

CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA
COMUNE DI VALSAMOGGIA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO UNITARIO DI INIZIATIVA
PRIVATA IN ATTUAZIONE DEGLI AMBITI APS.e. e APS.i.1
SCHEDE NN. 24-25 VIA LUNGA NORD del P.O.C.
IN LOCALITA' CREPELLANO VIA DI VITTORIO-VIA PASTORE

PROGETTAZIONE:

ROVER SRL
ARCHITETTURA & INGEGNERIA

PIAZZA DEI MARTIRI 1943-1945 n.1 40121 BOLOGNA
TEL 051.220088 FAX 051.3370837 info@roversrl.com

ATTUATORE:

F.LLI FINI COSTRUZIONI s.r.l.

VIA SAN LUCA n.5

40053 VALSAMOGGIA Loc. MONTEVEGLIO (BO)

C.F. 02259361208

RESPONSABILE DI PROGETTO:

ING. MASSIMO FORESTI

GRUPPO DI LAVORO:

ROVER s.r.l.

PROGETTO URBANISTICO GENERALE:

ING. MASSIMO FORESTI

COLLABORATORI:

ING. ELENA ROVERI

ING. ANTONIO DOMENICALI

OGGETTO ELABORATO:

OPERE DI URBANIZZAZIONE:
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA E STABILITA' DEI PLINTI
PER LA RETE DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

CODICI :	CODICE COMMESSA	TIPOLOGIA PROGETTO	TEMA	TIPO ELABORATO	CODICE	REVISIONE CORRENTE
RIFERIMENTI ELABORATO:	RVR 033.7	DEF	OOU	RL	2.10	0
file: x:\20 progetto puo\2018.09.13 cartigli.dwg						

	DATA	NOTE DI REVISIONE:	REDATTO	APPROVATO
EMISSIONE	14.09.2018	Emissione	MF - ER	MF
PROG. REVISIONE	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

PROTOCOLLI E VISTI :

Viabilità Crespellano

Valutazione VIA LUNGA

NOTE:

- disposizione pali definita dal cliente
- apparecchio Civiteq 36L50

N° Progetto: 0001959321

L'elaborato è da intendere unicamente come proposta di massima predisposta sulla base dei dati e delle informazioni fornite dal Cliente allo scopo di formulare una proposta commerciale. Il Cliente è dunque tenuto prima dell'ordine a verificare la correttezza e/o idoneità e/o adeguatezza dell'elaborato di massima in relazione al quale la ZG Lighting srl non assume alcuna responsabilità non potendo ricevere alcun incarico specifico di progettazione.:

Data: 10.05.2018

Redattore: Ufficio Tecnico

ZG Lighting srl
via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

Redattore Ufficio Tecnico
Telefono +39 051 763391
Fax +39 051 763088
e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Indice

Viabilità Crespellano	
Copertina progetto	1
Indice	2
Via Lunga (S2)	
Dati di pianificazione	3
Lista pezzi lampade	4
Lampade (planimetria)	5
Rendering 3D	6
Rendering colori sfalsati	7
Superfici esterne	
Griglia di calcolo Totale	
Riepilogo	8
Grafica dei valori (E, perpendicolare)	9
Griglia di calcolo Strada	
Riepilogo	10
Grafica dei valori (E, perpendicolare)	11

ZG Lighting srl

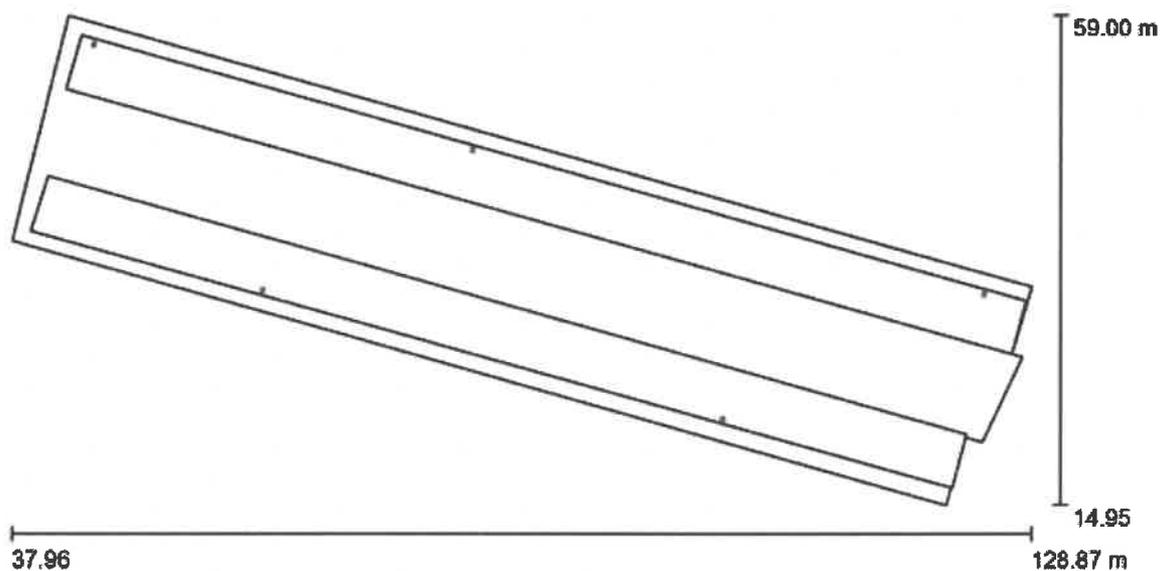
via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

Redattore Ufficio Tecnico

Telefono +39 051 763391

Fax +39 051 763088

e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Via Lunga (S2) / Dati di pianificazione

Fattore di manutenzione: 0.90, ULR (Upward Light Ratio): 0.0%

Scala 1:650

Distinta lampade

No.	Pezzo	Denominazione (Fattore di correzione)	I (Lampada) [lm]	I (Lampadine) [lm]	P [W]
1	5	Thorn 96628476 CQ 36L50-730 NR BPS CL2 M60 [STD] (1.000)	6955	6955	55.0
Totale:			34775	Totale: 34775	275.0

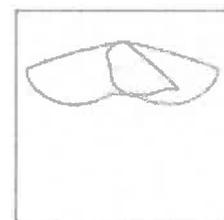
ZG Lighting srl

via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

Redattore Ufficio Tecnico
Telefono +39 051 763391
Fax +39 051 763088
e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Via Lunga (S2) / Lista pezzi lampade

5 Pezzo Thorn 96628476 CQ 36L50-730 NR BPS CL2
M60 [STD]
Articolo No.: 96628476
Flusso luminoso (Lampada): 6955 lm
Flusso luminoso (Lampadine): 6955 lm
Potenza lampade: 55.0 W
Classificazione lampade secondo CIE: 100
CIE Flux Code: 34 73 97 100 100
Dotazione: 1 x LED 55 W (Fattore di correzione
1.000).



