



Città di Palermo

**Assessorato della Rigenerazione
Urbana e delle OO.PP.**

Settore OO.PP.

**Servizio Infrastrutture e
Servizi a rete**

**Dirigente Capo Settore:
Dott. Maurizio Pedicone**

**RUP.:
Ing. Antonio Mazzon**

**Coord. della Progettazione:
Ing. Leonardo Triolo**

**Coord. per la Sicurezza in
fase di Progettazione:
Arch. Fabio Cittati**

Palermo aprile 2021



GRUPPO TECNICO DEL SERVIZIO INFRASTRUTTURE E SERVIZI A RETE

SUPPORTO AL RUP:
Ing. Roberto Cairone
Coll. Amm. Ugo De Castro
Coll. Amm. Fausto Rizzo
Geom. Natale Schiera

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
Ing. Leonardo Triolo
Arch. Giacomo Cabasino
Geom. Luigi D'Agostino
Geom. Arch. Fabio Cittati

VISTI

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

**Agenda Urbana PO FESR 2014/2020
Progetto AU_PA_4.1.3.c**

**“Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione
dei consumi energetici delle reti di pubblica
illuminazione con sistemi automatici di regolazione
- Efficientamento impianti di pubblica illuminazione
nelle zone a monte della Circonvallazione
della città di Palermo”**

**TAV.
B3**

**Verifiche Statiche
dei sostegni**

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : **PALERMO** Prov : **PA**

Località : **AGENDA URBANA PALERMO**

Tipo impianto: **Impianto di illuminazione stradale urbana**

PROGETTISTA

Ing.

Albo prov. di

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	115	60	110,0	5500	5000	3,00	3,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	344	1444354	26261	1008	2	38	264

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona)=	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	1,67	2,50	5,00	5	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,330	1,541	1,929	1,929	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di forma o aerodinamico

Circolare n°617 del 02/02/2009 - C3.3.10.6 Corpi cilindrici

z (m)	1,67	2,50	5,00	5,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,104	0,100	0,088	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	652	755	945	945	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	1,084	1,060	1,075	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207/2008 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.17)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207/2008 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali allungati

G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	1,67	2,50	5,00	5,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,104	0,100	0,0875	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,833	0,875	0,875	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,312	24,500	24,500	Velocità media CNR DT 207/2008 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	1,62E+05	1,55E+05	1,43E+05	0,00E+00	CNR DT 207/2008 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,92E-03	2,00E-03	2,29E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfXo	0,7480	0,7480	0,7538	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	1,67	2,50	5,00	5,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,104	0,100	0,088	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	1,667	0,833	2,500	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	528,258	598,887	766,410	0,000	N/mq
q (z)	55,027	59,889	67,061	0,000	N/m
Fv(z)	91,711	49,907	167,652	0,000	N
b(z)	0,833	2,083	3,750	0,000	m braccio della Fv rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	Aeq (mq)	Ce(z)	p (z)	Fv(z)	b(z) m
	5000	0,079	1,93	1701,66	134,02	5,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd	Md,wp	Md,we	Md,e	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	352	443	809	670	0
		457	576	1052	871	0

caratt. SLU

$\gamma_{Gp} = 1,30$

$\gamma_{Ge} = 1,30$

Md,wp / Md,we momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

Md,e momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk} (S355) =$	235	N/mm ²	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\epsilon =$	1,00
$f_{yd} =$	224	N/mm ²	$\gamma_{M1} =$	1,10		
$G =$	76923	N/mm ²	$\beta =$	2		

L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	ix=iy	λ
mm	mm	mm	mm ²	mm ⁴	mm ³		mm	
PALO 5000	115	3,00	1055,58	1656329	28806	I	39,61	252,45

Ncr	Jt	ψ	Mcr	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
N	mm ⁴		N.m					
PALO 34329	1398307	1,75	212682	2,62	0,18	0,76	3,86	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md
	N.m	N.m
PALO	6154	1923

Md/Mb,Rd

0,31 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}
	mmq	N	N		N.m
PALO	672	86833	576	0,97	6447

Vd
Vc,Rd
OK
0,01

Md
Mc,R_{red}
OK
0,30

5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

F _R =	443	N	f _{max} =	43,37	mm
bF _R =	3,337	m			
J _{med} =	1053384	mm ⁴	f _{max} / Hft =	0,009	pari a 1/115 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera

R_{ck} = 16 N/mm²

γ_{cls} = 24000 N/mc

Dimensioni (mm) :

L	B	H	H infiss
700	700	700	500

P_p (N)

8067

V plinto (mc)

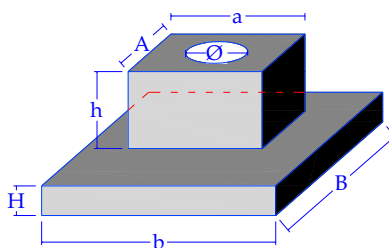
0,34

ϕ (mm) = 132,25

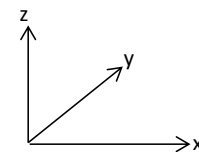
h (mm) = 0

A_y (mm) = 0

a_x (mm) = 0



e(x)	e(y)
0	0



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,12	0,05

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

N _q	N _c	N _{γ}
7,07	15,81	6,20
s _q	s _c	s _{γ}
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO -0,70	352	443	1789	caratt.
	457	576	2326	SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{wp} + M_{we} + M_e + Vd . H_{plinto} + Nd . e_x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rib} = Md,p =	2326	N.m
M _{stab} =	3831	N.m

