ACCORDO DI PROGRAMMA 8 OTTOBRE 2005

INTERVENTI DI SMANTELLAMENTO, DEMOLIZIONE, BONIFICA E INFRASTRUTTURAZIONE DELLE AREE DI CORNIGLIANO

OGGETTO:

STRADA DI COLLEGAMENTO ALL'ACCESSO EST DELLO STABILIMENTO ILVA E ALLE FUTURE AREE PORTUALI

TITOLO:

RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO OPERE IMPIANTISTICHE

N. DOC.

055/PES/6.03/R022

Rev.	Data	Redatto	Verificato	Validato	Descrizione
A	**01/2014**	CC	CR/Siciv	-	Per commenti
B	**04/2014**	CC	CR/Siciv	-	Per recepimento osservazioni/validazione
C	**08/2014**	CC	CR/Siciv	-	Per recepimento osservazioni/validazione
D	**04/2015**	CC	SG/Siciv	-	Per commenti
1	**06/2015**	CC	SG/Siciv	FR	Per emissione

INDICE

1.0 – PREMESSA **3**

2.0 – REQUISITI PER LA PROGETTAZIONE **3**

3.0 – CLASSIFICAZIONI ILLUMINOTECNICHE STRADALI **5**

4.0 – SOLUZIONI PROGETTUALI **7**

5.0 – CALCOLI ILLUMINOTECNICI **13**

6.0 – IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE **44**

7.0 – CALCOLO ESECUTIVO IMPIANTI ELETTRICI **44**

7.1 - NORME DI RIFERIMENTO 44

7.2 - CRITERI UTILIZZATI PER LE SCELTE PROGETTUALI 48

7.3 - QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI 48

7.4 - METODI DI CALCOLO 48

7.4.1 - Corrente di impiego Ib 48

7.4.2 - Caduta di tensione 49

7.4.3 - Impedenza della rete a monte del punto di consegna 50

7.4.4 - Correnti di Corto circuito 51

7.4.5 - Corrente di corto circuito massima 52

7.4.6 - Corrente di corto circuito minima 52

7.5 - DIMENSIONAMENTO 52

7.5.1 - Dimensionamento del cavo 52

7.5.2 - Dimensionamento del conduttore di neutro 53

7.5.3 - Dimensionamento del conduttore di protezione 54

7.5.4 - Protezione dal sovraccarico (Norma CEI 64-8/4 - 433.2) 55

7.5.5 - Protezione dalle correnti di corto circuito (Norma CEI 64-8/4 - 434.3) 55

7.5.6 - Protezione contro i contatti indiretti (Norma CEI 64-8/4 - 413.1.4.2) 56

8.0 – LINEE DI ALIMENTAZIONE **57**

9.0 – QUADRI ELETTRICI **63**

10.0 – SOSTEGNI **64**

11.0 – VERIFICA BASAMENTI PALI DI ILLUMINAZIONE **67**

PREMESSA **67**

11.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 68

11.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO 68

11.3 PRESCRIZIONI SUI MATERIALI 69

11.4 CARATTERISTICHE DEI SINGOLI MATERIALI 69

11.5 SISMICITA' 71

11.6 AZIONE DEL VENTO 73

11.7 AZIONE SISMICA 76

11.8 COMBINAZIONE DELLE AZIONI 77

11.9 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI 78

11.10 VERIFICHE DI TIPO EQU PER LO SLU 79

11.11 VERIFICA DEL BASAMENTO 81

11.12 VERIFICHE DI TIPO GEO PER LO SLU 81

1.0 – PREMESSA

L'illuminazione stradale ha lo scopo di "facilitare lo svolgimento del traffico che la interessa e di consentire ai conducenti di veicoli e ai pedoni una sufficiente visibilità, durante le ore notturne, nonché la possibilità di riconoscere gli ostacoli che si presentano sul loro cammino";

La progettazione dell'illuminazione della strada di collegamento all'accesso EST dello stabilimento ILVA e alle future aree portuali è stata effettuata avendo come obiettivo la realizzazione di un impianto d'illuminazione stradale consono al fine di rendere visibili le sagome degli oggetti, attraverso una corretta illuminazione dei piani orizzontali (=strada / marciapiede) e delle parti circostanti , condizione questa indispensabile per cui la sagoma risalti, per contrasto, su sfondo chiaro o illuminato. L'impianto è progettato tenendo conto del fattore d'abbagliamento visivo, che compromette la capacità dell'osservatore di vedere le sagome in conformità a quanto anzidetto.

L'impianto dell'illuminazione stradale (tav.15_055/PES/6.03/T015), sarà realizzato contemporaneamente alle fasi di realizzazione della strada stessa.

In particolare si avrà la posa su pali in vetroresina con sbraccio di **22 armature stradali a LED** da 82W con un sistema "Stand alon" di gestione automatico per la riduzione del flusso luminoso notturno, posizionate sul lato destro della strada tramite plinto in cls gettato in opera di dimensioni 80x80x110cm con 10 cm di magrone per regolarizzare il fondo, con due ferri θ16mm che serviranno per far collaborare il plinto con il getto del marciapiede ed un pozzetto prefabbricato di dimensioni 30x30x60cm.

L'impianto suddetto garantirà una illuminazione stradale corretta e conforme alle norme e ai parametri illuminotecnici.

Il collegamento delle armature stradali del suddetto progetto avverrà tramite un cavidotto che collegerà il quadro elettrico posato dentro ad un armadio stradale tipo "chiocciola ENEL", adiacente alla cabina di trasformazione ed alimentato dalla stessa cabina e tutti i pozzetti posizionati sotto i pali delle armature stradali stesse. Il cavidotto sarà formato da tubo corrugato pesante a doppia parete Ø 110mm ad una altezza di 40cm rispetto all'estradosso del marciapiede con un rinfianco di sabbia e pozzetti in cls 30x30x60cm con chiusino carrabile come rompi tratta ogni 30m e ogni 20m pozzetti annessi al plinto dei pali.

L'accensione dell'illuminazione stradale avverrà tramite relè crepuscolare posato sul primo palo del impianto di illuminazione, collegato all'interrutore posto nel quadro generale, e a loro volta tutte le armature stradali a LED avranno installato il dispositivo Stand Alon per l'abbassamneto dell'intensità luminosa.

2.0 – REQUISITI PER LA PROGETTAZIONE

L'impianto di illuminazione stradale tiene conto dei sottoelencati requisiti:

- adeguata illuminazione del piano stradale (o marciapiede) e dei suoi immediati dintorni;

- limitazione dell'abbagliamento da parte dei centri luminosi (=apparecchi di illuminazione);

- garantire una sorta di "guida luminosa" lungo lo sviluppo della sede stradale, per gli automobilisti.

Per i primi due punti si dispone di strumenti di misura e verifica, nonché di normative che regolamentano la progettazione, il terzo punto è da considerarsi come una sorta di "indicazione" alla progettazione stessa, che può trovare applicazione pratica subordinatamente alle condizioni della sede stradale e dei relativi marciapiedi.

Le linee guida cui ci si è attenuti per la progettazione dell'impianto sono principalmente:

- UNI 11248 : 2012
- UNI 10819 : 1999
- UNI EN 13201-1/2/3/4 : 2004
- CEI 64-7 : 2010
- CEI 64-8, V1 : 2013
- CEI 64-15 : 1998

La UNI 11248 ("Requisiti illuminotecnici delle strada con traffico motorizzato") indica i requisti di quantità e qualità dell'illuminazione stradale per la progettazione, verifica e manutenzione di un impianto. Si applica in tutte le tipologie di strade a traffico motorizzato ad eccezione delle aree pedonali e commerciali, le aree verdi, le gallerie e sottopassi. La norma definisce i seguenti aspetti:

- parametri tecnici di valutazione della progettazione quali la luminanza media (L), l'illuminamento (E), l'uniformità trasversale (Uo) e longitudinale (Ul), nonché l'abbagliamento TI;

- una classificazione illuminotecnica (livelli) in relazione al tipo di strada interessata e di conseguenza, determina i valori minimi dei parametri tecnici, a cui la progettazione dell'impianto stradale deve rispondere;

- le formule matematiche che si devono utilizzare per eseguire i calcoli illuminotecnici; i livelli d'illuminamento che devono essere presenti sulle aree attigue alla sede stradale (marciapiedi);

La UNI 10819 ("Impianti d'illuminazione esterna – requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso") tratta delle problematiche inerenti la limitazione della dispersione verso il cielo della luce artificiale. Essa ha valore nazionale e prescrive i requisiti degli impianti d'illuminazione esterna, per la limitazione della dispersione del flusso anche al fine di non ostacolare l'osservazione astronomica.

La UNI EN 13201 è composta da 4 parti; le parti 2, 3, 4 riguardano rispettivamente:

EN 13201-2 **Requisiti prestazionali:** ovvero i parametri in quantità e qualità che i vari ambienti illuminanti presi in considerazione devono rispettare;

EN 13201-3 **Calcolo delle prestazioni:** illustra gli algoritmi e le convenzioni per il calcolo delle prestazioni;

EN 13201-4 **Metodo di misurazione delle prestazioni fotometriche:** illustra e suggerisce metodi e procedure per la verifica delle prestazioni

La norma trova applicazione per soli i nuovi impianti d'illuminazione esterna ad esclusione di quelli per le gallerie, i sottopassi, la segnaletica luminosa e di sicurezza e quella pubblicitaria, nonché per i futuri impianti destinati ad aree di particolare valore naturalistico e architettonico, soggette a prescrizioni di legge. Non si applica in quelle regioni dove esiste già una normativa / legge regionale appropriata.

3.0 – CLASSIFICAZIONI ILLUMINOTECNICHE STRADALI

La Norma UNI EN 13201-2 del settembre 2004, che recepisce la norma EN 13201-2 – Road Lighting –Part 2: Performance requirements (del novembre 2003, con correzioni introdotte il 3 dicembre 2003),definisce, per mezzo di requisiti fotometrici, le classi di impianti di illuminazione per l'illuminazione delle strade indirizzata alle esigenze di visione degli utenti e considera gli aspetti ambientali dell'illuminazione stradale.

In essa sono contenute tabelle con le classi illuminotecniche definendone le caratteristiche previste per le seguenti tipologie di strade.

Si allega la tabella della classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento

Tipo di strada	Portata di servizio per corsia (veicoli/ora)	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h-1]	Categoria Illuminotecnica di riferimento	Aree di conflitto	Complessità campo visivo	Dispositivi Rallentatori	Flusso di Traffico		
								Categoria illuminotecnica di progetto	Categoria illuminotecnica di esercizio	
								100%	50%	25%
A1	1100	Autostrade extraurbane	130-150	ME1	-	Normale	-	ME2	-	-
A1		Autostrade urbane	130		-	Elevata	-	ME1	-	-
A2	1100	Strade di servizio alle autostrade	70 -90	ME3a	No	Normale	-	ME3a	ME4a	-
						Elevata	-	ME2	ME3a	-
A2	1100	Strade di servizio alle autostrade urbane	50		Si	Normale	-	ME2	ME3b	-
						Elevata	-	ME1	ME2	-
B	1100	Strade extraurbane principali	110	ME3a	No	Normale	-	ME3a	ME4a	ME4a
						Elevata	-	ME2	ME3a	ME3a
B	1100	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70-90	ME4a	Si	Ininfluente	-	ME1	ME2	ME2
C	600	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C24))	70-90	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
C	600	Strade extraurbane secondarie	50	ME4b	No	-	-	ME4b	ME5	ME6
					Si	-	-	ME3c	ME4b	ME5
C	600	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70-90	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
D	950	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
D	950	Strade urbane di scorrimento	50	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
E	800	Strade urbane interquartiere	50	ME3c	No	-	No	ME3c	ME4b	ME5
							Nei pressi	ME2	ME3c	ME4b
					Si	-	No	ME2	ME3c	ME4b
							Nei pressi	ME1	ME2	ME3c
E	800	Strade urbane di quartiere	50	ME3c	No	-	No	ME3c	ME4b	ME5
							Nei pressi	ME2	ME3c	ME4b
					Si	-	No	ME2	ME3c	ME4b
							Nei pressi	ME1	ME2	ME3c
F	800	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	70 - 90	ME3a	No	-	-	ME3a	ME4a	ME5
					Si	-	-	ME2	ME3a	ME4a
F	450	Strade locali extraurbane	50	ME4b	No	-	-	ME4b	ME5	ME6
					Si	-	-	ME3c	ME4b	ME5
F	800	Strade locali urbane (tipi F1 e F2)	50	ME4b	No	-	-	ME4b	ME5	ME6

Tabella 3.2: Classificazione illuminotecnica di progetto e esercizio in funzione della categoria della strada (tabella 1) e dei fondamentali parametri di influenza secondo la norma UNI11248 (fare sempre riferimento al documento UNI originale). La L.R. 17/00 prescrive questi valori di luminanza come quelli minimi di progetto. La tolleranza è quella specificata dalle norme in termini di incertezze di misura anche in base a quanto indicato nella UNI EN ISO 14253-1 (+/- 10-15%).

Quanto sopra si stabilisce che la viabilità oggetto d'intervento possa appartenere per tipologia alla classe ME2 (strade con traffico motorizzato)

Di seguito si allega la tabella 2 ripresa dalla Norma UNI EN 13201

Categorie illuminotecniche serie ME

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	L in cd/m2 [minima mantenuta]	*Uo* [minima]	*UI* [minima]	*TI* in %a) [massimo]	*SR* 2b) [minima]
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	nessun requisito
a) Un aumento del 5% del *TI* può essere ammesso quando si utilizzano sorgenti luminose a bassa luminanza (vedere nota 6). b) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.					

La scelta della classe di appartenenza determina la luminanza minima da mantenere ed i parametri qualitativi illuminotecnici da ottenere nei calcoli illuminotecnici.

4.0 – SOLUZIONI PROGETTUALI

Nel seguito è riportata la soluizione progettuale strettamente legati agli aspetti illuminotecnici. Per la descrizione degli argomenti più strettamente elettrici, strutturali e civili, si rimanda agli altri elaborati specifici di progetto.

Definizione della sorgente luminosa

La scelta della sorgente luminosa è ricaduta sul LED, per i seguenti motivi:

1. il LED è tipicamente una sorgente a luce bianca, con indice di resa cromatica molto elevato (>60), che permette un'ottima percezione dei colori ed inoltre, ai sensi della norma UNI 11248:2012, si può applicare la riduzione di un livello alla categoria illuminotecnica di ingresso, passando così dalla categoria ME2 alla ME3a. Il passaggio da ME2 a ME3a non sarebbe consentito con l'utilizzo di lampade al sodio alta pressione, che hanno un indice di resa cromatica inferiore a 60;
2. il LED è sorgente con elevata efficienza (lm/W), in particolare per apparecchiature di bassa e media potenza (cioè quelle che si prevede di utilizzare);
3. la sorgente a LED è realizzata mediante blocchi modulari, che permettono una migliore modulazione della corrente, permettendo di "tarare" la potenza assorbita dal corpo lampada in base alle effettive esigenze illuminotecniche. Questo fatto, associato ad un corretto dimensionamento, permette di ridurre la potenza elettrica complessivamente assorbita dall'impianto;
4. la vita media di una sorgente a LED è almeno doppia di quella di una sorgente al sodio

alta pressione (almeno 60000 ore contro 28000÷30000 ore). Non è pertanto azzardato dire che le operazioni di manutenzione con apparecchi a LED sono almeno dimezzate rispetto a quelle imposte da una sorgente a scarica;

5. la regolazione luminosa di una sorgente luminosa a LED può avvenire dal 10% sino al 100%, mentre per una lampada a scarica non è possibile scendere sotto un'emissione luminosa del 50÷55 % (altrimenti la lampada non si accende). Con l'installazione di un sistema di regolazione e telegestione, l'utilizzo di sorgenti a LED rende quindi la gestione più flessibile ed efficiente.

Inoltre l' apparecchio illuminante deve rispettare i seguenti aspetti:

- alto grado di protezione (IP), buone guarnizioni ecc. per proteggere l'apparecchio dagli agenti atmosferici e garantire pulizia durevole della parte ottica. Esistono apparecchi con vetro rivestito di materiale autopulente, attivato dai raggi UV;
- accesso rapido a lampade e comparto accessori separato;
- fattore di utilizzazione migliore per ridurre dispersioni di luce e dirigere il fascio là dove è richiesto;
- utilizzo di sorgenti di dimensioni ridotte per garantire un maggiore rendimento ottico degli apparecchi;
- contenimento dell'inquinamento luminoso;
- design adatto al contesto ottimizzato per smaltire il calore dei ballast e delle sorgenti;
- eliminazione dei fenomeni di abbagliamento.

Per quest'ultimo aspetto la CIE, Commission Internazionale de l'Eclairage, classifica gli apparecchi illuminanti in base alla capacità di evitare l'abbagliamento:

- apparecchi cut-off, fortemente o totalmente schermati

- apparecchi semi-cut-off;

- apparecchi non schermati.

Dall'esamina sopra specificata la scelta ricade su una armatura stradale tipo a LED a luce bianco caldo da 4000 K.

Le amministrazioni Pubbliche e Private sono sottoposte a enormi pressioni per centrare obiettivi di risparmio energetico che riducano i consumi , in presenza inoltre di normative e standard nel campo dell'illuminazione, sempre più restrittivi.

L'apparecchio a LED rappresenta una valida risposta a questi bisogni ed offre una soluzione veramente sostenibile dal punto di vista ambientale e dei consumi energetici.

Un apparecchio che utilizza la migliore tecnologia LED permette un risparmio energetico enorme fino al 50% su lampade al Sodio. La scelta di tale armatura consente anche di risparmiare sui costi di manutenzione, perché richiede interventi minimi.

Classificazione illuminotecnica di progetto

Come previsto dalla Norma UNI 11248 è necessario definire la classificazione illuminotecnica di progetto per la strada in oggetto. Considerato pertanto che:

1) come detto al §4.3 la classe illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi pari è a ME2, in quanto l'infrastruttura viene assimilata ad una strada urbana (categoria E);
2) dopo aver effettuato l'analisi dei rischi su una valutazione quantitativa sulla base di tecniche probabilistiche applicate al territorio italiano e su statistiche macro (bibliografia ISTAT-ACI su incidenti stradali rilevati negli anni sul territorio del comune di Genova), usando quindi i tre punteggi di valutazione:

   a) probabilità (D)

   b) frequenza (O)

   c) severità del danno per cose e persone (S)

   e quindi servendosi delle tabelle sotto riportate:

PROBABILITA' D	Classe di	Descrizione
1	Molto probabile	Il problema/rischio/incidente ha probabilità molto alte di manifestarsi sia per questioni di natura territoriali, per influenze di fattori esterni non controllabili, progettuali o morfologiche.
2	Probabile	Il problema/rischio/incidente ha buone probabilità di verificarsi
3	Moderato	Il problema/rischio/incidente ha modeste probabilità di verificarsi
4	Bassa probabilità	Il problema/rischio/incidente ha bassissima probabilità di verificarsi
5	Improbabile	Il problema/rischio/incidente non ha probabilità significative di verificarsi

Tabella 3.10: Analisi quantitativa delle probabilità di evento

FREQUENZA O	Classe di frequenza evento	Descrizione
1	Raro	L'evento non si è mai verificato nel corso degli ultimi 10 anni
2	Improbabile	L'evento si è verificato da 1 a 3 volte nel corso degli ultimi 10 anni
3	Moderato	L'evento si è verificato da 4 a 6 volte nel corso degli ultimi 10 anni
4	Probabile	L'evento si è verificato da 7 a 10 volte nel corso degli ultimi 10 anni
5	Molto Elevato	L'evento si è verificato oltre 11 volte nel corso degli ultimi 10 anni

Tabella 3.11: Analisi quantitativa della frequenza di un evento

CONSEGUENZE S	Classe di severità del danno	Descrizione
1	Catastrofico	Le persone subiscono gravissimi danni fisici anche invalidanti o la morte. Le cose subiscono danni distruttivi e irreparabili.
2	Alto	Le persone subiscono forti stress emotivi, e danni fisici che possono comportare il ricovero in ospedale. Le cose subiscono danni considerevoli ma non distruttivi.
3	Medio	Le persone subiscono situazioni di ansia e spavento ma nessun apparente danno fisico. Le cose subiscono lievi danni materiali.
4	Basso	Le persone traggono da questo rischio sono un limitato livello di apprensione. Le cose non subiscono danni visibili.
5	Trascurabile	Nessun danno per cose o persone.

