q_0	0.056
Luminanza media mantenuta	L [cd/m ²]	≥ 0.75
Uniformità generale sulla carreggiata	U_0	≥ 0.40
Uniformità longitudinale sulla carreggiata	U_1	≥ 0.60
Abbagliamento debilitante	f_{TI}	15%
Sorgente luminosa	led	

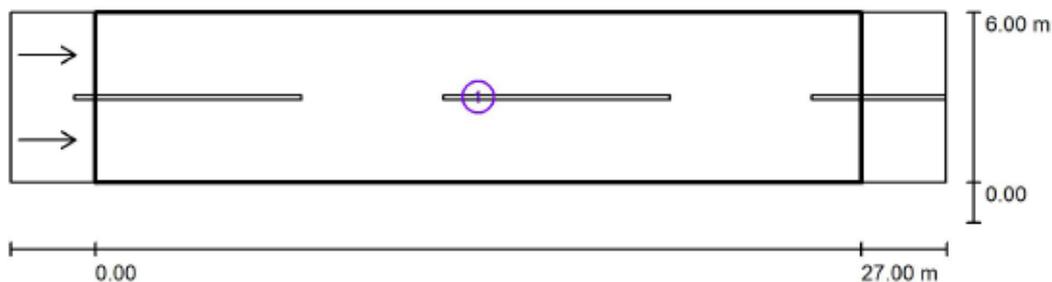
Tabella 7 – Riepilogo dei dati illuminotecnici

3.4 Calcolo e risultati

Il calcolo è sviluppato considerando le ipotesi progettuali di cui al § 3.1 e i parametri illuminotecnici identificati al § 3.3.

I risultati di calcolo relativi all'illuminazione delle rampe sono riportati nei seguenti prospetti:

Strada di collegamento / Risultati illuminotecnici



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:236

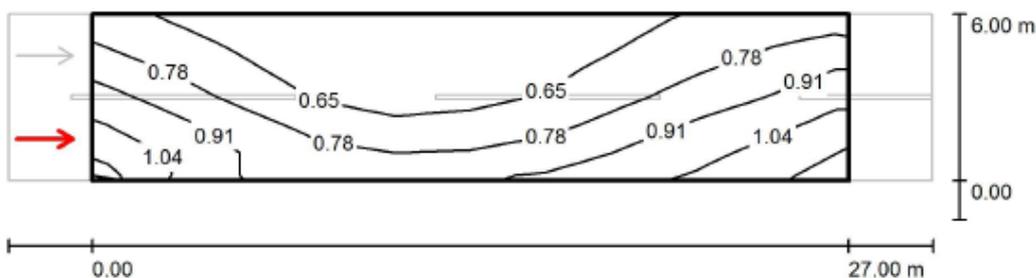
Lista campo di valutazione

- 1 Campo di valutazione Carreggiata 1
 Lunghezza: 27.000 m, Larghezza: 6.000 m
 Reticolo: 10 x 6 Punti
 Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.
 Manto stradale: C2, q_0 : 0.056
 Classe di illuminazione selezionata: ME4a

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valori reali calcolati:	0.78	0.63	0.64	7	0.80
Valori nominali secondo la classe:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓	✓

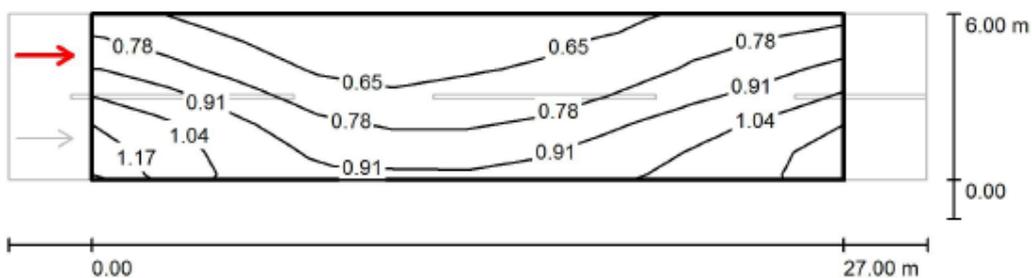
Strada di collegamento / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Osservatore 1 / Iso linee (L)

Valori in Candela/m², Scala 1 : 236

Reticolo: 10 x 6 Punti
 Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 1.500 m, 1.500 m)
 Manto stradale: C2, q_0 : 0.056

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Valori reali calcolati:	0.78	0.65	0.64	7
Valori nominali secondo la classe ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada di collegamento / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Osservatore 2 / Isolinee (L)

