

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

### INZ7 - RIQUALIFICAZIONE VIA SPAZZINI VIA CONCILIAZIONE VIA MAZZUCHELLI

Impianto di illuminazione. Relazione illuminotecnica e di calcolo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Data: <u>29 MAG 2020</u>	      Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	4 R	I N Z 7 0 9	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista	Data
A	Emissione	Boracci <i>JB</i>	08/05/20	Piacentini <i>[Signature]</i>	08/05/20	<i>[Stamp: ORDINE INGEGNERI ROMA N. 23076]</i>	08/05/20
B							
C							

CIG. 751447334A      File: INOR12EE24RINZ709001A\_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA S.r.l.

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento EE24RINZ709001	Rev. A	Foglio 2 di 57
---------	------------------	-------------	--------------------------------------	-----------	-------------------

**INDICE**

1	PREMESSA.....	5
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
4	PROGETTO ELETTRICO.....	8
4.1	DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE .....	8
4.2	DATI DI PROGETTO.....	8
4.3	TIPO DI IMPIANTO .....	8
4.4	DISTRIBUZIONE ED UTILIZZAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA .....	9
4.5	CARATTERISTICHE DEL PUNTO LUCE.....	10
4.6	PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE CONTRO LE SOVRACORRENTI .....	10
4.6.1	<i>Protezione contro i sovraccarichi (CEI 64.8/4 - 433.2).....</i>	<i>10</i>
4.6.2	<i>Protezione contro i Corto Circuiti (CEI 64.8/4 - 434.3).....</i>	<i>11</i>
4.7	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI (CEI 64.8/4 - 413.1.4).....	12
4.8	CADUTA DI TENSIONE .....	12
4.9	LUNGHEZZA MAX PROTETTA .....	13
4.10	LUNGHEZZA MAX .....	13
4.11	DISTANZIAMENTI DEI SOSTEGNI E DEGLI APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE DEI CONDUTTORI DI LINEE ESTERNE.....	13
5	DISTANZIAMENTO DEI PALI DI ILLUMINAZIONE DAI LIMITI DELLA CARREGGIATA.....	14
5.1	PREMESSA.....	14
5.2	LIMITI DI VELOCITÀ IN ROTATORIA.....	14
5.3	BARRIERE STRADALI DI SICUREZZA .....	14
5.4	SCELTE PROGETTUALI.....	14
6	CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA.....	15
6.1	ZONE DI STUDIO .....	15
6.2	STRADE CLASSIFICAZIONE STRADALE E CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO .....	15
6.3	CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO E DI ESERCIZIO.....	18
6.4	CLASSIFICAZIONE DI ZONE DI CONFLITTO, PISTE CICLABILI E MARCIAPIEDI .....	22

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento EE24RINZ709001	Rev. A	Foglio 3 di 57
---------	------------------	-------------	--------------------------------------	-----------	-------------------

6.4.1	<i>Requisiti per le zone di conflitto</i> .....			22
6.4.2	<i>Requisiti per pedoni e ciclisti</i> .....			24
6.5	CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE COMPARABILI TRA ZONE CONTIGUE E TRA ZONE ADIACENTI .....			26
7	CLASSIFICAZIONE STRADALE .....			28
7.1	CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE .....			28
7.2	ANALISI DEI RISCHI E DETERMINAZIONE CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO/ESERCIZIO .....			28
8	CALCOLI STATICI E STRUTTURALI PLINTO DI FONDAZIONE PALI .....			29
8.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....			29
8.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....			30
8.2.1	<i>Conglomerato cementizio per fondazioni</i> .....			30
8.2.2	<i>Acciaio per cemento armato</i> .....			30
8.3	CRITERI DI CALCOLO.....			30
8.3.1	<i>Criteri e definizione dell'azione sismica</i> .....			31
8.3.2	<i>Combinazioni di carico agli stati limite</i> .....			33
8.4	METODO DI CALCOLO .....			35
8.4.1	<i>Verifica a ribaltamento</i> .....			35
8.4.2	<i>Verifica a scorrimento</i> .....			35
8.4.3	<i>Verifica al carico limite</i> .....			36
8.4.4	<i>Verifiche di stabilità globale</i> .....			39
8.5	PLINTO PALO DI ILLUMINAZIONE .....			40
8.5.1	<i>Caratteristiche</i> .....			40
8.5.2	<i>Analisi dei carichi</i> .....			42
8.5.3	<i>Azioni all'imposta della fondazione</i> .....			45
8.5.4	<i>Combinazioni di carico</i> .....			45
8.5.5	<i>Terne ad intradosso fondazione</i> .....			46
8.5.6	<i>Verifiche del basamento</i> .....			46
8.6	PLINTO PALO DI ILLUMINAZIONE ATTRAVERSAMENTO CICLOPEDONALE.....			49
8.6.1	<i>Caratteristiche</i> .....			49

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento EE24RINZ709001	Rev. A	Foglio 4 di 57
---------	------------------	-------------	--------------------------------------	-----------	-------------------

8.6.2	<i>Analisi dei carichi</i> .....	50
8.6.3	<i>Azioni all'imposta della fondazione</i> .....	53
8.6.4	<i>Combinazioni di carico</i> .....	53
8.6.5	<i>Terne ad intradosso fondazione</i> .....	54
8.6.6	<i>Verifiche del basamento</i> .....	54

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
EE24RINZ709001

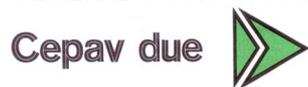
Rev.  
A

Foglio  
5 di 57

## 1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla progettazione dell'ampliamento dell'impianto di illuminazione a servizio della viabilità pubblica prevista nel comune di Mazzano, in provincia di Brescia, in via Mazzuchelli ed in via Spazzini nell'ambito della sistemazione extralinea delle viabilità connesse alla realizzazione della linea ferroviaria Torino – Venezia, tratta Milano – Verona, lotto funzionale Brescia Verona.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
EE24RINZ709001Rev.  
AFoglio  
6 di 57

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si fa riferimento ai seguenti documenti:

### DESCRIZIONE

### CODICE

#### IN00 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO

SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE. DETTAGLI  
 SEGNALETICA VERTICALE E PLINTI DI FONDAZIONE. GEOMETRIE  
 SEGNALETICA VERTICALE. PLINTI DI FONDAZIONE. CARPENTERIA E ARMATURA  
 SEGNALETICA VERTICALE. PLINTI DI FONDAZIONE. RELAZIONE DI CALCOLO  
 RELAZIONE DI VERIFICA DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI

INOR11EE2BZIV000B005  
 INOR11EE2BBIV0DCB001  
 INOR11EE2BCIV0DCB001  
 INOR11EE2CLIV0DCB001  
 INOR11EE2ROIV0007001

#### INZ7 – RIQUALIFICAZIONE VIA SPAZZINI VIA CONCILIAZIONE VIA MAZZUCHELLI

RELAZIONE TECNICA GENERALE  
 PLANIMETRIA DI PROGETTO. TAVOLA 1/2  
 PLANIMETRIA DI PROGETTO. TAVOLA 2/2  
 PLANIMETRIA SEGNALETICA  
 SEZIONI TIPO E DETTAGLI  
 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ROTATORIA. PLANIMETRIA E PARTICOLARI COSTRUTTIVI  
 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE. SCHEMI ELETTRICI

INOR12EE2ROINZ700002  
 INOR12EE2P8INZ700001  
 INOR12EE2P8INZ700002  
 INOR12EE2P7INZ709001  
 INOR12EE2BZINZ709001  
 INOR12EE2PZINZ709001  
 INOR12EE24AINZ709001

### 3      **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Tutti gli impianti elettrici ed ausiliari sono progettati a "regola d'arte" in conformità alla legge normativa vigente in materia, ed in particolare:

- CEI 64-7:       Impianti elettrici di illuminazione pubblica e similari;
- CEI 64-8:       Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V ca, 1500V ce;
- CEI 11-17:      Impianti di Produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica. Linee in cavo;
- CEI 17-13/1:   Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per Bassa Tensione;
- CEI 111-35:     Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- CEI 81-1:       Protezione delle strutture contro i fulmini e successive modificazioni;
- UNI EN 13201: Illuminazione stradale, requisiti prestazionali;
- UNI 11248:     Illuminazione stradale, selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI 10819:     Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.

Dovranno inoltre essere rispettate, in quanto applicabili, le:

- norme tecniche o prescrizioni emesse da Enti e Società preposti quali AUSL, ARPA, Società Elettriche e di Telecomunicazioni, ecc.;
- disposizioni locali dei Vigili Urbani e di altri enti (ANAS, Regione, Provincia, Comuni, ecc.);
- codice della strada e relativo regolamento di esecuzione ed attuazione;
- norme e leggi sui campi elettromagnetici: D.C.P.M. 23 Aprile 1992, LR. 31 Ottobre 2000 n° 30, L. 22 Febbraio 2001 n° 36.
- Dgr 03/08/2007 n.8950 "relativa alle linee guida regionali per la redazione dei piani comunali dell'illuminazione.

## 4 PROGETTO ELETTRICO

### 4.1 Descrizione sommaria delle opere

I lavori relativi all'impianto di illuminazione pubblica a progetto sono sommariamente così identificabili:

- Installazione di nuovi pali completi di armature stradali per la pubblica illuminazione;
- Adeguamento dei quadri elettrici esistenti
- Installazione di polifore e distribuzioni secondarie in derivazione dal quadro elettrico esistente per l'alimentazione dei punti luce, della segnaletica stradale.

Tutte le opere elettriche dovranno seguire l'andamento delle opere edili e del cantiere, inoltre, qualsiasi incidenza di assistenza al cantiere dovrà essere considerata compresa nell'importo appaltato, senza che siano riconosciuti maggiori oneri.

L'impresa appaltatrice dovrà inoltre collaborare nel coordinamento delle fasi lavorative delle opere stradali ed elettriche senza che siano riconosciuti maggiori oneri, mantenendo per quanto di competenza elettrica il cantiere funzionale ed in sicurezza.

Gli impianti anzidetti sono stati progettati in modo da garantire un adeguato livello di illuminamento, tenendo conto del carattere della zona da illuminare e nel rispetto dei parametri indicati dalle Norme UNI EN 13201 e UNI 11248 (vedere indicazioni di dettaglio nello specifico paragrafo della presente relazione).

### 4.2 Dati di progetto

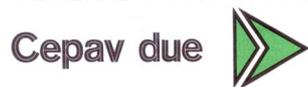
La classificazione elettrica degli impianti di illuminazione, ai sensi della Norma CEI 64-8 – Parte 7 – Ambienti ed applicazioni particolari della Sezione 714: "Impianti di illuminazione situati all'esterno" risulta definita come - Impianto in derivazione alimentato a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata, 1500 V in corrente continua, esclusi gli impianti di gruppo "A".

I nuovi impianti saranno in classe 2, ovvero senza utilizzo di impianto di messa a terra, secondo le indicazioni previste dalle specifiche Norme CEI 64/8.