Tabella 3.12: Analisi quantitativa della severità del danno provocato da un evento

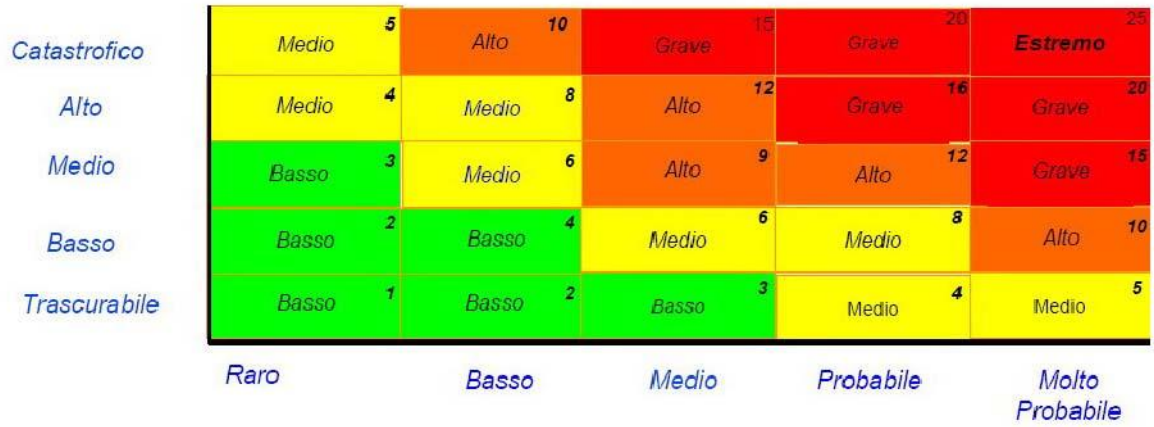
Si arriva ad una matrice di rischio e si calcola il valore di RPN, un numero che indica la priorità del rischio (Risk Priority Number).

Il valore di RPN è dato da:

$$RPN=SxOxD$$

Piu RPN è grande e maggiore è la necessità di intervento e questo nell'illuminazione significa aumentare la classe di progetto.

Si riporta tutto in un grafico indicando sulle ascisse la frequenza (D) e sulle ordinate le conseguenze (S)



il nostro studio ricade nella zona verde (bibliografia ISTAT-ACI), quindi è accetabile e non richiede particolari attenzioni ed inoltre non avendo informazioni specifiche su i dati di traffico della nuova viabilità, si sono fatte delle ipotesi basandosi su quanto riportato nel bollettino ufficiale N°178 del 15 Settembre 1995 (si veda anche il documento 055/PES/6.03/R020 Relazione tecnica di dimensionamento delle Pavimentazioni). In particolare si è considerato un livello di traffico tipo 2° che prevede il passaggio di 1.500.000 veicoli/anno sulla corsia piu caricata (173,6 mezzi/ora) e quindi in base ai flussi massimi che si possono trovare alla colonna 16 della tabella "Caratteristiche geometriche" del D.M. del 5/11/2001

TIPI SECONDO IL CODICE		AMBITO TERRITORIALE		Larghezza min. del margine interno (m)	Larghezza min. del margine laterale (m)	LIVELLO DI SERVIZIO	Portata di servizio per corsia (autoveic. equiv./ora)	Larghezza minima dei marciapiedi (m)
1	2	3		13	14	15	16	17
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	strada principale	4,0 (a)	6,1 (b)	B (2 o più corsie)	1100	-
			evenutale strada di servizio	-	-	C (1 corsia) C (2 o più corsie)	650 (d) 1350	-
		URBANO	strada principale	3,2 (a)	5,3 (b)	C (2 o più corsie)	1550	-
			eventuale strada di servizio	-	-	D (1 corsia) D (2 o più corsie)	1150 (d) 1650	1,50
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	EXTRAURBANO	strada principale	3,5(a)	4,25(b)	B (2 o più corsie)	1000	-
			eventuale strada di servizio	-	-	C (1 corsia) C (2 o più corsie)	650 (d) 1200	-
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO	C1	-	-	C (1 corsia)	- 600 (e) -	-
			C2	-	-	C (1 corsia)	- 600 (e) -	-
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO	strada principale	2,8 (a)	3,30(b)	CAPACITA' (c)	950	1,50
			eventuale strada di servizio	-	-	CAPACITA' (c)	800	1,50
URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO		0,50 (segnaletica orizz.)	-	CAPACITA' (c)	800	1,50
LOCALE	F	EXTRAURBANO	F1	-	-	C (1 corsia)	- 450 (e) -	-
			F2	-	-	C (1 corsia)	- 450 (e) -	-
		URBANO		-	-	CAPACITA' (c)	800	1,50

si evince che i flussi scendono al di sotto del masimo indice. Con ridotti livelli di

traffico la norma UNI 11248 abbassa quindi i livelli di luminanza ammessi e valutato i parametri di influenza, si considera in via cautelativa la sola riduzione di un livello della categoria illuminotecnica di ingresso, in virtù dell'ottima resa cromatica delle sorgenti luminose, mentre non si ritiene opportuno declassare ulteriormente la classe di illuminazione;

si considera una classificazione illuminotecnica di progetto pari a ME3a.

I parametri illuminotecnici che devono pertanto essere soddisfatti dal progetto sono desumibili dalla Tabella 3 (§ 4.1).

Strade di riferimento:	E
Limite di velocità:	50 km/h
Categoria illuminotecnica di riferimento:	ME2

REQUISITI ILLUMINOTECNICI	ME2	ME3a
Luminanza minima mantenuta Lm	1,5 cad/mq	1,0 cad/mq
Uniformità media longitudinale di luminanza [Ul]	≥0,7	≥0,7
Uniformità media di luminanza (min/med) [Uo]	≥0,4	≥0,4
Abbagliamento massimo in valore % [TI]	<10%	<15%

5.0 – CALCOLI ILLUMINOTECNICI

L'impianto di illuminazione sarà realizzato con pali in vetroresina posti su lato destro della strada con un interdistanza di 20m. I pali saranno installati tramite plinto in cls gettato in opera con pozzetto annesso di dimensioni 80x80x110 cm. I corpi illuminanti avranno altezza utile dal piano strada pari a 10m e uno sbraccio di 1,20m con un inclinazione di 6°. I corpi illuminanti saranno in allumino pressofuso e disegnati con una sezione e bassisima superficie di esposizione al vento. Alette di raffreddamento integrate nella copertura. L'attaco al palo in alluminio pressofuso è provvisto di ganasce per il bloccaggio dell'armatura secondo diverse inclinazioni.

Sistema a ottiche combinate realizzate in PMMA ad alto rendimenti resistente alle alte temperature e ai raggi UV. Recuperatori di flusso in policarbonato V0 metallizzato.

Diffusore: vetro trasparente sp. 4mm temperato resistente agli shock termici e agli urti (UNI-EN 12150-1 : 2001)

Verniciatura: A polvere con resina a base poliestere, resistente alla corrosione e alle nebbie saline.

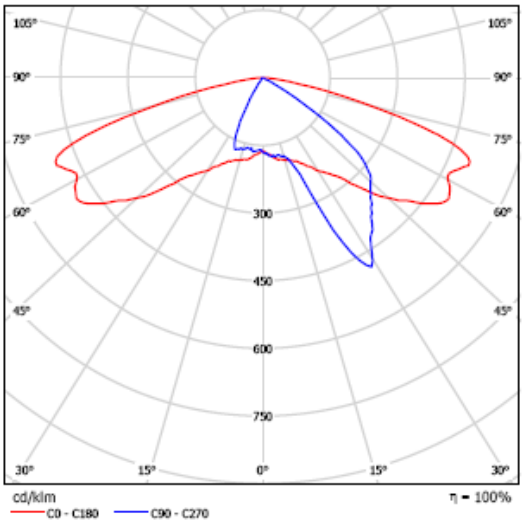
Dotazione: Dispositivo automatico di controllo della temperatura. Nel caso di innalzamento imprevisto della temperatura del LED causata da particolari condizioni ambientali o ad un anomalo funzionamento del LED, il sistema abbassa il flusso luminoso per ridurre la temperatura di esercizio garantendo sempre il corretto funzionamento. Diodo di protezione contro i picchi di tensione. Dispositivo Stand Alon per ridurre il flusso luminoso notturno.

Equipaggiamento: Completo di connettore stagno IP67 per il collegamento alla linea.

Dissipatore: Il sistema di dissipazione del calore è appositamente studiato e realizzato per permettere il funzionamento dei LED con temperature inferiori ai 50° (Tj = 25°) garantendo ottime prestazioni/ rendimento ed un' elevata durata di vita.

Armatura tipo con attacco testa-palo

Emissione luminosa 1:

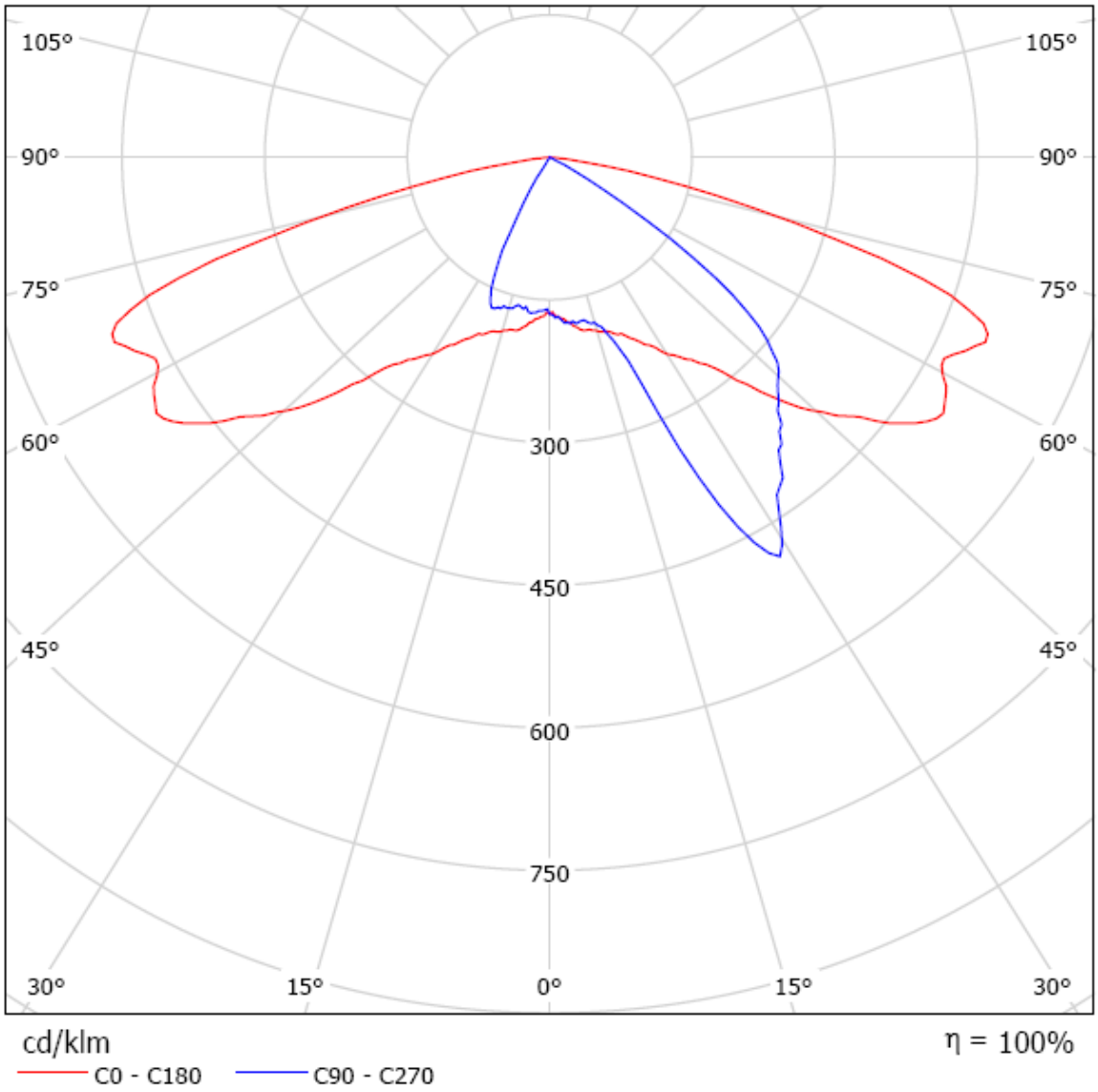


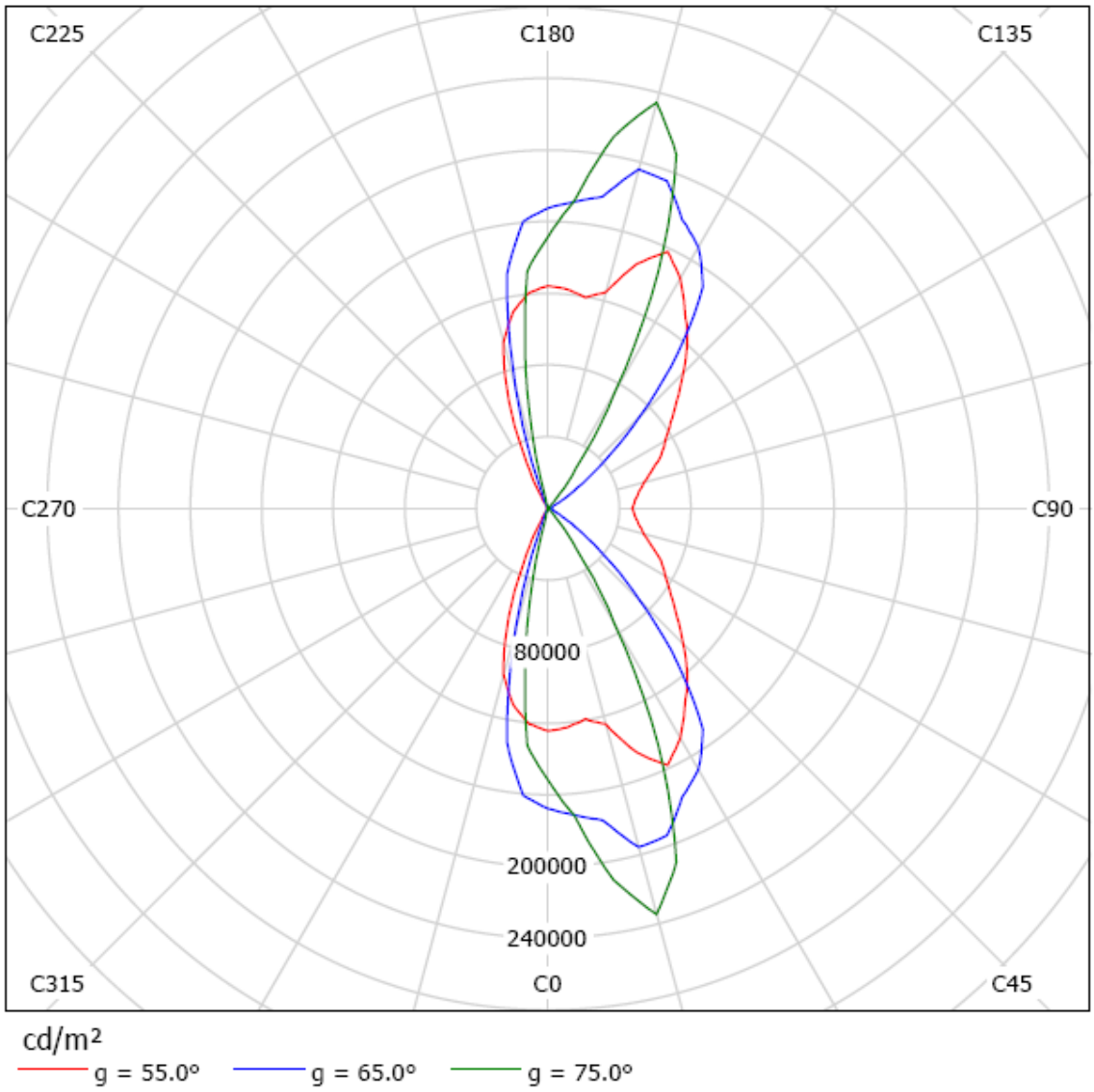
Classificazione lampade secondo CIE: 100
CIE Flux Code: 39 82 100 93 99

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

Corpo e telaio: In alluminio pressofuso e disegnati con una sezione e bassissima superficie di esposizione al vento. Alette di raffreddamento integrate nella copertura.
Attacco palo: In alluminio pressofuso è provvisto di ganasce per il bloccaggio dell'armatura secondo diverse inclinazioni. Orientabile da 0° a 15° per applicazione a frusta; e da 0° a 10° per applicazione a testa palo. Passo di inclinazione 5° Idoneo per pali di diametro 63-60mm.
Diffusore: vetro trasparente sp. 4mm temperato resistente agli shock termici e agli urti (UNI-EN 12150-1 : 2001)
Verniciatura: A polvere con resina a base poliestere, resistente alla corrosione e alle nebbie saline.
Dotazione: Dispositivo automatico di controllo della temperatura. Nel caso di innalzamento imprevisto della temperatura del LED causata da particolari condizioni ambientali o ad un anomalo funzionamento del LED, il sistema abbassa il flusso luminoso per ridurre la temperatura di esercizio garantendo sempre il corretto funzionamento. Diodo di protezione contro i picchi di tensione.
Equipaggiamento: Completo di connettore stagno IP67 per il collegamento alla linea.
Sezionatore di serie in doppio isolamento che interrompe l'alimentazione elettrica all'apertura della copertura.
A richiesta: E' possibile installare, a bordo dell'apparecchio, un sistema di controllo per la rete gestione con linea dimming 1-10V per la ricezione e trasmissione dati.
Dissipatore: Il sistema di dissipazione del calore è appositamente studiato e realizzato per permettere il funzionamento dei LED con temperature inferiori ai 50° (Ta = 25°) garantendo ottime prestazioni/ rendimento ed un' elevata durata di vita.
Ottiche modulari : In policarbonato V0 metalizzato ad alto rendimento con micro sfacettatura.
Led con lente per una migliore distribuzione luminosa.
POWERLED 4000K - 700mA - 5520/8280/11040lm - 51/76/101W
A a richiesta versione bipotenza con sottocodice -30