Valori in Candela/m², Scala 1 : 236

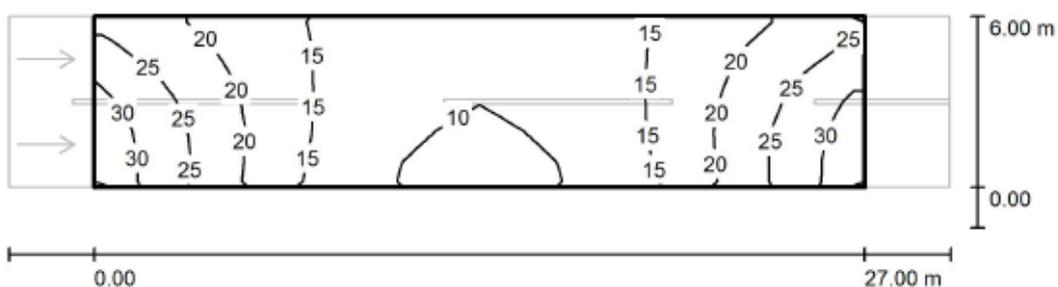
Reticolo: 10 x 6 Punti

Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 4.500 m, 1.500 m)

Manto stradale: C2, q0: 0.056

Valori reali calcolati:	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
	0.83	0.63	0.66	6
Valori nominali secondo la classe ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada di collegamento / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Isolinee (E)

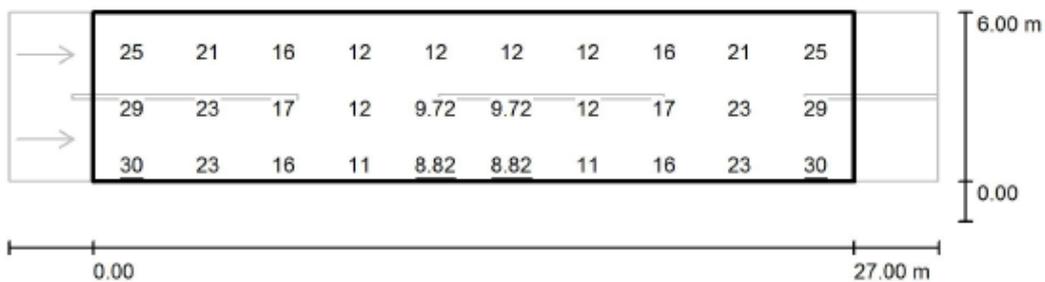


Valori in Lux, Scala 1 : 236

Reticolo: 10 x 6 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	8.82	30	0.501	0.290

Strada di collegamento / Campo di valutazione Carreggiata 1 / Grafica dei valori (E)