M_{stab} = (Nd + P_p) . L/2

M_{rib} / M_{stab}
0,61
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

μ =	0,38		F _{sc} = Vd =	576	N
coeff. Attrito = $\tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot \text{coes} / \gamma M2$			F _{stab} =	4201	N

F_{stab} = (Nd + P_p) . μ

F_{sc} / F_{stab}
0,14
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	176	mm	q _{dt} =	0,046	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + P _p)/(b* . B)
e = L/2 - u =	174	mm				
bf = L con bf/6 =	117		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	529	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}
0,89
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : **PALERMO** Prov : **PA**

Località : **AGENDA URBANA PALERMO**

Tipo impianto: **Impianto di illuminazione stradale urbana**

PROGETTISTA

Ing.

Albo prov. di

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	128	60	120,0	6800	6000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	604	2454765	40913	1458	2	41	292

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	2,00	3,00	6,00	6	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,423	1,640	2,037	2,037	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di forma o aerodinamico

Circolare n°617 del 02/02/2009 - C3.3.10.6 Corpi cilindrici

z (m)	2,00	3,00	6,00	6,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,114	0,109	0,094	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	697	804	998	998	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,991	0,970	1,002	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207/2008 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.17)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207/2008 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali allungati

G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	2,00	3,00	6,00	6,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,114	0,109	0,094	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,833	0,910	0,910	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,312	25,469	25,469	Velocità media CNR DT 207/2008 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	1,77E+05	1,69E+05	1,60E+05	0,00E+00	CNR DT 207/2008 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,75E-03	1,83E-03	2,13E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfXo	0,7481	0,7481	0,7582	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	2,00	3,00	6,00	6,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,114	0,109	0,094	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	2,000	1,000	3,000	0,000	Altezza di calcolo elemento
$p(z)$	517,165	583,275	758,289	0,000	N/mq
$q(z)$	58,957	63,577	71,279	0,000	N/m
$F_v(z)$	117,914	63,577	213,837	0,000	N
$b(z)$	1,000	2,500	4,500	0,000	m braccio della F_v rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	A_{eq} (mq)	$C_e(z)$	$p(z)$	$F_v(z)$	$b(z)$ m
	6000	0,079	2,04	1796,82	141,51	6,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	N_d	V_d	$M_{d,wp}$	$M_{d,we}$	$M_{d,e}$
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]
PALO 0	612	537	1239	849	0
	795	698	1611	1104	0

$\gamma_{Gp} = 1,30$
 $\gamma_{Ge} = 1,30$

caratt.
SLU

$M_{d,wp}$ / $M_{d,we}$ momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

$M_{d,e}$ momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk}(S355) = \begin{matrix} 235 \\ 224 \\ 76923 \end{matrix} \begin{matrix} N/mm^2 \\ N/mm^2 \\ N/mm^2 \end{matrix}$ $\gamma_{M0} = 1,05$ $\epsilon = 1,00$
 $\gamma_{M1} = 1,10$
 $\beta = 2$

L	D	sp	As	I _{xx}	W _{xx}	Classe	$i_x=i_y$	λ
mm	mm	mm	mm ²	mm ⁴	mm ³		mm	
PALO 6000	128	4,00	1558,23	2998034	46844	I	43,86	273,58

N_{cr}	J_t	ψ	M_{cr}	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
N	mm ⁴		N.m					
PALO 43151	2784306	1,75	336473	2,84	0,18	0,76	4,46	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md
	N.m	N.m
PALO	10008	2715

Md/Mb,Rd

0,27 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}
	mmq	N	N		N.m
PALO	992	128183	698	0,98	10484

Vd
Vc,Rd
OK
0,01

Md
Mc,R_{red}
OK
0,26

5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

F _R =	537	N	f _{max} =	70,82	mm
bF _R =	3,890	m			
J _{med} =	1284384	mm ⁴	f _{max} / Hft =	0,012	pari a 1/85 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera

R_{ck} = 16 N/mm²

γ_{cls} = 24000 N/mc

Dimensioni (mm) :

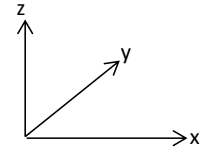
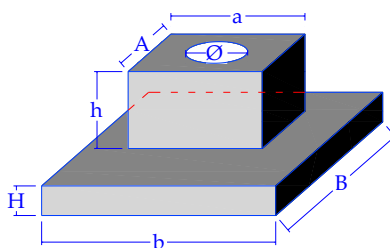
L	B	H	H infiss
800	800	800	800

e(x)	e(y)
0	0

Pp (N)
11961
V plinto (mc)
0,50

ϕ (mm) = 147,2

h (mm) =	0
A y (mm) =	0
a x (mm) =	0



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,14	0,06

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

N _q	N _c	N _{γ}
7,07	15,81	6,20
s _q	s _c	s _{γ}
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO -0,80	612	537	2518	caratt.
	795	698	3273	SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{w,p} + M_{w,e} + M_e + Vd . H_{plinto} + Nd . e_x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rrib} = Md,p =	3273	N.m
M _{stab} =	6538	N.m

M_{stab} = (Nd + Pp) . L/2

M_{rrib} / M_{stab}
0,50
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38	$F_{sc} = Vd =$	698	N	
$coeff. Attrito = \tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	6274	N	$F_{stab} = (Nd + Pp) \cdot \mu$