ZG Lighting srl

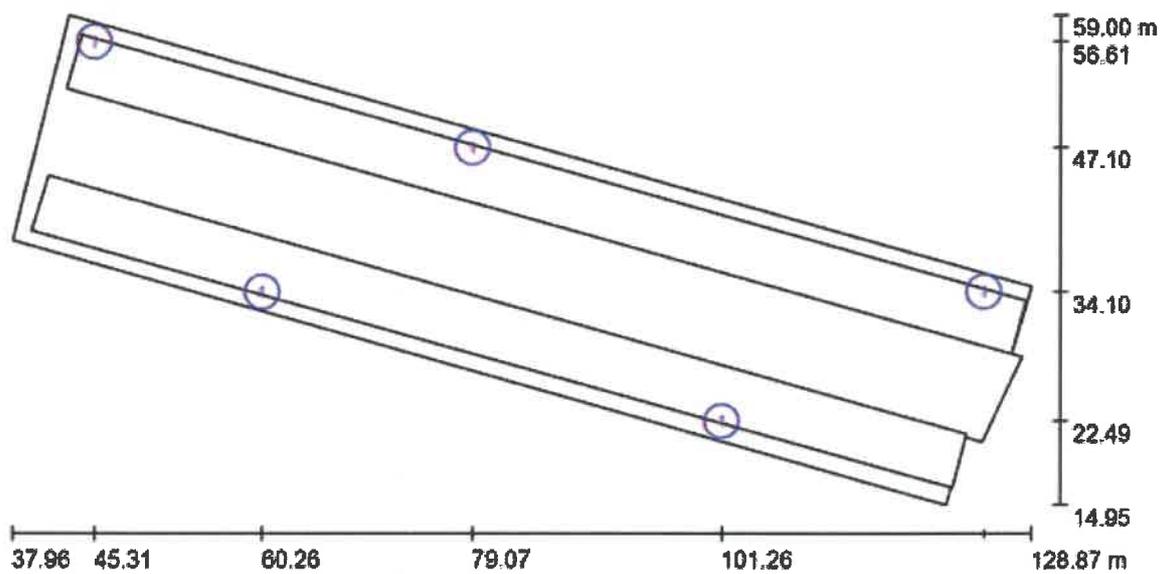
via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

Redattore Ufficio Tecnico

Telefono +39 051 763391

Fax +39 051 763088

e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Via Lunga (S2) / Lampade (planimetria)

Scala 1 : 650

Distinta lampade

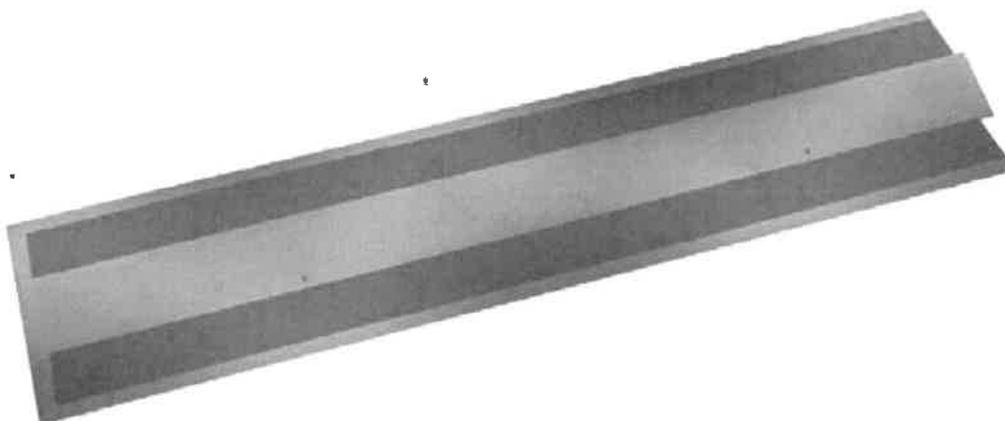
No.	Pezzo	Denominazione
1	5	Thorn 96628476 CQ 36L50-730 NR BPS CL2 M60 [STD]

ZG Lighting srl

via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

Redattore Ufficio Tecnico
Telefono +39 051 763391
Fax +39 051 763088
e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

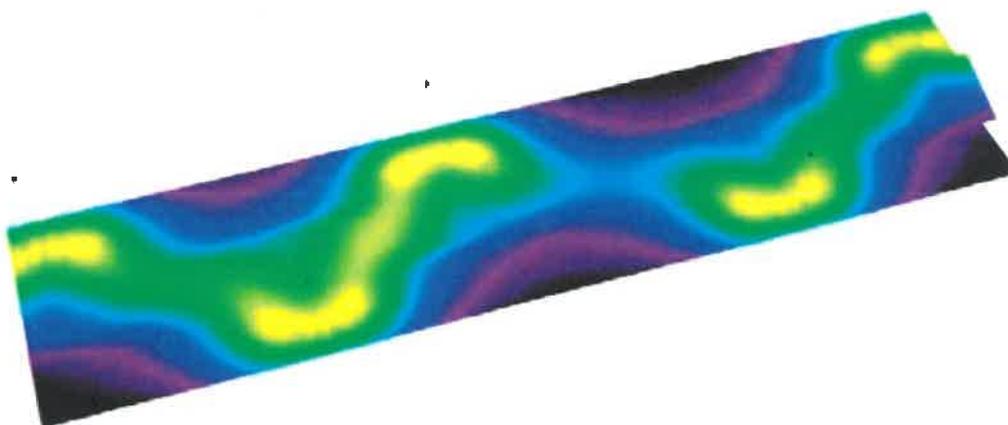
Via Lunga (S2) / Rendering 3D



ZG Lighting srl
via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

Redattore Ufficio Tecnico
Telefono +39 051 763391
Fax +39 051 763088
e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Via Lunga (S2) / Rendering colori sfalsati