Valori in Lux, Scala 1 : 236

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Reticolo: 10 x 6 Punti

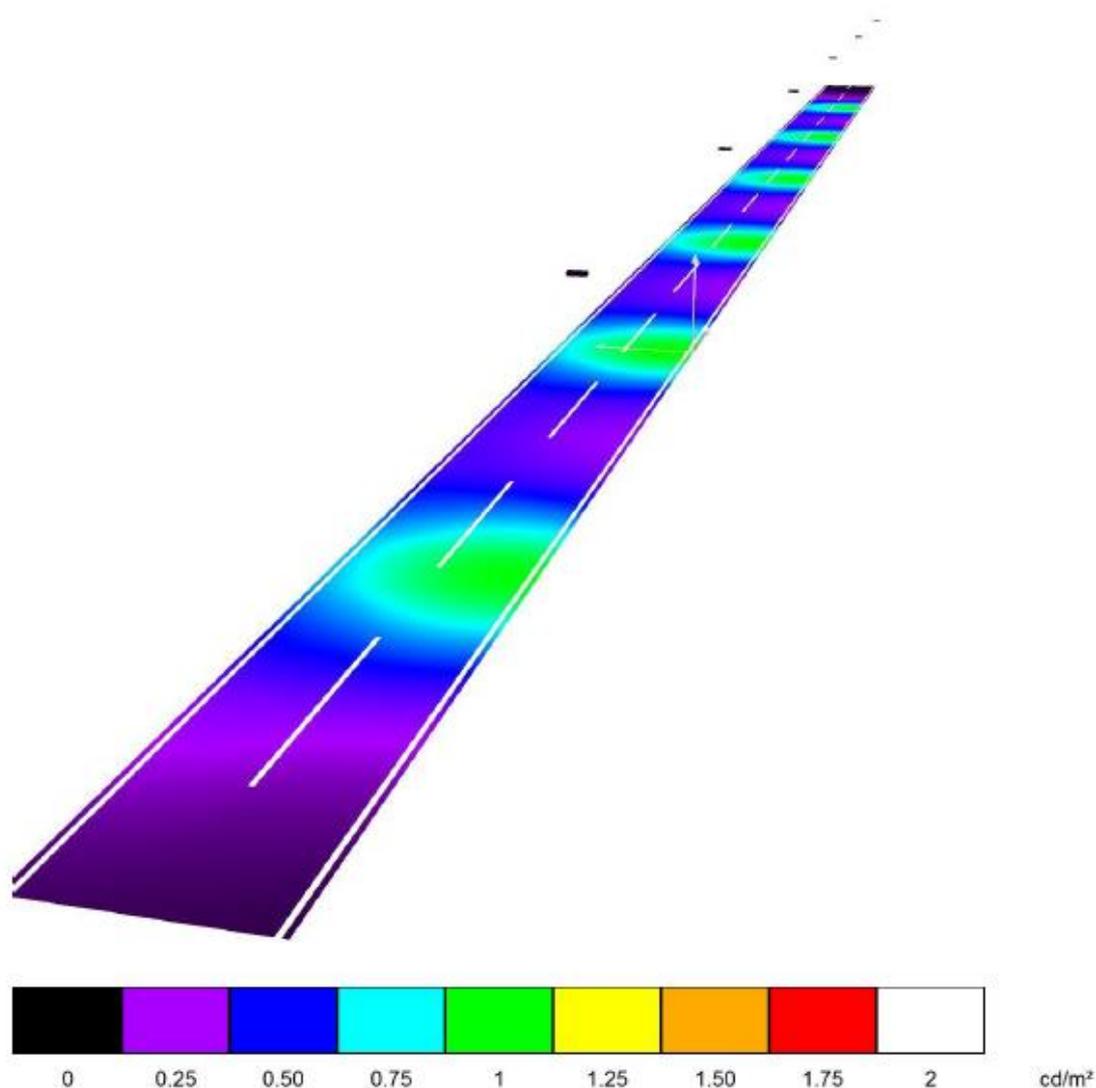
 E_m [lx]
18

 E_{min} [lx]
8.82

 E_{max} [lx]
30

 E_{min} / E_m
0.501

 E_{min} / E_{max}
0.290

Strada di collegamento / Rendering colori sfalsati**3.5 Conclusioni**

La verifica di calcolo ha permesso di dimostrare che le ipotesi progettuali individuate nel presente studio soddisfano i requisiti normativi e sono pertanto confermate. La rappresentazione grafica dell'impianto di illuminazione della strada di collegamento è riportata negli allegati elaborati grafici.

4 RIDUZIONE INQUINAMENTO LUMINOSO

Per gli impianti di illuminazione esterna, ai sensi della norma UNI 10819 e della Legge Regionale Piemonte n. 31 del 24.03.2000, sono stati considerati i seguenti aspetti.

Gli impianti di illuminazione sono classificati di tipo A, dove la sicurezza è a carattere prioritario (pubbliche strade, area a rischio).

La zona in cui sono previsti gli impianti di illuminazione viene considerata “Zona 3”, non essendoci nelle vicinanze osservatori astronomici e/o astrofisici tali da considerare zone protette.

OSSERVATORIO	COMUNE	PR.	CLASSE	COORDINATE	ZONA	FASCIA DI RISPETTO
Osservatorio sociale dell'Associazione Culturale "Alessandra Ferrari e Ilaria Merlo"	LERMA	AL	non professionale ad uso pubblico	long.est 8°43'34",02 lat.nord 44°38'38",11 quota 361 m s.l.m.	2	Raggio dal centro di osservazione = 10 km.
Osservatorio Astronomico di Cuneo	CUNEO	CN	non professionale ad uso pubblico	long.est 7°32' lat.nord 44°23' quota 560 m s.l.m.	2	Raggio dal centro di osservazione = 10 km.
Osservatorio Astronomico "Galileo Galilei"	SUNO	NO	non professionale ad uso pubblico	long.est 8°34' lat.nord 45°38' quota 275 m s.l.m.	2	Raggio dal centro di osservazione = 10 km.
Osservatorio Astronomico di Torino	PINO TORINESE	TO	professionale ad uso pubblico	long.est 7°46'29" lat.nord 45°02'16" quota 22 m s.l.m.	1 - 2	Raggi dal centro di osservazione = 5 km. + 5 km.
Osservatorio pubblico di Alpette	ALPETTE	TO	non professionale ad uso pubblico	long.est 7°34'45" lat.nord 45°24'34" quota 470 m s.l.m.	2	Raggio dal centro di osservazione = 10 km.
Osservatorio sociale "Luigi Vignolo"	ABBADIA ALPINA DI PINEROLO	TO	non professionale ad uso pubblico	long.est 7°18'41" lat.nord 44°53'50" quota 435 m s.l.m.	2	Raggio dal centro di osservazione = 10 km.
Osservatorio sociale dell'Associazione Astrofili Torinese	Prov. TORINO	TO	non professionale ad uso privato	long.est 7°28'47" lat.nord 45°21'	3	-
Osservatorio astronomico della Valpellece	LUSERNA SAN GIOVANNI	TO	non professionale ad uso pubblico	long.est 7°15'30" lat.nord 44°49'40"	2	Raggio dal centro di osservazione = 10 km.
Osservatorio privato "Grange"	BUSSOLENO	TO	non professionale ad uso privato	long.est 7°08'31" lat.nord 45°08'31" quota 470 m s.l.m.	3	-