Regolazione 1-10v: Possibilità di regolazione 0%-100% con sistema 1-10v STANDARD
Mezzanotte virtuale: Sistema Stand alone con riduzione del flusso alla mezzanotte A RICHIESTA
Telecontrollo ad onde convogliate: Sistema di controllo gestione e diagnosi punto punto che dell'intero impianto A RICHIESTA
Telecontrollo sistemi Wi-Fi (da concordare): Sistema di controllo gestione e diagnosi punto punto che dell'intero impianto con tecnologia Wi-Fi A RICHIESTA


105°
105°
90°
90°
75°
75°
60°
60°
300
450
45°
45°
600
750
30°
15°
0°
15°
30°
cd/klm
η = 100%
C0 - C180
C90 - C270

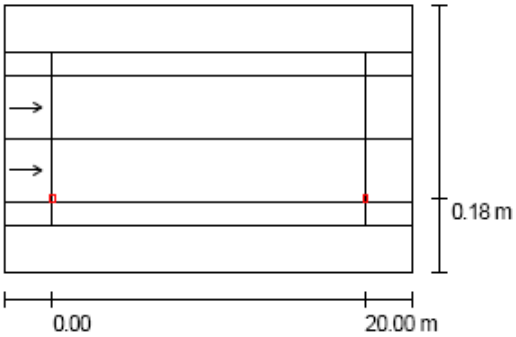

C225
C180
C135
C270
C90
80000
200000
240000
C315
C0
C45
cd/m²
g = 55.0°
g = 65.0°
g = 75.0°

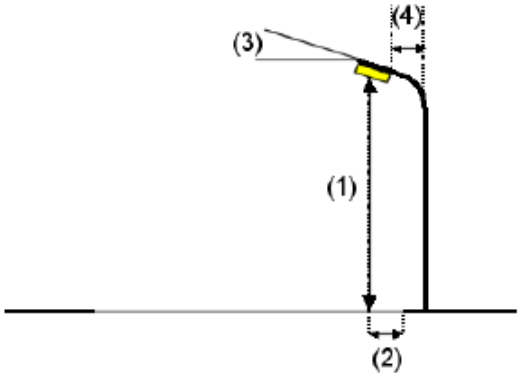
Profilo strada

Spartitraffico 1	(Larghezza: 3.000 m)
Marciapiede 1	(Larghezza: 1.500 m)
Carreggiata 2	(Larghezza: 4.000 m, Numero corsie: 1, Manto stradale: C2, q0: 0.070)
Mezzeria 1	(Larghezza: 0.010 m, Altezza: 0.000 m)
Carreggiata 1	(Larghezza: 4.000 m, Numero corsie: 1, Manto stradale: C2, q0: 0.070)
Marciapiede 2	(Larghezza: 1.500 m)
Spartitraffico 2	(Larghezza: 3.000 m)

Fattore di manutenzione: 1.00

Disposizioni lampade





Lampada:

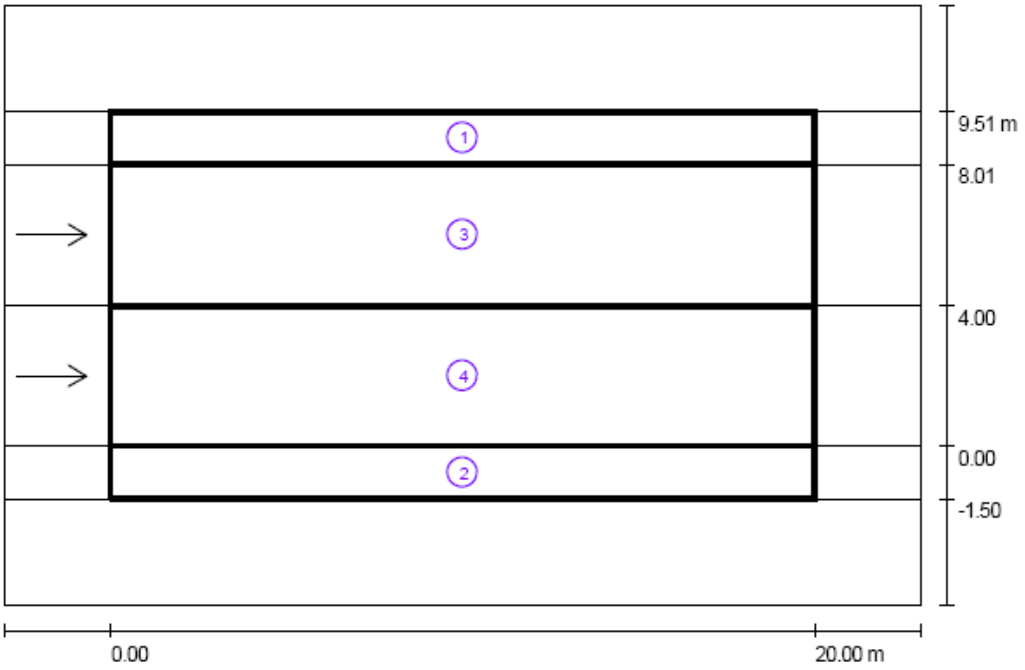
Flusso luminoso (Lampada):	5599 lm
Flusso luminoso (Lampadine):	5601 lm
Potenza lampade:	82.0 W
Disposizione:	un lato, in basso
Distanza pali:	20.000 m
Altezza di montaggio (1):	10.155 m
Altezza fuochi:	10.000 m
Distanza dal bordo stradale (2):	0.200 m
Inclinazione braccio (3):	6.0 °
Lunghezza braccio (4):	1.200 m

Valori massimi dell'intensità luminosa

per 70°:	591 cd/klm
per 80°:	224 cd/klm
per 90°:	0.09 cd/klm

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

Nessuna intensità luminosa superiore a 90°.
La disposizione rispetta la classe degli indici di abbagliamento D.5.



Fattore di manutenzione: 1.00 Scala 1:186

Lista campo di valutazione

1 Campo di valutazione Marciapiede 1
Lunghezza: 20.000 m, Larghezza: 1.500 m
Reticolo: 10 x 3 Punti
Elementi stradali corrispondenti: Marciapiede 1.
Classe di illuminazione selezionata: S1 (Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)
Classe di illuminazione ES supplementare: ES4 (Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)
Classe di illuminazione EV supplementare: EV5 (Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]	E_{min} (verticale) [lx]
Valori reali calcolati:	15.11	13.48	6.79	5.91
Valori nominali secondo la classe:	≥ 15.00	≥ 5.00	≥ 3.00	≥ 5.00
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Lista campo di valutazione

2 Campo di valutazione Marciapiede 2
Lunghezza: 20.000 m, Larghezza: 1.500 m
Reticolo: 10 x 3 Punti
Elementi stradali corrispondenti: Marciapiede 2.
Classe di illuminazione selezionata: S1 (Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)
Classe di illuminazione ES supplementare: ES4 (Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)
Classe di illuminazione EV supplementare: EV5 (Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]	E_{min} (verticale) [lx]
Valori reali calcolati:	15.12	14.28	4.00	5.65
Valori nominali secondo la classe:	≥ 15.00	≥ 5.00	≥ 3.00	≥ 5.00
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

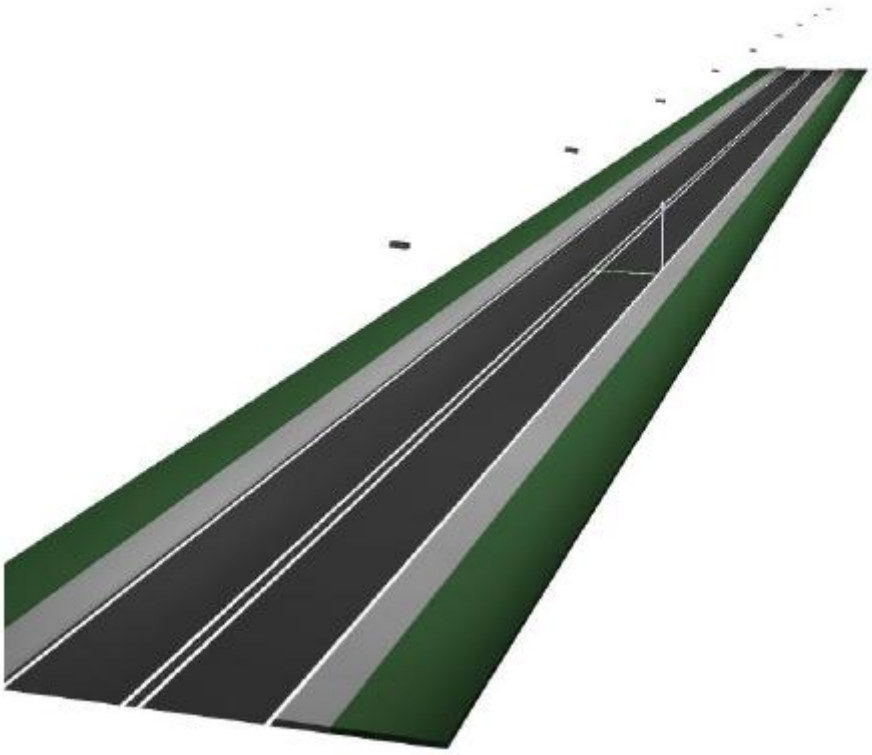
3 Campo di valutazione Carreggiata 2
Lunghezza: 20.000 m, Larghezza: 4.000 m
Reticolo: 10 x 3 Punti
Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 2.
Manto stradale: C2, q0: 0.070
Classe di illuminazione selezionata: ME3a (Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valori reali calcolati:	1.02	0.92	0.91	7	0.89
Valori nominali secondo la classe:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15	≥ 0.50
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓	✓

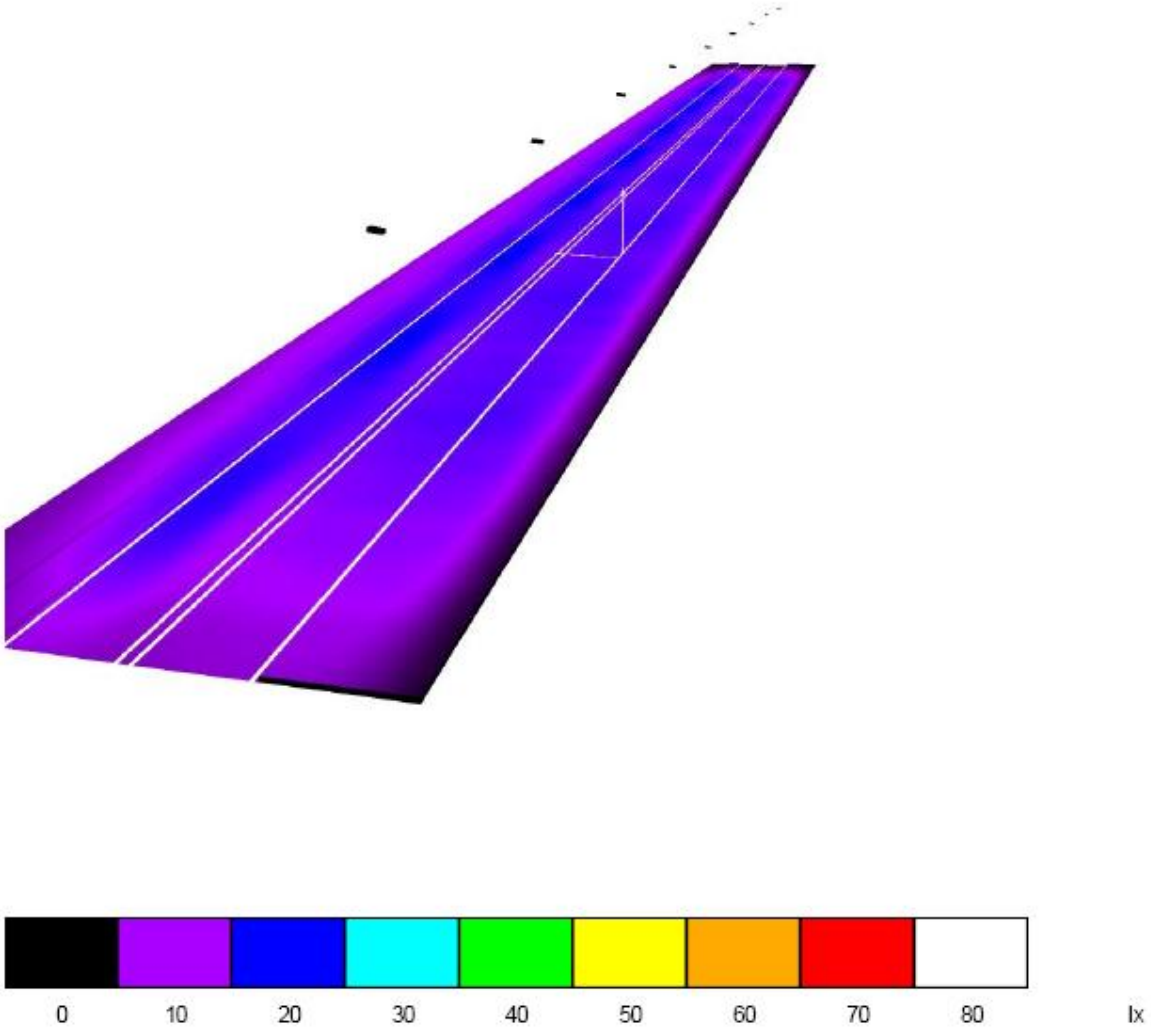
4 Campo di valutazione Carreggiata 1
Lunghezza: 20.000 m, Larghezza: 4.000 m
Reticolo: 10 x 3 Punti
Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.
Manto stradale: C2, q0: 0.070
Classe di illuminazione selezionata: ME3a (Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valori reali calcolati:	1.40	0.74	0.84	6	0.99
Valori nominali secondo la classe:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15	≥ 0.50
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓	✓

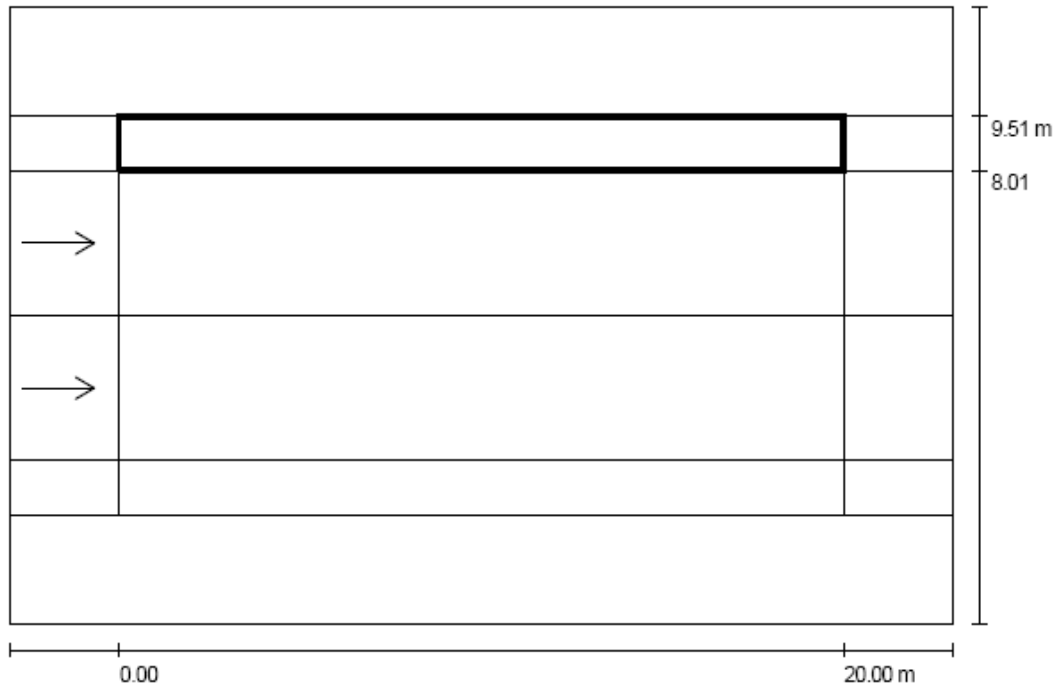
Strada / Rendering 3D



Strada / Rendering 3D colori sfalsati



Strada Marciapiede 1 / Panoramica risultati

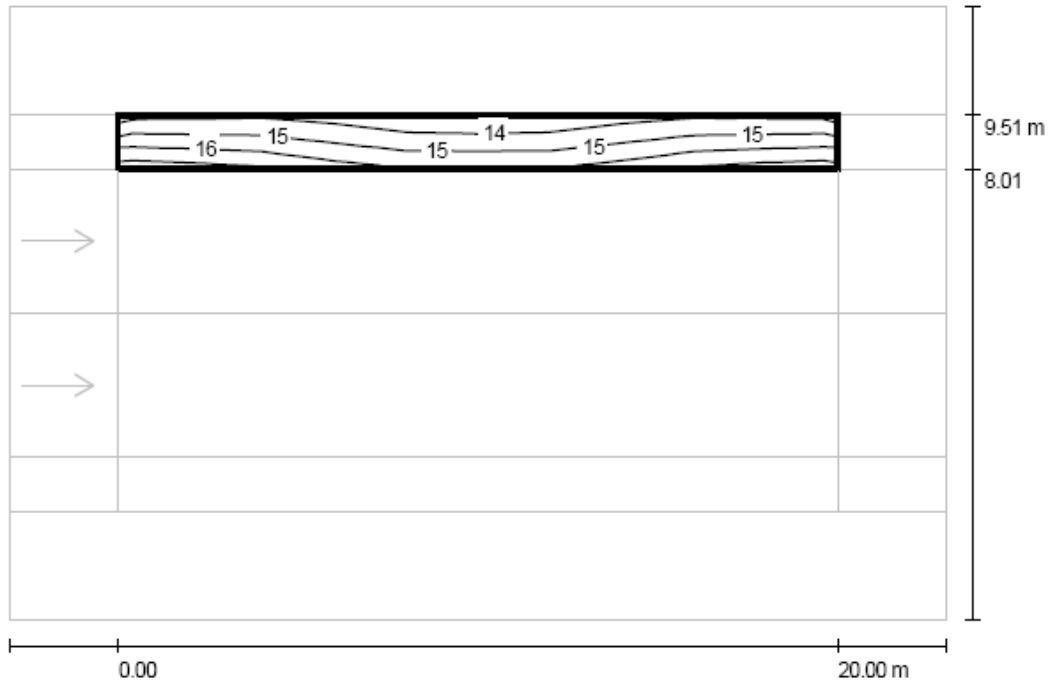


Fattore di manutenzione: 1.00 Scala 1:186

Reticolo: 10 x 3 Punti
Elementi stradali corrispondenti: Marciapiede 1.
Classe di illuminazione selezionata: S1 (Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)
Classe di illuminazione ES supplementare: ES4 (Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)
Classe di illuminazione EV supplementare: EV5 (Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]	E_{min} (verticale) [lx]
Valori reali calcolati:	15.11	13.48	6.79	5.91
Valori nominali secondo la classe:	≥ 15.00	≥ 5.00	≥ 3.00	≥ 5.00
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada Marciapiede 1 / Isolinee (E)