### 4.3 Tipo di impianto

L'impianto in progetto sarà alimentato con linee in derivazione trifase con neutro a 380/220V, 50 Hz dal quadro elettrico esistente di competenza. Le linee dorsali saranno costituite da linea interrata in trincea costituita da cavo unipolare per energia con conduttore in alluminio, isolato in gomma etilpropilena ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC tipo ARG16R16, sviluppo e sezione come indicato a disegno planimetrico, posata in cavidotto in PVC serie pesante di diametro F 100 mm interrato a profondità di circa 0,7 m dal piano stradale e ricoperta da getto in calcestruzzo con spessore minimo di 60 mm, previa sigillatura dei giunti.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
EE24RINZ709001

Rev.  
A

Foglio  
9 di 57

Lungo il percorso interrato saranno posizionati opportuni pozzetti rompitratta per la posa, l'infilaggio e l'ispezionabilità delle linee e dell'impianto di terra; detti pozzetti saranno di tipo prefabbricato in cemento di dimensioni interne 600x600 mm negli attraversamenti stradali e 500x500 mm. interne in tutti gli altri casi, opportunamente rinfiancati e con chiusino.

In un tratto di Via Spazzini, data l'impossibilità di interrimento dei cavidotti, è prevista una distribuzione in vista staffata a parete con tubi in acciaio zincato a caldo diametro 63mm e scatole di derivazione in acciaio zincato a caldo.

Tutte le parti conduttrici delle porzioni di impianto in classe II, dovranno essere separate dalle parti attive con isolamento doppio o rinforzato e non dovranno essere collegate ad impianto di terra.

Tutti i componenti dovranno essere del tipo a doppio isolamento ed i cavi con tensione di isolamento almeno 0,6/1kV.

I colori distintivi delle guaine dei cavi dovranno essere conformi a quanto stabilito dalle norme CEI 16-6.

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata tramite impiego costante di soluzioni installative con doppio isolamento, e protezioni aggiuntive di tipo magnetotermico differenziale.

#### **4.4 Distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica**

La derivazione dalla linea dorsale agli apparecchi illuminanti sarà realizzata con cavi multipolari di tipo FG16OR16 di sezione 2,5 mm<sup>2</sup>, utilizzando le opportune morsettiere.

Il dimensionamento adottato per le sezioni dei cavi, tenuto conto dell'intervento delle protezioni in caso di corto circuito sia all'inizio che a fine linea, limiterà le cadute di tensione in linea a meno del 3% della tensione normale.

È prevista l'installazione di interruttore di tipo magnetotermico differenziale omnipolari a riarmo automatico.

La protezione ed il comando degli impianti sarà affidata ad interruttori con vari circuiti di alimentazione, fra loro distinti ed indipendenti, secondo gli schemi allegati.

Il quadro di comando è esistente e saranno da prevedere le apparecchiature genericamente riportate di seguito:

- interruttore generale magnetotermico 4P, curva C, PdI= 10kA;

Gli organi di protezione dovranno essere dimensionati in modo da garantire la protezione contro i cortocircuiti dell'intero impianto secondo Norme CEI 64-8 VI edizione.

#### 4.5 Caratteristiche del punto luce

L'alimentazione degli apparecchi illuminanti a partire dall'ultimo punto luce esistente avverrà con cavi elettrici tetrapolari con cavi in alluminio di tipo ARG16R16-0,6/1kV di sezione uniformata a 4x16 mm<sup>2</sup>.

La sezione dei conduttori è stata definita in funzione del carico e delle distanze da percorrere come risulta dai disegni allegati tenendo conto anche di eventuali futuri ampliamenti.

Il punto luce è costituito da n°3 elementi principali:

- PALO TRAFILATO SALDATO DI SOSTEGNO AD UNO SBRACCIO
- APPARECCHIO ILLUMINANTE A LED
- CAVO DI COLLEGAMENTO ALLA DORSALE DI ALIMENTAZIONE

di seguito è riportata la loro descrizione.

**PALO TRAFILATO SALDATO DI SOSTEGNO AD UNO SBRACCIO** : in acciaio zincato a caldo, , sviluppo 10,80 mt., profondità di infissione 80 cm., curvato a mensola con sbraccio singolo, da 4,0 mt., altezza punto luce 10,0 mt., con protezione anticorrosiva termorestringente alla base; completo di asola per l'alloggiamento della scatola di derivazione, la scatola stessa in Classe 2, con fusibile di protezione di taratura adeguata; il palo sarà installato ad una distanza non inferiore a quanto previsto dalle normative vigenti .

**APPARECCHIO ILLUMINANTE**: Apparecchi per illuminazione stradale testa palo, classe II e grado di protezione IP66, con corpo in pressofusione di alluminio, diffusore piano in vetro temprato per limitazione delle emissioni a 90° e oltre, alta efficienza luminosa delle sorgenti LED, temperatura di colore 3000°K;

**CAVO DI COLLEGAMENTO ALLA DORSALE DI ALIMENTAZIONE**: i cavi per l'allacciamento della lampada sono di tipo FG16R/0,6-1 KV sez. 2x2,5 mmq., con protezione meccanica nel tratto palo-pozzetto in tubo flessibile dia. 32 mm. in PVC con spirale di rinforzo in PVC; le derivazioni dalla dorsale di alimentazione devono avvenire con giunzioni a muffola composte da nastro autoagglomerante in resina EPR coordinato all'isolamento del conduttore rivestito con una guaina a protezione degli agenti esterni in PVC autoestinguente.

#### 4.6 Protezione delle condutture contro le sovracorrenti

I conduttori attivi devono essere protetti tramite l'installazione di dispositivi di protezione da sovraccarichi e cortocircuiti (CEI 64-8/4 Sez. 434 e Sez. 433) aventi caratteristiche tempo/corrente in accordo con quelle specificate nelle Norme CEI relative ad interruttori automatici e da fusibili di potenza.

##### 4.6.1 Protezione contro i sovraccarichi (CEI 64.8/4 - 433.2)

Le condizioni che devono rispettare sono le seguenti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

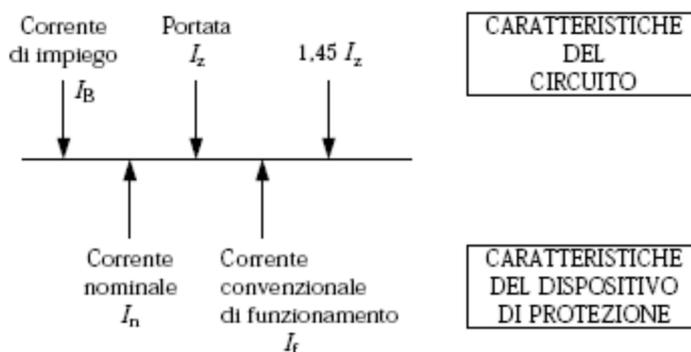
$$I_f \leq 1,45 I_z$$

dove  $I_b$  = Corrente di impiego del circuito

$I_n$  = Corrente nominale del dispositivo di protezione

$I_z$  = Portata in regime permanente della condotta (Sezione 523)

$I_f$  = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite



#### 4.6.2 Protezione contro i Corto Circuiti (CEI 64.8/4 - 434.3)

I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti devono avere i seguenti requisiti:

- potere di interruzione maggiore o uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di back up);

$$I_{ccMax} < p.d.i.$$

- tempo di intervento inferiore a quello necessario affinché le correnti di cortocircuito provochino un innalzamento di temperatura superiore a quello ammesso dai conduttori, ovvero deve essere rispettata la relazione:

$$I^2t \leq K^2 S^2$$

dove:

$I_{ccMax}$  = Corrente di corto circuito massima

p.d.i. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione

$I^2t$  = Integrale di Joule dalla corrente di corto circuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)

$K$  = Coefficiente della condotta utilizzata:

-115 per cavi isolati in PVC

-135 per cavi isolati in gomma naturale e butilica

-143 per cavi isolati in gomma etilenpropilenica e polietilene reticolato

S = Sezione della condotta

La formula appena descritta è valida per i cortocircuiti di durata  $\leq 5s$  e deve essere verificata per un cortocircuito che si produca in un punto qualsiasi della condotta protetta.

I dispositivi di protezione contro il cortocircuito devono essere installati nei punti del circuito ove avviene una variazione delle caratteristiche del cavo (S, K) tali da non soddisfare la disequazione suddetta eccetto nel caso in cui il tratto di condotta tra il punto di variazione appena citato e il dispositivo soddisfi contemporaneamente le seguenti condizioni:

- lunghezza tratto  $\leq 3m$ ;
- realizzato in modo che la probabilità che avvenga un cortocircuito sia bassissima;
- non sia disposto nelle vicinanze di materiale combustibile o in luoghi a maggior rischio in caso di incendio o di esplosione.

#### 4.7 Protezione contro i Contatti indiretti (CEI 64.8/4 - 413.1.4)

per sistemi TT

$$RE \times Idn \leq 50$$

dove

RE = è la resistenza del dispersore in ohm

Idn = è la corrente nominale differenziale, in ampere

#### 4.8 Caduta di tensione

$$\Delta V = K \times Ib \times L \times (Rl \cos\phi + Xl \sin\phi)$$

dove

Ib = corrente di impiego Ib o corrente di taratura In espressa in A

Rl = resistenza (alla TR) della linea in W/km

Xl = reattanza della linea in W/km

K = 2 per linee monofasi - 1,73 per linee trifasi

L = lunghezza della linea

**4.9 Lunghezza max protetta****Icc min a fondo linea > Iint**

dove

Icc min = corrente di corto circuito minima tra fase e protezione calcolata a fondo linea considerando la sommatoria delle impedenze di protezione a monte del tratto in esame.

Iint = corrente di corto circuito necessaria per provocare l'intervento della protezione entro 5 secondi o nei tempi previsti dalla tabella CEI 64-8/4 – 41A, 41B e 48A. (valore rilevato dalla curva I<sup>2</sup>t della protezione), infine, il valore di intervento differenziale.

**4.10 Lunghezza max**

Lunghezza massima determinata oltre che dalla lunghezza massima per guasto a terra, anche dalla corrente di corto circuito a fondo linea (se richiesta la verifica) e dalla caduta di tensione a fondo linea.

**4.11 Distanziamenti dei sostegni e degli apparecchi di illuminazione dei conduttori di linee esterne**

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

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

## 5 DISTANZIAMENTO DEI PALI DI ILLUMINAZIONE DAI LIMITI DELLA CARREGGIATA

### 5.1 Premessa

La norma CEI 64-8 Sez.714 (AllegatoA.2) richiede che i pali di illuminazione devono essere protetti con barriere stradali di sicurezza o distanziati opportunamente dai limiti della carreggiata in modo da poter garantire accettabili condizioni di sicurezza stradale.

### 5.2 Limiti di velocità in rotatoria

La rotatoria e le relative strade afferenti non ricadono all'interno di un centro urbano quindi non esiste un limite di velocità in rotatoria che determina un abbassamento predefinito della stessa rispetto alla velocità normata sulle strade intersecanti.

Il nuovo codice della strada comunque obbliga il conducente a regolare la velocità del veicolo alle "caratteristiche ed alle condizioni della strada e del traffico" in particolare nelle curve ed in prossimità delle intersezioni.

Si evince quindi che, come indicato dalle regole tecniche di progettazione stradale (DM 05/11/2001), essendo il ramo di ingresso alla rotatoria assimilabile ad una curva con raggio inferiore a 50mt la velocità di percorrenza della stessa debba essere inferiore o uguale a 50km/h.

### 5.3 Barriere stradali di sicurezza

Il limite di velocità in rotatoria è pari a 50 km/h.

I pali dell'illuminazione sono da considerare come ostacoli fissi e devono perciò essere obbligatoriamente (come citato sul Nuovo codice della Strada) o protetti con barriere di sicurezza o posizionati ad una distanza di sicurezza dal ciglio esterno della carreggiata.

La barriera di sicurezza può non essere obbligatoria qualora i pali siano installati ad una distanza (uguale o maggiore) ben definita rispetto alla striscia di margine della carreggiata stessa.