F_{sc} / F_{stab}
0,11
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	256	mm	q _{dt} =	0,042	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + Pp)/(b* . B)
e = L/2 - u =	144	mm				
bf = L con bf/6 =	133		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	768	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}
0,70
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	138	60	130,0	7800	7000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	731	3145350	48390	1583	2	45	314

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	2,33	3,50	7,00	7	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,504	1,725	2,130	2,130	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di forma o aerodinamico

Circolare n°617 del 02/02/2009 - C3.3.10.6 Corpi cilindrici

z (m)	2,33	3,50	7,00	7,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,122	0,117	0,099	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	737	845	1044	1044	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,909	0,892	0,942	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207/2008 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.17)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207/2008 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali allungati

G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	2,33	3,50	7,00	7,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,122	0,117	0,099	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,833	0,939	0,939	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,312	26,290	26,290	Velocità media CNR DT 207/2008 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	1,90E+05	1,81E+05	1,74E+05	0,00E+00	CNR DT 207/2008 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,63E-03	1,72E-03	2,02E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfXo	0,7481	0,7481	0,7616	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	2,33	3,50	7,00	7,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,122	0,117	0,099	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	2,333	1,167	3,500	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	501,527	564,195	748,682	0,000	N/mq
q (z)	61,353	65,729	74,120	0,000	N/m
Fv(z)	143,158	76,683	259,418	0,000	N
b(z)	1,167	2,917	5,250	0,000	m braccio della Fv rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	Aeq (mq)	Ce(z)	p (z)	Fv(z)	b(z) m
	7000	0,079	2,13	1878,93	147,98	7,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd	Md,wp	Md,we	Md,e	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	739	627	1753	1036	0 caratt.
		961	815	2278	1347	0 SLU

$\gamma_{Gp} = 1,30$
 $\gamma_{Ge} = 1,30$

Md,wp / Md,we momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

Md,e momenti dovuti al dissamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

f_{yk} (S355) =	235	N/mm ²	γ_{M0} =	1,05	ε =	1,00
f_{yd} =	224	N/mm ²	γ_{M1} =	1,10		
G =	76923	N/mm ²	β =	2		

	L	D	sp	As	I _{xx}	W _{xx}	Classe	i _x =i _y	λ
	mm	mm	mm	mm ²	mm ⁴	mm ³		mm	
PALO	7000	138	4,00	1683,89	3782867	54824	I	47,40	295,38

	N _{cr}	J _t	ψ	M _{cr}	λ̄	λ _{LT}	α _{LT}	φ _{LT}	χ _{LT}
	N	mm ⁴		N.m					
PALO	40002	3747015	1,75	375821	3,07	0,19	0,76	5,13	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md		Md/Mb,Rd
	N.m	N.m		
PALO	11712	3625		0,31 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}	Vd	Md
	mmq	N	N		N.m	Vc,Rd	Mc,R _{red}
PALO	1072	138520	815	0,98	12270	0,01 OK	0,30 OK

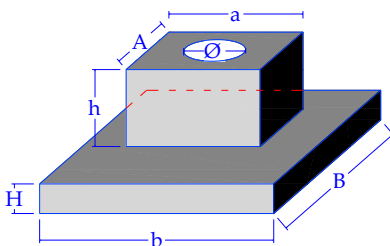
5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

$F_R =$	627	N	$f_{\max} =$	112,73	mm
$bF_R =$	4,446	m			
$J_{med} =$	1444835	mm ⁴	$f_{\max} / H_{ft} =$	0,016	pari a 1/62 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera $R_{ck} = 16$ N/mm² $\gamma_{cls} = 24000$ N/mc

Dimensioni (mm) :	L	B	H	H infiss	e(x)	e(y)
	800	800	800	800	0	0
Pp (N)	11908					
V plinto (mc)	0,50					
ϕ (mm) =	158,7					
h (mm) =	0					
A y (mm) =	0					
a x (mm) =	0					



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,14	0,06

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

Nq	Nc	N _γ
7,29	16,13	6,46
sq	sc	s _γ
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO	-0,80	739	627	3290
	961	815	4277	caratt. SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{w,p} + M_{w,e} + M_e + Vd . H_{plinto} + Nd . e_x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rib} = Md,p =	4277	N.m
M _{stab} =	6577	N.m

M_{stab} = (Nd + Pp) . L/2

M_{rib} / M_{stab}

0,65
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,39	$F_{sc} = V_d =$	815	N
coeff. Attrito = $\tan(\phi) / \gamma M_2 + 0,5 \cdot coes / \gamma M_2$		$F_{stab} =$	6410	N

$F_{stab} = (Nd + Pp) \cdot \mu$

F_{sc} / F_{stab}

0,13
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	179	mm	q _{dt} =	0,060	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + Pp)/(b* . B)
e = L/2 - u =	221	mm				
bf = L con bf/6 =	133		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	536	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}

0,98
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	148	60	140,0	8800	8000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	868	3954687	56496	1709	2	48	333

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	2,67	4,00	8,00	8	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,576	1,801	2,212	2,212	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di forma o aerodinamico

Circolare n°617 del 02/02/2009 - C3.3.10.6 Corpi cilindrici

z (m)	2,67	4,00	8,00	8,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,131	0,124	0,104	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	772	882	1084	1084	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,828	0,814	0,882	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207/2008 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.17)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207/2008 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali allungati

