

Settore delle Strade e dei Trasporti
 Strada: S.P. 116 Virle Treponti - Villanuova S/C
 Ubicazione: Comune di Nuvolera
 Intervento: Circolazione rotatoria intersezione con bretella di collegamento alla S.S. 45 Bis, località Scaiola

Progettazione Impianto di Illuminazione Pubblica
 CUP H97H20002140002 - CIG Z7037169EE



ELABORATI DESCRITTIVI

**Relazione Tecnica Specialistica
 Calcoli Strutturali**

NVR_ES_00_d_CS_RTS_002_00

☐ PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA ☐ PROGETTO DEFINITIVO ☒ PROGETTO ESECUTIVO ☐ AS BUILT

PROGETTATO DA:

Edison Next Government S.r.l.

SCALA:

DATA:

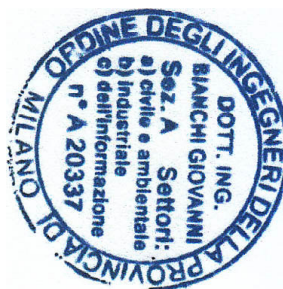
10 / 2022

PROGETTISTA ILLUMINOTECNICO:



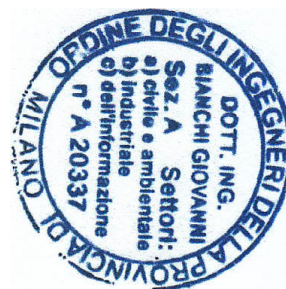
Documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e s.m.i.

PROGETTISTA E COORDINATORE
 DELLA PROGETTAZIONE:



Documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e s.m.i.

PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI:



Documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e s.m.i.

REV. N°

DATA REVISIONE

DESCRIZIONE MODIFICHE:

04

03

02

01

Il presente elaborato è opera dell'ingegno e costituisce oggetto di diritto d'autore ex art. 2575 e segg. Cod. Civ. e L. 22/04/1941 n°633 e s.m.i. Ogni violazione (riproduzione dell'opera, anche parziale o per stralcio, limitazione, contraffazione, ecc.) sarà perseguita penalmente. In caso di richiesta di accesso agli atti, i presenti elaborati si intendono sottoposti alla disciplina e alle limitazioni di cui al D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. di cui alla legge 241/1990 e s.m.i. e a tutta la disciplina relativa agli Appalti Pubblici.

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA CALCOLI STRUTTURALI	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

Sommario

0. DESTINAZIONE D'USO	3
0.1 DESCRIZIONE PRODOTTO.....	3
0.2 LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO	3
0.3 ASPETTI NORMATIVI SUI PLINTI	3
0.4 ISTRUZIONI D'USO	3
0.5 IMPIEGABILITÀ	4
1 DIMENSIONI CARATTERISTICHE DEL SISTEMA.....	6
1.1 DIMENSIONI PLINTO.....	6
1.2 DIMENSIONI PALO	7
2 CARICHI DI PROGETTO	8
2.1 PESO PROPRIO DEL PLINTO.....	8
2.2 PESO DEGLI OGGETTI VERTICALI.....	8
2.3 SPINTA DELLA TERRA.....	8
2.4 FORZA DEL VENTO	8
3. SOLLECITAZIONI E VERIFICHE (PLINTO)	13
3.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO.....	14
3.2 VERIFICA A SCORRIMENTO	17
3.3 VERIFICA A TAGLIO	18

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA CALCOLI STRUTTURALI	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

0. DESTINAZIONE D'USO

0.1 DESCRIZIONE PRODOTTO

Il manufatto oggetto di studio è un plinto di fondazione usato per la posa di pali d'acciaio per l'illuminazione pubblica, di dimensioni 115x115x120 cm, con pozzetto per dispersione di terra incorporato. Le principali caratteristiche complete del manufatto vengono riportate nella scheda tecnica. Il materiale costruttivo utilizzato è il conglomerato cementizio. Il prodotto è conforme, per quanto applicabile, ai requisiti della Direttiva 89/106/CEE prodotti da costruzione.