2 5.50 9 12.50 16 19.50 23 26.50 30 lx

ZG Lighting srl

via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

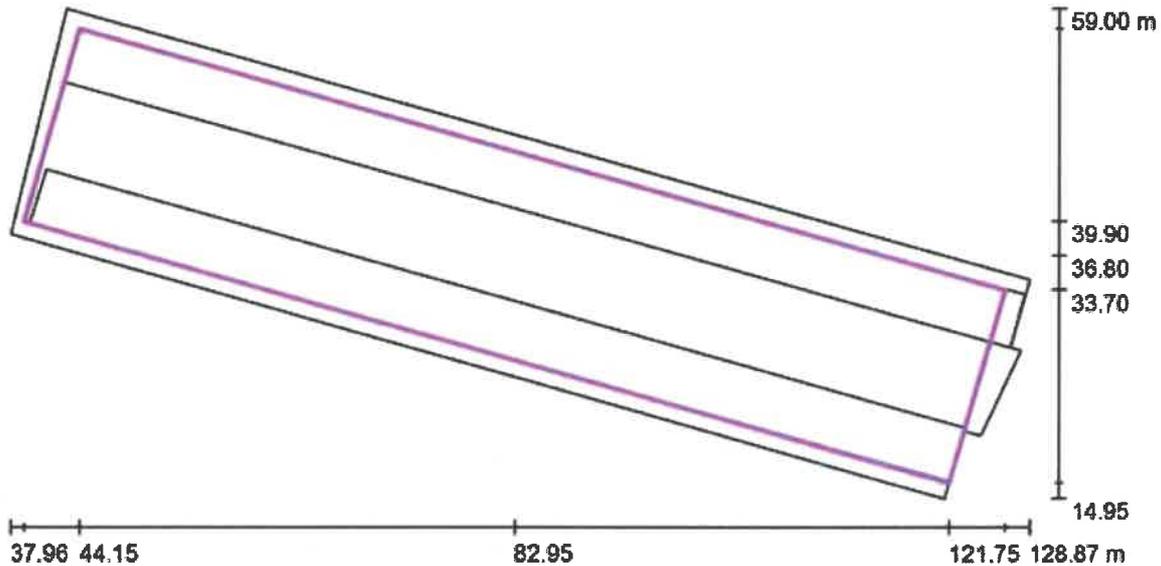
Redattore Ufficio Tecnico

Telefono +39 051 763391

Fax +39 051 763088

e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Via Lunga (S2) / Griglia di calcolo Totale / Riepilogo



Scala 1 : 650

Posizione: (82.948 m, 36.798 m, 0.000 m)

Dimensioni: (85.817 m, 18.000 m)

Rotazione: (0.0°, 0.0°, -15.9°)

Tipo: Normale, Reticolo: 30 x 7 Punti

Panoramica risultati

No.	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	E_h m^2/E_m	H [m]	Fotocamera
1	perpendicolare	12	2.32	20	0.19	0.12	/	0.000	/

 $E_{h m^2/E_m}$ = Rapporto tra illuminamento centrale orizzontale e verticale, H = Altezza di misurazione

ZG Lighting srl

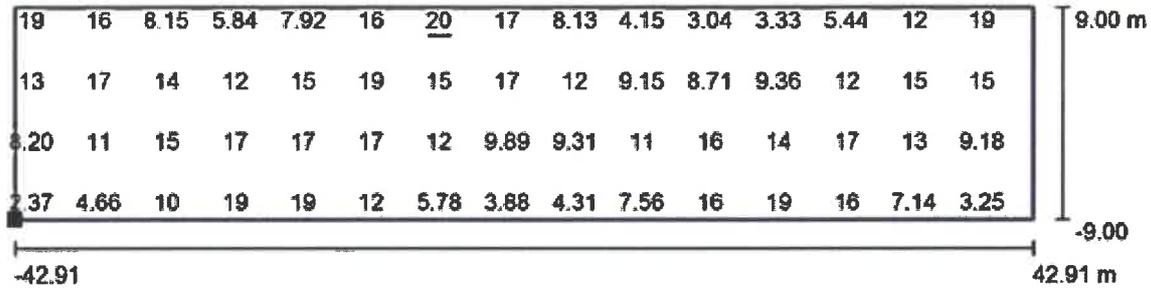
via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

Redattore Ufficio Tecnico

Telefono +39 051 763391

Fax +39 051 763088

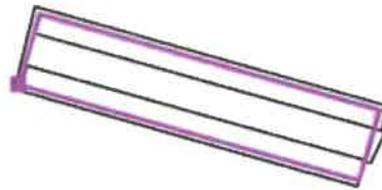
e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Via Lunga (S2) / Griglia di calcolo Totale / Grafica dei valori (E, perpendicolare)

Valori in Lux, Scala 1 : 614

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato: (39.215 m,
39.898 m, 0.000 m)



Reticolo: 30 x 7 Punti

 E_m [lx]
12

 E_{min} [lx]
2.32

 E_{max} [lx]
20

 E_{min} / E_m
0.19

 E_{min} / E_{max}
0.12

ZG Lighting srl

via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

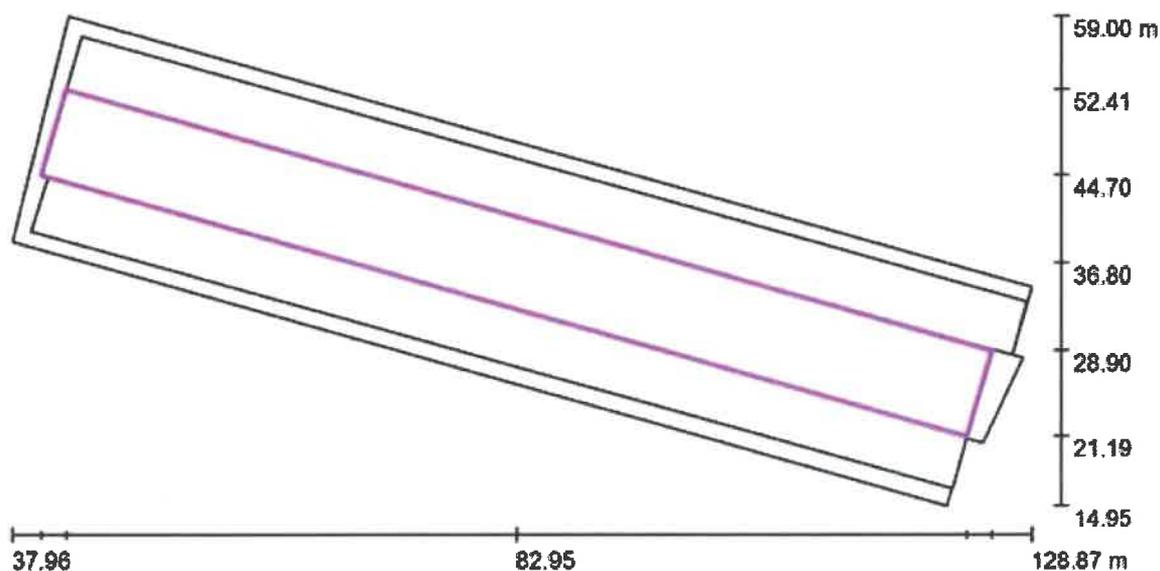
Redattore Ufficio Tecnico

Telefono +39 051 763391

Fax +39 051 763088

e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Via Lunga (S2) / Griglia di calcolo Strada / Riepilogo



Scala 1 : 650

Posizione: (82.949 m, 36.801 m, 0.000 m)

Dimensioni: (85.817 m, 8.009 m)

Rotazione: (0.0°, 0.0°, -15.9°)