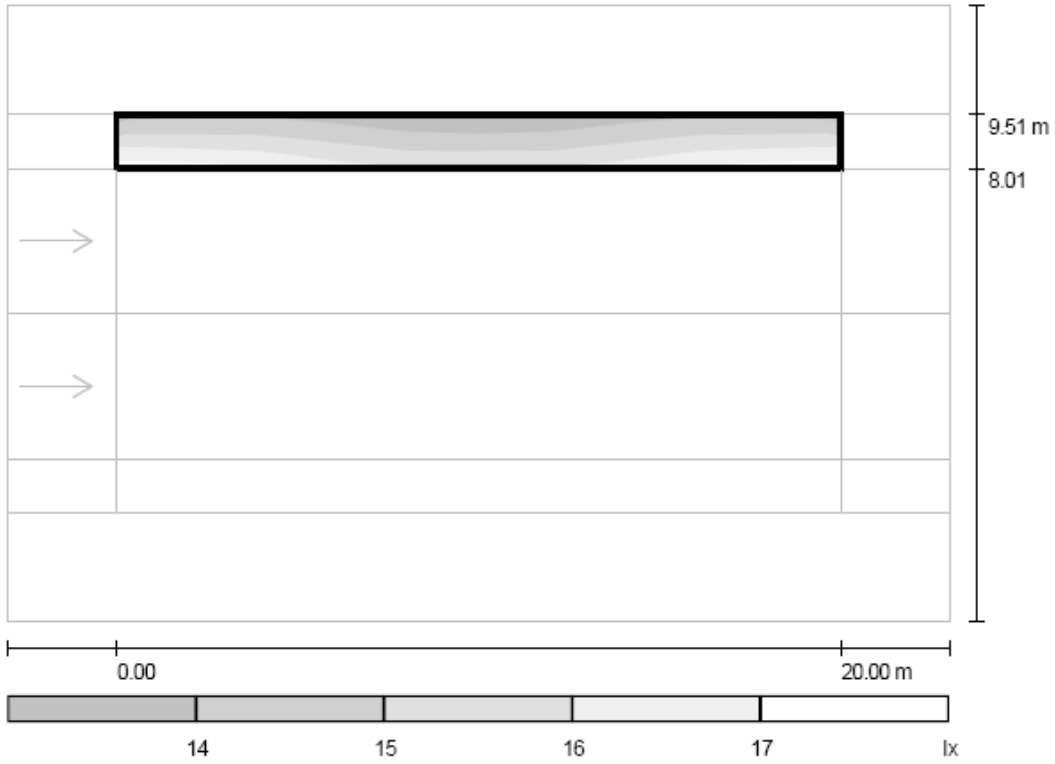


Valori in Lux, Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	13	17	0.893	0.797

Strada Marciapiede 1 / Livelli di grigio (E)

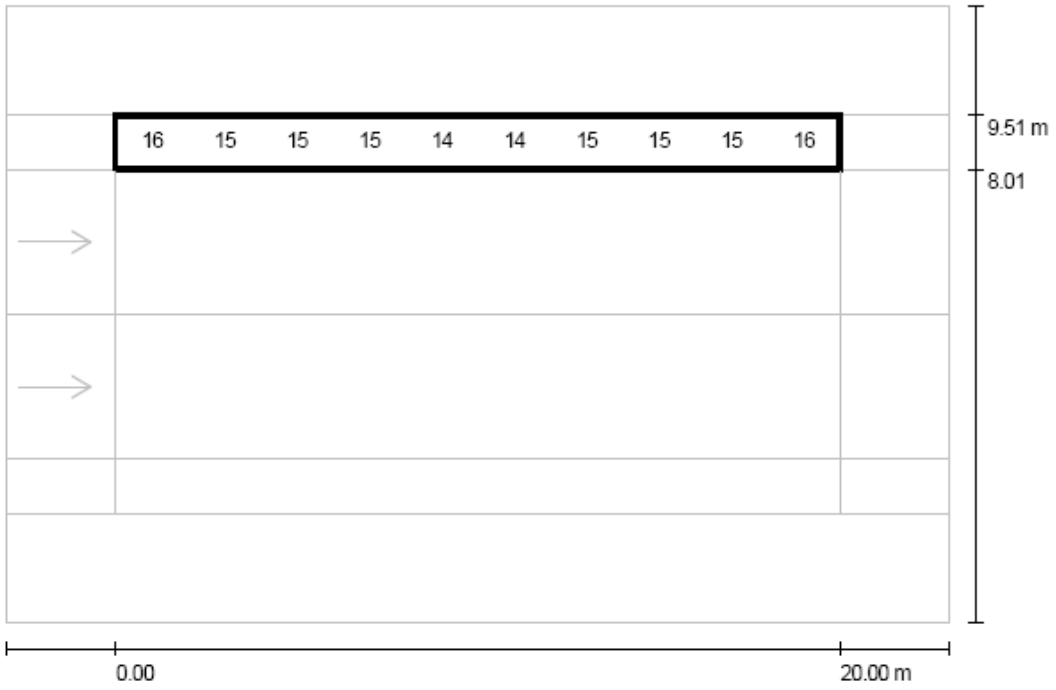


Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	13	17	0.893	0.797

Strada Marciapiede 1 / Grafica dei valori (E)



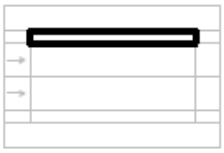
Valori in Lux, Scala 1 : 186

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	13	17	0.893	0.797

Strada Marciapiede 1 / Tabella (E)



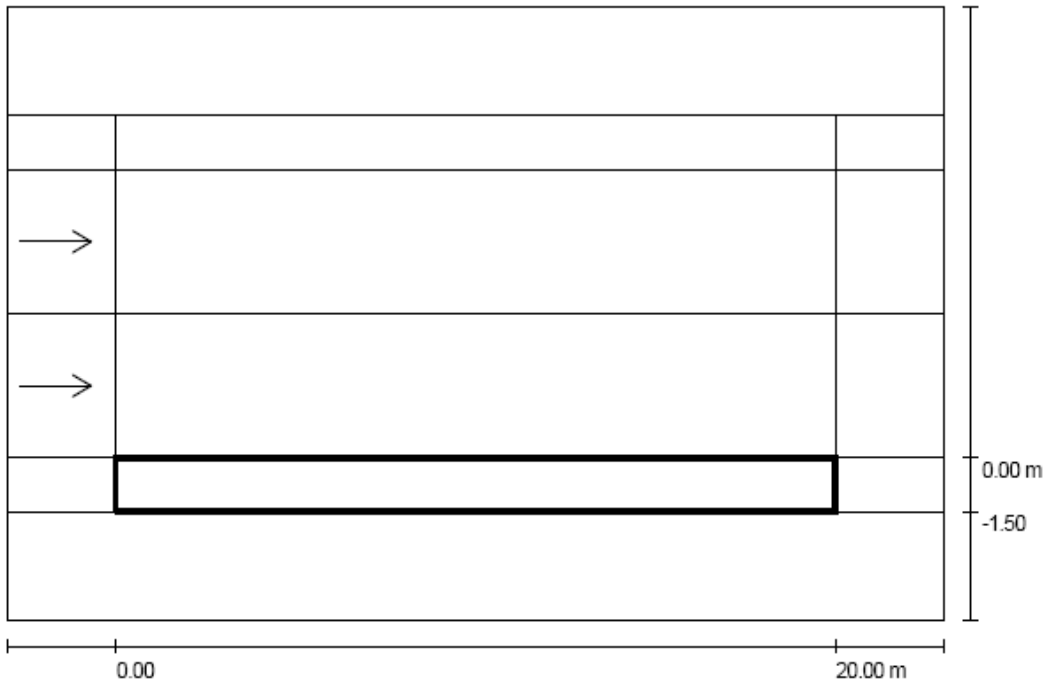
1.250	14	14	14	14	13	13	14	14	14	14
0.750	16	15	15	15	14	14	15	15	15	16
0.250	17	17	16	16	16	16	16	16	17	17
m	**1.000**	**3.000**	**5.000**	**7.000**	**9.000**	**11.000**	**13.000**	**15.000**	**17.000**	**19.000**

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

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	13	17	0.893	0.797

Strada Marciapiede 2 / Panoramica risultati

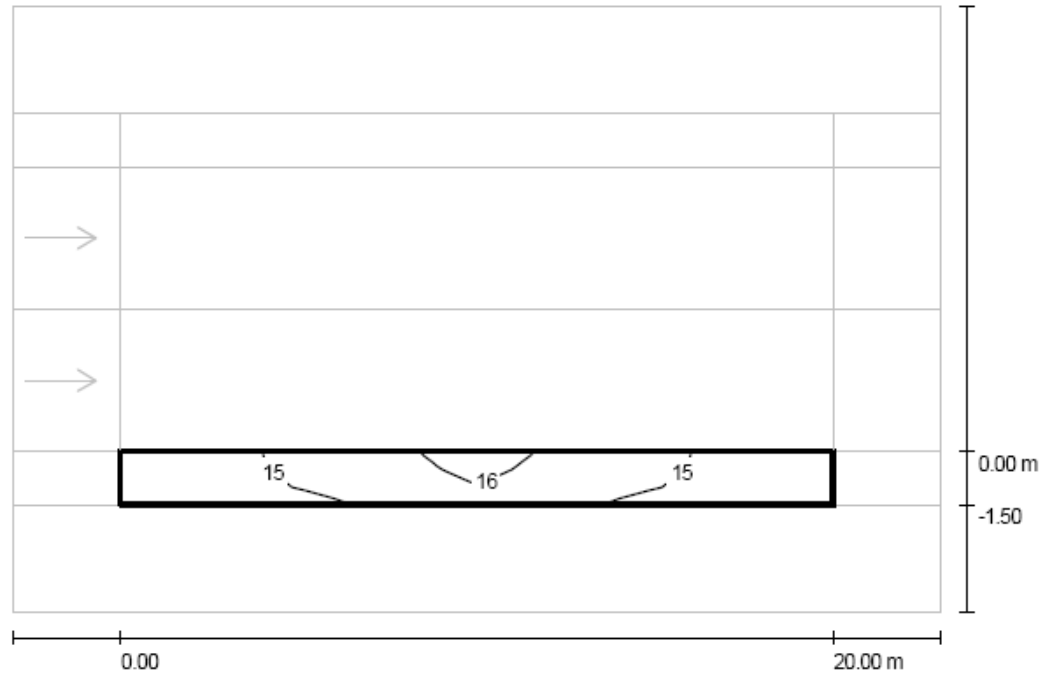


Fattore di manutenzione: 1.00 Scala 1:186

Reticolo: 10 x 3 Punti
Elementi stradali corrispondenti: Marciapiede 2.
Classe di illuminazione selezionata: S1 (Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)
Classe di illuminazione ES supplementare: ES4 (Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)
Classe di illuminazione EV supplementare: EV5 (Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]	E_{min} (verticale) [lx]
Valori reali calcolati:	15.12	14.28	4.00	5.65
Valori nominali secondo la classe:	≥ 15.00	≥ 5.00	≥ 3.00	≥ 5.00
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada Marciapiede 2 / Isolinee (E)

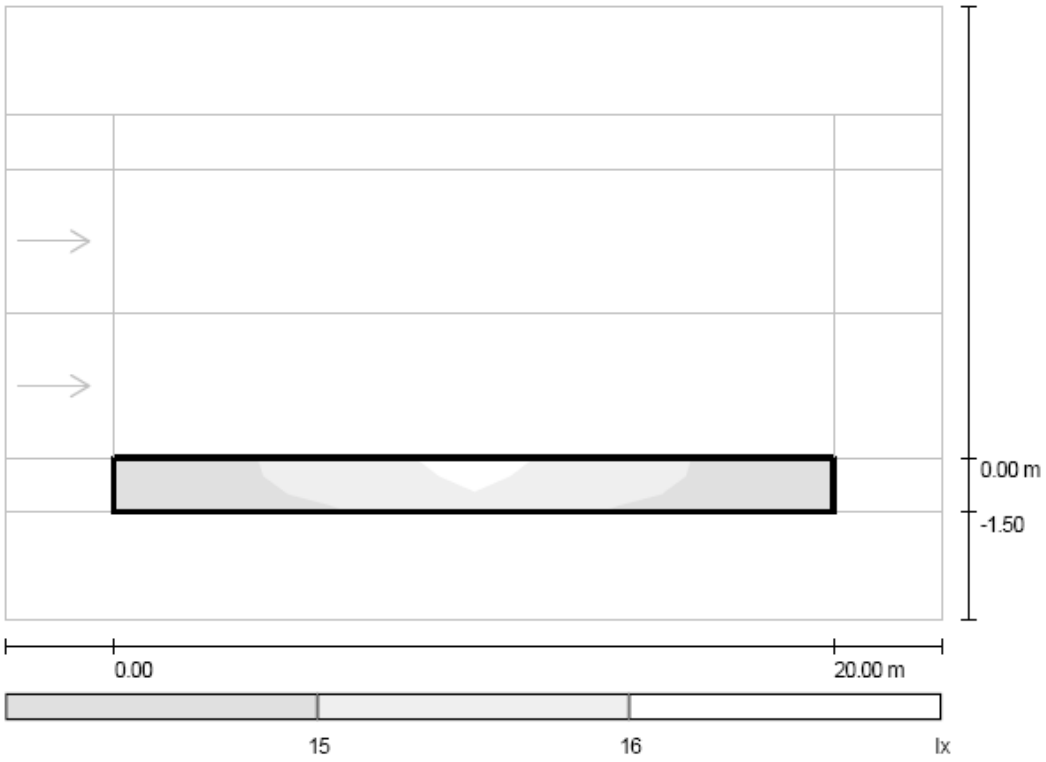


Valori in Lux, Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	14	16	0.945	0.875

Strada Marciapiede 2 / Livelli di grigio (E)

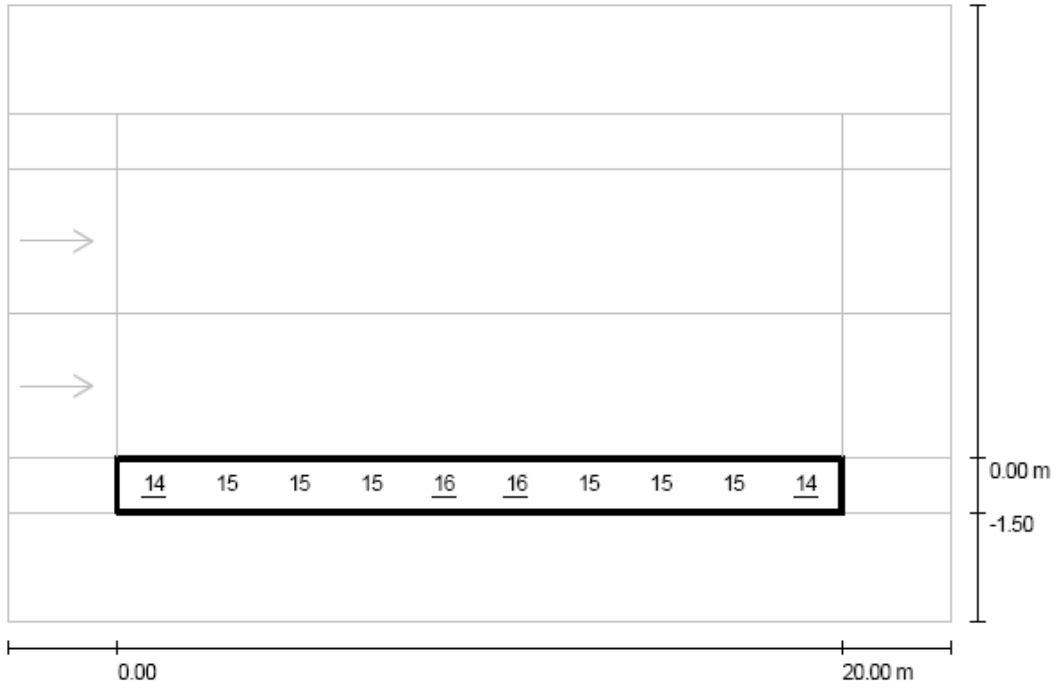


Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	14	16	0.945	0.875

Strada Marciapiede 2 / Grafica dei valori (E)



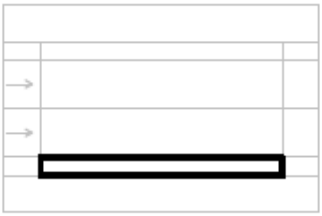
Valori in Lux, Scala 1 : 186

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	14	16	0.945	0.875

Strada Marciapiede 2 / Tabella (E)



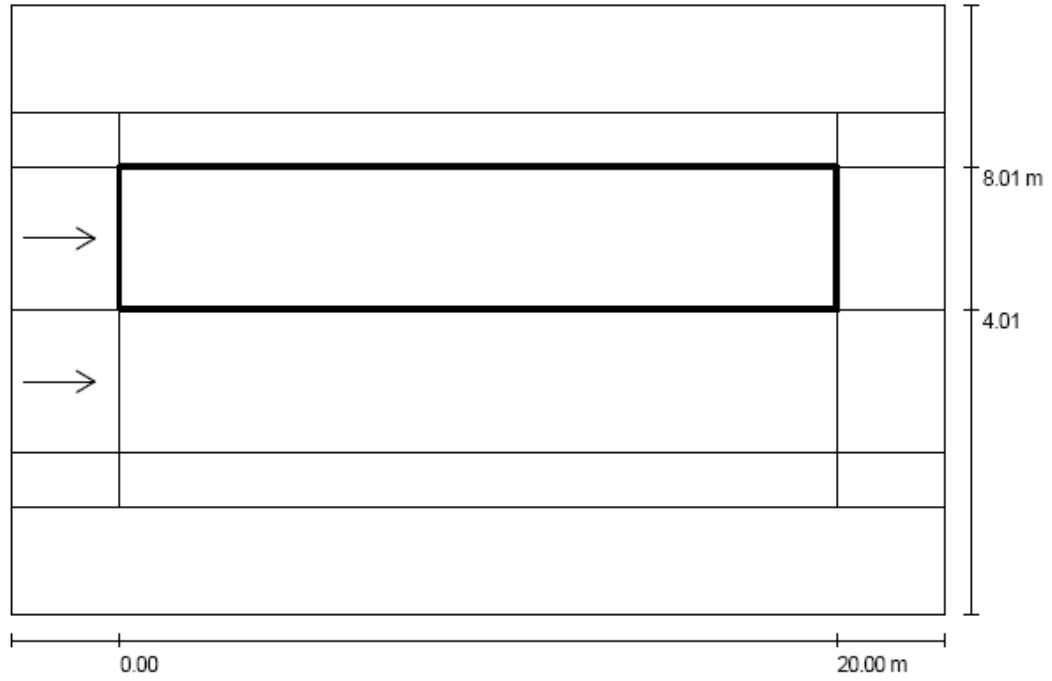
1.250	15	15	15	15	16	16	15	15	15	15
0.750	14	15	15	15	16	16	15	15	15	14
0.250	14	15	15	15	16	16	15	15	15	14
m	**1.000**	**3.000**	**5.000**	**7.000**	**9.000**	**11.000**	**13.000**	**15.000**	**17.000**	**19.000**