Tabella 8 – Elenco osservatori astronomici presenti in Piemonte

Gli apparecchi illuminanti previsti sono atti alla limitazione dell'abbagliamento, il contenimento dell'emissione di luce verso l'alto e la ripartizione dell'intensità luminosa polarizzata nella direzione dell'asse stradale.

Si è inoltre considerato che gli impianti di illuminazione stradali previsti, in assenza di un piano regolatore dell'illuminazione comunale, rispettano i valori massimi di rapporto medio di emissione superiore (R_n), indicati dalla UNI 10819.

Gli apparecchi illuminanti previsti sono dotati di tecnologia a LED per l'ottimizzazione dei consumi energetici.

5 ILLUMINAZIONE DELLA GALLERIA

5.1 Concetto

La Norma UNI 11095:2011 costituisce il riferimento per l'illuminazione delle gallerie stradali e ne specifica i requisiti illuminotecnici dell'impianto di illuminazione, al fine di assicurare al conducente di un veicolo, sia di giorno sia di notte, l'entrata, l'attraversamento e l'uscita dal tratto coperto a velocità locale in condizioni adeguate di comfort visivo, con un grado di sicurezza non inferiore a quello presente nei tratti di strada di cui fa parte la galleria.

I requisiti sono espressi in livelli ed uniformità di luminanza della carreggiata, delle pareti e di eventuali altre superfici che costituiscono la galleria.

Nello specifico si distinguono le seguenti luminanze:

- Luminanza di entrata L_e : luminanza prescritta per la carreggiata nella prima metà della zona di entrata
- Luminanza di transizione L_t : luminanza prescritta per la carreggiata in una determinata sezione trasversale della zona di transizione
- Luminanza interna L_i : luminanza prescritta per la carreggiata della zona interna di una galleria
- Luminanza di uscita L_u : luminanza prescritta per la carreggiata in una determinata sezione trasversale della zona di uscita
- Luminanza esterna L_{es} : luminanza prescritta, in condizioni di illuminazione notturna, del tratto di carreggiata situato immediatamente all'esterno della galleria, a partire dalla sezione di uscita.

La norma UNI 11095:2011 suddivide la sezione longitudinale della galleria ed i tratti limitrofi nelle zone indicate nella seguente figura:

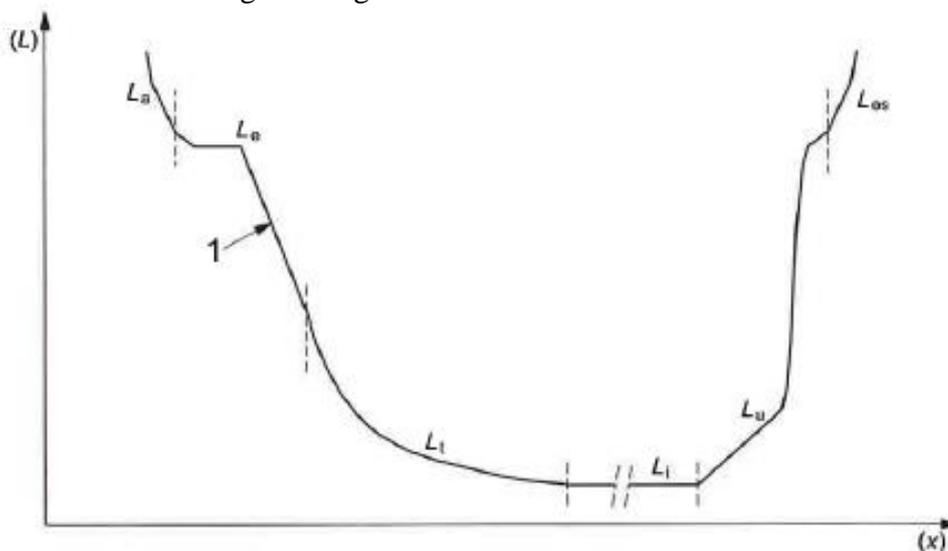


Figura 4 – Diagramma delle luminanze

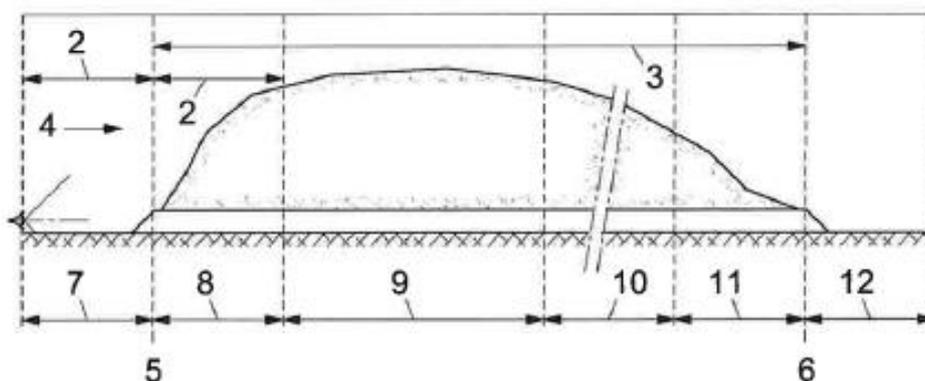


Figura 5 – Zone di riferimento in galleria

Legenda:

2	Distanza di riferimento	9	Zona di transizione
3	Lunghezza della galleria	10	Zona interna
4	Senso di marcia	11	Zona di uscita
5	Sezione di entrata	12	Zona immediatamente esterna
6	Sezione di uscita	L	Luminanza (cd/m^2)
7	Zona di accesso	X	Distanza (m)
8	Zona di entrata		

5.2 Scelta del tipo di illuminazione

Le gallerie possono essere equipaggiate con le seguenti tipologie di illuminazione:

- **illuminazione permanente:** parte dell'illuminazione a luminanza media costante, che si estende dalla sezione di entrata alla sezione di uscita;
- **illuminazione di rinforzo:** parte dell'illuminazione che integra l'illuminazione permanente, garantendo l'adattamento dell'occhio tra luminanze di diverso livello (esclusivamente nelle ore diurne);
- **illuminazione di emergenza:** parte dell'illuminazione che persiste in caso di mancanza dell'alimentazione normale dell'energia elettrica, garantendo livelli minimi di luminanza, consentendo agli utenti che si trovano in galleria di poterne uscire in sicurezza, eventualmente a velocità ridotta. Tale illuminazione è richiesta per gallerie di lunghezza ≥ 500 m e limite di velocità ≥ 70 km/h.

In base alle indicazioni ricevute dal Committente ed in considerazione della ridotta lunghezza della galleria in oggetto, si stabilisce che la galleria verrà equipaggiata unicamente di illuminazione permanente, da realizzarsi mediante sorgenti luminose a led.

Per tale illuminazione occorre dunque determinare la luminanza interna al fine di stabilire la tipologia, la quantità e la disposizione degli apparecchi illuminanti.

5.3 Dati di base

La galleria in oggetto è di tipo artificiale ad elementi prefabbricati, avente lunghezza pari a 105 m, larghezza 6.20 m e altezza utile interna variabile da 5.36 a 6.40 m.

Ai fini del calcolo illuminotecnico, si assume che le pareti abbiano una colorazione cemento naturale senza verniciatura e il manto stradale dia in pavimetazione bituminosa standard.

La seguente figura mostra una sezione tipo della galleria in esame:

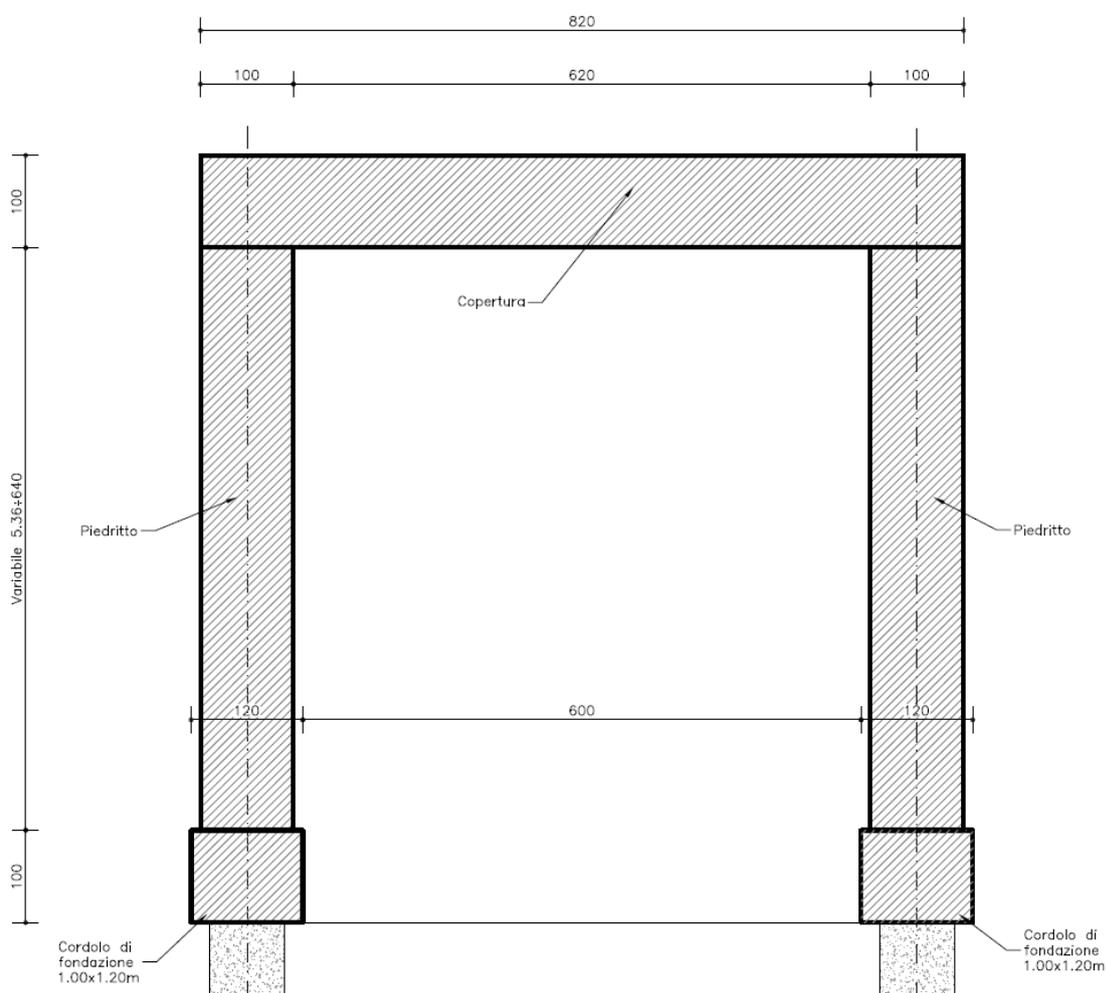


Figura 6 – Galleria artificiale, sezione tipo

5.4 Individuazione della categoria illuminotecnica

Il primo passo consiste nella determinazione della categoria illuminotecnica di ingresso. La Norma UNI 11248:2016 individua la categoria illuminotecnica secondo la classificazione della strada in base al seguente prospetto:

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 - 90	M2

	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 – 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	70 – 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 – 90	M2

Tabella 9- Classificazione delle strade per l'individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso

In virtù delle caratteristiche, dell'ubicazione e della tipologia di servizio della galleria, si assume che la velocità di progetto sia pari a 50 km/h e che la strada in oggetto risponda alla classificazione C, ne consegue che la categoria illuminotecnica di ingresso è la **M3**.

In secondo luogo occorre determinare la categoria illuminotecnica di progetto a partire da quella di ingresso, valutando i parametri di influenza suggeriti dalla norma UNI 11248:2016 attraverso lo svolgimento di un'analisi dei rischi, con l'obiettivo di garantire una più efficace sicurezza degli utenti e di minimizzare i consumi energetici, i costi di installazione e l'impatto ambientale.

L'analisi prende in considerazione sia i parametri di influenza costanti nel lungo periodo che quelli variabili nel tempo in modo periodico o casuale. Nel caso specifico vengono considerati i seguenti parametri:

- impiego di apparecchi che emettono luce con indice di resa cromatica $R_a \geq 60$ e rapporto S/P ≥ 1.10 (sorgenti a led)
- assenza o bassa densità di zone di conflitto

ciascuno dei quali permette la riduzione di una categoria illuminotecnica, da cui deriva una riduzione totale di 2 categorie.

L'analisi effettuata ha permesso di stabilire che, a partire dalla categoria illuminotecnica di ingresso M3, la categoria illuminotecnica di progetto è la **M5**.