G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	2,67	4,00	8,00	8,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,131	0,124	0,104	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,833	0,964	0,964	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,312	27,000	27,000	Velocità media CNR DT 207/2008 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	2,03E+05	1,93E+05	1,87E+05	0,00E+00	CNR DT 207/2008 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,53E-03	1,61E-03	1,92E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfXo	0,7481	0,7481	0,7643	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	2,67	4,00	8,00	8,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,131	0,124	0,104	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	2,667	1,333	4,000	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	478,345	537,485	731,129	0,000	N/mq
q (z)	62,504	66,648	76,037	0,000	N/m
Fv(z)	166,677	88,864	304,149	0,000	N
b(z)	1,333	3,333	6,000	0,000	m braccio della Fv rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	Aeq (mq)	Ce(z)	p (z)	Fv(z)	b(z) m
	8000	0,079	2,21	1951,28	153,68	8,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd	Md,wp	Md,we	Md,e	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	876	713	2343	1229	0
		1139	927	3046	1598	0

caratt. SLU

$\gamma_{Gp} = 1,30$
 $\gamma_{Ge} = 1,30$

Md,wp / Md,we momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

Md,e momenti dovuti al dissamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk} (S355) = 235 \text{ N/mm}^2$; $\gamma_{M0} = 1,05$; $\epsilon = 1,00$
 $f_{yd} = 224 \text{ N/mm}^2$; $\gamma_{M1} = 1,10$
 $G = 76923 \text{ N/mm}^2$; $\beta = 2$

L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	ix=iy	λ
mm	mm	mm	mmq	mm ⁴	mm ³		mm	
PALO 8000	148	4,00	1809,56	4693992	63432	I	50,93	314,15

Ncr	Jt	ψ	Mcr	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
N	mm ⁴		N.m					
PALO 38003	4909530	1,75	419302	3,26	0,19	0,76	5,75	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md
	N.m	N.m
PALO	13551	4645

Md/Mb,Rd

0,34 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}
	mmq	N	N		N.m
PALO	1152	148857	927	0,98	14197

Vd
Vc,Rd
OK
0,01

Md
Mc,R_{red}
OK
0,33

5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

F _R =	713	N	f _{max} =	164,60	mm
bF _R =	5,008	m			
J _{med} =	1638588	mm ⁴	f _{max} / Hft =	0,021	pari a 1/49 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera

R_{ck} = 16 N/mm²

γ_{cls} = 24000 N/mc

Dimensioni (mm) :

L	B	H	H infiss
900	900	900	800

e(x)	e(y)
0	0

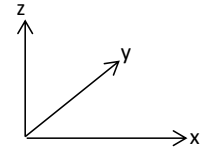
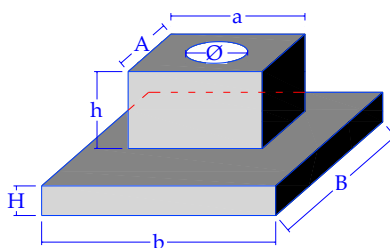
Pp (N)
17059
V plinto (mc)
0,71

ϕ (mm) = 170,2

h (mm) = 0

A_y (mm) = 0

a_x (mm) = 0



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,15	0,07

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

N _q	N _c	N _{\gamma}
7,07	15,81	6,20
s _q	s _c	s _{\gamma}
1,20	1,20	0,70

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO -0,90	876	713	4215	caratt.
	1139	927	5479	SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{w,p} + M_{w,e} + M_{e,e} + Vd . H_{plinto} + Nd . e_x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rib} = Md,p =	5479	N.m
M _{stab} =	10492	N.m

M_{stab} = (Nd + Pp) . L/2

M_{rib} / M_{stab}
0,52
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38	$F_{sc} = Vd =$	927	N	
$coeff. Attrito = \tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5.coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	8950	N	$F_{stab} = (Nd + Pp) \cdot \mu$

F_{sc} / F_{stab}
0,10
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	275	mm	q _{dt} =	0,049	N/mm ²	q _{dt} = 2.(Nd + Pp)/(b* . B)
e = L/2 - u =	175	mm				
bf = L con bf/6 =	150		con bf* = 3 . (L/2 - e) =	826	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}
0,73
OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	158	60	150,0	9800	9000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	1015	4892201	65229	1835	2	52	349

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	3,00	4,50	9,00	9	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,640	1,868	2,286	2,286	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di forma o aerodinamico

Circolare n°617 del 02/02/2009 - C3.3.10.6 Corpi cilindrici

z (m)	3,00	4,50	9,00	9,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,139	0,132	0,109	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	804	915	1120	1120	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,747	0,737	0,824	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207/2008 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.17)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207/2008 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali allungati

G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	3,00	4,50	9,00	9,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,139	0,132	0,109	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,855	0,987	0,987	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	23,939	27,627	27,627	Velocità media CNR DT 207/2008 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	2,16E+05	2,10E+05	2,01E+05	0,00E+00	CNR DT 207/2008 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,44E-03	1,52E-03	1,83E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfXo	0,7482	0,7510	0,7665	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	3,00	4,50	9,00	9,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,139	0,132	0,109	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	3,000	1,500	4,500	0,000	Altezza di calcolo elemento
$p(z)$	448,913	506,396	707,105	0,000	N/mq
$q(z)$	62,399	66,591	77,074	0,000	N/m
$F_v(z)$	187,197	99,887	346,835	0,000	N
$b(z)$	1,500	3,750	6,750	0,000	m braccio della F_v rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	A_{eq} (mq)	$C_e(z)$	$p(z)$	$F_v(z)$	$b(z)$ m
	9000	0,079	2,29	2016,04	158,78	9,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica	N_d	V_d	$M_{d,wp}$	$M_{d,we}$	$M_{d,e}$
[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]
PALO 0	1023	793	2997	1429	0
	1330	1031	3895	1858	0