Questa zona di sicurezza non è ben definita dalle normative sulla pubblica illuminazione ma per analogia a quanto richiesto per la cartellonistica pubblicitaria (DPR 16/12/1992 n.485) da installare su rotatorie fuori dai centri urbani con velocità non superiore a 50km/h si può assumere come valore pari a 3mt.

Analogamente tutti i rami di ingresso e/o di uscita dalla rotatoria possono ritenersi tratti stradali con obbligo di riduzione di velocità (minore o uguale a 50km/h) rispetto a quanto previsto per i tratti stessi.

Ne consegue che anche per questi rami la distanza pari a 3 mt dal limite della carreggiata è sufficiente per garantire accettabili condizioni di sicurezza stradale.

### 5.4 Scelte progettuali

I pali di illuminazione sono quindi posizionati ad almeno 3mt dal filo del guard-rail (vedi particolare allegato) vista la presenza di tali barriere di sicurezza.

## 6 CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA

### 6.1 Zone di studio

Per procedere alla classificazione illuminotecnica si deve procedere alla suddivisione della strada in una o più zone di studio con condizioni omogenee.

Le zone di studio possono essere:

- Strade (a traffico veicolare)
- Piste ciclabili e marciapiedi
- Zone di conflitto (intersezioni a raso, a rotatoria)
- Attraversamenti pedonali

### 6.2 Strade Classificazione stradale e categoria illuminotecnica di ingresso

La classificazione illuminotecnica della strada può essere eseguita con una delle seguenti metodologie:

- in caso di presenza di PRIC (Piano Regolatore Illuminazione Comunale) o PUT (Piano Urbano del Traffico) è possibile utilizzare la classificazione ivi indicata verificandone la compatibilità con quanto definito dal Codice della strada (D.Lgs 285 del 30/04/1992 e successive modifiche) e dal D.M. 6792 del 05/11/2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”.
- In assenza degli strumenti di cui sopra è possibile identificare la classificazione illuminotecnica della categoria di ingresso sulla base della norma italiana UNI 11248.

La classificazione delle strade risulta fondamentale per pianificare al meglio l’illuminazione, in quanto le caratteristiche che gli impianti dovranno soddisfare dipendono strettamente dal tipo di strada che si intende illuminare. Il Codice della Strada prevede le seguenti classificazioni:

- A - AUTOSTRADA: omissis.
- B - STRADA EXTRAURBANA PRINCIPALE: omissis
- C - STRADA EXTRAURBANA SECONDARIA: strada ad unica carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia e banchine.
- D - STRADA URBANA DI SCORRIMENTO: strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico, ciascuna con almeno due corsie di marcia, ed una eventuale corsia riservata ai mezzi pubblici, banchina pavimentata a destra e marciapiedi, con le eventuali intersezioni a raso semaforizzate; per la sosta sono previste apposite aree o fasce laterali esterne alla carreggiata, entrambe con immissioni ed uscite concentrate.
- E - STRADA URBANA DI QUARTIERE: strada ad unica carreggiata con almeno due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi; per la sosta sono previste aree attrezzate con apposita corsia di manovra, esterna alla carreggiata.
- F - STRADA LOCALE: strada urbana od extraurbana opportunamente sistemata ai fini di cui al comma 1 non facente parte degli altri tipi di strade.

Per ogni tipo di strada esistono precisi parametri che devono essere, per quanto possibile, rispettati.

Secondo la classificazione del Decreto Legislativo 30 aprile 1992 N° 285 "Nuovo Codice della Strada" e successive integrazioni e modifiche, la norma UNI 11248 attribuisce una categoria illuminotecnica di ingresso.

Di seguito il prospetto 1 della norma UNI 11248, che partendo dalla tipologia di strada, assegna la categoria illuminotecnica di ingresso.

prospetto 1

### Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h <sup>-1</sup> ]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A <sub>1</sub>	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A <sub>2</sub>	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) <sup>1)</sup>	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento <sup>2)</sup>	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F <sup>3)</sup>	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) <sup>1)</sup>	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali <sup>4)</sup>	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare <sup>1)</sup>	30	

1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792<sup>10)</sup>.

2) Per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile con questa (prospetto 6).

3) Vedere punto 6.3.

4) Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".



prospetto C.1 **Caratteristiche riassuntive dei tipi di strada così come descritte nel prospetto 1 e definite da art. 2 del codice stradale e D.M. 5/11/2001, N° 6792<sup>[10]</sup>**

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	N° Minimo Carreggiate indipendenti	N° Minimo di Corsie per senso di marcia	N° di sensi di marcia	Portata max. di servizio per corsia (veicoli/ora)	Ulteriori requisiti minimi, caratteristiche e chiarimenti
A <sub>1</sub>	Autostrade extraurbane	2	2	2	1 100	
	Autostrade urbane	2	2	2	1 550	
A <sub>2</sub>	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	2	1	2	Da 650 a 1 350	Sono ricomprese le strade dedicate all'accesso alle autostrade prima delle stazioni (caselli autostradali) I valori minimo e massimo dipendono dal numero di corsie
	Strade di servizio alle autostrade urbane	2	1	2	Da 1 150 a 1 650	
B	Strade extraurbane principali	2	2	2	1 000	Tangenziali e superstrade
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	1	1	2	600	Strade tipo provinciali, regionali e statali Con banchine laterali transitabili
	Strade extraurbane secondarie	1	1	2		
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	1	1	2		
D	Strade urbane di scorrimento	2	2	2	950	Strade urbane di grandi dimensioni e di connessione alla rete "urbana di quartiere" o "extraurbana secondaria"
E	Strade urbane di quartiere	1	1	2	800	Proseguimento delle strade di tipo C "extraurbane secondarie" nella rete urbana Strade tipo provinciali, regionali e statali Con corsie di manovra e parcheggi esterni alla Carreggiata
			2	1		
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	1	1	1 o 2	450	Strade in ambito extraurbano diverse da strade di tipo B e C quali strade comunali, vicinali, ecc.
F	Strade locali extraurbane	1	1	1 o 2		
F	Strade locali interzonali	1	1	1 o 2	800	Strade locali di connessione con la "rete secondaria" e di "scorrimento" di maggior rilievo in quanto attraversano il territorio collegando aree urbane confinanti o distanti in area urbane o extraurbane
F	Strade locali urbane	1	1	1 o 2	800	Strade locali diverse da strade di tipo D e E, quali strade residenziali, artigianali, centro cittadino, centro storico, ecc.

### 6.3 Categoria illuminotecnica di Progetto e di Esercizio

L'analisi dei parametri di influenza viene condotta dal progettista all'interno dell'analisi del rischio, e quest'ultimo può anche decidere di non definire la categoria illuminotecnica di ingresso e determinare direttamente quella di progetto. Nello specifico la valutazione della complessità del campo visivo è di responsabilità del progettista ed è elevata nel caso di strada tortuosa, con numerosi ostacoli alla visione anche in funzione di alte velocità.

La norma UNI 11248 introduce e propone nei prospetti 2 e 3, alcuni possibili parametri di influenza, ovviamente non tutti applicabili in ciascun ambito illuminotecnico, ed identificano quelli fondamentali applicabili in ambito stradale e per piste ciclabili, che possono essere integrati previa adeguata analisi dei possibili rischi, in ambiti stradali o pedonali misti con alcuni dei parametri di influenza, allo scopo di declassare ulteriormente l'ambito da illuminare e quindi di favorire il risparmio energetico.

prospetto 2

#### Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo

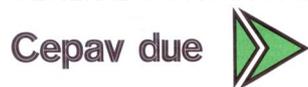
Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto <sup>1) 2)</sup>	1
Segnaletica cospicua <sup>3)</sup> nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse. 2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità. 3) Riferimenti in CIE 137 <sup>[5]</sup> .	

prospetto 3

#### Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di progetto in relazione ai più comuni parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Flusso orario di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
EE24RINZ709001

Rev.  
A

Foglio  
19 di 57

Nella definizione della categoria illuminotecnica di progetto il progettista dovrà individuare i parametri di influenza applicabili e definire le categorie illuminotecniche di progetto/esercizio attraverso una valutazione dei rischi, con evidenza dei criteri e delle fonti d'informazioni che giustificano le scelte effettuate.

L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza per garantire la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada, minimizzando al contempo i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione e l'impatto ambientale.

L'analisi si suddivide in più fasi:

- sopralluogo con l'obiettivo di valutare lo stato esistente e determinare una gerarchia tra i parametri di influenza rilevanti per le strade esaminate;
- individuazione dei parametri decisionali e delle procedure gestionali richieste da eventuali Direttive e norme cogenti, dalla presente norma e da esigenze specifiche;
- studio preliminare del rischio, determinando gli eventi potenzialmente pericolosi, in base agli incidenti pregressi ed al rapporto fra incidenti diurni e notturni, e classificandoli in funzione della frequenza e della gravità;

La categoria illuminotecnica di progetto deve essere valutata per la portata di servizio massima della strada, indipendentemente dal flusso orario di traffico effettivamente presente e considerando i parametri del prospetto 2.

La variazione della categoria illuminotecnica indicata nel prospetto è intesa come incremento da apportare al numero che appare nella sigla della categoria di ingresso per l'analisi dei rischi, ottenendo una categoria con requisiti prestazionali inferiori.

prospetto 4 **Possibili casi di riduzione della categoria illuminotecnica di ingresso**

Impianto	Riduzione adottata per la categoria illuminotecnica di progetto rispetto alla categoria di ingresso	Riduzione massima adottata per la categoria illuminotecnica di esercizio	Riduzione massima della categoria di esercizio rispetto alla categoria di ingresso
Normale	0	0	0
		1	1
		2	2
	1	0	1
		1	2
		2	3
	2	0	2
		1	3
Condizioni di traffico stabilmente minori rispetto alla portata di servizio massima	1 (flusso di traffico stabilmente minore del 50%)	0	1
		1	2
		2	3
	2 (flusso di traffico stabilmente minore del 25%)	0	2
		1	3
		(per altri parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale)	
Impianti adattivi FAI	0	0	0
		1	1
		2	2
		3 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	3
	1	0	1
		1	2
		2	3
		3 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	4
	2	0	2
		1	3
		2	4
		(per flusso di traffico minore del 12,5%)	

Il decremento massimo della categoria illuminotecnica di progetto a partire dalla categoria illuminotecnica di ingresso potrà essere pari a due categorie.

Il decremento massimo per la categoria illuminotecnica di esercizio a partire dalla categoria illuminotecnica di progetto potrà essere pari a una categoria qualora la riduzione della categoria illuminotecnica di progetto sia pari a due categorie illuminotecniche, altrimenti il decremento non potrà essere superiore a due categorie illuminotecniche.

La classificazione illuminotecnica in ambito stradale ha come fine ultimo la definizione dei valori progettuali di luminanza che devono rispettare i progetti illuminotecnici definiti nel prospetto 1 della UNI EN 13201-2. Ed. 02-2016.

prospetto 1 **Categorie Illuminotecniche M**

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto		Bagnato	Asciutto	Asciutto	
	$\bar{L}$ [minima mantenuta] $\text{cd} \times \text{m}^{-2}$	$U_o$ [minima]	$U_1^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{T1}^{c)}$ [massima] %	$R_{E1}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale ( $U_1$ ) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

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

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

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

#### 6.4 Classificazione di zone di conflitto, piste ciclabili e marciapiedi

La classificazione delle zone di studio quali zone di conflitto, piste ciclabili e marciapiedi può essere eseguita mediante le norme tecniche UNI EN 13201-2:2016 che permettono di assegnare determinati valori progettuali a ciascun ambito territoriale con particolare destinazione.