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

Reticolo: 10 x 3 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	14	16	0.945	0.875

Strada Carreggiata 2 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 1.00 Scala 1:186

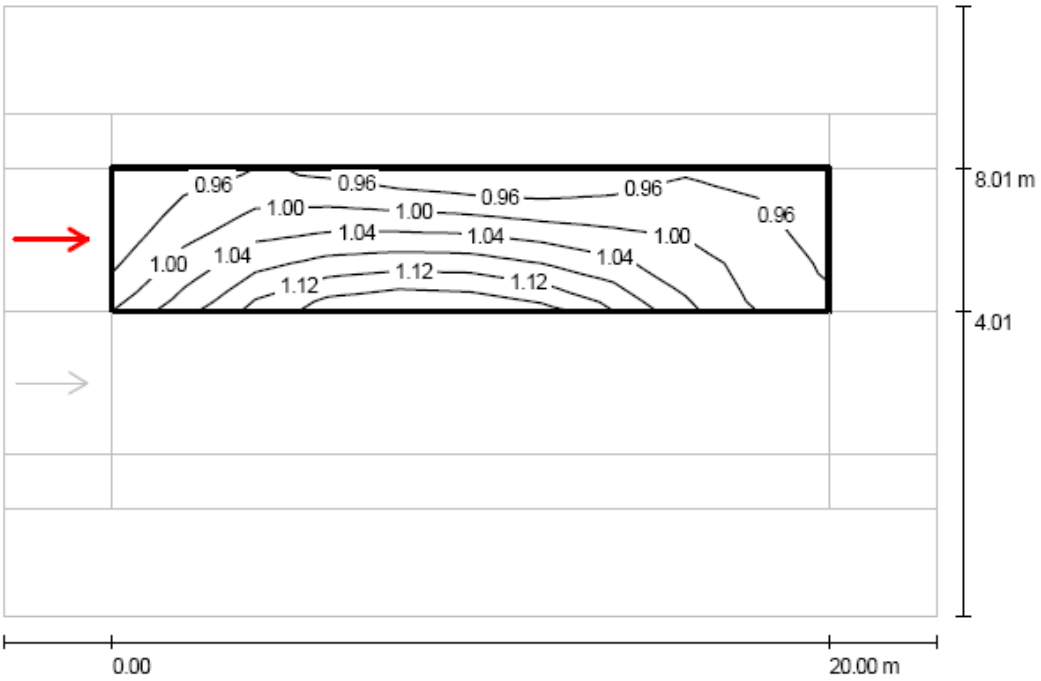
Reticolo: 10 x 3 Punti
Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 2.
Manto stradale: C2, q0: 0.070
Classe di illuminazione selezionata: ME3a (Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	L_m [cd/m²]	U0	Ul	TI [%]	SR
Valori reali calcolati:	1.02	0.92	0.91	7	0.89
Valori nominali secondo la classe:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15	≥ 0.50
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓	✓

Osservatori corrispondenti (1 Pezzo):

No.	Osservatore	Posizione [m]	L_m [cd/m²]	U0	Ul	TI [%]
1	Osservatore 2	(-60.000, 6.010, 1.500)	1.02	0.92	0.91	7

Strada Carreggiata 2 / Osservatore 2 / Isolinee (L)

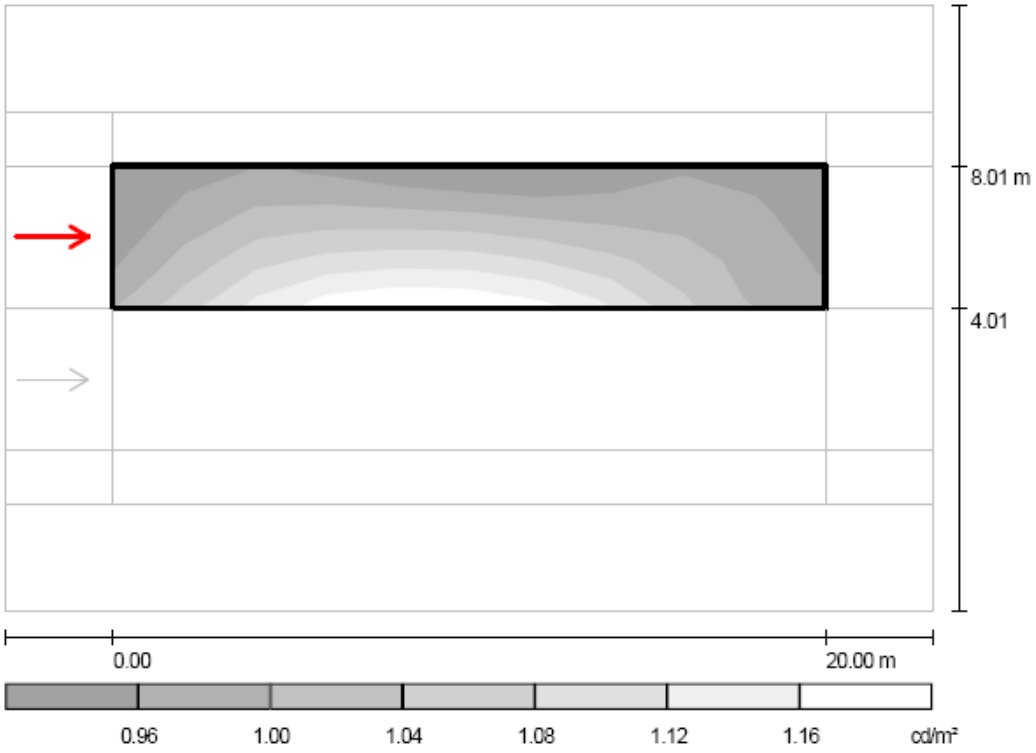


Valori in Candela/m², Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 6.010 m, 1.500 m)
Manto stradale: C2, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valori reali calcolati:	1.02	0.92	0.91	7
Valori nominali secondo la classe ME3a:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada Carreggiata 2 / Osservatore 2 / Livelli di grigio (L)

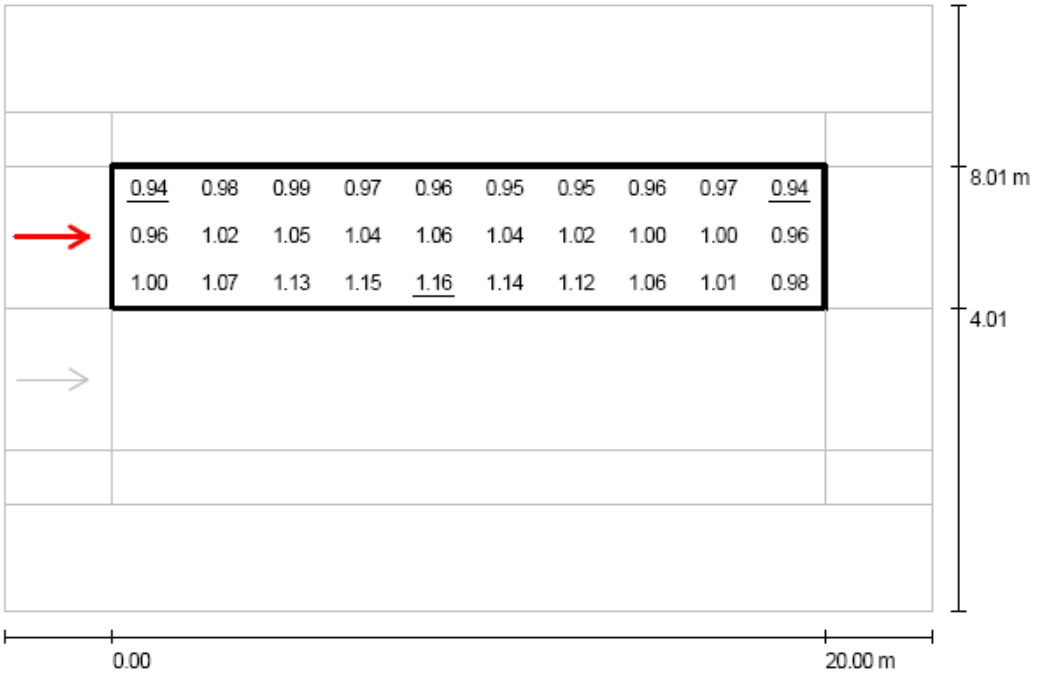


Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 6.010 m, 1.500 m)
Manto stradale: C2, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valori reali calcolati:	1.02	0.92	0.91	7
Valori nominali secondo la classe ME3a:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada Carreggiata 2 / Osservatore 2 / Grafica dei valori (L)

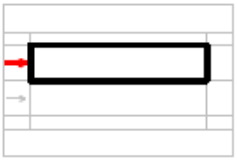


Valori in Candela/m², Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 6.010 m, 1.500 m)
Manto stradale: C2, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valori reali calcolati:	1.02	0.92	0.91	7
Valori nominali secondo la classe ME3a:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada Carreggiata 2 / Osservatore 2 / Tabella (L)



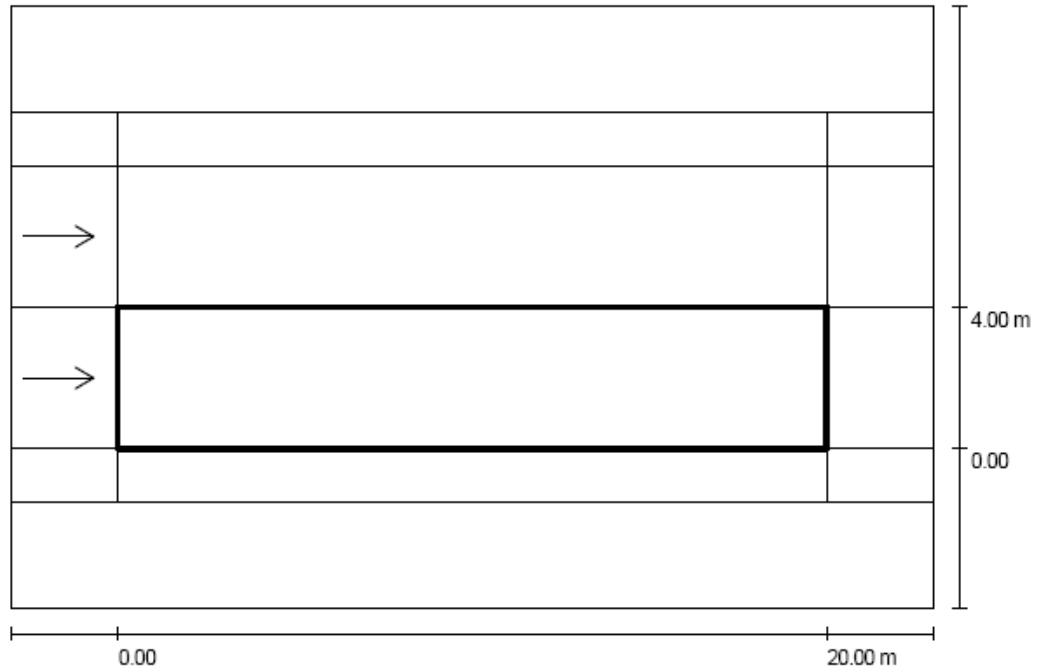
3.333	0.94	0.98	0.99	0.97	0.96	0.95	0.95	0.96	0.97	0.94
2.000	0.96	1.02	1.05	1.04	1.06	1.04	1.02	1.00	1.00	0.96
0.667	1.00	1.07	1.13	1.15	1.16	1.14	1.12	1.06	1.01	0.98
m	**1.000**	**3.000**	**5.000**	**7.000**	**9.000**	**11.000**	**13.000**	**15.000**	**17.000**	**19.000**

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Candela/m².

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 6.010 m, 1.500 m)
Manto stradale: C2, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	Ul	TI [%]
Valori reali calcolati:	1.02	0.92	0.91	7
Valori nominali secondo la classe ME3a:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada Carreggiata 1 / Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 1.00 Scala 1:186

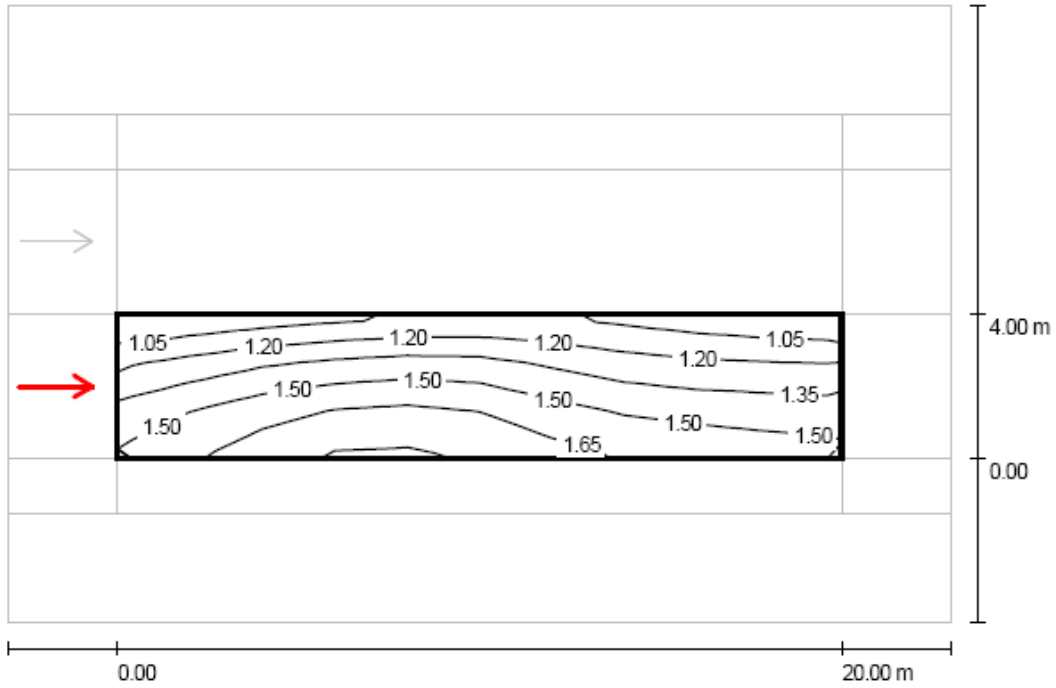
Reticolo: 10 x 3 Punti
Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.
Manto stradale: C2, q0: 0.070
Classe di illuminazione selezionata: ME3a (Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	L_m [cd/m²]	U0	Ul	TI [%]	SR
Valori reali calcolati:	1.40	0.74	0.84	6	0.99
Valori nominali secondo la classe:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15	≥ 0.50
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓	✓

Osservatori corrispondenti (1 Pezzo):

No.	Osservatore	Posizione [m]	L_m [cd/m²]	U0	Ul	TI [%]
1	Osservatore 1	(-60.000, 2.000, 1.500)	1.40	0.74	0.84	6

Strada Carreggiata 1 / Osservatore 1 / Isolinee (L)

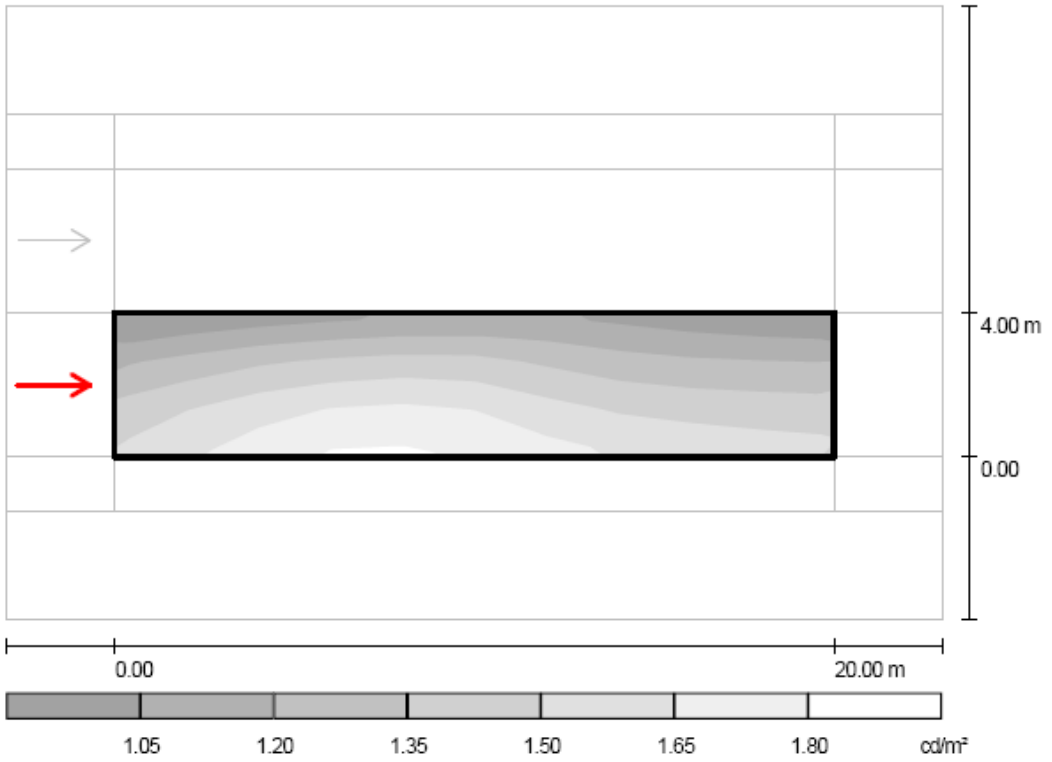


Valori in Candela/m², Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 2.000 m, 1.500 m)
Manto stradale: C2, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valori reali calcolati:	1.40	0.74	0.84	6
Valori nominali secondo la classe ME3a:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

Strada Carreggiata 1 / Osservatore 1 / Livelli di grigio (L)

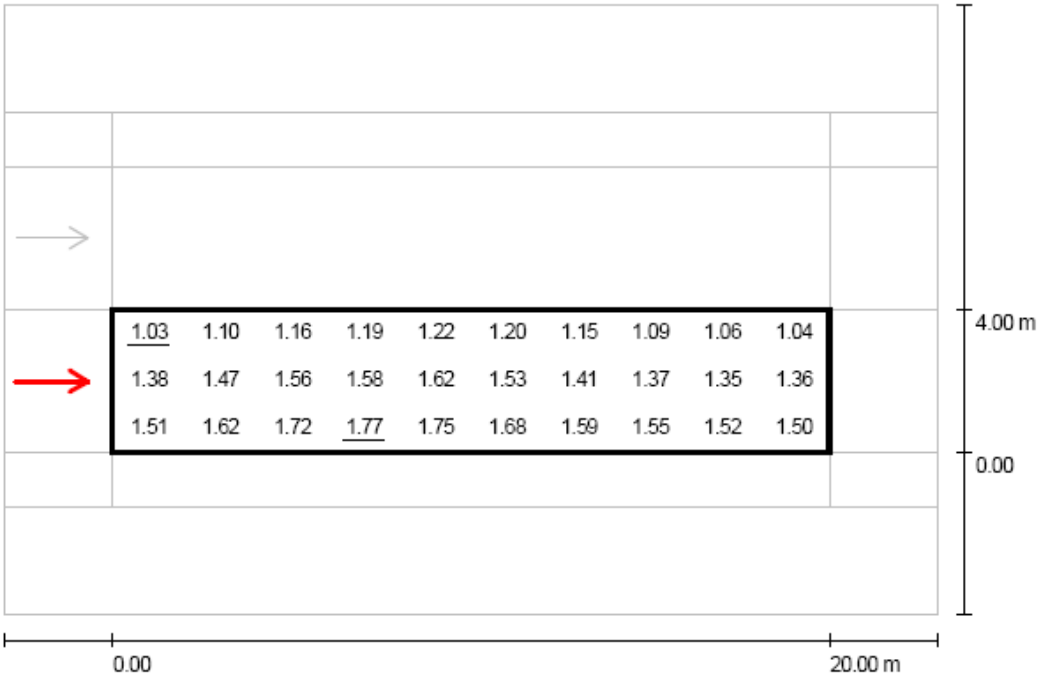


Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 2.000 m, 1.500 m)
Manto stradale: C2, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	Ul	TI [%]
Valori reali calcolati:	1.40	0.74	0.84	6
Valori nominali secondo la classe ME3a:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

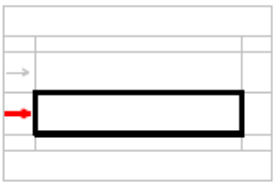
Strada Carreggiata 1 / Osservatore 1 / Grafica dei valori (L)



Valori in Candela/m², Scala 1 : 186

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 2.000 m, 1.500 m)
Manto stradale: C2, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valori reali calcolati:	1.40	0.74	0.84	6
Valori nominali secondo la classe ME3a:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓



3.333	1.03	1.10	1.16	1.19	1.22	1.20	1.15	1.09	1.06	1.04
2.000	1.38	1.47	1.56	1.58	1.62	1.53	1.41	1.37	1.35	1.36
0.667	1.51	1.62	1.72	1.77	1.75	1.68	1.59	1.55	1.52	1.50
m	**1.000**	**3.000**	**5.000**	**7.000**	**9.000**	**11.000**	**13.000**	**15.000**	**17.000**	**19.000**

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Candela/m².