Qualora il manufatto non fosse montato con giusto criterio, oppure, qualora il sito di posizionamento del manufatto e le caratteristiche del palo d'acciaio per l'illuminazione non rispettino le caratteristiche presentate in questo documento, si declina ogni responsabilità.

0.2 LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale le determinazioni delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si fa riferimento alla normativa italiana vigente sulle costruzioni, in particolare si fa riferimento al D.M. 17 gennaio 2018, recante "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

0.3 ASPETTI NORMATIVI SUI PLINTI

Ad integrazione della NTC gli aspetti normativi che riguardano i plinti sono:

– UNI EN 206-1:2006

Prodotti in Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità

La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 206-1 (edizione dicembre 2000), dell'aggiornamento A1 (edizione luglio 2004) e dell'aggiornamento A2 (edizione giugno 2005). La norma si applica al calcestruzzo per strutture gettate in sito, strutture prefabbricate e componenti strutturali prefabbricati per edifici e strutture di ingegneria civile. Il calcestruzzo può essere miscelato in cantiere, preconfezionato o prodotto in un impianto per componenti di calcestruzzo prefabbricato. La norma specifica i requisiti per: - i materiali componenti del calcestruzzo; - le proprietà del calcestruzzo fresco ed indurito e la loro verifica; - le limitazioni per la composizione del calcestruzzo; - la specifica del calcestruzzo; - la consegna del calcestruzzo fresco;

- le procedure per il controllo di produzione; - i criteri di conformità e la valutazione della conformità.

– Norma UNI EN 1998-5:2005

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica, Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 1998-5 (edizione novembre 2004). La norma stabilisce i requisiti, i criteri e le regole per la progettazione di differenti sistemi di fondazione, per la progettazione di strutture di contenimento in terra e per l'interazione suolo-struttura quando sottoposti ad azioni sismiche.

Il processo di fabbricazione (per quanto applicabile) rispettoso di quanto richiesto dalla direttiva 89/106/CEE (recepita con DPR 246/1993 del 21/04/1993) e successive modifiche ed integrazioni.

– Sistemi di gestione della Qualità

La norma prevede un sistema di gestione per la qualità, pensato per gestire i processi aziendali affinché siano indirizzati al miglioramento della efficacia e dell'efficienza della organizzazione oltre che alla soddisfazione del cliente.

0.4 ISTRUZIONI D'USO

Il plinto di fondazione prefabbricato è utilizzato per la posa di pali d'acciaio per l'illuminazione pubblica con predisposizione per alloggiamento palo e pozzetto per collegamento cavi di alimentazione elettrica. Il prefabbricato è costruito interamente in calcestruzzo, un blocco monolitico nel quale è ricavato un foro per l'alloggiamento del palo di illuminazione. In esso, inoltre, è ricavato il pozzetto d'ispezione, oltre ai vari fori di collegamento.

I materiali da costruzioni utilizzati sono:

- Calcestruzzo C32/40;
- Acciaio tipo B450C

Il manufatto va posato su uno strato di magrone di livellamento (Classe di consistenza S4, Dmax 32 mm; classe di resistenza - classe di esposizione:- C16/20 - X0). Il riempimento della sezione cava attorno al plinto viene fatto con sabbia ben costipata. Nel caso in cui il manufatto interessato riporti e zone in cui il terreno è stato manomesso e pertanto con portanza ridotta, dovranno essere valutate operazioni di bonifica. Il posizionamento in scarpata non è ammesso. Per il riempimento dell'alloggiamento del palo è consigliato l'uso di malte cementizie espansive essendo stata valutata la condizione statica di incastro al piede del palo. Il plinto deve essere completamente inserito nel terreno al fine di assicurare un adeguato contrasto al ribaltamento, allo scorrimento laterale, nonché la garanzia alla sicurezza della circolazione stradale.