##### 6.4.1 Requisiti per le zone di conflitto

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

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

prospetto 2

Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	$\bar{E}$ [minimo mantenuto] lx	$U_0$ [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

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

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

L'illuminamento medio (E) e l'uniformità generale dell'illuminamento (U<sub>0</sub>) devono essere calcolati e misurati in conformità alla EN 13201-3 e alla EN 13201-4.

La limitazione dell'abbagliamento debilitante può essere dimostrata valutando i valori di  $\gamma$ /TI per tutte le combinazioni pertinenti delle direzioni di osservazione e delle posizioni dell'osservatore oppure ottenuta attraverso la scelta degli apparecchi di illuminazione secondo le categorie G1, G\*2, G\*3, G\*4, G\*5 o G\*6.

prospetto A.1 **Categorie di Intensità luminosa**

Categoria	Intensità luminosa <sup>a)</sup> massima in direzioni al di sotto della linea orizzontale in cd/klm del flusso di emissione dell'apparecchio di illuminazione			Altri requisiti
	a 70° e oltre <sup>b)</sup>	a 80° e oltre <sup>b)</sup>	a 90° e oltre <sup>b)</sup>	
G*1		200	50	Nessuno
G*2		150	30	Nessuno
G*3		100	20	Nessuno
G*4	500	100	10	Intensità luminose per angoli maggiori di 95° <sup>b)</sup> pari a zero <sup>c)</sup>
G*5	350	100	10	Intensità luminose per angoli maggiori di 95° <sup>b)</sup> pari a zero <sup>c)</sup>
G*6	350	100	0 <sup>c)</sup>	Intensità luminose per angoli maggiori di 90° <sup>b)</sup> pari a zero <sup>c)</sup>

a) Le intensità luminose sono indicate per qualsiasi direzione formante l'angolo specificato dalla verticale verso il basso, con l'apparecchio di illuminazione installato per l'uso.  
b) Qualsiasi direzione formante l'angolo specificato dalla verticale verso il basso, con l'apparecchio di illuminazione installato per l'uso.  
c) Le intensità luminose fino a 1 cd/klm possono essere considerate pari a zero.

Nota 1 Per apparecchi di illuminazione muniti di lampade di flusso luminoso maggiore può essere necessario limitare anche le intensità luminose assolute.

Nota 2 G\*1, G\*2 e G\*3 corrispondono ai concetti di "semi cut-off" e "cut-off" di uso tradizionale, con requisiti tuttavia modificati in funzione dell'uso prevalente delle sorgenti luminose e degli apparecchi di illuminazione. G\*4, G\*5 e G\*6 corrispondono alla schermatura totale.

La limitazione dell'abbagliamento molesto può essere ottenuta attraverso la scelta degli apparecchi di illuminazione secondo le categorie D1, D2, D3, D4, D5 o D6 dell'appendice A della UNI EN 13201-2 dove l'indice di abbagliamento è espresso in cd/m.

Per le categorie HS del prospetto 4, sono pertinenti solo le categorie D5 o D6.

prospetto A.2 **Categorie dell'Indice di abbagliamento**

Categoria	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Indice di abbagliamento massimo	-	7 000	5 500	4 000	2 000	1 000	500

#### 6.4.2 Requisiti per pedoni e ciclisti

Le categorie P del prospetto 3 riguardano pedoni e ciclisti su marciapiedi, piste ciclabili, corsie di emergenza e altre zone della strada separate o lungo la carreggiata di una via di traffico, nonché a strade urbane, strade pedonali, parcheggi, cortili scolastici, ecc.

L'illuminamento medio ( $E$ ), l'illuminamento minimo ( $E_{\min}$ ), l'illuminamento emisferico medio ( $E_{hs}$ ) e l'uniformità generale dell'illuminamento emisferico ( $U_g$ ) devono essere calcolati e misurati secondo la EN 13201-3 e la EN 13201-4.

La zona della strada per la quale si applicano i requisiti dei prospetti 3 e 4 può comprendere tutta la zona della strada, come le carreggiate di strade urbane e gli spartitraffico tra carreggiate, marciapiedi e piste ciclabili.

Per la limitazione dell'abbagliamento debilitante e dell'abbagliamento molesto vedasi quanto indicato al precedente capitolo "REQUISITI PER LE ZONE DI CONFLITTO"

Si riportano di seguito la tabella della norma UNI EN 13201-2 in cui vengono indicati i valori richiesti per gli illuminamenti orizzontali categoria P.

prospetto 3 **Categorie illuminotecniche P**

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

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

Le intersezioni a rotatoria, a raso lineari, a livelli sfalsati per le loro caratteristiche geometriche e funzionali possono essere illuminate applicando le categorie illuminotecniche della serie C integrate dai requisiti sull'abbagliamento debilitante (prospetto C1 della UNI 13201-2 2016).

Con riferimento al prospetto 6, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere di un livello superiore rispetto alla maggiore tra quelle previste per i rami di approccio e strade di accesso.

Inoltre, per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a zone non illuminate, si raccomanda di adottare soluzioni tecniche che creino un'illuminazione decrescente nella zona di transizione tra la zona illuminata e quella completamente buia; la lunghezza di questa zona non deve essere minore dello spazio percorso in 3 s alla velocità massima prevista di percorrenza dell'intersezione.

Nel caso in cui il progettista ritenga la presenza di pedoni nei marciapiedi rilevante, la categoria illuminotecnica di ingresso della zona di studio si ottiene applicando il prospetto 6 alla categoria illuminotecnica di ingresso della strada adiacente ed effettuando l'analisi dei rischi sulla zona di studio ai fini dell'eventuale declassamento. Il progettista può trattare i due marciapiedi situati da parti opposte rispetto alla strada come zone di studio separate.

Se la presenza di pedoni nei marciapiedi è ritenuta irrilevante, l'adozione dei requisiti previsti dal parametro REI (rapporto dell'illuminamento ai bordi) per la strada adiacente è condizione sufficiente ai fini dell'illuminazione nella zona di studio.

Nel caso in cui il progettista ritenga la presenza di utenti della pista ciclopedonale rilevante, la categoria illuminotecnica di ingresso della zona di studio si ottiene applicando il prospetto 6 alla categoria illuminotecnica di ingresso della strada adiacente ed effettuando l'analisi dei rischi sulla zona di studio ai fini dell'eventuale declassamento.

Se la presenza di utenti della pista ciclopedonale è ritenuta irrilevante, l'adozione dei requisiti previsti dal parametro REI (rapporto dell'illuminamento ai bordi) per la strada adiacente è condizione sufficiente ai fini dell'illuminazione nella zona di studio.

La categoria illuminotecnica di ingresso per la zona di studio è la P2 identificata nel prospetto 1 della UNI 11248-2016 per gli itinerari ciclopedonali. Le altre categorie illuminotecniche (di

Le categorie EV del prospetto 6 sono previste come categorie complementari in situazioni dove è necessario vedere superfici verticali, per esempio nelle zone di intersezione.

La zona della strada per la quale si applicano i requisiti dei prospetti 5 e 6 può comprendere tutta la zona della strada, come le carreggiate di strade urbane e gli spartitraffico tra carreggiate, marciapiedi e piste ciclabili.

Quando si deve facilitare la visione delle superfici verticali (per esempio nei casi di svincoli o zone di interscambio) o in zone con rischio di azioni criminose si ricorre a prescrizioni anche per l'illuminazione sul piano verticale.

Alle categorie illuminotecniche individuate precedentemente si deve aggiungere la categoria illuminotecnica specificata nel prospetto 7, ad esempio per i passaggi pedonali.

prospetto 7

**Categorie illuminotecniche aggiuntive**

Categoria illuminotecnica										
Categoria illuminotecnica individuata	C0	C1	C2	C3	C4	C5	-	-	-	
	-	-	-	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Categoria illuminotecnica aggiuntiva	-	EV3	EV4	EV5	-	-	-	-	-	

Si riporta di seguito la tabella dalla norma UNI EN 13201-2 in cui vengono indicati i valori richiesti per gli **illuminamenti verticali classe EV**

prospetto 6

**Categorie Illuminotecniche EV**

Illuminamento del piano verticale	
Categoria	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx
EV1	50
EV2	30
EV3	10,0
EV4	7,50
EV5	5,00
EV6	0,50

### 6.5 Categorie illuminotecniche comparabili tra zone contigue e tra zone adiacenti

Se la zona di studio prevede una categoria illuminotecnica di tipo M, ma per la conformazione della strada non è possibile eseguire il calcolo della luminanza media si devono adottare le categorie illuminotecniche come specificato nel prospetto 6 della UNI 11248.

Quando zone di studio adiacenti (per esempio marciapiede adiacente alla strada) e/o contigue (per esempio attraversamento pedonale) prevedono categorie illuminotecniche diverse che a loro volta impongono requisiti prestazionali basati sulla luminanza o sull'illuminamento è necessario individuare le categorie illuminotecniche che presentano un livello luminoso comparabile come specificato nel prospetto 6.

Si deve evitare una differenza maggiore di due categorie illuminotecniche comparabili. La zona in cui il livello luminoso raccomandato è il più elevato, costituisce la zona di riferimento.

Considerate le possibili interazioni esistenti tra le aree adibite al traffico, quelle destinate a parcheggio (pubbliche o private) e, se esistenti, quelle di collegamento tra le due precedenti, il progettista in base alle effettive esigenze e tipologie delle zone da illuminare, deve valutare le condizioni e i requisiti più idonei. Nell'analisi dei rischi devono essere giustificate le ragioni delle categorie illuminotecniche scelte, per le zone associabili alla presenza di traffico, e le condizioni di riferimento della UNI EN 12464-2, per le zone di parcheggio vero e proprio.

prospetto 6 **Comparazione di categorie illuminotecniche**

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizione	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0,05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0,05 \text{ sr}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 > 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4
Nota Per il valore di $Q_0$ vedere punto 13 e l'appendice B.						

$Q_0$  coefficiente medio di luminanza che dipende dalla tipologia della pavimentazione stradale

Le pavimentazioni stradali, impiegate in Italia, quando asciutte, rientrano normalmente nelle classi C1 o C2. In mancanza della misura del fattore di specularità,  $S_1$ , si può ritenere la classe C1 rappresentativa delle pavimentazioni di calcestruzzo e la classe C2 di quelle di asfalto.

Il prospetto B.1 indica i valori medi del fattore di specularità,  $S_1$ , delle classi C1 e C2, ritenute rappresentative delle pavimentazioni di calcestruzzo e di quelle di asfalto.

prospetto B.1 **Classificazione delle pavimentazioni stradali asciutte**

Classe	Ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza	Coefficiente medio di luminanza	Fattore di specularità	Gamma del fattore di specularità
C1	Vedere prospetto C.2	0,10	0,24	$S_1 \leq 0,4$
C2	Vedere prospetto C.3	0,07	0,97	$S_1 > 0,4$

## 7 CLASSIFICAZIONE STRADALE

### 7.1 Classificazione delle strade

Nel presente progetto sono presenti nr.2 strade classificate di tipo "F" secondo il codice della strada e con categoria di ingresso come di seguito riportato:

Strada	Tipo di strada	Limite Velocità (km/h)	Categoria illuminotecnica di Ingresso
1	F - Locale extraurbana	50	M4
2	F - Locale extraurbana	50	M4
3	F - Locale extraurbana	50	M4

### 7.2 Analisi dei rischi e determinazione categoria illuminotecnica di progetto/esercizio

Strada	Categoria illuminotecnica di Ingresso	Riduzione categoria illuminotecnica di ingresso	Categoria illuminotecnica di Progetto/esercizio	Lm (luminanza media mantenuta)	U0	Ui
1	M4	0	M4	0,75	0,4	0,6
2	M4	0	M4	0,75	0,4	0,6
3	M4	0	M4	0,75	0,4	0,6

## 8 CALCOLI STATICI E STRUTTURALI PLINTO DI FONDAZIONE PALI

La presente relazione tratta l'analisi strutturale e le condizioni di stabilità del basamento di fondazione dei pali di illuminazione pubblica.