5.5 Determinazione della luminanza interna

Sulla base delle indicazioni della Norma UNI 11095:2011, la luminanza media della zona interna deve risultare non minore della luminanza L_i ottenuta con la formula:

$$L_i = 2 \times L$$

dove:

L è il valore della luminanza indicato nella UNI EN 13201-2:2016 per la categoria illuminotecnica di progetto della galleria, secondo il seguente prospetto:

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata				Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	Manto asciutto		Manto bagnato		Manto asciutto	Manto asciutto
	L media (min mant.) [cd/m ²]	U ₀ minima	U ₁ minima	U _{ow} minima	f _{T1} massima [%]	R _{EI} minima
M1	2.00	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.30

Tabella 10- Luminanza media mantenuta

Viene assunto, per la categoria M5, un valore di L pari a 0.50 cd/m², pertanto la luminanza interna risulta pari a:

$$L_i = 2 \times L = 1.0 \text{ cd/m}^2$$

5.6 Riepilogo dati essenziali

I dati di riferimento per lo sviluppo del calcolo sono riassunti nella seguente tabella:

Dati illuminotecnici		
Tipo di strada	C (Extraurbana secondaria)	
Categoria illuminotecnica di ingresso	M3	
Categoria illuminotecnica di progetto	M5	
Velocità di progetto	[km/h]	50
Coefficiente di deprezzamento	0.8	
Riflessione del manto stradale	Superficie	C2
	Fattore Q_0	0.056
Riflessione delle pareti	0.4	
Luminanza interna	L_i	≥ 1.00
Uniformità generale sulla carreggiata	U_0	≥ 0.35
Uniformità longitudinale sulla carreggiata	U_1	≥ 0.40
Abbagliamento debilitante	f_{TI}	15%
Sorgente luminosa	led	

Tabella 11- Riepilogo dei dati illuminotecnici

5.7 Illuminazione notturna

Le gallerie in cui è prevista un'illuminazione diurna devono essere illuminate anche di notte, indipendentemente dalla loro lunghezza, dalla sezione di entrata alla sezione di uscita.

Secondo la Norma UNI 11095:2011, di notte la luminanza media della carreggiata deve essere non inferiore a 1 cd/m^2 .

Nel caso specifico, l'illuminazione notturna richiede lo stesso livello di luminanza previsto per il funzionamento dell'impianto in ore diurne, pertanto l'impianto non richiede alcun sistema di regolazione del flusso luminoso.

5.8 Risultati

Viene di seguito descritta e riepilogata la tipologia degli apparecchi previsti per l'illuminazione e vengono riassunti i valori ottenuti dal calcolo illuminotecnico.

5.9 Scelta degli apparecchi illuminanti

L'illuminazione della galleria sarà effettuata mediante apparecchi illuminanti aventi le seguenti caratteristiche:

- Sorgente luminosa: led
- Emissione: simmetrica
- Potenza led: 48 W
- Potenza elettrica: 52 W
- Flusso luminoso: 7'380 lm
- Temperatura di colore 4'000 K

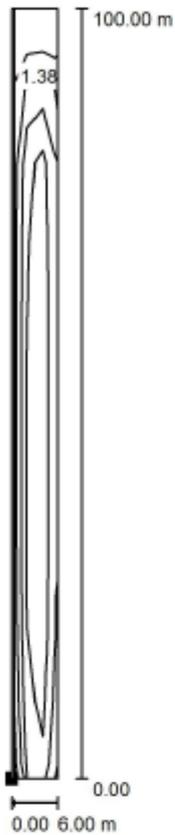
La disposizione degli apparecchi è prevista su un'unica fila centrale a mezzera della galleria, con distanze tra gli apparecchi di 10 m.

Il posizionamento degli apparecchi illuminanti ed i rispettivi circuiti elettrici di alimentazione sono rappresentati nell'allegato elaborato grafico.

5.10 Output di calcolo

I risultati di calcolo relativi all'illuminazione interna della galleria sono riportati nei seguenti prospetti:

Galleria Artificiale / Campo di valutazione carreggiata galleria / Isolinee (L)



Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(0.600 m, 0.000 m, 0.000 m)

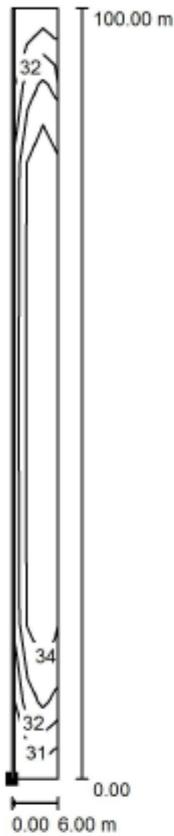


Valori in Candela/m², Scala 1 : 782

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (3.600 m, -60.000 m, 1.500 m)
Linea di mira: 90.0 °
Manto stradale: C2, q0: 0.070