$\gamma_{Gp} = 1,30$
 $\gamma_{Ge} = 1,30$

caratt.
SLU

$M_{d,wp}$ / $M_{d,we}$ momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

$M_{d,e}$ momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk}(S355) = \begin{matrix} 235 \\ 224 \\ 76923 \end{matrix} \begin{matrix} N/mm^2 \\ N/mm^2 \\ N/mm^2 \end{matrix}$ $\gamma_{M0} = 1,05$ $\gamma_{M1} = 1,10$ $\beta = 2$ $\epsilon = 1,00$

L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	$i_x=i_y$	λ
mm	mm	mm	mm ²	mm ⁴	mm ³		mm	
PALO 9000	158	4,00	1935,22	5740833	72669	I	54,47	330,48
Ncr	Jt	ψ	Mcr	$\bar{\lambda}$	λ_{LT}	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
N	mm ⁴		N.m					
PALO 36724	6290700	1,75	466573	3,43	0,19	0,76	6,32	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md
	N.m	N.m
PALO	15525	5753

Md/Mb,Rd

0,37 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}
	mmq	N	N		N.m
PALO	1232	159195	1031	0,97	16264

Vd
Vc,Rd
OK
0,01

Md
Mc,R_{red}
OK
0,35

5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

F _R =	793	N	f _{max} =	224,73	mm
bF _R =	5,583	m			
J _{med} =	1868783	mm ⁴	f _{max} / Hft =	0,025	pari a 1/40 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera

R_{ck} = 16 N/mm²

γ_{cls} = 24000 N/mc

Dimensioni (mm) :

L	B	H	H infiss
900	900	1000	800

P_p (N)

18942

V plinto (mc)

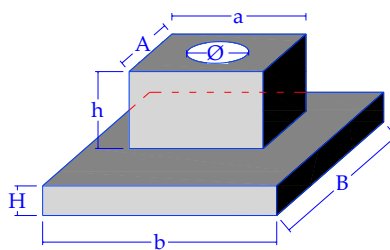
0,79

ϕ (mm) = 181,7

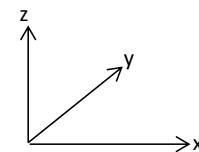
h (mm) = 0

A_y (mm) = 0

a_x (mm) = 0



e(x)	e(y)
0	0



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,17	0,07

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

N _q	N _c	N _{γ}
7,07	15,81	6,20
s _q	s _c	s _{γ}
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	N _d	V _d X	M _{d,p} X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO -1,00	1023	793	5218	caratt.
	1330	1031	6784	SLU

N_{d,p} = N_d

M_{d,p} = M_{wp} + M_{we} + M_e + V_d · H_{plinto} + N_d · e_x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M_{rib} = M_{d,p} = 6784 N.m

M_{stab} = 11680 N.m

M_{stab} = (N_d + P_p) · L/2

M_{rib} / M_{stab}

0,58

OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

μ = 0,38

coeff. Attrito = $\tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot \text{coes} / \gamma M2$

F_{sc} = V_d = 1031 N

F_{stab} = 9963 N

F_{stab} = (N_d + P_p) · μ

F_{sc} / F_{stab}

0,10

OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	242	mm	q _{dt} =	0,062	N/mm ²	q _{dt} = 2 · (N _d + P _p) / (b* · B)
e = L/2 - u =	208	mm				
bf = L con bf/6 =	150		con bf* = 3 · (L/2 - e) =	725	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}

0,86

OK

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	168	60	160,0	10800	10000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	1172	5967317	74591	1960	2	55	362

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona) =	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	3,33	5,00	10,00	10	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,698	1,929	2,352	2,352	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di forma o aerodinamico

Circolare n°617 del 02/02/2009 - C3.3.10.6 Corpi cilindrici

z (m)	3,33	5,00	10,00	10,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,147	0,139	0,114	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	832	945	1153	1153	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,700	0,700	0,765	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207/2008 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.17)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali f_x e f_y e un momento torcente m_z , per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

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

$$f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$$

$$m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$$

Istruzioni CNR DT 207/2008 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali allungati

G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	3,33	5,00	10,00	10,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,147	0,139	0,114	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,875	1,007	1,007	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	24,500	28,187	28,187	Velocità media CNR DT 207/2008 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	2,29E+05	2,27E+05	2,14E+05	0,00E+00	CNR DT 207/2008 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,36E-03	1,44E-03	1,75E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfxo	0,7482	0,7534	0,7684	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **Cfy0=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	3,33	5,00	10,00	10,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,147	0,139	0,114	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	3,333	1,667	5,000	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	435,752	498,579	677,659	0,000	N/mq
q (z)	64,201	69,303	77,253	0,000	N/m
Fv(z)	214,003	115,504	386,266	0,000	N
b(z)	1,667	4,167	7,500	0,000	m braccio della Fv rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	Aeq (mq)	Ce(z)	p (z)	Fv(z)	b(z) m
	10000	0,079	2,35	2074,72	163,40	10,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