Va sottolineato che il funzionamento teorico del blocco deve essere seguito da una corretta esecuzione. Pertanto è necessario che dopo lo scavo e il posizionamento del manufatto che il ricoprimento del terreno ai lati avvenga con estrema cura e che sia ben costipato e rispettato il ricoprimento minimo dell'interramento; la scelta del terreno di riempimento dovrà essere selezionata e preferibilmente dovrà essere di tipo arido.

0.5 IMPIEGABILITÀ

Da calcoli risulta che il plinto prefabbricato di dimensioni 115x115x120 cm può essere utilizzato con pali d'acciaio per l'illuminazione troncoconici di altezza pari a 10,00 metri nella zona 1. Si assume una tipologia di terreno argilloso di media resistenza con peso specifico 2.000 kg/cm² e coefficiente d'attrito terreno-cls 0,2.

Il plinto così come da catalogo può essere utilizzato nei siti che hanno le caratteristiche rispetto all'azione del vento come definite da normativa riportate in Tabella 1:

ZONA	DESCRIZIONE	a ₀ [m]	IMPIEGABILITÀ
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	1.000	Limitatamente alle classi di rugosità del terreno A e B ovunque, alla classe C per distanze superiori ai 10 km dalla costa del mare e alla classe D per siti di altitudine superiore ai 500 m.s.l.m.
2	Emilia Romagna	750	Limitatamente alle classi di rugosità del terreno A e B ovunque, alla classe C per distanze superiori ai 10 km dalla costa del mare e alla classe D per siti di altitudine superiore ai 500 m.s.l.m.
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	500	Limitatamente alla classe di rugosità del terreno A ovunque, alla classe B per distanze superiori ai 30 km dalla costa del mare, alla classe C per siti di altitudine superiore ai 500 m.s.l.m. Non è ammesso l'utilizzo per siti con classe di rugosità del terreno D.
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	500	Limitatamente alla classe di rugosità del terreno A ovunque, alla classe B per distanze superiori ai 30 km dalla costa del mare, alla classe C per siti di altitudine superiore ai 500 m.s.l.m. Non è ammesso l'utilizzo per siti con classe di rugosità del terreno D.
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	750	Limitatamente alla classe di rugosità del terreno A ovunque, alla classe B per distanze superiori ai 30 km dalla costa del mare, alla classe C per siti di altitudine superiore ai 500

			m.s.l.m. Non è ammesso l'utilizzo per siti con classe di rugosità del terreno D.
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	500	Limitatamente alla classe di rugosità del terreno A per distanze superiori ai 10 km dalla costa del mare, alla classe B per distanze superiori ai 30 km dalla costa del mare, alla classe C per siti di altitudine superiore ai 500 m.s.l.m. Non è ammesso l'utilizzo per siti con classe di rugosità del terreno D.
7	Liguria	1000	Limitatamente alle classi di rugosità del terreno A e B ovunque. Non è ammesso l'utilizzo per siti con classe di rugosità del terreno C o D.
8	Provincia di Trieste	1500	Non è ammesso l'utilizzo in nessuna zona.
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	500	Non è ammesso l'utilizzo in nessuna zona.

Tabella 1: Impiegabilità del plinto in esame nelle diverse zone in base all'azione del vento.

Per siti con altitudini superiori al valore indicato in tabella come a_0 rispetto al livello del mare si devono svolgere apposite verifiche di stabilità. Le classi di rugosità del terreno sono riportate nella Tabella 3.3.III del D.M. 17/01/2018. I valori vengono riportati in Tabella 2:

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,.....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,.....)
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.	

Tabella 2: Classi di rugosità del terreno.

0.7 METODO DI CALCOLO

La progettazione e la verifica del manufatto in oggetto sono state eseguite con gli usuali metodi di Scienza delle Costruzioni basati sulle ipotesi della elasticità lineare.

1 DIMENSIONI CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

1.1 DIMENSIONI PLINTO

Il plinto presenta, come illustrato nei dettagli di Figura 1 e **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata., le seguenti dimensioni fondamentali.