Tipo: Normale, Reticolo: 30 x 7 Punti

Panoramica risultati

No.	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	E_h m/ E_m	H [m]	Fotocamera
1	perpendicolare	13	6.07	19	0.45	0.32	/	0.000	/

 $E_{h m} / E_m$ = Rapporto tra illuminamento centrale orizzontale e verticale, H = Altezza di misurazione

ZG Lighting srl

via G.Di Vittorio, 2 - 40057 Cadriano di Granarolo (BO)

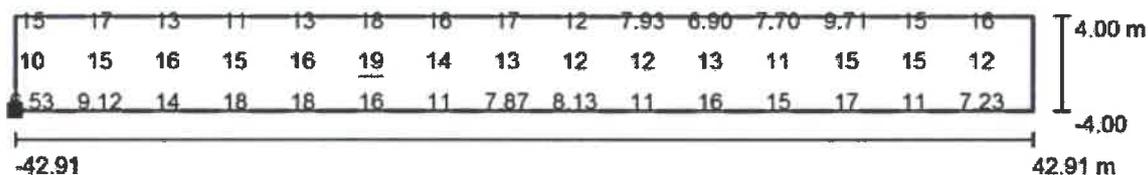
Redattore Ufficio Tecnico

Telefono +39 051 763391

Fax +39 051 763088

e-Mail project.it@zumtobelgroup.com

Via Lunga (S2) / Griglia di calcolo Strada / Grafica dei valori (E, perpendicolare)

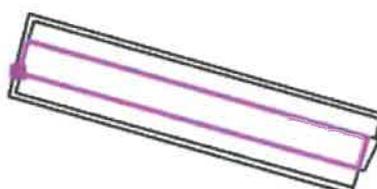


Valori in Lux, Scala 1 : 614

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella scena esterna:

Punto contrassegnato: (40.585 m, 44.705 m, 0.000 m)



Reticolo: 30 x 7 Punti

E_m [lx]
13

E_{min} [lx]
6.07

E_{max} [lx]
19

E_{min} / E_m
0.45

E_{min} / E_{max}
0.32

CIVITEQ

96628476 CQ 36L50-730 NR BPS CL2 M60



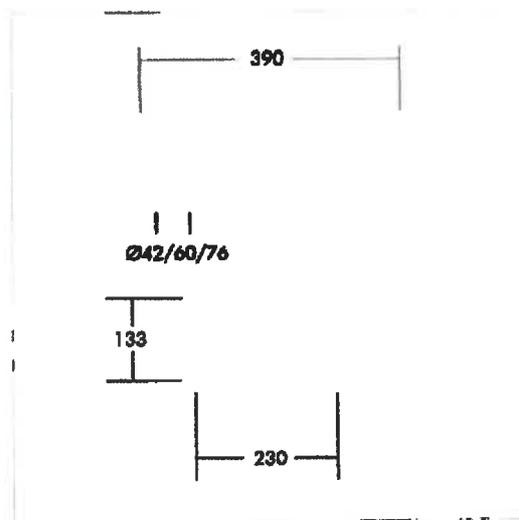
CIVITEQ

Armatura stradale a LED, taglia piccola, con 36 LED pilotati a 500mA ed ottica NR (Narrow Road). Alimentatore output fisso Converter LED. Classe II, IP66, IK08. Corpo: alluminio stampato a iniezione, verniciato a polvere grigio chiaro (RAL 9006). Chiusura: vetro temprato piano. Viti: acciaio inox, trattato Ecolubric®. Fornito con adattatore Ø60mm per testapalo (inclinazione 0°/5°/10°) o ingresso laterale (inclinazione -20°/-15°/-10°/-5°/0°). Equipaggiato con circuito di riduzione di potenza, attivato 3 ore prima e 5 ore dopo la mezzanotte calcolata. Può essere disattivato tramite uno switch interno. Completo di LED 3000K.

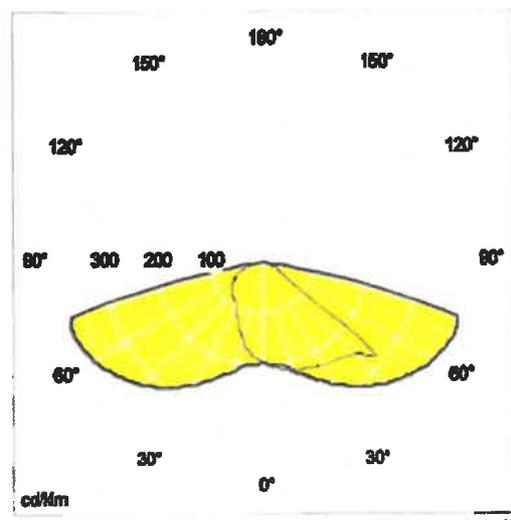
Misure: 390 x 230 x 133 mm
 Potenza totale: 55 W
 Flusso luminoso apparecchio: 6955 lm
 Efficienza apparecchio: 126 lm/W
 Peso: 5,6 kg
 Scd: 0,077 m²
 Durata media di vita stimata a B10.



TLG_CTEQ_F_SMT36LEDPO8.jpg



TLG_CETQ_M_8.wmf



TLA_CQS36L50NR730G34_DC.ltd

Posizione lampada: STD - standard
 Sorgente luminosa: LED
 Flusso luminoso apparecchio*: 6955 lm
 Efficienza apparecchio*: 126 lm/W
 Efficienza lampada: 126 lm/W
 Indice di resa cromatica min.: 70
 Eta: 1,00 Eta in alto: 0,00 Eta in basso: 1,00

Temperatura di colore correlata*: 3000 Kelvin
 Tolleranza colore (MacAdam)*: 5
 Vita utile stimata (B10)*:
 100000h L90 a 25°C
 Reattore: 1x LED_Con
 Potenza impegnata apparecchio*: 55 W Lambda = 0,9
 Dimming: FO

I valori contrassegnati con l'asterisco (*) sono valori di misurazione. Thorn utilizza componenti collaudati da fornitori leader, ma ci possono essere casi isolati di guasti dovuti alla tecnologia dei singoli LED. Le norme internazionali stabiliscono la tolleranza nel flusso iniziale e carico collegato al $\pm 10\%$. La temperatura colore è soggetta ad una tolleranza massima di ± 150 Kelvin dal valore nominale. I valori si riferiscono a una temperatura ambiente di 25°C salvo diversa specificazione. Nella maggior parte dei prodotti il guasto di un singolo LED non causa alcun danno funzionale alle prestazioni della lampada per cui non è motivo di reclamo. Se non diversamente indicato tutti i prodotti Thorn a LED sono idonei per l'utilizzo illuminato (RG0 e RG1) per quanto riguarda la sicurezza fotobiologica/luce blu (IEC / EN60598-1).