Quota z Sezione Verifica		Nd	Vd	Md,wp	Md,we	Md,e	
[m]		[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
PALO	0	1180	879	3735	1634	0	caratt. SLU
		1534	1143	4855	2124	0	

$\gamma_{Gp} =$	1,30
$\gamma_{Ge} =$	1,30

Md,wp / Md,we momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

Md,e momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk} (S355) =$	235	N/mm ²	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\epsilon =$	1,00
$f_{yd} =$	224	N/mm ²	$\gamma_{M1} =$	1,10		
$G =$	76923	N/mm ²	$\beta =$	2		

PALO	L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	ix=iy	λ
	mm	mm	mm	mmq	mm^4	mm^3		mm	
	10000	168	4,00	2060.88	6932816	82534	I	58,00	344.83

PALO	Ncr	Jt	ψ	Mcr	$\bar{\lambda}$	λLT	αLT	φLT	χLT
	N	mm^4		N.m					
	35923	7909374	1,75	517429	3,58	0,19	0,76	6,84	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

Md/Mb,Rd

0,40 OK

PALO	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}
	mmq	N	N		N.m
	1312	169532	1143	0,97	18472

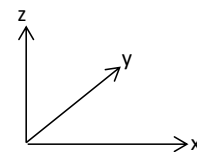
Vd	Md
Vc,Rd	Mc,Rred
OK	OK
0,01	0,38

$F_R =$	879	N	$f_{\max} =$	290,73	mm
$b_{F_R} =$	6,107	m			
$J_{med} =$	2138562	mm ⁴	$f_{\max} / H_{ft} =$	0,029	pari a 1/34 Hft

Dimensioni (mm) :	L	B	H	H infiss
	1000	1000	1000	800

V plinto (mc)
0,98

$a_x \text{ (mm)} = 0$



$e(x)$	$e(y)$
0	0

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	qlim,terr	Rd,t
N/mc	°	rad	N/mq	N/mmq	N/mmq
16000	21	0,37	0,00	0,17	0,07

Coeff. γ		
A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

Nq	Nc	N _γ
7,07	15,81	6,20
sq	sc	s _γ
1,20	1,20	0,70

	Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X
	[m]	[N]	[N]	[N.m]
AZIONI BASE PLINTO	-1,00	1180	879	6248
		1534	1143	8123

Mrib = Md,p =	8123	N.m
Mstab =	16001	N.m

Mrib / Mstab
0,51
OK

$$\mu = 0,38$$

$$\text{coeff. Attrito} = \tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot \text{coes} / \gamma M2$$

Fsc = Vd =	1143	N
Fstab =	12284	N

Fsc / Fstab
0,09
OK

$u = 316$ mm
 $e = L/2 - u = 184$ mm
 $q, dt = 0,053$ N/mm²
 $bf = L \text{ con } bf/6 = 167$ mm $\text{con } bf^* = 3 \cdot (L/2 - e) = 947$ mm

$$q, dt = 2.(Nd + Pp)/(b*. B)$$

$q_{dt} / R_{d,t}$
0,71
OK

$$bf/6 < e < bf/2$$

VERIFICA DEI SOSTEGNI
(Verifiche ai sensi Norme Tecniche Costruzioni)
(Laddove non specificato le unità di misura sono da intendersi in N e mm)

Comune di : PALERMO

Prov : PA

PROGETTISTA

Ing.

Località : AGENDA URBANA PALERMO

Albo prov. di

Tipo impianto: Impianto di illuminazione stradale urbana

N°

1) CARATTERISTICHE SOSTEGNO

Palo diritto rastremato in lamiera d'acciaio zincata tipo S235JR (equival. Fe360B UNI EN 10025)

Sezione circolare

DIREZIONE PREVALENTE VENTO

Caratt. Meccaniche (N/mm ²)	ft	fy	E
(Acciaio S235)	360	235	210000

Dimensioni (mm)	D base	D sommità	D sez inc.	H tot	H f.t.	Sp. Base	Sp. Somm	αr
PALO	178	60	170,0	11800	11000	4,00	4,00	89,71 °

Caratt. Statiche (N - mm)	Peso	I	W	A	β	i _{min}	λ
(riferite alla sez. di incastro)	1339	7189459	84582	2086	2	59	375

H f.t. = Altezza fuori terra

αr = angolo di rastremazione

2) CARATTERISTICHE EQUIPAGGIAMENTI

Proiettori/Armature:	Ly (mm)	Bx (mm)	H (mm)	Peso (N)	Coeff. S	Quantità	Sup,P (mq)	P,I (N)	ey (mm)	ex (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	743	343	106	8	1	1	0,079	8,0	2372	0

Terrazzino di riposo : ☐

Piattaforma ☐

Scala ☐

Operatori	Peso (N)	Quantità	P,o (N)	ec (mm)
<input type="checkbox"/>	0	0	0,0	0

(Coeff. S = coefficienti di incremento/riduzione delle superficie esposta per tenere conto ad es. di forature, vuoti, ecc)

(ec = Eccentricità masse rispetto all'asse palo)

3) CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Caratteristiche Zona	4	zona 4 Sicilia
as (altitudine del sito) =	15	m s.l.m.
a0 (alt riferim zona)=	500	m s.l.m.
Vref (velocità al suolo) =	28	m/s
Pressione cinetica vento qb =	490	N/mq $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$

3.1) Valutazione Ce

coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Classi di rugosità del terreno	C	Tabella 3.3.III Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....)
Distanza dalla costa	0 < d < 10	km Tabella 3.3.II Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione
Categoria di esposizione	II	
Coeff. Topografico Ct	1	

kr	Zo (m)	Zmin (m)
0,19	0,05	4

z (m)	3,67	5,50	11,00	11	Quote Z di calcolo
Ce(z)	1,751	1,985	2,413	2,413	Coefficiente di esposizione

3.2) Valutazione Cp

coefficiente di forma o aerodinamico

Circolare n°617 del 02/02/2009 - C3.3.10.6 Corpi cilindrici

z (m)	3,67	5,50	11,00	11,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,156	0,147	0,119	0,000	Diametro medio a quota Z
qp (N/mq)	858	973	1182	1182	Pressione cinetica di picco qp=qb x Ce(z)
Cp(z)	0,700	0,700	0,707	1,200	Coeff. Aerodinamico su corpi cilindrici

La pressione cinetica di picco del vento qp è il valore atteso della pressione cinetica massima del vento sull'intervallo di tempo T = 10 minuti. CNR DT 207/2008 3.2.7

Sugli **equipaggiamenti**, essendo zone di discontinuità della forma esterna della costruzione, si assumerà

$$C_{p,e} = 1,8 \quad \text{C3.3.10.8 Pressioni massime locali}$$

3.3) Valutazione Cd

coefficiente dinamico

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.4.1

Si definiscono azioni statiche equivalenti le azioni che applicate staticamente alla costruzione o ai suoi elementi danno luogo a spostamenti e sollecitazioni pari ai massimi indotti dall'azione dinamica del vento effettivo. In generale, esse sono fornite da una relazione del tipo:

$$\text{Azioni statiche equivalenti} = \text{Azioni aerodinamiche di picco} \times c_d \quad (3.17)$$

nella quale **cd** è un parametro adimensionale chiamato **coefficiente dinamico**

In mancanza di accurate valutazioni e a vantaggio della sicurezza si assume

$$c_d = 1$$

3.4) Coefficienti di forza e di momento

Istruzioni CNR DT 207/2008 - 3.3.4 Forze e momenti per unità di lunghezza

Le **azioni aerodinamiche di picco** esercitate dal vento su costruzioni ed elementi snelli possono essere espresse mediante una coppia di forze ortogonali fX e fY e un momento torcente mZ, per unità di lunghezza, applicati lungo l'asse Z di riferimento della costruzione o dell'elemento

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fX}$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fY}$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ}$$

Istruzioni CNR DT 207/2008 - G.10 Strutture snelle ed elementi strutturali allungati

G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare

Tabella G.XVII – Scabrezza k della superficie **0,2** mm Acciaio lucido

z (m)	3,67	5,50	11,00	11,00	Quote Z di calcolo
d (m)	0,156	0,147	0,119	0	Diametro medio a quota Z
cm	0,833	0,893	1,025	1,025	coefficiente di profilo medio del vento
vm(z) (m/s)	23,312	25,007	28,694	28,694	Velocità media CNR DT 207/2008 - 3.2.5
numero di Reynolds Re	2,42E+05	2,44E+05	2,28E+05	0,00E+00	CNR DT 207/2008 - 3.3.7 con l = d
k/b	1,28E-03	1,37E-03	1,68E-03	0,00E+00	con b=d
Coefficiente di forza cfXo	0,7482	0,7555	0,7700	0,0000	Coefficiente di forza nella direzione del vento
	Curva B	Curva B	Curva B	Curva A	

Si assume **CfYo=CmZo=0**

3.5) Pressioni e Forze del vento sul sostegno

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot c_p(z) \cdot c_d \cdot c_{fXo}(z) [N/mq]$; $q(z) = p(z) \cdot B(z) [N/m]$; $F_v(z) = q(z) \cdot h [N]$

Con $q(z)$ pressione lineare (media) del vento alla quota z per la larghezza B dell'elemento a quota z

Con $F_v(z)$ forza (media) del vento alla quota z per la lunghezza (o altezza) totale dell'elemento

z (m)	3,67	5,50	11,00	11,00	Quote Z di calcolo
B (m)	0,156	0,147	0,119	0,000	Larghezza media B nel tratto considerato
h (m)	3,667	1,833	5,500	0,000	Altezza di calcolo elemento
p (z)	449,447	514,483	643,567	0,000	N/mq
q (z)	69,964	75,372	76,584	0,000	N/m
Fv(z)	256,535	138,181	421,215	0,000	N
b(z)	1,833	4,583	8,250	0,000	m braccio della Fv rispetto alla base

3.6) Pressioni e Forze del vento sugli equipaggiamenti

Si assumeranno $p(z) = q_p(z) \cdot C_{p,e} \cdot c_d [N/mq]$; $F_v(z) = p(z) \cdot A_{eq} [N]$

z = Quote baricentro elemento

Proiettori / Armature :	z (mm)	Aeq (mq)	Ce(z)	p (z)	Fv(z)	b(z) m
	11000	0,079	2,41	2128,41	167,63	11,00

4) SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E ALLO S.L.U. SUL SOSTEGNO