Reticolo: 10 x 3 Punti
Posizione dell'osservatore: (-60.000 m, 2.000 m, 1.500 m)
Manto stradale: C2, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valori reali calcolati:	1.40	0.74	0.84	6
Valori nominali secondo la classe ME3a:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 15
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	✓

6.0 – IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione dovrà essere provvisto di regolatore di tensione interno all'armatura capace di regolare il flusso luminoso con funzione di regolazione e stabilizzazione della tensione. Questa tipologia impiantistica permette di avere un buon rendimento dell'impianto e la possibilità di avere tutte le lampade sempre accese anche quando viene attivata la parzializzazione dell'impianto garantendo una buona uniformità al suolo (rispetto al sistema tutta notte/metà notte). Il sistema tutta notte/metà notte permette un significativo risparmio energetico a discapito della sicurezza stradale. Tale dispositivo dovrà essere programmato prima dell'installazione.

Risulta chiaro come l'adozione di tali dispositivi possano favorevolmente ripercuotersi sui costi di gestione dell'impianto, tenuto conto in particolare dell'allungamento medio della vita delle lampade soggette a regolazione di flusso.

7.0 – CALCOLO ESECUTIVO IMPIANTI ELETTRICI

7.1 - NORME DI RIFERIMENTO

Gli impianti e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

Norme

D.Lgs. 9/4/08 n.81	TESTO UNICO sulla salute e sicurezza sul lavoro e succ. mod. e int.
D.Lgs. 3/8/09 n.106	
Legge 186/68	Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
D.M. 16/02/1982	Modificazioni del D.M. 27/09/1965, concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi.
D.Lgs. 22/01/08 n. 37	Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 – quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n° 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000-V in

	corrente alternata e 1500-V in corrente continua.
CEI 64-8/1	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali.
CEI 64-8/2	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 2: Definizioni.
CEI 64-8/3	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 3: Caratteristiche generali.
CEI 64-8/4	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza.
CEI 64-8/5	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici.
CEI 64-8/6	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 6: Verifiche.
CEI 64-8/7	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari.
CEI 64-50	Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici.
CEI 64-12	Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale.
CEI 11-17	Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
CEI 0-2	Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici.
CEI 17- 13/1	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
CEI 23-48	Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari. Parte 1: prescrizioni generali
CEI 23-49	Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e

	similari. Parte 2: prescrizioni particolari per involucri destinati a contenere dispositivi di protezione ed apparecchi che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile.
CEI 23-51	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazione fisse per uso domestico e similare.
CEI 31-30	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 10: classificazione dei luoghi pericolosi
CEI 31-33	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 14: impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas (diversi dalle miniere).
CEI 31-35	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili.
CEI 0-10	Guida alla manutenzione degli impianti elettrici.
CEI 81-10/1	Protezione contro i fulmini. Principi generali.
CEI 81-10/2	Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio.
CEI 81-10/3	Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
CEI 81-10/4	Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture.
CEI-UNEL 35026	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
CEI-UNEL 35024/1	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
CEI-UNEL 35023	Cavi per energia isolati in gomma o con materiale termplastico aventi grado di isolamento non superiore a 4. Cadute di tensione.
CEI 3-50	Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature. Parte 2: Segni originali.
CEI 0-10	Guida alla manutenzione degli impianti elettrici.

CEI 0-11	Guida alla gestione in qualità delle misure per la verifica degli impianti elettrici ai fini della sicurezza
CEI 64-100/1	Edilizia residenziale. Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni. Parte 1: Montanti degli edifici.
CEI 64-100/2	Edilizia residenziale. Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni. Parte 2: Unità immobiliari (appartamenti).
CEI 64-13	Guida alla Norma CEI 64-4. "Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico".
CEI 64-14	Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.
CEI 64-17	Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei cantieri.
CEI 64-4	Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico.
CEI 64-51	Edilizia ad uso residenziale e terziario. Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici. Criteri particolari per centri commerciali.
CEI 64-53	Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale.
CEI 64-54	Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per i locali di pubblico spettacolo.
CEI 64-55	Edilizia residenziale. Guida per l 'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari,telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per le strutture alberghiere.
CEI 64-56	Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici. Criteri particolari per locali ad uso medico.
CEI 64-57	Edilizia ad uso residenziale e terziario. Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici. Criteri particolari per impianti di piccola produzione distribuita.
CEI 34-22	Apparecchi di illuminazione. Parte 2: prescrizioni particolari. Apparecchi di illuminazione di emergenza.

CEI 34-111	Sistemi di illuminazione di emergenza.
CEI 23-50	Spine e prese per usi domestici e similari. Parte 1: prescrizioni generali.

7.2 - CRITERI UTILIZZATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

Per soddisfare i requisiti dell'impianto elettrico, si sono fissati questi due fondamentali obiettivi:

- la flessibilità nel tempo: la facilità d'adeguamento dell'installazione alle mutevoli esigenze abitative ed organizzative;

- la sicurezza ambientale: intesa come protezione delle persone e delle cose, che in qualche modo debbano interagire con l'ambiente in piena coerenza con la norma CEI 64-8.

7.3 - QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati sono adatti all'ambiente in cui sono installati e hanno caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

Tutti i materiali e gli apparecchi sono rispondenti alle norme CEI ed alle Tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistano. Inoltre tutti i materiali ed apparecchi per i quali è prevista la concessione del marchio di qualità sono muniti del contrassegno IMQ.

7.4 - METODI DI CALCOLO

Di seguito riportiamo i parametri e la modalità di calcolo dei circuiti e di scelta delle protezioni, in accordo a quanto previsto dalle norme CEI.

7.4.1 - CORRENTE DI IMPIEGO IB

Il valore efficace della corrente di impiego, per i circuiti terminali, può essere così calcolato:

$$Ib=(Ku\cdot P)/(k\cdot Vn\cdot \cos\varphi) \qquad [A] \qquad (1.1)$$

dove:

- k = 1 per circuiti monofase, √3 per circuiti trifase
- Ku è il coefficiente di utilizzazione moltiplicativo della potenza nominale di ciascun carico e assume valori compresi tra [0..1]
- P è la potenza totale dei carichi [W]
- Vn è il valore efficace della tensione nominale del sistema [V]
- cosφ è il fattore di potenza.

Nel caso di circuiti di distribuzione che alimentano più circuiti derivati che potrebbero essere non tutti di tipo terminale:

$$Ib=Kc\cdot(Ild,1+..+Ild,n) \qquad [A] \qquad (1.2)$$

dove:

- Kc è il coefficiente di contemporaneità moltiplicativo dei circuiti derivati simultaneamente utilizzati
- Ild,j è il fasore della corrente del j-mo circuito derivato.

7.4.2 - CADUTA DI TENSIONE

La caduta di tensione in un cavo può essere così calcolata:

$$\Delta Vc= k\,(R\cdot\cos\varphi+X\cdot\sin\varphi)\cdot L\cdot Ib \qquad [V] \qquad (1.3)$$

$$\Delta Vc\ \%= \Delta Vc / Vn \qquad [V] \qquad (1.4)$$

dove:

- ΔVc= caduta di tensione del cavo [V]
- Vn= tensione nominale [V]
- k = 2 per circuiti monofase, √3 per circuiti trifase
- R è la resistenza specifica del cavo [Ω⁄m]
- X è la reattanza specifica del cavo [Ω⁄m]
- L è la lunghezza del cavo [m]
- Ib è la corrente di impiego [A].

7.4.3 - IMPEDENZA DELLA RETE A MONTE DEL PUNTO DI CONSEGNA

Per caratterizzare la rete a monte, si richiedono i valori della corrente di corto circuito trifase (Icc,tr) e della corrente di corto circuito fase-neutro (Icc,fn) forniti dall'ente erogatore di energia elettrica.

Dal valore Icc,tr, si ricava l'impedenza totale della rete a monte del punto di consegna:

$$Zof = Vn/\sqrt{3}\cdot Icc,tr \qquad [\Omega] \qquad (1.5)$$

dove:

- Vn è il valore della tensione nominale del sistema [V]

La resistenza e la reattanza si ottengono per mezzo del fattore di potenza in corto circuito cosφcc:

$$Rof = Zof\cdot\cos\varphi cc \qquad [\Omega] \qquad (1.6)$$

$$Xof = Zof\cdot\text{sen}\,\varphi cc = \sqrt{(Z2of - R2of)} \qquad [\Omega] \qquad (1.7)$$

Di seguito è riportata la tabella in cui si assegna un valore al cosφcc in funzione del valore di Icc :

I_{cc} (kA)	**cos φ_{cc}**
$I_{cc} \leq 1.5$	0.95
$1.5 < I_{cc} \leq 3$	0.9
$3 < I_{cc} \leq 4.5$	0.8
$4.5 < I_{cc} \leq 6$	0.7
$6 < I_{cc} \leq 10$	0.5
$10 < I_{cc} \leq 20$	0.3
$20 < I_{cc} \leq 50$	0.25
$50 < I_{cc}$	0.2

Tabella CEI EN 60947-2 Class. 17-5

Dal valore di Icc,fn si ricava la somma delle impedenze di fase e di neutro a monte del punto di consegna . Tale valore è necessario per effettuare il calcolo della corrente di corto circuito in caso di guasto fase-neutro in un punto qualunque del sistema TT:

$$Zofn=Vn/\sqrt{3}\cdot Icc,fn \quad [\Omega] \quad (1.8)$$

Quindi si ricavano le componenti resistive e reattive:

$$Rofn=Zofn\cdot\cos\varphi cc \quad [\Omega] \quad (1.9)$$

$$Xofn=Zofn\cdot sen\ \varphi cc=\sqrt{(Z2of - R2of)} \quad [\Omega] \quad (1.10)$$

7.4.4 - CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Il valore efficace della corrente di corto circuito Icc nel punto di guasto può essere calcolato come:

$$Icc=Vn/(k\ Zcc) \quad [A] \quad (1.11)$$

Corto circuito trifase:

$$Icc,tr=Vn/\sqrt{3}\cdot\sqrt{((Rof+Rl)2+(Xof+Xl)2)} \quad [A] \quad (1.12)$$

Corto circuito fase-fase:

$$Icc,ff=Vn/2\cdot\sqrt{((Rof+Rl)2+(Xof+Xl)2)} \quad [A] \quad (1.13)$$

Corto circuito fase-neutro:

$$Icc,fn=Vn/\sqrt{3}\cdot\sqrt{((Rofn+Rl+Rn)2+(Xofn+Xl+Xn)2)} \quad [A] \quad (1.14)$$

7.4.5 - CORRENTE DI CORTO CIRCUITO MASSIMA

La corrente massima si calcola nelle condizioni che originano i valori più elevati:

- all'inizio della linea, quando l'impedenza a monte è minima;
- considerando il guasto di tutti i conduttori quando la linea è costituita da più cavi in parallelo;

La massima corrente di c.to c.to si ha per guasto trifase simmetrico.

7.4.6 - CORRENTE DI CORTO CIRCUITO MINIMA

La corrente minima si calcola nelle condizioni che originano i valori più bassi:

- in fondo alla linea quando l'impedenza a monte è massima;
- considerando guasti che riguardano un solo conduttore per più cavi in parallelo;

La corrente di c.to c.to minima si ha per guasto monofase o bifase.

7.5 - DIMENSIONAMENTO

7.5.1 - DIMENSIONAMENTO DEL CAVO

L'art. 25.5 della Norma CEI 64-8 definisce portata di un cavo "il massimo valore della corrente che può fluire in una conduttura, in regime permanente ed in determinate condizioni, senza che la sua temperatura superi un valore specificato". In base a questa definizione, si può affermare che la portata di un cavo, indicata convenzionalmente con Iz, deriva:

- dalla capacità dell'isolante a tollerare una certa temperatura;
- dai parametri che influiscono sulla produzione del calore, quali ad esempio resistività e la sezione del conduttore;
- dagli elementi che condizionano lo scambio termico tra il cavo e l'ambiente circostante.

Quindi, per un corretto dimensionamento del cavo, si devono verificare:

$$Iz \geq Ib \qquad (1.15)$$

$$\Delta Vc \leq \Delta VM \qquad (1.16)$$

dove:

- Ib è la corrente di impiego
- Iz la portata del cavo, cioè il valore efficace della massima corrente che vi può fluire in regime permanente
- ΔVM è la caduta di tensione massima ammissibile per il cavo (la regola tecnica consiglia entro il 4% della tensione di alimentazione).

7.5.2 - DIMENSIONAMENTO DEL CONDUTTORE DI NEUTRO

Il conduttore di neutro deve avere almeno la stessa sezione dei conduttori di fase:

- nei circuiti monofase a due fili, qualunque sia la sezione dei conduttori;
- nei circuiti trifase quando la dimensione dei conduttori di fase sia inferiore od uguale a 16 mm² se in rame od a 25 mm² se in alluminio.

Nei circuiti trifase i cui conduttori di fase abbiano una sezione superiore a 16 mm² se in rame oppure a 25 mm² se in alluminio, il conduttore di neutro può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni:

- la corrente massima, comprese le eventuali armoniche, che si prevede possa percorrere il conduttore di neutro durante il servizio ordinario, non sia superiore alla corrente ammissibile corrispondente alla sezione ridotta del conduttore di neutro; [NOTA: la corrente che fluisce nel circuito nelle condizioni di servizio ordinario deve essere praticamente equilibrata tra le fasi]
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm² se in rame oppure a 25 mm² se in alluminio.

In ogni caso, il conduttore di neutro deve essere protetto contro le sovracorrenti in accordo con le prescrizioni dell'articolo 473.3.2 della norma CEI 64-8 riportate di seguito:

a) quando la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale o equivalente a quella dei conduttori di fase, non è necessario prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro né un dispositivo di interruzione sullo stesso conduttore.

b) quando la sezione del conduttore di neutro sia inferiore a quella dei conduttori di fase, è necessario prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro, adatta alla sezione di questo conduttore: questa rilevazione deve provocare l'interruzione dei conduttori di fase, ma non necessariamente quella del conduttore di neutro.

c) non è necessario tuttavia prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro se sono contemporaneamente soddisfatte le due seguenti condizioni:

- il conduttore di neutro è protetto contro i cortocircuiti dal dispositivo di protezione dei conduttori di fase del circuito;

- la massima corrente che può attraversare il conduttore di neutro in servizio ordinario è chiaramente inferiore al valore della portata di questo conduttore.

7.5.3 - DIMENSIONAMENTO DEL CONDUTTORE DI PROTEZIONE

Le sezioni minime dei conduttori di protezione non devono essere inferiori ai valori in tabella; se risulta una sezione non unificata, deve essere adottata la sezione unificata più vicina al valore calcolato.

Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio **S_F [mm^2]**	Conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase **S_{PE} [mm^2]**	Conduttore di protezione non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase **S_{PE} [mm^2]**
$S_F \leq 16$	$S_{PE} = S_F$	2,5 se protetto meccanicamente, 4 se non protetto meccanicamente
$16 < S_F \leq 35$	$S_{PE} = 16$	$S_{PE} = 16$

$S_F > 35$	$S_{PE}=S_F/2$ nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme	$S_{PE}=S_F/2$ nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme

SF: sezione dei conduttori di fase dell'impianto

SPE: sezione minima del corrispondente conduttore di protezione

7.5.4 - PROTEZIONE DAL SOVRACCARICO (NORMA CEI 64-8/4 - 433.2)

Per la protezione dalla correnti di sovraccarico, la norma CEI 64-8 sez.4 par. 433.2, "Coordinamento tra conduttori e dispositivi di protezione" prevede che il dispositivo di protezione selezionato soddisfi le seguenti condizioni:

$$Ib \leq In \leq Iz \qquad (1.17)$$

$$If \leq 1.45\ Iz \qquad (1.18)$$

dove:

- Ib è la corrente di impiego
- In la corrente nominale o portata del dispositivo di protezione
- Iz la corrente sopportabile in regime permanente da un determinato cavo senza superare un determinato valore di temperatura
- If la corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione che provoca il suo intervento entro un tempo convenzionale.

7.5.5 - PROTEZIONE DALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO (NORMA CEI 64-8/4 - 434.3)

Per la protezione dalle correnti di corto circuito, il dispositivo di protezione selezionato deve essere in grado di interrompere le correnti di corto circuito prima che tali correnti possano diventare pericolose. In particolare devono essere verificate le seguenti condizioni:

$$IccMax \leq P.d.i. \qquad (1.19)$$

dove:

IccMax = Corrente di corto circuito massima

P.d.i. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione (Ik)

$$(I2t) \leq K2S2 \qquad (1.20)$$

dove:

- (I2t) è l'integrale di joule per la durata del corto circuito
- K è un parametro che dipende dal tipo di conduttore e isolamento (dipende dal calore specifico medio del materiale conduttore, dalla resistività del materiale conduttore, dalla temperatura iniziale e finale del conduttore)
- S è la sezione del conduttore
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione.