L_m [cd/m ²]	U0	UI	L_v [cd/m ²]
1.72	0.63	0.49	0.07

Galleria Artificiale / Campo di valutazione carreggiata galleria / Isolinee (E)



Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(0.600 m, 0.000 m, 0.000 m)



Valori in Lux, Scala 1 : 782

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
34	30	35	0.900	0.860

Galleria Artificiale / Parete Sinistra/Destra / Isolinee (E, verticale)



Valori in Lux, Scala 1 : 715

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(1.050 m, 0.000 m, 2.000 m)

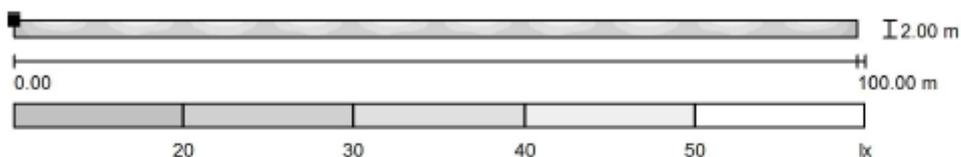


Reticolo: 16 x 128 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
32	16	53	0.498	0.299

Rotazione: 0.0°

Galleria Artificiale / Parete Sinistra/Destra / Livelli di grigio (E, verticale)



Scala 1 : 715

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(1.050 m, 0.000 m, 2.000 m)



Reticolo: 16 x 128 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
32	16	53	0.498	0.299

Rotazione: 0.0°

Galleria Artificiale / Parete Sinistra/Destra / Tabella (E, verticale)



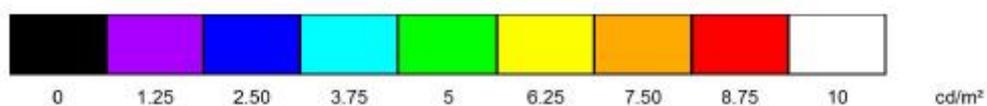
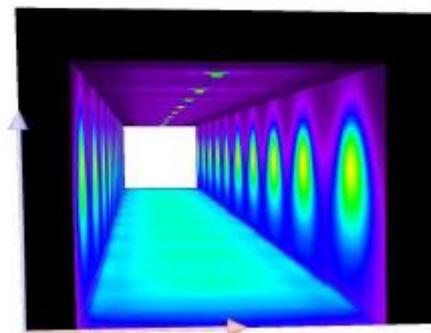
15.234	32	31	32	31	30	29
14.453	32	31	32	30	30	29
13.672	31	30	31	30	29	28
12.891	30	29	31	30	29	28
12.109	29	28	29	28	28	27
11.328	27	27	28	28	27	27
10.547	26	26	28	28	27	27
9.766	26	26	28	28	27	27
8.984	26	25	24	24	23	23
8.203	26	26	25	25	24	23
7.422	29	28	29	28	27	27
6.641	29	28	29	28	28	27
5.859	29	28	29	28	27	26
5.078	29	28	29	28	27	25
4.297	27	26	25	24	23	22
3.516	26	25	24	23	22	21
2.734	25	24	25	24	23	22
1.953	23	22	21	21	20	19
1.172	20	19	19	19	18	17
0.391	17	17	<u>16</u>	<u>16</u>	<u>16</u>	<u>16</u>
m	1.313	1.438	1.563	1.688	1.813	1.938

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 16 x 128 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
32	16	53	0.498	0.299

Rotazione: 0.0°

Galleria Artificiale / Rendering colori sfalsati**5.11 Conclusioni**

La verifica di calcolo ha permesso di dimostrare che le ipotesi progettuali individuate nel presente studio soddisfano i requisiti normativi e sono pertanto confermate. La rappresentazione grafica degli impianti di illuminazione della galleria è riportata negli allegati elaborati grafici.

6 ALLEGATI

6.1 ALLEGATO 1 - Calcolo illuminotecnico rampe di salita/discesa

6.2 ALLEGATO 2 - Calcolo illuminotecnico rampe di salita/discesa - tratti di accelerazione/decelerazione

6.3 ALLEGATO 3 - Calcolo illuminotecnico strada di collegamento tra piazzale di manovra e viabilità esistente

6.4 ALLEGATO 4 - Calcolo illuminotecnico della galleria (strada Chiomonte-Giaglione)