I prodotti Thorn Lighting sono soggetti a continui sviluppi. Ci riserviamo la facoltà di apportare modifiche tecniche e formali ai nostri prodotti senza ulteriori pubblicazioni.
 © Thorn Lighting



Società Elettrodistribuzione Marche srl

Sede: 62010 Morrovalle Scalo (MC) - Zona Ind.Le - Via Bramante, 40
Tel. 0733 865148 - 0733 566748 - 0733 566656 - Fax 0733 865157
Interni: 1 Spedizioni, 2 Vendite, 3 Amministrazione, 4 Tecnico, 5 Acquisti.
Internet: <http://www.semari.com>
e-mail: sem@semari.com

Dep.: 62010 Foligno (MC) - Via dell'Industria, 8/10
Tel. 0733 205572 - Fax 0733 205322 - e-mail: sempol@semari.com
Dep.: 20010 Carnareolo (MI) - Via Milano, 5
Tel. 02 93565270 - Fax 02 93568648 - e-mail: sempmi@semari.com
Dep.: 37030 Cologno al Cotti (VR) - Viale del Lavoro, 20
Tel. 045 6151913 - Fax 045 7651873 - e-mail: sempvr@semari.com
Capitale Sociale € 51.120,00 i.v. - R.E.A. MC n. 96810
Reg. Imp. MC n. 4593 - Cod. Fisc. E Part. Iva 00781970439

Morrovalle, 9 giugno 2017

Spett.le Ditta
COMET S.p.A.
Via Michelino, 105
40127 Bologna (BO)
e-mail: san.giovanni.amministrazione@gruppo.comet.it
Cod. Cliente n° 1012

Lettera fax/e-mail n° 0825/mt
Dichiarazione di Prestazione n° 0825/mt



Certificato CE n° 0407-CPR-082 (IG-144-2006)/Rev Vig
2016

N° Istituto Giordano 0407

la SEM con sede in Via Bramante, 40 - 62010 Morrovalle Scalo (MC).
dichiariamo sotto la propria esclusiva responsabilità che il seguente prodotto:

Articolo	Descrizione	Quantità
4803/114	Palo Rastremato Saldato Diritto h. tot. 7.800 mm.	14

Facendo riferimento al ns. Documento di Trasporto n° 2.077/B1 del 22/07/2016

Altezza	L = 7.800 mm.
Spessore	S = 3 mm.
Diametro testa (Ø)	d = 60 mm.
Diametro base (Ø)	D = 114 mm.
Dimensione Portella	a = 186 mm. b = 45 mm.
Interramento	I = 800 mm.
Distanza da terra	P = 1.000 mm.
Acciaio	S235 JRH - UNI EN 10219
Zincatura	UNI EN ISO 1461
UNI EN 40/5	specifiche x i pali per illuminazione pubblica di acciaio
UNI EN 40/2	Tolleranze dimensionali

Prestazione in caso d'urto con un veicolo
(sicurezza passiva) = classe 0



È realizzato presso lo stabilimento (Cod. 1), sulla base del Certificato di Controllo della Produzione in stabilimento n° 0407-CPR-082 (IG-144-2006)/B, rilasciato dall'Ente Notificato ISTITUTO GIORDANO e del sistema di autocontrollo della produzione implementato dall'azienda, è conforme alle disposizioni dell'Allegato ZA della Norma.

È CONFORME ALLE DISPOSIZIONI DELLA NORMATIVA EN 40-5 ED ALLE DISPOSIZIONI NAZIONALI DI ATTUAZIONE.

In conformità al Regolamento 305/2011/UE del Consiglio delle Comunità Europee del 04 Aprile 2011 sull'armonizzazione delle leggi, delle regole del provvedimenti amministrativi degli Stati membri inerenti i prodotti da costruzione (Regolamento Prodotti da Costruzione - CPR-), emendata dal Regolamento 305/2011/UE del Consiglio delle Comunità Europee in vigore dal 01 Luglio 2013



l'Ufficio Qualità

La presente dichiarazione è valida fino a quando non vengano significativamente modificate le condizioni stabilite nelle norme armonizzate richiamate o le condizioni di produzione nella fabbrica od il controllo della produzione di fabbrica stesso.

Azienda certificata UNI EN ISO 9001:2008
Azienda certificata EN 40-5 e EN 40-7

RELAZIONE CALCOLI STATICI PALO DI ILLUMINAZIONE

Sommario

RELAZIONE CALCOLI STATICI PALO DI ILLUMINAZIONE.....	1
1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	2
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	2
4 AZIONI DI PROGETTO.....	2
4.1 Carichi permanenti.....	3
4.2 Azione del vento.....	3
4.3 Azione sismica.....	5
4.4 Riepilogo delle sollecitazioni di progetto.....	7
5 VERIFICHE DI SICUREZZA.....	7
5.1 Verifiche di sicurezza per carichi non sismici.....	7
5.2 Verifiche di sicurezza in condizioni sismiche.....	13

1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Sono oggetto della presente relazione le verifiche del sistema costituito da un palo rastremato e relativa fondazione. Il palo in proposta è di forma tronco conica, in acciaio S275J, ha sezione circolare di diametro alla base di 127 mm e alla sommità di 60 mm, spessore 3.6 mm e altezza complessiva 7,00 m dal piano di stacco dalla fondazione. La fondazione è formata da un plinto in c.c.a. di forma cubica di lato 1,00m.

In testa, il palo sostiene un'armatura stradale a LED tipo Thorn Lighting che, da scheda tecnica, ha peso massimo di 5.7 daN e superficie esposta alle raffiche di vento di 0.09m². Si allegano alla presente relazione le schede tecniche degli elementi.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche seguono quanto prescritto dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (18A00716) (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8)"; per il calcolo dell'azione del vento si è fatto riferimento alla CNR-DT 207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali considerati in progetto rispettano le caratteristiche meccaniche e di resistenza riportate in seguito:

- 1) Leganti: Idraulici, previsti dalla Legge 26/05/1965, n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197
- 2) Aggregati: Conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620
- 3) Additivi: Conformi alla parte armonizzata della norma europea EN 934-2
- 4) Acqua: Conforme alla norma UNI EN 1008
- 5) Acciaio per armatura: B450C
- 6) Acciaio per palo: S275 J0

Il conglomerato cementizio da impiegarsi nelle strutture dei lavori in epigrafe sarà dosato in modo tale da garantire una classe C25/30. Le altre caratteristiche del conglomerato cementizio, conformi alla norma EN 206, sono riportate di seguito:

Classe Di Esposizione: XC2

Copriferro Minimo: 30 mm

Circa le altre prescrizioni esecutive si richiamano le disposizioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018..

4 AZIONI DI PROGETTO

Le azioni di progetto considerate per la verifica dell'opera in oggetto sono:

- carichi permanenti (pesi propri dei materiali strutturali, carichi permanenti non strutturali)
- azione del vento
- azione sismica

Di seguito si riportano nel dettaglio le valutazioni numeriche delle azioni considerate.