Altezza (A) [m]:	1,20
Lunghezza (B) [m]:	1,15
Profondità (C) [m]:	1,15
Diametro del foro per il palo (D): [m]	0,27
Dimensioni parallelepipedo (F)x(E) [m] x [m]:	0,42 x 0,42
Altezza parallelepipedo [m]:	1,085
Peso del plinto [kg]:	2110,00

Tabella 3: Dimensioni del plinto.

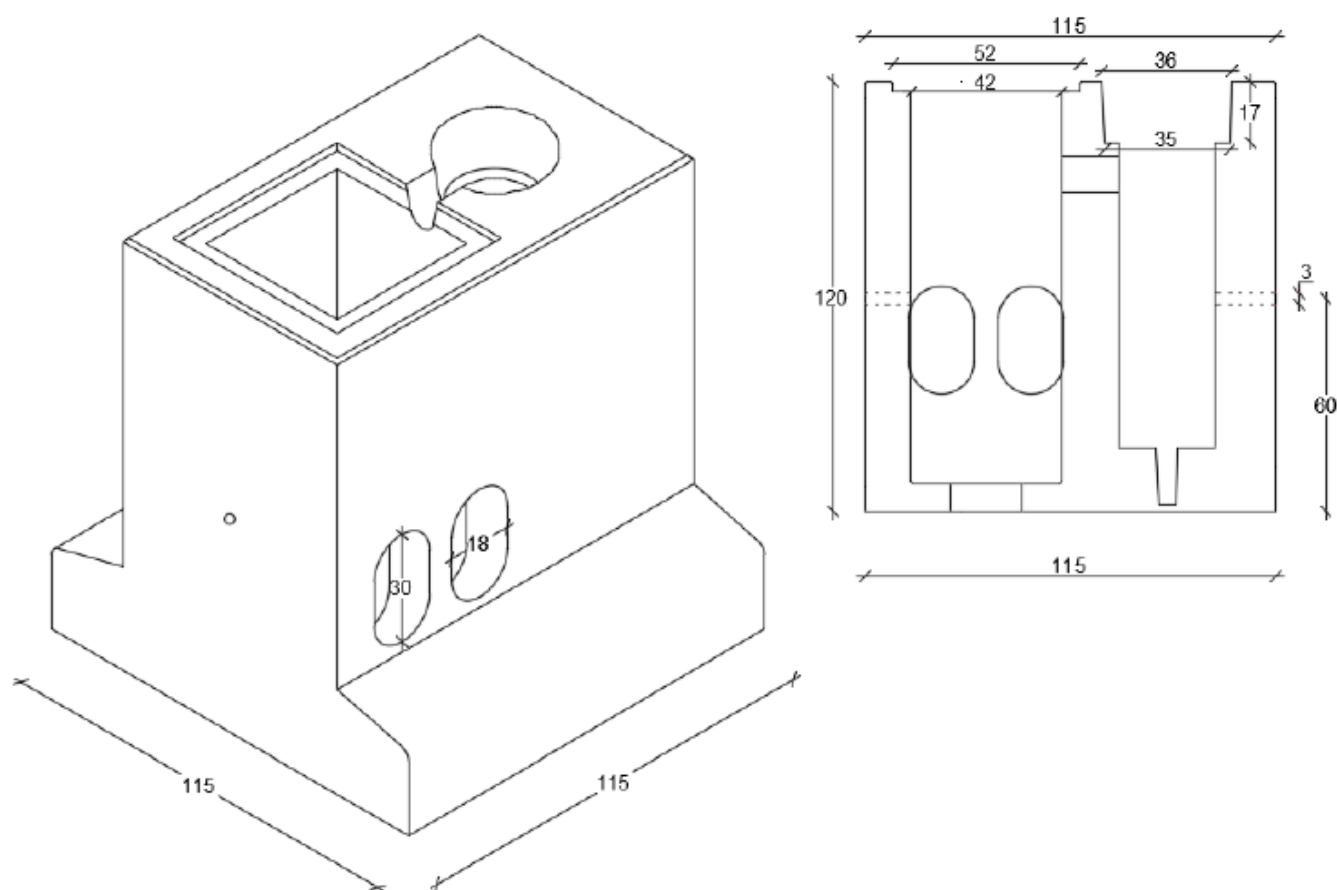


Figura 1: Plinto, vista assonometrica ed in sezione.