### 8.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche sono effettuate nello spirito del metodo *semiprobabilistico agli Stati Limite* nel rispetto della normativa vigente, prendendo in particolare a riferimento le seguenti leggi, normative e circolari:

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;

- UNI EN 206 -1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- CNR 10024/86 – Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

## 8.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali.

### 8.2.1 Conglomerato cementizio per fondazioni

Si prevede l'utilizzo di calcestruzzo classe C25/30

Resistenza caratteristica cubica

$$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Resistenza caratteristica cilindrica

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 16.46 \text{ MPa}$$

Resistenza di calcolo a trazione semplice

$$f_{ctd} = \frac{0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c} = 1.71 \text{ MPa}$$

Modulo elastico

$$E_{cm} = 22000 \cdot [(f_{ck} + 8)/10]^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$$

### 8.2.2 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica

$$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$$

Tensione caratteristica a rottura

$$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450/1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$$

Deformazione caratteristica al carico massimo

$$\epsilon_{uk} = 7,5 \%$$

Deformazione di progetto

$$\epsilon_{ud} = 6,75 \%$$

## 8.3 CRITERI DI CALCOLO

Le verifiche sono condotte, in osservanza al D.M. del 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni”, attraverso il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite.



Gli Stati Limite Ultimi delle opere di fondazione si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

Per le strutture assimilabili alle opere di fondazione § 6.4.3 (NTC) devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti Stati Limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
- SLU di tipo strutturale (STR)

Nel paragrafo “Combinazioni di carico agli stati limite” saranno esplicitati i singoli *SLU* appena citati e impiegati per le verifiche.

### 8.3.1 Criteri e definizione dell'azione sismica

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 (NTC), i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 delle NTC. I valori dei parametri sismici assunti sono quelli relativi al sito che presenta il maggior rischio sismico lungo le tratte sulle quali si prevede l'installazione dei pali di illuminazione oggetto del presente documento.

Il rispetto degli Stati Limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 delle (NTC) e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 (NTC).

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) s'intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera da realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

A riguardo del calcolo allo SLV, dovendo la struttura mantenere durante l'evento sismico un comportamento elastico, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara). Tale condizione, in accordo al punto § 7.10.6.1., consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento ( $P_{VR}$ ) in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni;

La classe d'uso assunta è la III;

Dalla tabella Tab.2.4.II delle (NTC) è possibile risalire al valore del coefficiente d'uso ( $C_u$ )

$$C_u = 1.5$$

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 150 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento nel periodo di riferimento ( $P_{VR}$ ), cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(SLV) = 10 \%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica ( $T_R$ ) espresso in anni, vale:

$$T_R(SLV) = 1424 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ , dove:

$a_g$  : accelerazione orizzontale massima del terreno;

$F_0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S$  : coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ ) di cui al § 3.2.3.2.;

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita sono:

STATO LIMITE	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]	$S_s$
SLV	<b>0.238</b>	<b>2.441</b>	<b>0.283</b>	<b>1.528</b>

A favore di sicurezza si è preso il sisma più gravoso tra quelli di tutte le opere con categoria di terreno D.

Il calcolo viene eseguito con i metodi pseudostatici (§ 7.11.6 NTC). L'analisi pseudostatica si effettua mediante i metodi dell'equilibrio limite. Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Pertanto:  $a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.528 \cdot 1.00 \cdot 0.238g = 0.364g$

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti e combinata con le altre azioni in modo tale da produrre gli effetti più sfavorevoli.

### 8.3.2 Combinazioni di carico agli stati limite

Le combinazioni di carico agli stati limite considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto nel Cap. 2 delle (NTC).

Per le opere di fondazione su pali § 6.4.3.1 (NTC) devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti Stati Limite:

- ✓ *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)*
  - Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
  - Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
  - Stabilità globale;
- ✓ *SLU di tipo strutturale (STR)*
  - Raggiungimento della resistenza dei pali
  - Raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali, accertando che la condizione (6.2.1 delle NTC) sia soddisfatta per ogni stato limite preso in considerazione.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II, rispettivamente per le azioni e i parametri geotecnici.

- ✓ combinazione 1 → (A1+M1+R1) → STR
- ✓ combinazione 2 → (A2+M1+R2) → GEO (carico limite)

Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	SIMBOLO $\gamma_F$	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili da traffico (da Tab. 5.1.V NTC)	favorevole	$\gamma_Q$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.35	1.35	1.15

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri del terreno.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFF. PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1	1.25
Resistenza non drenata	$c'_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_r$	1	1

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{STR}) \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{GEO}) \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_{\varphi}))$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Rara}) \Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Frequente}) \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Quasi permanente}) \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione sono le seguenti:

$$\text{STR}) \Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{GEO}) \Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_{\varphi}))$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Ai fini delle verifiche per gli SLU connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  si definisce la seguente combinazione:

$$G_1 + G_2 + A_d + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente  $\psi_{2i}$  sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma.

## 8.4 METODO DI CALCOLO

### 8.4.1 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il plinto (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il plinto (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del plinto (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del plinto (applicato nel baricentro) ed il peso della struttura di elevazione. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### 8.4.2 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del plinto lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il plinto deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: le forze d'inerzia parallela al piano di fondazione, la spinta dovuta al carico da vento.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del plinto. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Nel caso in oggetto verrà assunto un angolo  $\delta_f = \phi$  ed una spinta a valle nulla.

#### 8.4.3 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a seconda se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

$$q_u = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui  $d_c, d_q, d_\gamma$ , sono i fattori di profondità;  $s_c, s_q, s_\gamma$ , sono i fattori di forma;  $i_c, i_q, i_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del carico;  $b_c, b_q, b_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa;  $g_c, g_q, g_\gamma$ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c, N_q, N_\gamma$  sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \cdot \text{tg} \phi$$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

### Fattori di forma

$$\text{per } \phi=0 \quad s_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \text{tg} \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

### Fattori di profondità

Si definisce il parametro  $k$  come

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \arctg \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

$$\text{per } \phi=0 \quad d_c = 0.4k$$

$$\text{per } \phi>0 \quad d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \text{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

### Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione

$B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B'=B-2e_B$   $L'=L-2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$\text{per } \phi = 0 \quad i_c = 1/2(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}})$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

$$\text{per } \eta = 0 \quad i_y = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

$$\text{per } \eta > 0 \quad i_y = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ)H}{V + A_f c_a \text{ctg} \phi}\right)^5$$

#### Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$\text{per } \phi=0 \quad b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = e^{-2\eta \text{tg} \phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta \text{tg} \phi}$$

#### Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con  $\beta$  la pendenza del pendio i fattori  $g$  si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$\text{per } \phi=0 \quad g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05 \operatorname{tg} \beta)^5$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg} \delta + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

#### 8.4.4 Verifiche di stabilità globale

In accordo al § 6.4.2.1 del D.M. 2008 la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'approccio progettuale "Approccio 1 e Combinazione 2".

I coefficienti parziali utilizzati sono riportati nelle tabelle 6.2.1, 6.2.2, 6.2.4 rispettivamente per le azioni e i parametri geotecnici.

Si fa ricorso ad un modello basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci).

Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

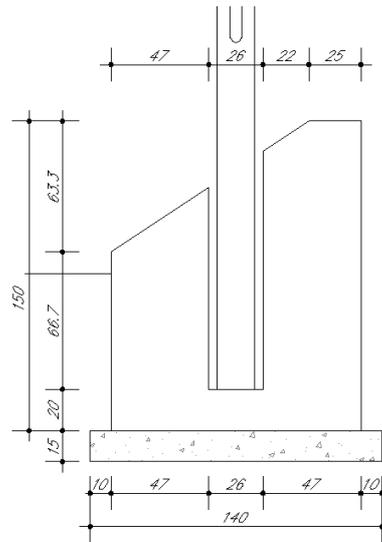
La letteratura tecnica documenta numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza; tra di essi si è optato per quello proposto da Bishop (1955) "semplificato" per superfici di rottura di forma cilindrica.

L'analisi viene condotta con la combinazione A2+M2+R2 sia nella condizione statica che sismica.

## 8.5 PLINTO PALO DI ILLUMINAZIONE

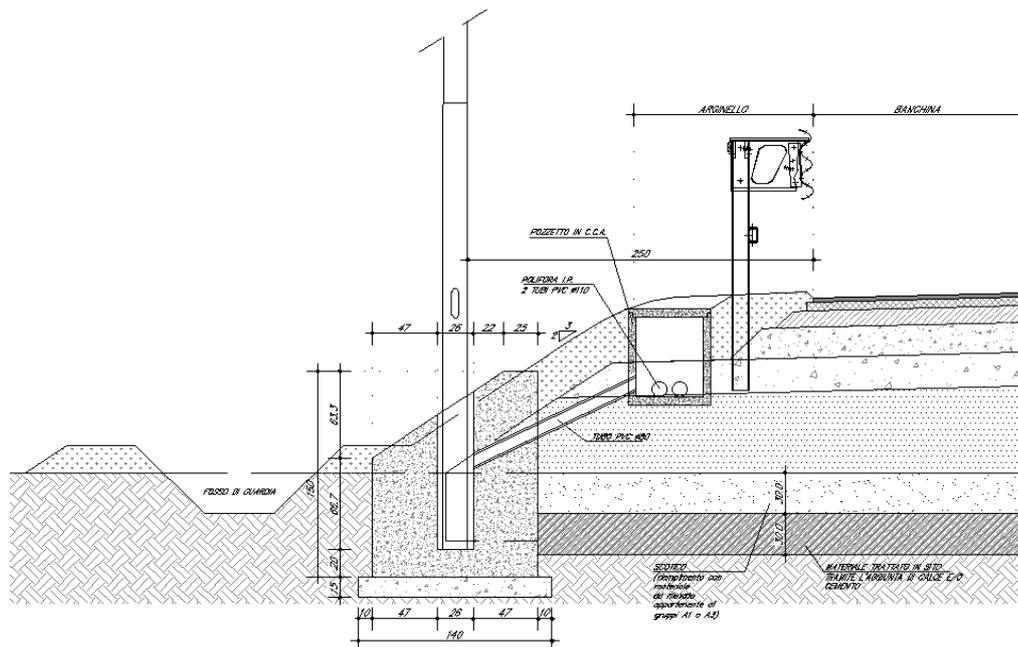
### 8.5.1 Caratteristiche

La geometria della fondazione che ha lo scopo di reggere il palo di illuminazione viene riportata nell'immagine seguente.