La relazione (1.19) assicura che il dispositivo effettivamente interrompa la corrente di c.to c.to evitando conseguenze (incendio, ecc.). La condizione (1.20) assicura l'integrità del cavo oggetto del c.to c.to.

7.5.6 - PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI (NORMA CEI 64-8/4 - 413.1.4.2)

Trattandosi di impianto di categoria I alimentato in bassa tensione direttamente dall'ente erogatore con un sistema TT, la protezione contro i contati indiretti è assicurata attraverso l'uso di dispositivi di interruzione differenziale e la realizzazione di un impianto di terra che soddisfino la seguente condizione:

$$Idn \leq 50/RE \qquad (1.21)$$

dove:

- RE è pari alla resistenza del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse

- Idn è la corrente differenziale nominale d'intervento del dispositivo di protezione.

8.0 – LINEE DI ALIMENTAZIONE

L'impianto in progetto dovrà essere realizzato completamente in formazione trifase con neutro, da posare in cavidotto, in maniera conforme alle Norme CEI 64-8 con particolare riferimento alla sezione 714. Verranno realizzate due linee dorsali.

Le due linee sono dimensionate ottimizzando la posizione del quadro di comando ed aventi sezioni tali da contenere la caduta di tensione a fondo linea pari al 3% in modo da non precludere la possibilità di futuri ampliamenti. Il posizionamento dei corpi illuminanti, pozzetti e cavidotti è ottimizzato minimizzando i futuri interventi.

Sono previsti cavi multipolari a doppio isolamento FG7(O)R 0,6/1 kV conformi alle norme CEI 20-13 e CEI 20-22 con marchio IMQ.

Partendo dalla cabina, in funzione della lunghezza le dorsali avranno sezione:

- n°2 dorsali collegamento da quadro elettrico all'inizio impianto sezione 4x10 mmq per 350m.
- n°2 dorsali linea alimentazione sezione 4x10 mmq per 300m.

Su tali basi per la protezione delle linee si prevede l'impiego di interruttori automatici magnetotermici quadripolari, aventi anche caratteristiche di sezionatore e relativo contattore quadripolare, installati sulle partenze in corrispondenza dei quadri di comando, protezione e controllo.

Gli interruttori magnetotermici devono essere scelti in modo che:

• il potere di corto circuito nominale sia almeno pari alla massima corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione;

• sia assicurata la protezione dei cavi in bassa tensione dal sovraccarico e dal corto circuito;

• l'alimentazione delle lampade non produca, per effetto delle correnti di avviamento, scatti intempestivi;

I punti luce vanno collegati alle tre fasi della linea di alimentazione in modo sequenziale (distribuzione sulle tre fasi) per mantenere il carico il più possibile equilibrato e per mantenere la caduta di tensione nei limiti progettuali.

Le derivazioni dei punti luce dovranno essere realizzate in cavo FG7(O)R 0,6/1 kV di sezione 2x2,5 mmq.

Le derivazioni andranno realizzate in morsettiera mediante giunzioni a resina colata all'interno del pozzetto di derivazione.

I componenti che caratterizzano l'impianto d'illuminazione dovranno essere in classe II il che

non si richiede la messa a terra.

Tale protezione in classe II permette di evitare la denuncia dell'impianto di terra e le relative verifiche periodiche previste dalle leggi vigenti. Così anche l'installazione del dispositivo differenziale evitando scatti intempestivi a favore della continuità del servizio.

Le sezioni dei cavi inserite nel progetto sono state ricavate dal metodo sopra indicato, per maggiore chiarezza si allegano le verifiche analitiche:

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [Q0] QUADRO GENERALE

LINEA: 1

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	I_b [A]/I_{nm} [A]	I_R [A]	I_S [A]	I_T [A]	cos φ b	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	η
2	3,19	3,19	3,19	3,19	0,90		1,00	

CAVO

Siglatura	Derivazione	tipo cond.	Lungh. [m]	Posa 64-8	$T_{emp.}$ [°C]	n° supp.	Resistività [°K m/W]	Prof. di Posa [m]	ravv. dist.	Altri circuiti	K sicur.
L1	3F+N+PE	uni	5	61	30		1,08	0,8	ravv.	5	1,0

Sezione Conduttori [mm^2] fase	neutro	P	Designazione / Conduttore	R_{cavo} [mΩ]	X_{cavo} [mΩ]	R_{tot} [mΩ]	X_{tot} [mΩ]	ΔV_{cavo} [%]	ΔV_{tot} [%]	$\Delta V_{max\ prog}$ [%]
1x 10	1x 10	1x 1	FG7R/Cu	9,0	0,595	20,547	20,595	0,01	0,01	4,0

I_b [A]	I_z [A]	$I_{cc\ max\ inizio\ linea}$ [kA]	$I_{cc\ max\ Fine\ linea}$ [kA]	$I_{ccmin\ fine\ linea}$ [kA]	$I_{cc\ Terra}$ [kA]
3,2	35,4	10	7,94	4,45	4,45

INTERRUTTORE

Utenza	Interruttore	Poli	Curva Sganciatore	I_n [A]	I_r [A]	T_r [s]	I_m [kA]	I_{sd} [kA]
Siglatura	**T_{sd} [s]**	**I_i**	**I_g [xI_n - A]**	**T_g [s]**	**Differenz.**	**Classe**	**$I_{\Delta}n$ [A]**	**$T_{\Delta}n$ [ms]**
1	iC60 N	4	C	20	20	-	0,2	0,2
Q1	-	-	-	-	Vigi	A SI	0,3	S

VERIFICHE PROTEZIONI

Sovraccarico	Corto Circuito massimo	Corto Circuito minimo	Persone
Verificata	-	-	-

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [Q0] QUADRO GENERALE

LINEA: LINEA 1

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	I_b [A]/I_{nm} [A]	I_R [A]	I_S [A]	I_T [A]	cos φ b	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	η
1	1,6	1,6	1,6	1,6	0,90	1,00		

CAVO

Siglatura	Derivazione	tipo cond.	Lungh. [m]	Posa 64-8	$T_{emp.}$ [°C]	n° supp.	Resistività [°K m/W]	Prof. di Posa [m]	ravv. dist.	Altri circuiti	K sicur.
L0.1.1	3F+N+PE	multi	1000	61	30		1,06	0,8	ravv.	5	1,0

Sezione Conduttori [mm^2] fase	neutro	PI	Designazione / Conduttore	R_{cavo} [mΩ]	X_{cavo} [mΩ]	R_{tot} [mΩ]	X_{tot} [mΩ]	ΔV_{cavo} [%]	ΔV_{tot} [%]	$\Delta V_{max\ prog}$ [%]
1x 10	1x 10	1x 1	FG7OR/Cu	1800,0	86,1	1820,547	106,695	1,44	1,45	4,0

I_b [A]	I_z [A]	$I_{cc\ max\ inizio\ linea}$ [kA]	$I_{cc\ max\ Fine\ linea}$ [kA]	$I_{ccmin\ fine\ linea}$ [kA]	$I_{cc\ Terra}$ [kA]
1,6	32,5	7,94	0,13	0,04	0,04

INTERRUTTORE

Utenza	Interruttore	Poli	Curva Sganciatore	I_n [A]	I_r [A]	T_r [s]	I_m [kA]	I_{sd} [kA]
Siglatura	**T_{sd} [s]**	**I_i**	**I_g [xI_n - A]**	**T_g [s]**	**Differenz.**	**Classe**	**$I_{\Delta}n$ [A]**	**$T_{\Delta}n$ [ms]**
Linea 1	C40 a	3+N	C	10	10	-	0,1	0,1
Q0.1.1	-	-	-	-				

CONTATTORE/TERMICO

Siglatura	Contattore	Un Bobina [V]	I_n [A]	Relè Termico	Reg. Min [A]	Reg. Max [A]
Ct0.1.1	**iCT 20A Na (6A - AC7b)**	230	20			

VERIFICHE PROTEZIONI

Sovraccarico	Corto Circuito massimo	Corto Circuito minimo	Persone
Verificata	Verificata	Verificata	Verificata

CALCOLI E VERIFICHE

QUADRO: [Q0] QUADRO GENERALE
LINEA: LINEA 2

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	I_b [A]/I_{nm} [A]	I_R [A]	I_S [A]	I_T [A]	cos φ_b	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	η
1	1,6	1,6	1,6	1,6	0,90	1,00		

CAVO

Siglatura	Derivazione	tipo cond.	Lungh. [m]	Posa 64-8	$T_{emp.}$ [°C]	n° supp.	Resistività [°K m/W]	Prof. di Posa [m]	ravv. dist.	altri circuiti	K sicur.
L0.1.2	3F+N+PE	multi	1000	61	30		1,06	0,8	ravv.	5	1,0

Sezione Conduttori [mm^2] fase	neutro	P	Designazione / Conduttore	R_{cavo} [mΩ]	X_{cavo} [mΩ]	R_{tot} [mΩ]	X_{tot} [mΩ]	ΔV_{cavo} [%]	ΔV_{tot} [%]	$\Delta V_{max\ prog}$ [%]
1x 10	1x 10	1x 1	FG7OR/Cu	1800,0	86,1	1820,547	106,695	1,44	1,45	4,0

I_b [A]	I_z [A]	$I_{cc\ max\ inizio\ linea}$ [kA]	$I_{cc\ max\ Fine\ linea}$ [kA]	$I_{ccmin\ fine\ linea}$ [kA]	$I_{cc\ Terra}$ [kA]
1,6	32,5	7,94	0,13	0,04	0,04

INTERRUTTORE

Utenza	Interruttore	Poli	Curva Sganciatore	I_n [A]	I_r [A]	T_r [s]	I_m [kA]	I_{sd} [kA]
Siglatura	**T_{sd} [s]**	**I_i**	**I_g [xI_n - A]**	**T_g [s]**	**Differenz.**	**Classe**	**$I_{\Delta}n$ [A]**	**$T_{\Delta}n$ [ms]**
Linea 2	C40 a	3+N	C	10	10	-	0,1	0,1
Q0.1.2	-	-	-	-				

CONTATTORE/TERMICO

Siglatura	Contattore	Un Bobina [V]	I_n [A]	Relè Termico	Reg. Min [A]	Reg. Max [A]
Ct0.1.2	**iCT 20A Na (6A - AC7b)**	230	20			

VERIFICHE PROTEZIONI

Sovraccarico	Corto Circuito massimo	Corto Circuito minimo	Persone
Verificata	Verificata	Verificata	Verificata

9.0 – QUADRI ELETTRICI

Per la protezione delle linee si prevede l'impiego di interruttori automatici magnetotermici quadripolari, aventi anche caratteristiche di sezionatore e relativo contattore, installati sulle partenze in corrispondenza dei quadri di comando, protezione e controllo. Per quanto riguarda il conduttore di neutro, poiché per i cavi previsti la sezione del neutro risulta uguale a quella dei conduttori di fase. Tutti gli interruttori, contattori, e selezionatori verranno installati su un quadro elettrico posto dentro ad un armadio stradale tipo "conchiglia ENEL" che si troverà adiacente alla cabina elettrica , ner rispetto della norma :

- Un Interruttore automatico magnetotermico differenziale
- N°2 interruttori quadripolari con N°2 contattori quadripolari per inserzione di linea e N°2 interruttori quadripolari con N°2 contattori quadripolari di riserva
- Un Selezionatore di funzionamento manuale/automatico
- Una Fotocellula crepuscolare per spegnimento ed accensione impianto

Gli interruttori magnetotermici devono essere scelti in modo che:

- il potere di corto circuito nominale sia almeno pari alla massima corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione
- sia assicurata la protezione dei cavi in bassa tensione dal sovraccarico e dal corto circuito
- l'alimentazione delle lampade non produca, per effetto delle correnti di avviamento, scatti intempestivi

L'interruttore crepuscolare sarà posizionato sul coperchio dell'apparecchio più vicino al quadro di comando avendo cura di dirigere l'elemento fotosensibile verso una zona da dove non possa essere influenzato da sorgenti di luce artificiale.

Il quadro realizzato dall'impresa installatrice dell'impianto di illuminazione dovrà essere

munito della dichiarazione di conformità (di norma CEI 23-51) ricadente all'interno della dichiarazione di conformità dell'impianto al DM 37/08.

Il quadro elettrico di comando ed il gruppo di misura dell'energia elettrica dovranno essere posti all'interno di contenitori in poliestere stampati a caldo rinforzati con vetroresina tassativamente separati. Grado di protezione IP 54 e con piastra di fondo in materiale isolante per fissaggio apparecchiature.

Il quadro di comando deve essere realizzato in classe II.

Il suddetto quadro è dimensionato per l'intero intervento.

10.0 – SOSTEGNI

La scelta del palo da installare è stata fatta rispetto alle norme UNI come:

I sostegni per l'illuminazione pubblica dovranno essere conformi alle Norme UNI EN 40-7.

Le dimensioni dei sostegni e delle relative mensole sono standardizzate dalla Norma UNI EN 40-2.

Pali in vetroresina: UNI EN 40-7

In particolare per la Liguria le condizioni di progetto sono:

- Zona di ventosità 7
- Categoria di esposizione 3

Sarà previsto l'impiego di pali troncoconici monolitici in **vetroresina** con asolatura per il contenimento del portafusibile e foro passacavi

I pali devono essere contrassegnati in modo duraturo (mediante stampigliatura o etichetta attaccata saldamente) riportando in posizione chiaramente visibile da terra i seguenti dati:

- Nome del costruttore
- Riferimento alla Norma UNI EN 40
- Codice di identificazione del prodotto

Caratteristiche tecniche:

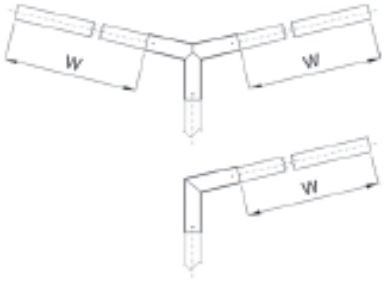
- Resina poliestere rinforzata con fibra di vetro (Vetroresina) di colore standard Grigio RAL 7035.

Caratteristiche del materiale:

Caratteristica	Valore	Norma di riferimento
Composizione - Q.tà fibra di vetro	>50 %	---
Massa volumica	1,45 g/cm³	UNI 7092
Resilienza charpy senza intaglio	> 140 kg /cm²	ASTM D 256
Assorbimento igroscopico	< 0,5 %	UNI ISO 62
Carico unitario di rottura a trazione	> 2000 kg/cm²	UNI EN 61
Carico unitario di rottura a compressione	> 1500 kg/cm²	UNI 4279
Carico unitario di rottura a flessione	> 1600 kg/cm²	UNI EN 63
Modulo di elasticità a flessione	> 160000 kg/cm²	UNI EN 63
Durezza superficiale	> 40 °Barcol	UNI EN 59
Rigidità dielettrica	> 5 KV/mm	UNI 4291
Resistività superficiale	> 4 10_{12} Ohm	UNI 4288
Resistività volumica	> 7 10_{13} Ohm cm	UNI 4288
Resistenza ai raggi ultravioletti	---	ASTM G 23
Finitura superficiale	> Level I	ASTM D 2563

Classificazione secondo EN 40-3:2004:

Caratteristiche				
Q.tà dei corpi illuminanti	1	2	1	2
Montaggio del corpo illuminante	Testa a palo	Testa a palo	Testa a palo	Testa a palo
Classe del vento e della lanterna	A (1,4; 1,2)	A (1,4; 1,2)	A (1,4; 1,2)	A (1,4; 1,2)
Categoria del terreno	"I"	"I"	"I"	"I"
Superficie del corpo illuminante	0,10 m²	0,10 m²	0,10 m²	0,10 m²
Peso del corpo illuminante	15 daN	15 daN	15 daN	15 daN
Velocità del vento	31 m/s	31 m/s	31 m/s	31 m/s
Lunghezza dello sbraccio per pali con diametro di testa 60-75 (W)	---	---	800 (mm)	800 (mm)
Lunghezza dello sbraccio per pali con diametro di testa 120 (W)	---	---	1200 (mm)	1200 (mm)



Altezza totale (H) (mm)		Diametro testa (d) (mm)	Classe	Classe	Classe	Classe
da	a					
3600	3900	60	I	I	II	II
4000	4500	60	I	I	II	II
4600	4900	60	I	I	II	II
5000	5500	60	I	II	II	II
5600	5900	60	I	II	II	II
6000	6900	60	I	II	III	III
7000	7900	60	I	II	III	III
8000	8900	60	I	II	III	III
9000	9900	60	I	III	III	III
10000	10900	60	II	III	III	III
11000	11900	60	III	III	III	III
12000	12900	60	III	III	III	III
12950	13000	60	III	III	III	---
4000	4800	75	I	I	I	I
4900	5800	75	I	I	I	II
5900	6800	75	I	II	II	II
11600	12000	75	II	II	III	III
7000	8000	120	I	II	II	II
9000	10000	120	I	II	II	II
11000	12000	120	I	II	II	II

Scelta dello sbraccio:

ACCESSORI

Attacchi per palo diametro di testa 60 mm	
Codice	
T1PL0020	Attacco singolo
T1PL0010	Attacco doppio a 180°
N0PL0004	Attacco triplo
N0PL0005	Attacco quadruplo

11.0 – VERIFICA BASAMENTI PALI DI ILLUMINAZIONE

PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le analisi dei carichi, le analisi delle sollecitazioni e le verifiche relative ai plinti dei pali di illuminazione da realizzare presso le aree di Cornigliano provincia di Genova.

Il calcolo è stato svolto con il metodo degli stati limite, in conformità con le vigenti Norme Tecniche emanate con D.M. 14.01.2008. Per la tipologia di strutture in parola si è utilizzata una vita nominale V_N di 50 anni ed ai fini del rischio sismico sono da considerarsi di Classe II.

Nel seguito della presente relazione è riportata una descrizione generale degli elementi che costituiscono il complesso delle strutture, dei procedimenti di calcolo utilizzati per la progettazione, delle caratteristiche dei materiali e dei carichi agenti sulle strutture. Sono altresì illustrati i calcoli delle armature, per la cui disposizione entro la sezione si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

11.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione di tutti gli elementi strutturali è stata effettuata nel rispetto delle seguenti normative e riferimenti:

- D.M. Min. LL.PP. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare C.S.LL.PP. del 02.02.2009 n°617

11.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Per la valutazione delle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno si fa riferimento a quanto indicato nello studio geologico-geotecnico facente parte del progetto esecutivo. La stratigrafia dei terreni utilizzata per il calcolo della fondazione è stata desunta dalla relazione citata, adottando criteri cautelativi a favore di sicurezza.

(strato superiore):

Spessore	= var	m
Peso Sp.	= 1900	daN/m^3
Ang. Attrito (ϕ)	= 28	
Coes. dr.	= 0	daN/cm^2
Coes. non dr.	= 0,1	daN/cm^2
Mod. El	= 200	daN/cm^2
Coeff. Poisson	= 0,2	

11.3 PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Sono di seguito riportate le prescrizioni relative ai materiali strutturali per le opere in cemento armato considerate nella presente relazione di calcolo.