4.1 Carichi permanenti

I carichi permanenti da considerare nelle verifiche di resistenza e stabilità sono rappresentati dai pesi propri degli elementi strutturali e non strutturali.

4.2 Azione del vento

Il vento esercita una duplice azione sull'elemento in esame:

- un'azione concentrata, agente sulla sommità del palo, causata dalla pressione esercitata dal vento sull'apparecchio illuminante;
- un'azione distribuita, agente lungo tutto lo sviluppo del palo, causata dalla pressione esercitata dal vento sulla superficie del palo stesso.

Per determinare l'entità delle due azioni suddette si è fatto riferimento alle norme CNR-DT207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

In particolare, il calcolo è stato effettuato secondo i punti seguenti:

- valutazione della velocità e della pressione cinetica del vento (par. 3.2 della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione concentrata del vento sulla sommità del palo (par. 3.3.3 e G.7/Allegato G della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione distribuita del vento lungo lo sviluppo del palo (par. 3.3.4 e G.10/Allegato G della norma di riferimento).

Valutazione della velocità e della pressione cinetica del vento

La velocità base di riferimento (v_b) è in funzione della posizione geografica e dell'altitudine sul livello del mare del sito di costruzione. In particolare, il sito ricade in zona 2 ed ha un'altitudine di 100 m s.l.m.

La velocità di riferimento di progetto è assunta per un tempo di ritorno di 50 anni da cui è stata determinata la categoria di esposizione del sito.

Sono stati valutati il coefficiente di topografia, il coefficiente di esposizione e il coefficiente aerodinamico, tramite i quali è stato possibile determinare la pressione cinetica di picco.

Si riporta di seguito il dettaglio di tali calcoli:

Altitudine del sito	$a_s=100$ m
Altezza del palo (fuori terra)	$L=7.00$ m
Zona	Emilia-Romagna: Zona 2
Velocità base di riferimento s.l.m.	$v_{b,0} = 25$ m/s
Parametro Tab. 3.I	$a_0 = 750$ m
Parametro Tab. 3.I	$k_a = 0,015$ s ⁻¹
Coefficiente di altitudine:	$c_a = 1$
Velocità base di riferimento (TR=50 anni)	$v_b = c_a * v_{b,0} = 25$ m/s
Classe di rugosità del terreno (Tab. 3.III)	C

Distanza dalla costa	$ds > 42 \text{ km}$
Categoria di esposizione del sito (Fig.3.3)	III
Coefficiente Tab. 3.III	$k_r = 0,20$
Coefficiente Tab. 3.III	$z_0 = 0,10 \text{ m}$
Coefficiente Tab. 3.III	$z_{\min} = 5 \text{ m}$
Coefficiente di topografia	$c_t = 1$
Coefficiente di esposizione	$c_e = 1,71$
Coefficiente aerodinamico	$c_d = 1$
Pressione cinetica di picco	$q_p = (1/2) * \rho * v_b^2 * c_e * c_d = 638 \text{ N/m}^2$

Valutazione dell'azione concentrata del vento sulla sommità del palo

La forza concentrata esercitata dal vento sulla sommità del palo può essere calcolata mediante la relazione seguente (par. 3.3.3 della norma di riferimento):

$$F_X = q_p(z') * L^2 * c_{FX}$$

in cui:

q_p è la pressione cinetica di picco del vento;

z' è l'altezza di riferimento associata al coefficiente di forza;

L è la lunghezza di riferimento su cui agisce la pressione del vento;

c_{FX} è il coefficiente di forza secondo la direzione X.

L'area di riferimento L^2 è stata assunta pari alla proiezione sul piano verticale dell'apparecchio di illuminazione posto sulla sommità del palo.

Il coefficiente di forza è stato valutato in via approssimata in maniera analoga al caso delle insegne (par. G.7 dell'Allegato G alla norma di riferimento). Di conseguenza, si è assunto un coefficiente di forza pari a 1,8.

In corrispondenza del faro l'azione del vento può essere schematizzata come una forza puntuale.

Per il calcolo del coefficiente di forza si fa riferimento al punto G.7

Coefficiente di forza $c_{FX} = 1,8$

Valutazione dell'azione distribuita del vento lungo lo sviluppo del palo

La forza distribuita esercitata dal vento lungo lo sviluppo del palo può essere calcolata mediante la relazione seguente (par. 3.3.4 della norma di riferimento):

$$f_x(z) = q_p(z) * l * c_{fx}$$

in cui:

q_p è la pressione cinetica di picco del vento;

z è la quota sul suolo;

l è la dimensione di riferimento associata al coefficiente di forza;

c_{fx} è il coefficiente di forza.

Per la valutazione del coefficiente di forza e della dimensione di riferimento ad esso associata si è fatto riferimento al caso di elementi strutturali allungati a sezione circolare (par. G.10 dell'Allegato G alla norma di riferimento).

Lungo lo sviluppo del palo l'azione del vento può essere schematizzata come una forza per unità di lunghezza.

Per il calcolo del coefficiente di forza si fa riferimento al punto G.10.6

Velocità media del vento	$V_m = c_m * v_b =$	26.73 m/s
Viscosità cinematica dell'aria	$\nu =$	0.000015 m ² /s
Numero di Reynolds	$Re = l * v_m / \nu =$	194238
Scabrezza della superficie (Tab.G.XVII)	$k =$	0.20 mm
Parametro	$k/d =$	0.0018
Coefficiente di forza ideale (curva A)	$C_{fx0,A} =$	1.0913
Coefficiente di forza ideale (curva B)	$C_{fx0,B} =$	0.7610
Coefficiente di forza ideale (Fig.G.51)	$C_{fx0} = C_{fx0,B} =$	0.7610 km
Snellezza effettiva (Tab.G.XIX)	$\lambda =$	82.57
Coefficiente di snellezza (Formule G.23)	$\Psi_\lambda =$	0.9292
Coefficiente di forza	$c_{fx} = C_{fx0} * \Psi_\lambda =$	0,7071 m
Forza del vento per unità di lunghezza	$f_x = q_p * c_{fx} * l =$	5.5 daN/m

Nella valutazione della velocità media del vento e del numero di Reynolds si è fatto riferimento rispettivamente ai paragrafi 3.2.5 e 3.3.7 della norma.

4.3 Azione sismica

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La costruzione in oggetto è una struttura ordinaria quindi si assume $V_N \geq 50$ anni.

La costruzione in oggetto è una struttura di "Classe III", così definita:

Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso.

Si ottiene quindi:

$$V_R = V_N * C_U = 50 * 1,5 = 75 \text{ anni}$$

L'azione sismica sul palo di illuminazione è stata considerata mediante l'applicazione di una forza statica equivalente alla forza indotta dall'azione sismica, in sommità del palo.