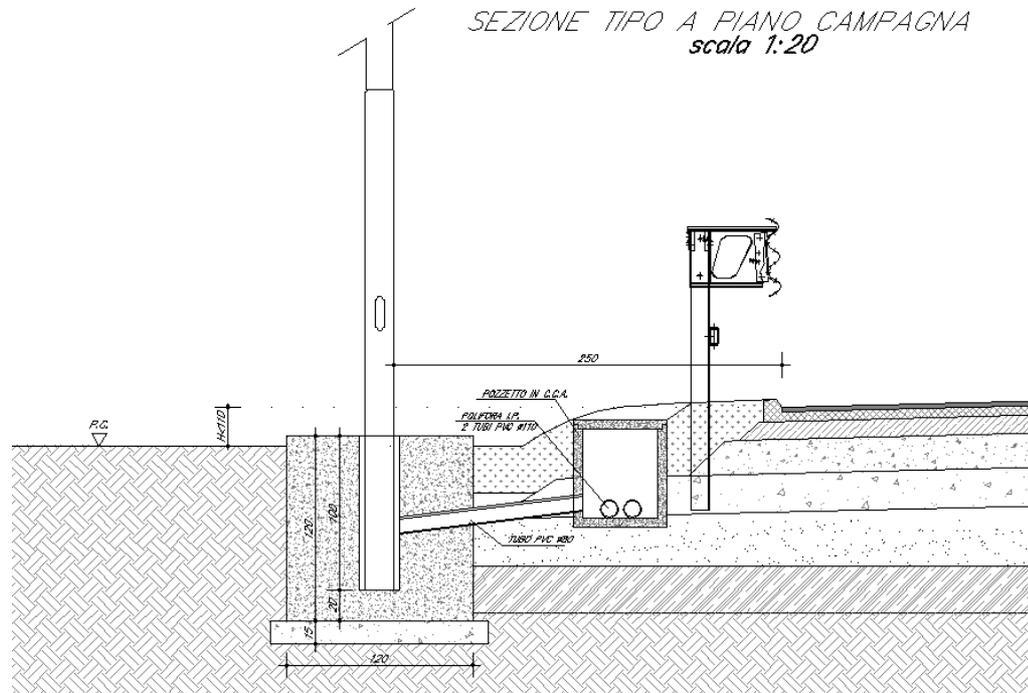


Tale plinto posizionato a lato della carreggiata può trovarsi in due situazioni tipiche:

#### 1) Sezione tipo in rilevato



## 2) Sezione tipo a piano campagna



Nelle pagine seguenti si riportano le verifiche corrispondenti alle condizioni peggiori delle situazioni a cui si fa riferimento (sezione tipo in rilevato).

### 8.5.2 *Analisi dei carichi*

#### **Carichi permanenti**

Dalle valutazioni dei carichi permanenti risultano i seguenti carichi:

- Palo altezza 10.00 m: 2.00 kN
- Sbraccio singolo da 6m: 0.50 kN
- Apparecchio di illuminazione 150 W: 0.20 kN

Il peso del plinto risulta:

$$P_{pi} = (1.20 * 1.20 * 1.30 - 0.13^2 * \pi * 1.00) * 25.00 = 45.47 \text{ kN}$$

#### **Azione del vento**

Il D.M. del 14 Gennaio 2008 al punto 3.3, fornisce indicazioni per il calcolo della velocità di riferimento e della velocità media del vento. L'azione statica equivalente del vento è ricavabile, secondo quanto indicato dallo stesso documento, in funzione della velocità calcolata. Ai fini del calcolo delle sollecitazioni si fa riferimento al vento nella sola direzione perpendicolare all'asse stradale.

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
EE24RINZ709001

Rev.  
A

Foglio  
43 di 57

Si calcola la pressione del vento a 1.5m rispetto al suolo:

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [1/s]
1	25	1000	0.01
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			146
$T_R$ (Tempo di ritorno)			100
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b (T_R = 50 \text{ [m/s]})$			25
$\alpha_R (T_R)$			1.04
$v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s]			26.00



p (pressione [kN/m <sup>2</sup> ] con $c_p$ unitario) = $q_b \cdot c_p \cdot c_d$	0.761
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [kN/m <sup>2</sup> ])	0.423
$c_d$ (coefficiente di esposizione)	1.801
$c_t$ (coefficiente di topografia)	1.00
$c_d$ (coefficiente dinamico)	1.00

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Quota del punto considerato rispetto al suolo  
Distanza media dalla costa in linea d'aria

1.5 m  
145 km

(distanze negative per costruzioni in mare)

ZONE 1,2,3,4,5

A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

\* Categoria II in zona 1,2,3,4  
Categoria III in zona 5  
\*\* Categoria III in zona 2,3,4,5  
Categoria IV in zona 1

ZONA 6

A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8

A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

\* Categoria II in zona 8  
Categoria III in zona 7

ZONA 9

A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Categoria di esposizione	Classe di rugosità	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
II	D	0.19	0.05	4

Si calcola la pressione del vento a 11.5m rispetto al suolo:

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_z$ [1/s]
1	25	1000	0.01
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			146
$T_R$ (Tempo di ritorno)			100
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_z (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$\underline{v}_b (T_R = 50 \text{ [m/s]})$			25
$\alpha_R (T_R)$			1.04
$v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s]			26.00



$p$ (pressione [kN/m <sup>2</sup> ] con $c_p$ unitario) = $q_b \cdot c_e \cdot c_d$	1.032
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [kN/m <sup>2</sup> ])	0.423
$c_e$ (coefficiente di esposizione)	2.442
$c_t$ (coefficiente di topografia)	1.00
$c_d$ (coefficiente dinamico)	1.00

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Quota del punto considerato rispetto al suolo  
Distanza media dalla costa in linea d'aria

11.5 m  
145 km

(distanze negative per costruzioni in mare)

**ZONE 1,2,3,4,5**

	mare	2 km	10 km	30 km	500m	750m
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	III	III	**

\* Categoria II in zona 1,2,3,4  
Categoria III in zona 5  
\*\* Categoria III in zona 2,3,4,5  
Categoria IV in zona 1

**ZONA 6**

	mare	2 km	10 km	30 km
A	--	III	IV	V
B	--	II	III	IV
C	--	II	III	IV
D	I	I	II	III

**ZONE 7,8**

	mare	1.5 km	0.5 km	costa
A	--	--	IV	
B	--	--	IV	
C	--	--	III	
D	I	II	*	

\* Categoria II in zona 6  
Categoria III in zona 7

**ZONA 9**

	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Categoria di esposizione	Classe di rugosità	$k_z$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
II	D	0.19	0.05	4

Coefficiente di forma  $c_p$

Il coefficiente di forma  $c_p$  viene ottenuto facendo riferimento alle indicazioni fornite per i corpi cilindrici:

$c_F = 1.20$

Da quanto sopra riportato si ha:

$p_{v,min} (z_{min} = 1.50m) = p * c_d = 0.761 * 1.20 = 0.9132 \text{ kPa}$   
 $p_{v,max} (z_{min} = 11.50m) = p * c_d = 1.032 * 1.20 = 1.2384 \text{ kPa}$

**Azioni sismiche**

L'azione sismica dovuta alla struttura in elevazione si ottiene mediante la relazione:

$$F_h = k_h * W / g$$

Dove:

W = peso della struttura in elevazione

Mentre l'azione sismica dovuta all'inerzia della fondazione si ottiene mediante la relazione:

$$F_h = k_h * W / g$$

Dove:

W = peso del plinto di fondazione

La forza orizzontale ottenuta dall'analisi, distribuita sull'altezza della struttura, segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, valutata in modo approssimato.

**8.5.3 Azioni all'imposta della fondazione**

Vengono riportate nel seguito le caratteristiche di sollecitazione elementari relative al plinto, riferite agli assi baricentrici della fondazione.

	N [kN]	V [kN]	Mt [kN]
P.p. Sbraccio singolo	0.50	0.00	1.50
P.p. Lampada	0.20	0.00	1.20
P.p. Palo	2.00	0.00	0.00
P.p. Fondazione	45.47	0.00	0.00
Carico da vento	0.00	1.70	11.05
Azione sismica	0.00	17.49	13.12

**8.5.4 Combinazioni di carico**

Le combinazioni di carico sono state determinate in riferimento al par. 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle combinazioni di carico prese in considerazione per le verifiche degli elementi della struttura:

	P.p. Sbr.	Pp Lamp.	P.p. Palo	Fondazione	Vento	Sisma
SLU-STR (Vento)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	0
SLE-Rara (Vento)	1	1	1	1	1	0
SLV-(Sisma)	1	1	1	1	0	1
SLU-GEO (Vento)	1	1	1	1	1.3	0

### 8.5.5 Terne ad intradosso fondazione

Nelle tabelle successive vengono riportati, per ciascuna delle combinazioni di carico descritte, i valori assunti dalle componenti di sollecitazione, calcolati secondo il procedimento descritto nel paragrafo “Criteri di calcolo”.

	N [kN]	V [kN]	M [kNm]
STR	65.03	2.55	20.22
SLE RARA	48.17	1.7	13.75
SLV	48.17	17.49	15.82
SLU GEO	48.17	2.21	17.07

### 8.5.6 Verifiche del basamento

#### **Verifiche SLU (EQU) di tipo geotecnico e di equilibrio di corpo rigido**

Le verifiche eseguite sono le seguenti:

- Collasso per carico limite dell’insieme fondazione-terreno;
- Ribaltamento;
- Scorrimento sul piano di posa;

Per la definizione del carico del terreno di fondazione è stata adottato il metodo di Brinch-Hansen.

Di seguito si riporta un quadro riassuntivo delle verifiche eseguite, e per ciascuna di esse sarà esplicitata quella con il coefficiente di sicurezza minore.

**Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno**

La verifica viene eseguita per la combinazione peggiore ovvero la SLU-STR.

**DATI DI INPUT**

Larghezza della fondazione	B	1.20 m
Lunghezza della fondazione	L	1.20 m
Rapporto tra le lunghezze	B/L	1.00
Approfondimento della fondazione	D	0.60 m
Inclinazione della base		0.00 °
Sforzo normale		65.03 kN
Taglio in direzione larghezza		2.55 kN
Taglio in direzione lunghezza		0.00 kN
Mom. flett. in direzione larghezza		20.22 kNm
Mom. flett. in direzione lunghezza		0.00 kNm
Angolo di attrito del terreno		27.00 °
Coesione drenata		0.00 kPa
Peso specifico totale del terreno $\gamma$		19.00 kN/m <sup>3</sup>
Profondità della falda da p.c. $z_f$		10.00 m
Distanza quota di falda - piano di imposta fondazione $z_w$		9.40 m
Peso specifico di calcolo $\gamma'_c$		19.00 kN/m <sup>3</sup>
Pressione in superficie		0.00 kPa
Peso specifico del terreno latistante $\gamma_{lat}$		19.00 kN/m <sup>3</sup>
Pressione al piano di posa delle fondazioni		11.40 kPa
Eccentricità in direzione larghezza		0.31 m
Eccentricità in direzione lunghezza		0.00 m
Larghezza ridotta		0.58 m
Lunghezza ridotta		1.20 m
Coefficiente $\gamma_R$		<b>2.30</b>
Inclinazione piano campagna		0.00 °

**RISULTATI**

	Termine di superficie	Termine di coesione	Termine di profondità
	$0.5 \cdot \gamma \cdot B = 5.49$	$c' = 0.00$	$q = 11.40$
<b>Fattori di :</b>			
capacità portante	$N_\gamma = 14.47$	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$
forma	$s_\gamma = 1.00$	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$
approfondimento	$d_\gamma = /$	$d_c = 1.26$	$d_q = 1.24$
<b>Fattori correttivi di :</b>			
incl. del carico	$i_\gamma = 0.89$	$i_c = 0.92$	$i_q = 0.92$
incl. della base	$b_\gamma = 1.00$	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$
incl. piano campagna	$g_\gamma = 1.00$	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$
<b>Termini complessivi di :</b>			
Superficie	70.48		
Coesione	0.00		
Profondità	172.83		
Pressione media (N/A) =	112.48 kPa		
Pressione limite =	105.79 kPa		
Carico limite =	73.39 kN		

Essendo l'azione sollecitante (65 kN) inferiore al carico limite (73kN) la verifica risulta soddisfatta.