Calcestruzzo per i basamenti delle torri faro:

Classe di resistenza:	C25/30 N/mm^2
Classe di esposizione (UNI 206-1):	XC2
Classe di consistenza:	S3-S4
Dimensione max dell'aggregato:	Dmax = 25 mm
Rapporto acqua/cemento:	a/c ≤ 0,50-0.6
Dosaggio di cemento:	300-380 kg/m^3
Tipo e classe di cemento (UNI ENV 197/1):	pozzolanico CEM IV 32.5 R

Calcestruzzo per magrone di sottofondazione gettato in opera:

Classe di resistenza:	C12/15 N/mm^2
Spessore minimo:	s = 15 cm

Acciaio d'armatura strutture in c.a. gettato in opera:

Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C

11.4 CARATTERISTICHE DEI SINGOLI MATERIALI

In base a quanto previsto dalle attuali normative in relazione ai materiali utilizzati, sono stati adottati i seguenti parametri meccanico deformativi:

Calcestruzzo classe C25/30 – basamenti delle torri faro:

peso specifico (c.a.)	γ= 25 kN/m³
coefficiente di Poisson	ν = 0.2
modulo elastico	E = 28500 N/mm²
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck} = 25 N/mm²
resistenza caratteristica cubica	Rck = 30 N/mm²
resistenza di calcolo del calcestruzzo	f_{cd} = 14.16 N/mm²
resistenza media a trazione	f_{ctm} = 2.56 N/mm²
resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk} = 1.79 N/mm²
resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd} = 1.19 N/mm²
tensione di trazione per flessione:	f_{cfm} = 3.07 N/mm²
tensione caratteristica di trazione per flessione fcfk	f_{cfk} = 2.14 N/mm²
deformazione al limite elastico	ε_{co} = 0.002
deformazione al limite ultimo	ε_{cu} = 0.0035
coefficienti γ_M il cls	1.5 SLU
1.00 SLE	

Diagramma di calcolo tensioni-deformazioni di tipo parabola-rettangolo con tratto parabolico fino all'ascissa ε_{co} e tratto orizzontale con ordinata tensionale pari a f_{cd}.

Acciaio per c.a. tipo B450C

modulo elastico	E = 206.000 N/mm²
resistenza caratteristica	f_{yk} = 450 N/mm²
resistenza di calcolo	f_{yd} = 391 N/mm²
coefficienti γ_M per l'acciaio	1.15 SLU
1.00 SLE	

Diagramma di calcolo tensioni-deformazioni di tipo bilatero con primo tratto di pendenza pari al modulo elastico ed il secondo tratto orizzontale con ordinata iniziale pari a f_{yd}.

11.5 SISMICITA'

Secondo le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" il fattore primario per la determinazione delle azioni sismiche è la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima (a_g) attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A) e di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_{e(T)}$ ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, vengono eseguite tenendo conto dei seguenti parametri:

- ag=0.030g (SLD) e ag'=0.068g (SLV)
- classe d'uso II
- vita nominale ≥ 50 anni
- fattore di struttura: q=1;
- classe di duttilità: bassa.

Il periodo di riferimento V_R si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (che per strutture in Classe II è pari a 1). Pertanto $V_R=V_N \times C_u = 50$.

Le probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R, cui riferirsi per individuare l'azione sismica dipende dallo stato limite considerato:

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Ad esempio per la verifica allo SLU di salvaguardia della vita (SLV) si avrà P_{VR}=10%, da cui si ottiene un tempo di ritorno:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} = 475$$

Le forme spettrali sono definite per mezzo di alcuni parametri che la normativa fornisce in funzione del periodo T_R e della zona in cui ricade la costruzione. Nel caso in esame per T_R=475 si ha:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito = 0.0684;
F_0= valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale = 2.537;
T_C*= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale = 0.288 sec.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, per strutture che hanno un periodo proprio di vibrazione inferiore 4 sec, è definito come segue:

$$0 \le T < T_B \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \le T < T_C \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \le T < T_D \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \le T \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

in cui:

- S tiene conto della categoria del sito e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S=S_S$ x S_T. Pari, in questo caso a 1.2 x 1= 1.2;
- ηè il parametro che altera lo spettro di risposta elastico. In questo caso pari ad1;
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto costante in velocità dello spettro di risposta ed è dato da C_c x T_c*, pari in questo caso a 0.406 sec;
- T_B è il periodo corrispondente al tratto costante in accelerazione e vale T_C/3= 0.135 sec.
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro e vale

$$T_D = \frac{4.0 \cdot a_g}{g} + 1.6 = 1.87 \text{ sec.}$$

Nel caso delle torri faro, poiché il periodo proprio di vibrazione pari a 0.984 sec (vedi Par. 6), è compreso nell'intervallo T_C-T_D il valore di $S_{e(T)}$ è così determinato:

$$S_{e(T)} = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \frac{T_C}{T} = 0.068 \cdot 1.2 \cdot 1.2 \cdot 2.537 \frac{0.405}{0.984} = 0.857$$

Per le verifiche allo SLU il valore di $S_{e(T)}$ può essere ridotto dividendolo per un coefficiente q detto fattore di struttura che tiene conto delle capacità dissipative della struttura, dell'incremento di periodo proprio a seguito di plasticizzazioni etc. Nel caso però di una struttura a mensola, come quella in esame, che non possiede capacità dissipative, il valore di q è 1.

La forza simica da adottare per la verifica allo SLV delle torri faro è pertanto pari a:

$$F_{SIS} = \frac{S_{e(T)}}{g \cdot q} \cdot W = 0.087 W$$

Per le verifiche agli SLE si adopera direttamente il valore di $S_{e(T)}$ calcolato in base alla corrispondente P_{VR}.

11.6 AZIONE DEL VENTO

Nel rispetto della Normativa vigente, il sito ricade nella zona a vento classificata come "zona 7". L'espressione della "pressione cinetica del vento" risulta:

$$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d = 0.95 \text{ kN/mq}$$

Il calcolo dei vari fattori viene fatto sulla base della zona di ubicazione ed in base all'altezza sul livello del mare del sito.

q_b = pressione cinetica di riferimento = $\rho V_b^2/2 = 0.490$ kN/mq

In cui V_b è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno con categoria di esposizione I mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni (cioè pari alla durata della vita utile di una struttura ordinaria). Considerato che per

le strutture in oggetto si sta utilizzando una vita nominale di 50 anni si adotterà tale valore come periodo di riferimento per l'azione del vento.

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza "z" della costruzione dal suolo e dalla topografia del terreno. Esso si determina in base al confronto tra z e la quantità z_{min} la quale si ricava sulla base della "classe di rugosità" del terreno.

Genova $z_o = 0.1$;

Classe di rugosità D $\Rightarrow$ categoria di esposizione del sito: I $\Rightarrow$ $k_r = 0.2$;

Zona 7 $z_{min}=5$ m;

$ce(z) = K^2r\ ct\ ln(z/zo)\ (7+ c_t\ ln(z/zo))$ per $z > z_{min}$

$ce(z) = ce(zmin)$ per $z \leq z_{min}$

in cui ct = coefficiente di topografia = 1

Si ottiene:

ce = 1.883. per z = 2.00 m

ce = 2.776 per z =10.00 m

Coefficiente dinamico

Il periodo proprio di vibrazione naturale del palo, considerando lo schema di mensola incastrata alla base si calcola:

$T1 = 2\pi / \omega$ in cui $\omega = \alpha^2 (EI / m)^{0.5}$ e $\alpha = \pi / 2L$

Considerando una sezione anulare costante con diametro esterno di 27 cm e spessore 4 mm si ha:

L= 10 m	(lunghezza della mensola)
A = 3,4 x 10^{-3} m^2	(Area della sezione trasversale)
I = 0,3 x 10^{-4} m^4	(Momento d'inerzia della sezione)
m = 9,00 kg / m	(Massa per unità di lunghezza)
E = 2,01 x 10^{10} kg / m^2	(Modulo di elasticità)
α = 0,157	
ω = 6,38 s^{-1}	
T_1 = 0,984 s	

Il coefficiente dinamico può essere valutato in funzione del periodo fondamentale della struttura T_1 secondo l'espressione:

$c_d = \theta \times (1 + Xi \times \tau)$ in cui $Xi = 1.30 \times (T1 - 0,1 \times T1^2) = 1,21$

$\theta = 0,6$

$\tau = 0,32$

$c_d = 0,82$

Essendo $c_d < 1$ non si applicano coefficienti dinamici ai carichi da vento.

Coefficiente di forma

Per corpi cilindrici a sezione circolare di diametro d e lunghezza h, essendo:

$d \times (qb \times ce)^{0.5} = 0,27 \times (490 \times 2.776)^{0.5} = 9,95 > 4,2$ si ha cp = 0,7.

In definitiva l'azione del vento sul fusto della torre è una pressione crescente lungo l'altezza. A favore di sicurezza si utilizza il valore massimo ipotizzato costante su tutta la lunghezza del palo.

L'azione del vento sulle apparecchiature poste sulla sommità del palo, considerando una superficie esposta di 3,3 dm^2 ed un coefficiente di forma pari a 1.2, è una forza orizzontale agente a quota 10 m di entità

$$q_b \times c_e \times c_p \times c_d \times 2.6 = 0.49 \times 2.77 \times 1.2 \times 1 \times 0.033 = 0.05kN$$

I valori caratteristici delle sollecitazioni di momento flettente e taglio al piede del palo prodotti dalla azione del vento sono:

M_{sd}= ((0.95*.27*10)*5)+ 0.05*10= 13.32 kN m

V_{sd}= 2,57 + 0,05= 2,62 kN

11.7 AZIONE SISMICA

L'azione del sisma sul palo è schematizzabile con un sistema di forze statiche equivalenti applicate nel baricentro dei pesi calcolate con il coefficiente determinato, per lo SLV, nella sezione 5. Considerando un peso totale delle apparecchiature di 10 daN ed un peso del fusto di 9 daN/ml si ha:

Forza sismica a quota 10m: 0.087 x 0.1 = 0,0087 kN

Forza sismica a quota 50m: 0.087 x 0.09 x 10 = 0,0783 kN

I valori caratteristici delle sollecitazioni di momento flettente e taglio al piede della torre prodotti dalla azione del sisma di progetto sono:

M_{sd}= 0,0087 *10+0,0783 *5 = 0,4785 kN m

V_{sd}= 0.0087+0.0783 = 0,087 kN

11.8 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Per la verifica allo SLU, in applicazione delle formule proposte dalla normativa, occorrerà considerare due differenti combinazioni di carico:

- la prima, detta fondamentale, in assenza di sisma, amplificando i valori delle azioni caratteristiche con gli opportuni coefficienti;
- l'altra, in presenza di sisma, combinando le sollecitazioni sismiche E con le sollecitazioni derivanti dalle altre azioni.

Le verifiche da effettuare allo SLU saranno di tre tipologie

EQU: stato limite di equilibrio come corpo rigido;

STR: stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione;

GEO: stato limite di resistenza del terreno.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si adotta l'approccio progettuale indicato dalla normativa come *Approccio 2, si* impiega cioè un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni e per la resistenza dei materiali. In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della seguente tabella:

Tabella 2.6.I – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU*

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli sfavorevoli	γ_{G1}	0,9 1,1	1,0 1,3	1,0 1,0
Carichi permanenti non strutturali[1]	favorevoli sfavorevoli	γ_{G2}	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3
Carichi variabili	favorevoli sfavorevoli	γ_{Qi}	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3

[1] Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

In condizioni di esercizio si condurrà la verifica per gli effetti indotti dall'azione dinamica del vento. Riassumendo:

1) Combinazione fondamentale SLU:

$$\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} = 1.0\ G_1 + 1.5\ Q_{k1}$$

in cui

G_1 peso proprio e sovraccarichi permanenti

Q_{k1} azione del vento

$\gamma_{G1} = 1$ poichè sfavorevole

2) Combinazione sismica SLU (SLV):

$$E + G_1 + \psi_{21} \times Q_{k1} = E + G_1 + 0.0\ Q_{k1}$$

in cui

E: forze sismiche

Di fatto la combinazione sismica non verrà presa in conto poiché i valori delle sollecitazioni prodotte sono sempre meno gravosi di quelli della combinazione fondamentale.

11.9 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Le sollecitazioni al piede del fusto calcolate con analisi elastica lineare, per la combinazione fondamentale allo SLU, sono:

N = 1.0 x (0.09 x 10 + 0,05) = 0,95 kN

M = 1.5 x 13.32 = 19.98 kN m

T = 1.5 x 2.62 = 3.93 kN

11.10 VERIFICHE DI TIPO EQU PER LO SLU

La verifica nei riguardi dell'equilibrio della struttura come corpo rigido è soddisfatta se

$$R_d >= E_d$$

Il basamento ha dimensioni 0.80 x 0.80 x1.1, pertanto il valore delle forze che tendono a far ribaltare il palo è

$E_d=M_{tot} + T \times 1.1$

in cui

M_{tot} = 19.98 kN m

T = 3.93 kN

$$E_d=24.303 \text{ kN m}$$

Il valore delle forze che tendono a stabilizzare il palo è

$(N+ N_p) \times B/2$ peso del plinto e del palo

in cui

N = 0.95 kN

$N_p=0.8x0.8x1.1x24=16.89$ kN

$$R_d= (0.95+ 16.89)x\ 0.4 = 7.14 \text{ kN m} < E_d=24.303 \text{kN m}$$

La verifica non risulta soddisfatta per questo viene preso in considerazione anche il contributo

del calcestruzzo della lastra del marciapiede di sp.18cm..

Il basamento del palo avrà barre di armatura inghisate per tutta la lunghezza del plinto e prolungate per 50 cm all'interno della lastra in cls del marciapiede, di conseguenza le azioni stabilizzanti dovranno tenere conto anche del contributo della coppia generata dall'aderenza delle barre all'interno della soletta piena in cls nonché del contributo della soletta.

$R_{d\ (plinto+barre)} > E_d$

Infatti

$R_{d\ (barre)} > Ed - R_{d\ plinto}$

che risulta soddisfatta se paragonata alle forze di aderenza sviluppate dalle barre in esame.

Calcestruzzo: C20/25

Acciaio: B450C Φ_{barre}: 16 mm

Tensioni di ancoraggio: Costanti Zona di ancoraggio: Trazione

Condizioni di aderenza: Buone Tipo ancoraggio: Barre diritte

Copriferro orizzontale c_1= 30,00 mm Copriferro verticale c= 30,00 mm

Interferro a= 50,00 mm Armatura trasversale Φ8/20,00 mm

Tensione di ancoraggio nella barra σ_y= 414,86 MPa

Coefficiente c_d= 25 mm Coefficiente forma barre α_1= 1,00

Coefficiente ricoprimento cls α_2= 0,92

Coefficiente confinamento armature trasversali non saldate α_3= 0,70

Coefficiente confinamento armature trasversali saldate α_3= 1,00

Coefficiente pressione trasversale α_5= 1,00

l_{bd}= 500 mm (31Φ)

11.11 VERIFICA DEL BASAMENTO

Il plinto a base quadrata che costituisce la fondazione del palo, ha dimensioni 0,80x0,80x1.1m. A causa della notevole altezza del plinto, necessaria per le verifiche di tipo EQU, l'angolo formato dalla retta congiungente l'estremità della piastra di acciaio con l'estremità del basamento è di

$$\alpha = \arctan\left(\frac{110}{(80-26)/2}\right) \cong 70°$$

Per α>di 60° il plinto può anche essere realizzato in calcestruzzo non armato, tuttavia si disporrà un'armatura in entrambe le direzioni costituita da staffe ϕ8 passo 20 cm come riportato nei disegni esecutivi.

11.12 VERIFICHE DI TIPO GEO PER LO SLU

In questa sezione viene verificato il collasso per carico limite dell'insieme terreno-fondazione.

I parametri meccanici utilizzati nel calcolo delle spinte del terreno e per le verifiche di tipo geotecnico sono, a vantaggio di sicurezza, i peggiori fra quelli relativi ai due strati di terreno interessati dall'opera. In questo caso ϕ'= 28° e γ=19 kN/m^3.

Il valore delle resistenze di progetto per i terreni è determinato riducendo i parametri meccanici del terreno secondo le indicazioni della seguente tabella, estratta dal D.M 14.02.2008.

Tabella 6.2.II – *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	**(M1)**	**(M2)**
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Il valore dell'angolo di attrito interno di progetto è pertanto:

$$\phi_d = \text{atan}((\text{tg } 28°)/1{,}25) \approx 23°$$

Dovrà essere verificato che:

$$Q_{sd} < Q_{rd}/\gamma_R$$

in cui γ_R , nell'Approccio 2 che si sta utilizzando è pari a 2.3

Tabella 6.4.I - *Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.*

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE **(R1)**	COEFFICIENTE PARZIALE **(R2)**	COEFFICIENTE PARZIALE **(R3)**
Capacità portante	$\gamma_R = 1{,}0$	$\gamma_R = 1{,}8$	$\gamma_R = 2{,}3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1{,}0$	$\gamma_R = 1{,}1$	$\gamma_R = 1{,}1$

Nel caso di fondazione diretta si assume quale carico limite che provoca la rottura del complesso terreno-fondazione quello espresso dalla formula di Brinch-Hansen. Tale formula fornisce il valore della pressione media limite sulla superficie d'impronta della fondazione, eventualmente parzializzata in base all'eccentricità. Le espressioni utilizzate sono le seguenti:

$$q_{lim} = \tfrac{1}{2}\, \gamma_1\, B'\, N_\gamma\, s_\gamma + c\, N_c\, s_c + \gamma_2\, D\, N_q\, s_q$$

in cui:

Fattori di portanza:

$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$

$N_c = (N_q - 1)\cot\phi$

$N_q = \tan^2(45° + \phi 2)\, e^{\pi\text{-}\tan\phi}$ (ϕ in gradi)

Fattori di forma della fondazione:

$s_\gamma = 1 + 0.1\ B/L\ (1+\text{sen}\phi)/(1-\text{sen}\phi)$

$s_\chi = 1 + 0.2\ B/L\ (1+\text{sen}\phi)/(1-\text{sen}\phi)$

$s_q = s\gamma$

Essendo inoltre:

$\gamma 1$ = peso specifico del terreno di fondazione=19 kN/m^3

$\gamma 2$ = peso specifico del terreno laterale=19 kN/m^3

B= larghezza totale della fondazione = 0.80 m

e= eccentricità del carico pari a zero dovuta al contributo della lastra del marciapiede

B' = valore della base per la quale lo sforzo N risulta centrato = B-2e=0.8m

c = coesione del terreno di fondazione;

D = profondità del piano di posa = 1.1 m

L = sviluppo della fondazione = 0.8 m

$$q_{lim} = 516.57$$

$$Q_{rd}/\gamma_R = q_{lim} \times B \times L / 2.3 = 516.57 \times 0.8 \times 0.8 / 2.3 = 143.74 \text{ kN}$$

Il valore di Q_{sd} tenendo conto dei coefficienti amplificativi delle azioni è

$$Q_{sd} = 1.3 \times 1 = 1.3 \text{ kN} < Q_{rd}/\gamma_R = 143.74 \text{ kN}$$

La verifica è pertanto soddisfatta.