1.2 DIMENSIONI PALO

Il palo presenta le dimensioni illustrate in Tabella 4:

Altezza totale [m]:	10,80
Diametro min/max [m]:	0,06/0,168
Spessore del palo [mm]	3,00
Peso del palo e del corpo illuminante [kg]	92,43 + 6

Tabella 4: Dimensioni del palo e del corpo illuminante.

PALO CON CORPO ILLUMINANTE

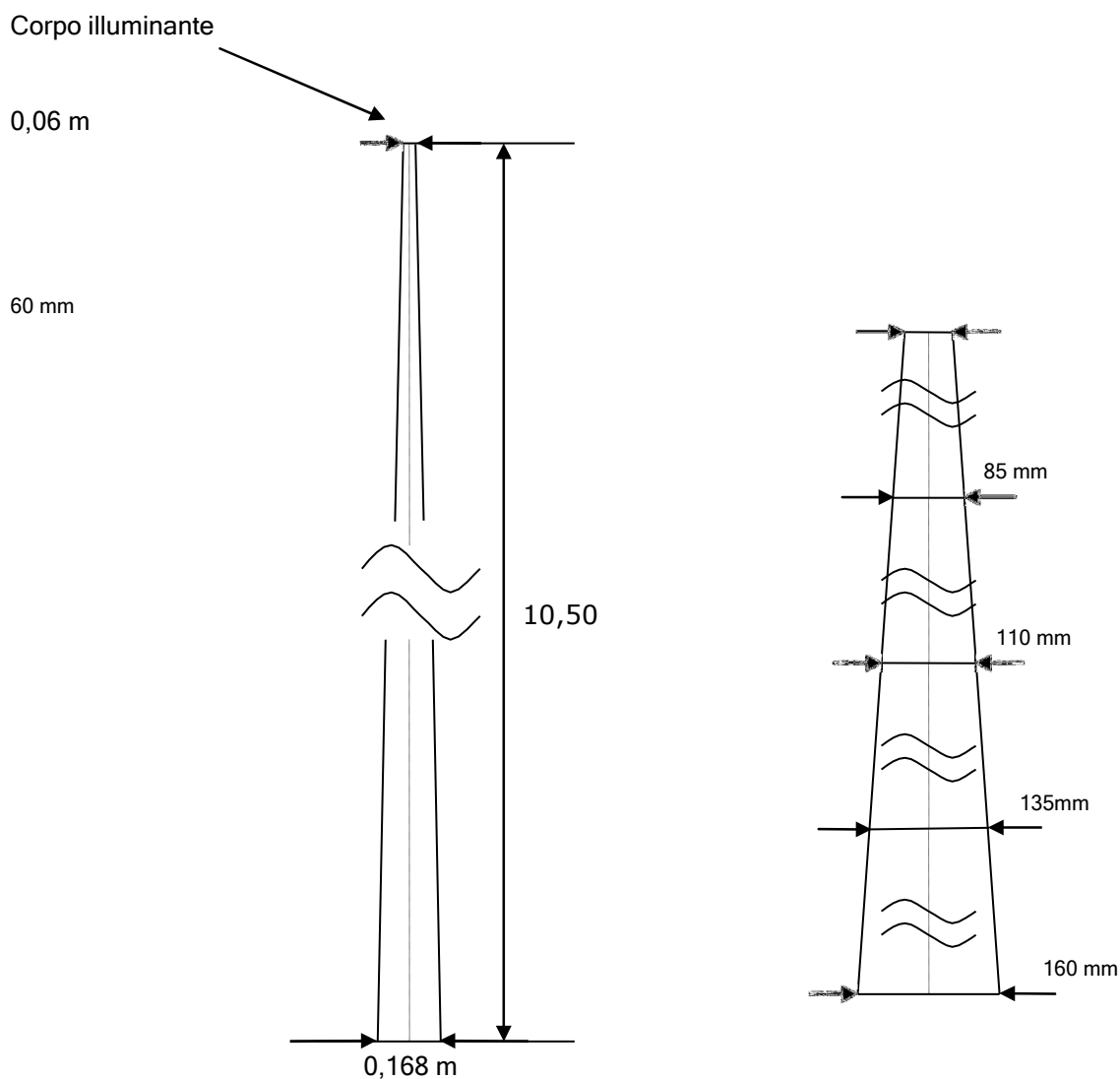


Figura 2: Palo e oggetto illuminante, dimensioni.

2 CARICHI DI PROGETTO

Le forze agenti sul sistema sono: il peso del plinto, il peso del palo, il peso del corpo illuminante, la spinta delle terre e la pressione del vento. Le azioni sono ricavate dal capitolo 3 del D.M. 17/01/2018, "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

- Peso proprio del plinto
- Peso degli oggetti verticali (palo e corpo illuminante)
- Spinta delle terre
- Pressione del vento

2.1 PESO PROPRIO DEL PLINTO

Si calcola la forza peso del plinto:

$$P_{\text{plin}} = 2.110 \text{ kg} \cdot 10 = 21.110,00 \text{ N}$$

Posizione del baricentro del plinto

$$x_G = 0,644 \text{ m} \quad y_G = 0,575 \text{ m}$$

2.2 PESO DEGLI OGGETTI VERTICALI

Gli oggetti verticali hanno le seguenti forze-peso:

$$P_{\text{vert}} = (P_{\text{palo}} + P_{\text{corpo illuminante}}) \cdot 10 = 984,30 \text{ N}$$

2.3 SPINTA DELLA TERRA

Sotto le seguenti ipotesi:

- il plinto è collocato in un terreno composto da sabbia a granulometria uniforme, il peso specifico quindi si assume pari a: $\gamma = 2.000 \text{ kg/m}^3$;
- L'intera altezza del plinto è coperta da terreno;