### **Ribaltamento**

La verifica viene riportata solo per la combinazione SLU.

Si riportano in seguito il valore del momento ribaltante.

Combinazione SLU - EQU (Vento):

$$M_{Rib} = 20.22 \text{ kNm}$$

Si riporta di seguito il valore del momento stabilizzante.

$$M_{Res,t} = 21.36 \text{ kNm}$$

Il coefficiente di sicurezza assume conseguentemente il seguente valore:

$$FS_{rib,t} = 1.06$$

La verifica risulta soddisfatta

### **Scorrimento sul piano di posa**

Si riportano in seguito i valori delle spinte instabilizzanti in direzione trasversale e longitudinale nelle combinazioni relative alla verifica in oggetto:

- Combinazione SLU - GEO (Vento):

$$V_{Sco,l} = 2.21 \text{ kN}$$

- Combinazione SLV - (Sisma):

$$V_{Sco,l} = 17.49 \text{ kN}$$

I valori del taglio stabilizzante vengono calcolati trascurando largamente a favore di sicurezza, il contributo esplicito dalle spinte litostatiche sulle pareti verticali del plinto ed il peso della struttura in elevazione e risultano:

$$V_{Stab} = Ntg\phi = 48.17 \text{ kN} \quad tg(27^\circ) = 24.54 \text{ kN}$$

I coefficienti di sicurezza assumono conseguentemente i seguenti valori:

- Combinazione SLU - GEO (Vento):

$$FS_{sco,l} = 10.85 > 1.10$$

- Combinazione SLV - (Sisma long):

$$FS_{sco,t} = 1.40 > 1.10$$

Le verifiche risultano soddisfatte

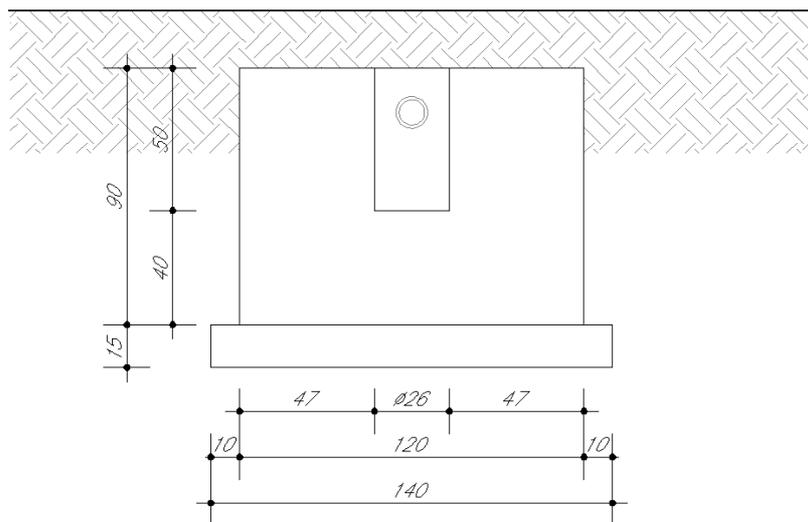
### Verifiche strutturali

La struttura in esame risulta molto tozza e le sollecitazioni insorgenti dai carichi descritti risultano sempre di lieve entità, le verifiche strutturali risultano quindi sempre verificate.

## 8.6 PLINTO PALO DI ILLUMINAZIONE ATTRAVERSAMENTO CICLOPEDONALE

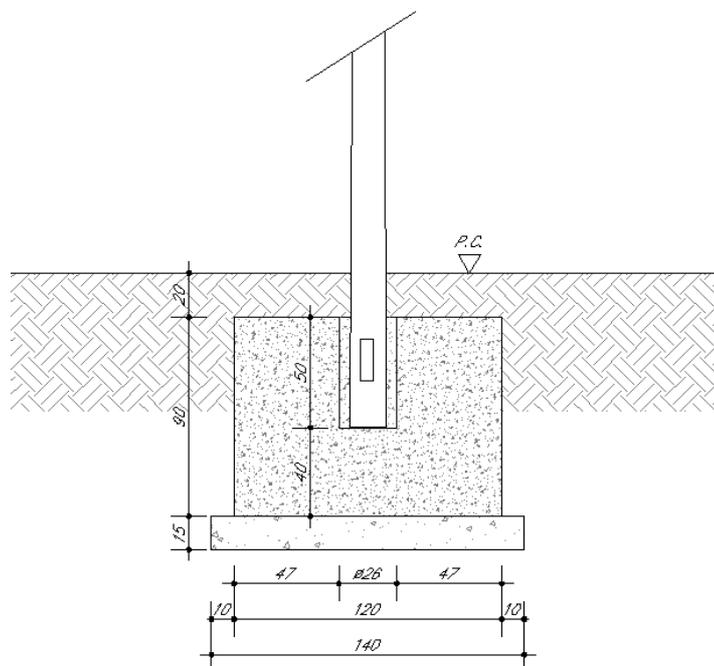
### 8.6.1 Caratteristiche

La geometria della fondazione che ha lo scopo di reggere il palo di illuminazione viene riportata nell'immagine seguente.



Tale plinto posizionato si trova immerso nel terreno come rappresentato in seguito:

SEZIONE A-A  
scala 1:20



Nelle pagine seguenti si riportano le verifiche del plinto nella configurazione sopra riportata.

### 8.6.2 Analisi dei carichi

#### Carichi permanenti

Dalle valutazioni dei carichi permanenti risultano i seguenti carichi:

- Palo altezza 5.00 m: 0.75 kN
- Sbraccio singolo 4m: 0.50 kN
- Apparecchio di illuminazione 150 W: 0.20 kN

Il peso del plinto risulta:

$$P_{pl} = (1.20 * 1.20 * 0.90 - 0.13^2 * \pi * 0.50) * 25.00 = 31.74 \text{ kN}$$

#### Azione del vento

Il D.M. del 14 Gennaio 2008 al punto 3.3, fornisce indicazioni per il calcolo della velocità di riferimento e della velocità media del vento. L'azione statica equivalente del vento è ricavabile, secondo quanto indicato dallo stesso documento, in funzione della velocità calcolata. Ai fini del calcolo delle sollecitazioni si fa riferimento al vento nella sola direzione perpendicolare all'asse stradale.

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
EE24RINZ709001

Rev.  
A

Foglio  
51 di 57

Si calcola la pressione del vento a 1.5m rispetto al suolo:

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_z$ [1/s]
1	25	1000	0.01
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			146
$T_R$ (Tempo di ritorno)			100
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_z (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])			25
$\alpha_R$ ( $T_R$ )			1.04
$v_b$ ( $T_R$ ) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]			26.00



$p$ (pressione [kN/m <sup>2</sup> ] con $c_p$ unitario) = $q_b \cdot c_p \cdot c_{pe}$	0.761
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [kN/m <sup>2</sup> ])	0.423
$c_{pe}$ (coefficiente di esposizione)	1.801
$c_t$ (coefficiente di topografia)	1.00
$c_d$ (coefficiente dinamico)	1.00

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Quota del punto considerato rispetto al suolo  
Distanza media dalla costa in linea d'aria

1.5 m
145 km

(distanze negative per costruzioni in mare)

ZONE 1,2,3,4,5

A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

\* Categoria II in zona 1,2,3,4  
Categoria III in zona 5  
\*\* Categoria III in zona 2,3,4,5  
Categoria IV in zona 1

ZONA 6

A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8

	mare	costa	
	1.5 km	0.5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

\* Categoria II in zona 8  
Categoria III in zona 7

ZONA 9

A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Categoria di esposizione	Classe di rugosità	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
II	D	0.19	0.05	4

Si calcola la pressione del vento a 5.00m rispetto al suolo:

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [1/s]
1	25	1000	0.01
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			146
$T_R$ (Tempo di ritorno)			100
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$\underline{v}_b (T_R = 50 \text{ [m/s]})$			25
$\alpha_R (T_R)$			1.04
$v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s]			26.00



$p$ (pressione [kN/m <sup>2</sup> ] con $c_p$ unitario) = $q_b \cdot c_e \cdot c_d$	0.815
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [kN/m <sup>2</sup> ])	0.423
$c_e$ (coefficiente di esposizione)	1.929
$c_t$ (coefficiente di topografia)	1.00
$c_d$ (coefficiente dinamico)	1.00

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Quota del punto considerato rispetto al suolo  
Distanza media dalla costa in linea d'aria

5 m  
145 km

(distanze negative per costruzioni in mare)

ZONE 1,2,3,4,5

A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

\* Categoria II in zona 1,2,3,4  
Categoria III in zona 5  
\*\* Categoria III in zona 2,3,4,5  
Categoria IV in zona 1

ZONA 6

A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8

A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

\* Categoria II in zona 8  
Categoria III in zona 7

ZONA 9

A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Categoria di esposizione	Classe di rugosità	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
II	D	0.19	0.05	4

### Coefficiente di forma $c_p$

Il coefficiente di forma  $c_p$  viene ottenuto facendo riferimento alle indicazioni fornite per i corpi cilindrici:

$$c_F = 1.20$$

Da quanto sopra riportato si ha:

$$p_{v,min} (z_{min} = 1.50m) = p * c_d = 0.761 * 1.20 = 0.9132 \text{ kPa}$$

$$p_{v,max}(z_{min} = 5.000m) = p * c_d = 0.815 * 1.20 = 0.978 \text{ kPa}$$

### Azioni sismiche

L'azione sismica dovuta alla struttura in elevazione si ottiene mediante la relazione:

$$F_h = k_h * W / g$$

Dove:

W = peso della struttura in elevazione

Mentre l'azione sismica dovuta all'inerzia della fondazione si ottiene mediante la relazione:

$$F_h = k_h * W / g$$

Dove:

W = peso del plinto di fondazione

La forza orizzontale ottenuta dall'analisi, distribuita sull'altezza della struttura, segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, valutata in modo approssimato.

#### 8.6.3 Azioni all'imposta della fondazione

Vengono riportate nel seguito le caratteristiche di sollecitazione elementari relative al plinto, riferite agli assi baricentrici della fondazione.

	N [kN]	V [kN]	Mt [kN]
P.p. Sbraccio singolo	0.50	0.00	1.00
P.p. Lampada	0.20	0.00	0.80
P.p. Palo	0.75	0.00	0.00
P.p. Fondazione	31.74	0.00	0.00
Carico da vento	0.00	1.50	5.18
Azione sismica	0.00	15.83	9.50

#### 8.6.4 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico sono state determinate in riferimento al par. 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.  
Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle combinazioni di carico prese in considerazione per le verifiche degli elementi della struttura:

	P.p. Sbr.	Pp Lamp.	P.p. Palo	P.p. Cartello	Fondazione	Vento	Sisma
SLU-STR (Vento)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	0
SLE-Rara (Vento)	1	1	1	1	1	1	0
SLV-(Sisma)	1	1	1	1	1	0	1
SLU-GEO (Vento)	1	1	1	1	1	1.3	0
SLU-EQU	0.9/1.1	0.9/1.1	0.9/1.1	0.9/1.1	0.9/1.1	1.5	0

### 8.6.5 Terne ad intradosso fondazione

Nelle tabelle successive vengono riportati, per ciascuna delle combinazioni di carico descritte, i valori assunti dalle componenti di sollecitazione, calcolati secondo il procedimento descritto nel paragrafo "Criteri di calcolo".