PALO	Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd	Md,wp	Md,we	Md,e	caratt. SLU
	[m]	[N]	[N]	[N.m]	[N.m]	[N.m]	
0		1347	984	4579	1844	0	γGp = 1,30 γGe = 1,30
		1751	1279	5952	2397	0	

Md,wp / Md,we momenti dovuti al vento su palo e equipaggiamenti

Md,e momenti dovuti al disassamento degli equipaggiamenti rispetto all'asse palo

5) VERIFICA DEL SOSTEGNO

La verifica sarà condotta nei confronti della instabilità flessionale essendo più rigida della verifica di resistenza ed essendo il carico assiale $\leq 0,04 N_{cr}$

5.1) Verifica di stabilità flessionale

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse / C4.2.4.1.3.2 Stabilità delle membrature inflesse

$f_{yk} (S355) = \begin{matrix} 235 \\ 224 \\ 76923 \end{matrix} \begin{matrix} N/mm^2 \\ N/mm^2 \\ N/mm^2 \end{matrix}$
 $\gamma_{M0} = 1,05$
 $\gamma_{M1} = 1,10$
 $\beta = 2$
 $\epsilon = 1,00$

PALO	L	D	sp	As	Ixx	Wxx	Classe	ix=iy	λ
	mm	mm	mm	mmq	mm^4	mm^3		mm	
	11000	178	4,00	2186,55	8279366	93027	I	61,53	357,52
PALO	Ncr	Jt	ψ	Mcr	λ̄	λLT	αLT	φLT	χLT
	N	mm^4		N.m					
	35454	9784402	1,75	571740	3,72	0,20	0,76	7,32	1,00

Essendo la sezione circolare non sensibile all'instabilità flessotorsionale si assume $\chi_{LT} = 1$

	Mb,Rd	Md
	N.m	N.m
PALO	19874	8349

Md/Mb,Rd

0,42 OK

5.2) Verifica a flessione e taglio

	Av	Vc,Rd	Vd	ρ	Mc,Rd _{red}
	mmq	N	N		N.m
PALO	1392	179869	1279	0,97	20820

Vd
Vc,Rd
OK
0,01

Md
Mc,R_{red}
OK
0,40

5.3) Calcolo spostamento in sommità (S.L.E.)

F _R =	984	N	f _{max} =	359,46	mm
bF _R =	6,530	m			
J _{med} =	2451066	mm ⁴	f _{max} / Hft =	0,033	pari a 1/31 Hft

6) VERIFICHE FONDAZIONE

Plinto in calcestruzzo gettato in opera

R_{ck} = 16 N/mm²

γ_{cls} = 24000 N/mc

Dimensioni (mm) :

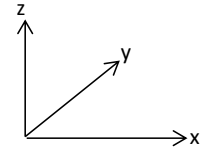
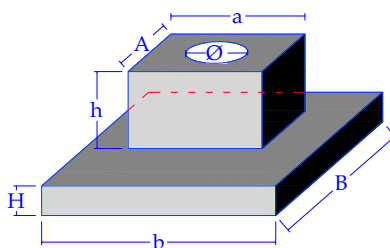
L	B	H	H infiss
1000	1000	1000	800

e(x)	e(y)
0	0

Pp (N)
23368
V plinto (mc)
0,97

ϕ (mm) = 204,7

h (mm) =	0
A y (mm) =	0
a x (mm) =	0



6.1) CARATTERISTICHE TERRENO

γ_{terr}	ϕ	ϕ	coes	q _{lim,terr}	R _{d,t}
N/mc	°	rad	N/mq	N/mm ²	N/mm ²
16000	21	0,37	0,00	0,17	0,07

Coeff. γ

A1	M1	R3
1,30	1,00	2,30

q_{lim,terr} calcolata con la formula di Terzaghi

Per le verifiche sarà adottata la combinazione (A1 + M1 + R3) 6.4.2.1.

N _q	N _c	N _{γ}
7,07	15,81	6,20
s _q	s _c	s _{γ}
1,20	1,20	0,70

6.2) Azioni caratteristiche e S.L.U. sul plinto

Quota z Sezione Verifica	Nd	Vd X	Md,p X	
[m]	[N]	[N]	[N.m]	
AZIONI BASE PLINTO -1,00	1347	984	7406	caratt.
	1751	1279	9628	SLU

Nd,p = Nd
Md,p = M_{wp} + M_{we} + M_e + Vd · H_{plinto} + Nd · e_x

6.3) VERIFICA AL RIBALTAMENTO

M _{rib} = Md,p =	9628	N.m
M _{stab} =	16065	N.m

M_{stab} = (Nd + Pp) · L/2

M_{rib} / M_{stab}
0,60
OK

6.4) VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

$\mu =$	0,38	$F_{sc} = Vd =$	1279	N	
$coeff. Attrito = \tan(\phi) / \gamma M2 + 0,5 \cdot coes / \gamma M2$		$F_{stab} =$	12333	N	$F_{stab} = (Nd + Pp) \cdot \mu$

F_{sc} / F_{stab}
0,10
OK

6.5) VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

u =	256	mm	q _{dt} =	0,065	N/mm ²	q _{dt} = 2 · (Nd + Pp) / (b* · B)
e = L/2 - u =	244	mm				
bf = L con bf/6 =	167		con bf* = 3 · (L/2 - e) =	769	mm	

bf/6 < e < bf/2

q_{dt} / R_{d,t}
0,88
OK