- La spinta della terra si assume con coefficiente di spinta passiva pari K_p a 1 a vantaggio di sicurezza.
- Viene considerata, a vantaggio di sicurezza, solo la parte in elevazione del plinto (base: 1,15x0,70 m; altezza: 1,20 m). Vengono escluse le ali laterali che fuoriescono dalla sagoma del plinto 0,225 m per parte e che pur danno grosso contributo alla stabilità del manufatto.

La spinta della terra, caratterizzata dal classico diagramma triangolare, considerando una superficie di contatto lunga 1 metro, è calcolata come:

$$F_{\text{terra}} = \gamma \cdot (h_{\text{plinto}} \cdot h_{\text{plinto}}) / 2 \cdot K_p \cdot 1 = 14.400,0$$

2.4 FORZA DEL VENTO

Calcolo della pressione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione: $p =$

$$q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d \text{ [N/m}^2\text{]}$$

dove:

- q_r = è la pressione cinetica di riferimento, in N/m^2 ;
- c_e = è il coefficiente di esposizione.;
- c_p = è il coefficiente di forma o coefficiente aerodinamico;
- c_d = è il coefficiente dinamico.

	PROVINCIA DI BRESCIA		
	Elaborati descrittivi	PROGETTO ESECUTIVO	
	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA CALCOLI STRUTTURALI	NVR_ES_00_d_I_RTS_001_00	

Calcolo della pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_r è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

dove:

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a $1,25 \text{ kg/m}^3$. v_r è la velocità di riferimento del vento (in m/s), coincidente con la velocità base di riferimento v_b (quando si assume il tempo di ritorno pari a 50 anni).