	N [kN]	V [kN]	M [kNm]
STR	44.81	2.25	9.52
SLE RARA	33.19	1.5	6.53
SLV	33.19	12.04	9.02
SLU GEO	33.19	1.95	7.94

### 8.6.6 Verifiche del basamento

#### **Verifiche SLU (EQU) di tipo geotecnico e di equilibrio di corpo rigido**

Le verifiche eseguite sono le seguenti:

- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- Ribaltamento;
- Scorrimento sul piano di posa;

Per la definizione del carico del terreno di fondazione è stata adottato il metodo di Brinch-Hansen.

Di seguito si riporta un quadro riassuntivo delle verifiche eseguite, e per ciascuna di esse sarà esplicitata quella con il coefficiente di sicurezza minore.

**Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno**

La verifica viene eseguita per la combinazione peggiore ovvero la SLU-STR.

**DATI DI INPUT**

Larghezza della fondazione	B	1.20 m
Lunghezza della fondazione	L	1.20 m
Rapporto tra le lunghezze	B/L	1.00
Approfondimento della fondazione	D	1.10 m
Inclinazione della base		0.00 °
Sforzo normale		44.79 kN
Taglio in direzione larghezza		2.25 kN
Taglio in direzione lunghezza		0.00 kN
Mom. flett. in direzione larghezza		9.52 kNm
Mom. flett. in direzione lunghezza		0.00 kNm
Angolo di attrito del terreno		27.00 °
Coesione drenata		0.00 kPa
Peso specifico totale del terreno $\gamma$		19.00 kN/m <sup>3</sup>
Profondità della falda da p.c. $z_f$		10.00 m
Distanza quota di falda - piano di imposta fondazione $z_w$		8.90 m
Peso specifico di calcolo $\gamma'_c$		19.00 kN/m <sup>3</sup>
Pressione in superficie		0.00 kPa
Peso specifico del terreno latistante $\gamma_{lat}$		19.00 kN/m <sup>3</sup>
Pressione al piano di posa delle fondazioni		20.90 kPa
Eccentricità in direzione larghezza		0.21 m
Eccentricità in direzione lunghezza		0.00 m
Larghezza ridotta		0.77 m
Lunghezza ridotta		1.20 m
Coefficiente $\gamma_R$		<b>2.30</b>
Inclinazione piano campagna		0.00 °

RISULTATI		Termine di superficie	Termine di coesione	Termine di profondità
		$0.5 \cdot \gamma' \cdot B' = 7.36$	$c' = 0.00$	$q' = 20.90$
<b>Fattori di :</b>				
capacità portante	<b>N<math>\gamma</math> =</b>	14.47	<b>N<math>c</math> =</b>	23.94
forma	<b>s<math>\gamma</math> =</b>	1.00	<b>s<math>c</math> =</b>	1.00
approfondimento	<b>d<math>\gamma</math> =</b>	/	<b>d<math>c</math> =</b>	1.31
<b>Fattori correttivi di :</b>				
incl. del carico	<b>i<math>\gamma</math> =</b>	0.86	<b>i<math>c</math> =</b>	0.89
incl. della base	<b>b<math>\gamma</math> =</b>	1.00	<b>b<math>c</math> =</b>	1.00
incl. piano campagna	<b>g<math>\gamma</math> =</b>	1.00	<b>g<math>c</math> =</b>	1.00
<b>Termini complessivi di :</b>				
Superficie		<b>91.26</b>		
Coesione		<b>0.00</b>		
Profondità		<b>321.20</b>		
Pressione media (N/A') =	57.80	<b>kPa</b>		
Pressione limite =	179.33	<b>kPa</b>		
Carico limite =	<b>166.76</b>	<b>kN</b>		

Essendo l'azione sollecitante (44.79 kN) inferiore al carico limite (167kN) la verifica risulta soddisfatta.



### **Ribaltamento**

La verifica viene riportata per la combinazione SLU-EQU (Vento) e SLU-EQU (Sisma).

Si riportano di seguito il valore del momento ribaltante.

Combinazione SLU - EQU (Vento):

$$M_{\text{Rib}} = 9.52 \text{ kNm}$$

Combinazione SLU - EQU (Sisma):

$$M_{\text{Rib}} = 9.02 \text{ kNm}$$

Si riporta di seguito il valore del momento stabilizzante.

$$M_{\text{Res,t}} = 14.62 \text{ kNm}$$

Il coefficiente di sicurezza assume conseguentemente nella condizione più sfavorevole il seguente valore:

$$FS_{\text{rib,t}} = 1.54 \text{ kNm}$$

La verifica risulta soddisfatta

### **Scorrimento sul piano di posa**

Si riportano di seguito i valori delle spinte instabilizzanti in direzione trasversale e longitudinale nelle combinazioni relative alla verifica in oggetto:

Combinazione SLU - GEO (Vento):

$$V_{\text{Sco,l}} = 1.95 \text{ kN}$$

Combinazione SLV - (Sisma):

$$V_{\text{Sco,l}} = 12.04 \text{ kN}$$

I valori del taglio stabilizzante vengono calcolati trascurando largamente a favore di sicurezza, il contributo di esplicito dalle spinte litostatiche sulle pareti verticali del plinto ed il peso della struttura in elevazione e risultano:

$$V_{\text{Stab}} = N \text{tg}\phi = 33.19 \text{ kN} \text{ tg}(27^\circ) = 16.91 \text{ kN}$$

I coefficienti di sicurezza assumono conseguentemente i seguenti valori:

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
EE24RINZ709001

Rev.  
A

Foglio  
57 di 57

Combinazione SLU - GEO (Vento):

$$FS_{sco,l} = 8.67 \text{ kNm} > 1.10$$

Combinazione SLV:

$$FS_{sco,t} = 1.40 \text{ kNm} > 1.10$$

Le verifiche risultano soddisfatte

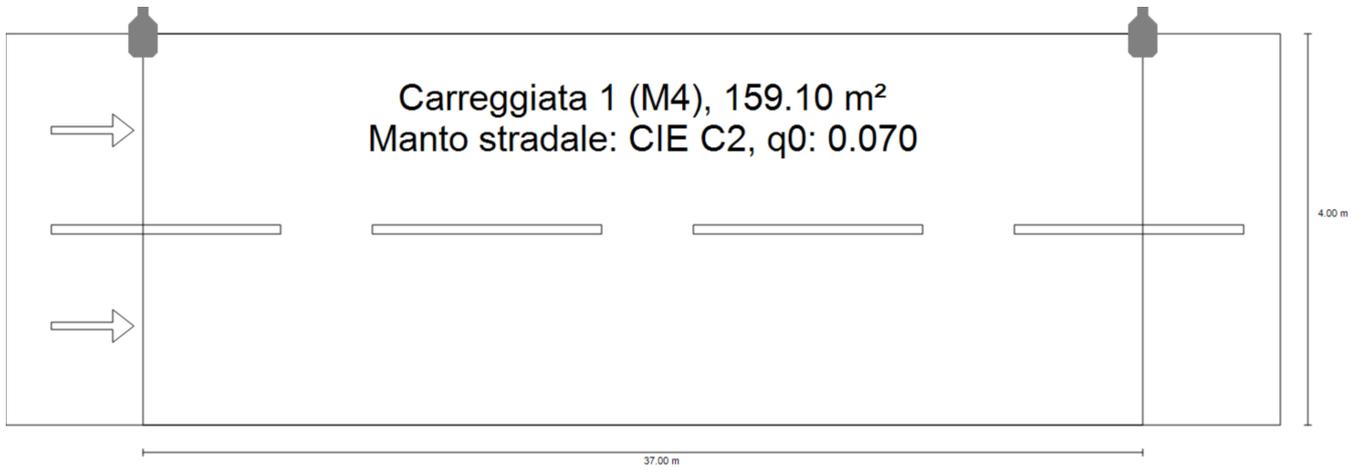
### **Verifiche strutturali**

La struttura in esame risulta molto tozza e le sollecitazioni insorgenti dai carichi descritti risultano sempre di lieve entità, le verifiche strutturali risultano quindi sempre verificate.

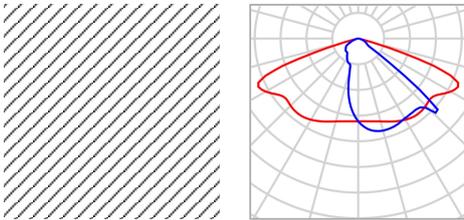
# **ALLEGATI**

Via Mazzuchelli · Alternativa 1

**Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)**



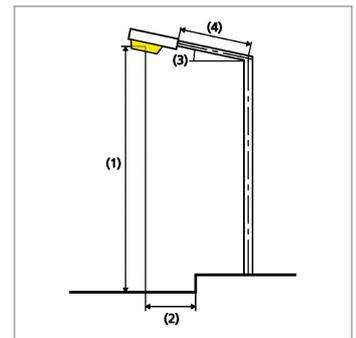
Via Mazzuchelli · Alternativa 1

**Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)**

Produttore	iGuzzini illuminazione S.p.A	P	66.0 W
Articolo No.	EQ26_C42L	$\Phi_{Lampadina}$	9330 lm
Nome articolo	Street: Pole-mounted system - ST1 optic - Warm White - Midnight - $\varnothing$ 46-60-76mm - 66W 9330lm - 3000K	$\Phi_{Lampada}$	9330 lm
Dotazione	1x LED / 61W	$\eta$	100.00 %

Street: Pole-mounted system - ST1 optic - Warm White - Midnight -  $\varnothing$ 46-60-76mm - 66W 9330lm - 3000K (su un lato sopra)

Distanza pali	37.000 m
(1) Altezza fuochi	10.000 m
(2) Distanza fuochi	0.000 m
(3) Inclinazione braccio	0.0°
(4) Lunghezza braccio	3.000 m
Ore di esercizio annuali	4000 h: 100.0 %, 66.0 W
Consumo	1782.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. intensità luminosa	$\geq 70^\circ$ : 646 cd/klm
Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.	$\geq 80^\circ$ : 11.8 cd/klm $\geq 90^\circ$ : 0.00 cd/klm
Classe intensità luminosa	G*3
I valori intensità luminosa in [cd/klm] per calcolare la classe intensità luminosa si	



Via Mazzuchelli · Alternativa 1

**Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)**

riferiscono, conformemente alla EN 13201:2015, al flusso luminoso lampade.

Classe indici di abbagliamento	D.6
--------------------------------	-----

## Risultati per i campi di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Carreggiata 1 (M4)	L <sub>m</sub>	0.91 cd/m <sup>2</sup>	≥ 0.75 cd/m <sup>2</sup>	✓
	U <sub>o</sub>	0.76	≥ 0.40	✓
	U <sub>l</sub>	0.74	≥ 0.60	✓
	TI	8 %	≤ 15 %	✓
	R <sub>EI</sub>	0.76	≥ 0.30	✓

Per l'installazione è stato previsto un fattore di manutenzione di 0.70.

## Risultati per gli indicatori dell'efficienza energetica

	Unità	Calcolato	Consumo
Via Mazzuchelli	D <sub>p</sub>	0.032 W/lx*m <sup>2</sup>	-
Street: Pole-mounted system - ST1 optic - Warm White - Midnight - ø46-60-76mm - 66W 9330lm - 3000K (su un lato sopra)	D <sub>e</sub>	1.7 kWh/m <sup>2</sup> anno	264.0 kWh/anno