Il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame, T_1 , è stato valutato utilizzando la seguente formula:

$$T_1 = C_1 * H^{3/4}$$

in cui:

H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione;

C_1 è pari a 0,050 nel caso in esame.

L'entità della forza si ottiene dall'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo T_1 e la sua distribuzione sulla struttura segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, con valutazione in prima approssimazione sufficiente per il caso in oggetto.

La forza da applicare in sommità del palo è pari a:

$$F_h = S_d(T_1) * W * \lambda / g$$

dove

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto,

W è il peso complessivo della struttura,

λ è un coefficiente pari a 1 nel caso in esame,

g è l'accelerazione di gravità.

Nel caso in esame è stato considerato lo stato limite SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita).

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. Si è assunto, a vantaggio di sicurezza, un suolo di fondazione appartenente alla categoria B (anche se dalla relazione geologica-geotecnica redatta dallo studio di geologia Geoprobe corrispondente al terreno sul quale il manufatto verrà realizzato si può desumere la classe di terreno tipo C) e dato che l'opera si trova in zona pianeggiante, ricade nella categoria T_1 .

Per la determinazione dell'azione sismica le coordinate dell'ubicazione dell'opera in oggetto sono:

latitudine 44,5095 e longitudine 11,1393;

con tali valori si ricavano, per lo stato limite SLV, i seguenti parametri:

$$C_1 = 0.050$$

$$H = 7.00 \text{ m}$$

$$T_1 = C_1 * H^{3/4} = 0.260$$

$$T^*_c = 0.312 \text{ s}$$

$$C_c = 1.389$$

$$F_0 = 2.392$$

$$a_g / g = 0.187$$

$$S_T = 1.00$$

$$S_S = 1.20$$

$$S = S_T * S_S = 1.20$$

verifica : $T_1 < 2,5 * C_c * T_c =$ 1.083 verificato
 verifica: $T_1 < T_D =$ 2.346 verificato
 $q =$ 1.00
 $S_d(T_1) = a_g * S * F_0 / q =$ 0.537
 $W =$ 1020 N
 $\lambda =$ 1.00
 $F_h = S_d(T_1) * W * \lambda / g =$ 6 daN

4.4 Riepilogo delle sollecitazioni di progetto

Dai precedenti paragrafi si evince che le azioni dovute al sisma sono nettamente inferiori rispetto a quelle dovute alle raffiche di vento. Quindi di seguito si riporta il riepilogo delle sollecitazioni di progetto considerate nei calcoli.

SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

Elemento	simbolo	q [daN/m ²]	F _{SLU} [daN]	N [daN]
Faro	Q _{k34}	134	29	50
Palo	Q _{k24}	47	31	77

5 VERIFICHE DI SICUREZZA

Lo schema statico di calcolo adottato per la valutazione delle sollecitazioni è quello a mensola, con lunghezza d'asta pari a 7,00 m.

Per le verifiche della compatibilità delle sollecitazioni agenti si è utilizzato il metodo semiprobabilistico agli stati limite. Si effettuano le verifiche di resistenza del palo considerando la sezione maggiormente sollecitata ovvero quella di base.

5.1 Verifiche di sicurezza per carichi non sismici

Le verifiche per i carichi non sismici vengono eseguite allo stato limite ultimo, mediante il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sulle resistenze secondo quanto riportato nel D.M. 14/01/2008.

ANALISI DELLE VERIFICHE E AZIONI DI CALCOLO:

Le azioni di calcolo E d si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo la seguente formula di correlazione:

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

dove:

G₁ rappresenta il valore caratteristico del peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G₂ rappresenta il valore caratteristico del peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P rappresenta il valore di eventuale pretensione;

Q_{k1} rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile dominante di ogni combinazione;

Q_{ki} rappresenta il valori caratteristico della i-esima azione variabile;

γ_{G1} , γ_{G2} , γ_{Qi} e γ_P rappresentano i coefficienti parziali di sicurezza, che assumono i valori riportati nella Tabella 2.6.I.

Per il palo di illuminazione è stata effettuata l'unica verifica ritenuta significativa per il palo, ossia una verifica a flessione alla base del palo (STR).

Per quanto riguarda il plinto di fondazione invece sono state eseguite le seguenti verifiche:

- verifica a ribaltamento (EQU)
- verifica a scorrimento (GEO)
- verifica di capacita portante del terreno (GEO)

Nella verifica strutturali le azioni sono state moltiplicate per i coefficienti parziali di tipo STR.

Per la verifica a ribaltamento (Stato Limite di Equilibrio come corpo rigido), il momento ribaltante e quello stabilizzante sono stati calcolati sulla base dei carichi agenti moltiplicati per i coefficienti parziali di tipo EQU.

Le verifiche a scorrimento e di capacita portante (verifiche di tipo Geotecnico) sono state condotte secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

1) PALO IN ACCIAIO

Per le verifiche sul palo, sono stati utilizzati i seguenti parametri dimensionali e meccanici:

Altezza complessiva del palo $L=7.00$ m

Tensione di snervamento acciaio S235 J $f_y = 235$ N/mm²

PALO

	H _{baric} [m]	L [mm]	Φ_{medio} [mm]	s [mm]	A [mm ²]	W _{el} [mm ³]	m [kg]	Sup _{esp} [m ²]	d/t
Palo	3.5	7000	93.5	3.6	1395	41849	77	0.65	35

Le sollecitazioni di calcolo, determinate sulla base delle considerazioni illustrate nei capitoli precedenti, sono riportate nelle seguenti tabelle.

SOLLECITAZIONI DI BASE

	SLU - STR	SLU - EQU
N _{Ed,A} [daN]	175	114
V _{Ed,A} [daN]	89	89
M _{Ed,A} [daNm]	464	464

a. Verifica a flessione

Coefficiente STR carichi accidentali $\gamma_Q = 1.50$ (sfavorevoli)

Coeff. parz. di sicurezza per la resistenza $\gamma_{M0} = 1.05$

Le verifiche a sforzo normale, taglio e flessione sono riportate nella seguente tabella:

VERIFICA SLU - STR

Compressione

Sforzo normale sollecitante	N_{Ed}	175 daN
Sforzo normale resistente	N_{Rd}	36533 daN
Verifica a compressione	N_{Ed}/N_{Rd}	0.00

Taglio

Taglio sollecitante	V_{Ed}	89 daN
Taglio resistente	V_{Rd}	14062 daN
Verifica a taglio	V_{Ed}/V_{Rd}	0.01

Flessione

Momento flettente sollecitante	M_{Ed}	464 daNm
Momento flettente resistente	M_{Rd}	1096 daNm
Verifica a flessione	M_{Ed}/M_{Rd}	0.42

Tutte le verifiche risultano soddisfatte

2) PLINTO DI FONDAZIONE

Per le verifiche sulla struttura di fondazione del palo, sono stati utilizzati i seguenti parametri dimensionali e meccanici:

Altezza del plinto	$h =$	100 cm
Base del plinto	$b =$	100 cm
Peso specifico cls	$\gamma_{cls} =$	2500 daN/m ³
Peso del palo (solo fusto)	$N_p =$	57 daN
Peso del faro	$N_{lampada} =$	50 daN
Altezza palo	$L =$	7.00 m

a. Verifica al ribaltamento

La verifica a ribaltamento viene eseguita secondo approccio EQU.