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a \quad [3.3.1]$$

$v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \quad [3.3.1.b]$$

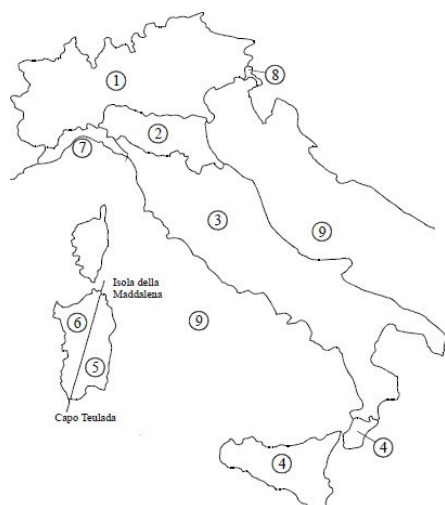
dove:

a_0, k_s sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32


Figura 3: Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano.

Calcolo del coefficiente di esposizione c_e

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = (k_r)^2 * c_t * \ln(z/z_0) * (7 + c_t * \ln(z/z_0)) \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Il coefficiente di topografia c_t è generalmente posto uguale a 1 sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane. Gli altri coefficienti sono determinati dalla categoria di esposizione che a sua volta si individua data la rugosità del terreno assieme alla distanza dalla costa e dall'altitudine del sito. La suddivisione delle classi di rugosità del terreno è riportata in Tabella 2. La presenta la definizione delle categorie di esposizione, mentre la riporta i parametri per la definizione del coefficiente di esposizione.

ZONE 1,2,3,4,5					
	costa	mare	500m	750m	
	2 km	10 km	30 km		
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	II	III
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5					
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1					

ZONA 9		
	costa	
	mare	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
	costa	
	mare	
	1,5 km	0,5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	II
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

Tabella 5: Definizione delle categorie di esposizione.

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,2	0,1	5
IV	0,22	0,3	8
V	0,23	0,7	12

Tabella 6: Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione.

Calcolo del coefficiente di forma c_p

Il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico) è funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Per i corpi cilindrici a sezione circolare di diametro d e altezza h (ambedue espressi in metri), i coefficienti c_p sono i seguenti:

$$c_p = \begin{cases} 1,2 & \text{per } d\sqrt{q} \leq 2,2 \\ (1,783 - 0,263d\sqrt{q}) & \text{per } 2,2 \leq d\sqrt{q} \leq 4,2 \\ 0,7 & \text{per } 4,2 \leq d\sqrt{q} \end{cases}$$

per $q = q_{re}$ [N/m²].

L'azione di insieme esercitata dal vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata sul piano ortogonale alla direzione del vento.

Calcolo del coefficiente dinamico c_d

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Esso assume normalmente il valore 1.

$$c_d = 1$$

Calcolo dell'azione del vento per i sostegni previsti in progetto

In ragione di quanto indicato dalla normativa sopra riportata, si individuano di seguito le caratteristiche inerenti il sito di installazione e la conformazione geometrica della struttura (palo di sostegno IP), al fine di poter eseguire il calcolo della pressione esercitata dal vento sulla struttura stessa:

- Zona di riferimento 1, in zone di altezza inferiore ai 1000 m;
- Classe di rugosità del terreno B;
- Distanza dalla costa: oltre i 30 Km
- Categoria di esposizione: IV

Si ottengono i valori riportati in Tabella:

$v_{b,0}$	25	[m/s]
K_s	0,010	[1/s]
a_0	1000	[m]
q_b	390,625	[N/m ²]
z_{min}	8	[m]
z_0	0,3	[m]
k_r	0,22	[]
C_d	1	[]

Tabella 7: Valori di riferimento per l'azione del vento.

Poiché il coefficiente è dipendente dall'altezza della costruzione e poiché il palo è conico, il che influisce sull'area che esso oppone all'azione del vento, si procede a valutare la pressione del vento a diverse altezze, dividendo il palo, nella sua parte fuori terra, in 4 sezioni, come da Figura 2.