Si calcolano il momento ribaltante, M_R , dovuto all'azione del vento, ed il momento stabilizzante, M_S , dovuto ai pesi propri, rispetto allo spigolo esterno della base del plinto di fondazione. Per la positiva verifica occorre che: $M_S / M_R \geq 1$

Coefficiente EQU carichi permanenti $\gamma_G =$ 0.90 (favorevoli)

Coefficiente EQU carichi accidentali $\gamma_Q =$ 1.50 (sfavorevoli)

La verifica al ribaltamento è riportata nella seguente tabella:

VERIFICA RIBALTAMENTO

Sforzo normale base palo	N _{Ed}	114	daN
Sforzo di taglio base palo	V _{Ed}	89	daN
Momento flettente base palo	M _{Ed}	464	daNm
Peso fondazione	P _{dado}	2250	daN
Sforzo normale totale	N _{tot}	2364	daN
Momento flettente totale	M _{tot}	553	daNm
Momento stabilizzante	M _{Stab}	1182	daNm
Momento ribaltante	M _{Rib}	553	daNm
Verifica a ribaltamento	M_{Rib}/M_{Stab}	0.47	

Verifica al ribaltamento positiva

b. Verifica allo scorrimento

La verifica allo scorrimento è stata effettuata secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Si calcolano la forza di scorrimento, F_{scorr}, dovuta all'azione del vento, e la forza stabilizzante, F_{stab}, dovuta all'attrito tra terreno e plinto, pari a:

$$F_{stab} = [\gamma_{G1,f} * P * \tan (\delta / \gamma_{\varphi'})] / \gamma_R$$

Per la positiva verifica occorre che F_{stab} / F_{scorr} ≥ 1.

Coefficiente A1 carichi permanenti	γ _G =	1.00 (favorevoli)
Coefficiente A2 carichi accidentali	γ _Q =	1.50 (sfavorevoli)
Coefficiente M1 parametri geotecnici	γ _{φ'} =	1.00
Coefficiente R3 scorrimento	γ _R =	1.10

La verifica allo scorrimento è riportata nella seguente tabella:

SCORRIMENTO

Sforzo normale base palo	N _{Ed}	175	daN
Sforzo di taglio base palo	V _{Ed}	89	daN
Momento flettente base palo	M _{Ed}	464	daNm
Peso fondazione	P _{dado}	3250	daN
Sforzo normale totale	N _{tot}	3425	daN
Angolo di attrito interno	δ	20	°
Forza stabilizzante	F _{Stab}	1133	daN
Forza di scorrimento	F _{Scorr}	89	daN
Verifica a scorrimento	F_{Rib}/F_{Stab}	0.08	

Verifica allo scorrimento soddisfatta

c. Verifica della capacità portante

I parametri geotecnici sono ricavati dalla relazione geotecnica prodotta dallo studio Geoprobe e attualizzato alle condizioni specifiche di urbanizzazione dell'area e in particolare delle stratigrafie delle sedi stradali urbane in cui l'impianto di pubblica illuminazione si inserisce.

Categoria suolo di fondazione	B	
Peso specifico	$\gamma_T =$	17000.00 N/m ³
Angolo di attrito	$\varphi' =$	30.00 °
Coesione efficace	$c' =$	0.015 N/mm ²

Per il calcolo del carico limite si è utilizzata la formula di Brinch-Hansen, che esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + \frac{1}{2} \cdot B \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

in cui:

- $c =$ coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;
- $q = \gamma \cdot D =$ pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;
- $\gamma =$ peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;
- $D =$ profondità del piano di posa della fondazione;
- $B =$ dimensione caratteristica della fondazione, che corrisponde alla larghezza della suola;
- $L =$ Lunghezza della fondazione;
- $\gamma_f =$ peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;
- $N_c, N_q, N_\gamma =$ fattori di capacità portante;
- $s, d, i, g, b, \psi =$ coefficienti correttivi.

Inoltre si ricorda che se la risultante dei carichi verticali è eccentrica, B e L divengono rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot e_B$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L$$

dove:

$e_B =$ eccentricità parallela al lato di dimensione B;

$e_L =$ eccentricità parallela al lato di dimensione L.

Pertanto i relativi valori risultano:

$$N_c = 30.14$$

$$s_c = 1.14$$

$$d_c = 1.02$$

$$i_c = 0.91$$

$$g_c = 1.00$$

$$b_c = 1.00$$

$$N_q = 18.40$$

$$s_q = 1.13$$

$$d_q = 1.29$$

$$i_q = 0.92$$

$$g_q = 1.0$$

$$b_q = 1.0$$

$$N_g = 22.40$$

$$s_g = 0.91$$

$$d_g = 1.00$$

$$i_g = 0.88$$

$$g_\gamma = 1.00$$

$$b_g = 1.00$$

e pertanto

$$q_{lim} = 0.932 \text{ N/mm}^2$$

La verifica della capacità portante è stata effettuata secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Si verifica che la massima pressione di contatto trasmessa dal plinto di fondazione non superi la pressione limite.

Coefficiente A1 carichi permanenti	$\gamma_G =$	1.00 (favorevoli)
Coefficiente A2 carichi accidentali	$\gamma_Q =$	1.50 (sfavorevoli)
Coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_R =$	2.30

La verifica della capacità portante è riportata nella seguente tabella:

CAPACITA' PORTANTE

Sforzo normale base palo	N_{Ed}	175	daN
Sforzo di taglio base palo	V_{Ed}	89	daN
Momento flettente base palo	M_{Ed}	464	daNm
Peso fondazione	P_{dado}	3250	daN
Sforzo normale totale	N_{tot}	3425	daN
Momento totale	M_{tot}	553	daNm
Eccentricità	e [m]	0.16	m
	$b/6$ [m]	0.17	m
Pressione sollecitante	σ_{max} [daN/cm ²]	0.67	daN/cm ²
Pressione limite	σ_{Lim} [daN/cm ²]	4.05	daN/cm ²
Verifica capacità portante	$\sigma_{max}/\sigma_{Lim}$	0.17	

Verifica della capacità portante soddisfatta

5.2 Verifiche di sicurezza in condizioni sismiche

Come illustrato nel capitolo 4 del presente elaborato, le azioni dovute al sisma sono nettamente inferiori rispetto a quelle dovute alle raffiche di vento. Quindi le verifiche allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) risultano soddisfatte.

Ing. Massimo Foresti