Nella Tabella sottostante sono riportati i risultati:

Azione del vento								
Vb velocità rif. Vento	25	m/s	25	m/s	25	m/s	25	m/s
qr Pressione cinetica di rifer.	390,625	N/mq	390,625	N/mq	390,625	N/mq	390,625	N/mq
as altitudine sul livello del mare	165	m	165	m	165	m	165	m
Coeff. Topografia (Ct)	1		1		1		1	
Classe di rugosità terreno	B		B		B		B	
Categoria esposizione sito	IV		IV		IV		IV	
Kr	0,22		0,22		0,22		0,22	
Zo	0,3	m	0,3	m	0,3	m	0,3	m
Zmin	8	m	8	m	8	m	8	m
Z altezza sul suolo	10	m	7,5	m	5	m	2,5	m
Ce Coeff. esposizione	1,78		1,63		1,63		1,63	
Coeff. di forma								
q= qr x Ce	696,54	N/mq	638,3641	N/mq	638,3641	N/mq	638,3641	N/mq
d diametro palo	0,06	m	0,085	m	0,11	m	0,135	m
d/(radquad di q)	0,002273		0,003364		0,004354		0,005343	
Cp Coeff. di forma	1,2		1,2		1,2		1,2	
Cd Coeff. Dinamico	1		1		1		1	
P - Pressione del Vento	835,85	N/mq	766,0369	N/mq	766,0369	N/mq	766,0369	N/mq

Tabella 8: Valori dell'azione del vento lungo l'altezza del palo.

Calcolo della forza del vento

La formula per la spinta del vento è $F = A \times P \times C_p$ in cui F è la forza del vento, A l'area proiettata dell'oggetto, P la pressione del vento, C_p è il coefficiente di forma o aerodinamico (già considerato nel precedente calcolo della pressione e fissato pari ad 1,2 per tubi cilindrici lunghi)

La forza è considerata parallela al terreno e si può scomporre come agente sui rispettivi baricentri del palo considerato come scomposto in quattro zone che presentano aree diverse, a seconda del loro crescente diametro, all'esposizione del vento.

- Forza del vento sul palo cilindrico:

Forza del Vento su palo conico			
Z Altezza sul suolo (m)	P - Pressione del Vento (N/mq)	d - Diametro del palo (m)	Fv - Forza del Vento (N)
2,5	766,04	0,135	258,54
5	766,04	0,11	210,66
7,5	766,04	0,085	162,78
10	835,85	0,06	125,38

Tabella 9: Azione del vento sul palo conico

3. SOLLECITAZIONI E VERIFICHE (PLINTO)

Si adotta lo schema statico di blocco incassato nel terreno. Si eseguono le seguenti verifiche:

1. Verifica a RIBALTAMENTO: al fine di individuare la configurazione di carico più gravosa per la struttura, dunque operare il dimensionamento in vantaggio di sicurezza, si svolgono i calcoli in tre diverse configurazioni di carico, che si riferiscono a tre diverse direzioni del vento rispetto al sistema palo/plinto. La struttura nelle diverse configurazioni è verificata valutando il rapporto tra momento stabilizzante e ribaltante, che deve essere superiore al fattore di sicurezza 1,5. La verifica viene effettuata a quota piano di posa del plinto. Si esegue una verifica con l'azione del vento (momento ribaltante). Il momento stabilizzante è dato dal peso del palo, dal peso del corpo illuminante, dalla spinta passiva del terreno e dal peso del plinto;
2. Verifica a SCORRIMENTO: il rapporto tra le forze resistenti e quelle agenti deve essere superiore a 1,3;
3. Verifica a TAGLIO: si verifica che l'azione del vento sia superiore alla spinta passiva del terreno;

3.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO

Al fine di individuare la configurazione di carico più gravosa per la struttura, dunque operare il dimensionamento in vantaggio di sicurezza, si svolgono i calcoli in tre diverse configurazioni di carico, che si riferiscono a tre diverse direzioni del vento rispetto al sistema palo/plinto. La struttura nelle diverse configurazioni è verificata valutando il rapporto tra momento stabilizzante e ribaltante, che deve essere superiore al fattore di sicurezza 1,5. La verifica viene effettuata a quota piano di posa del plinto. Si esegue una verifica con l'azione del vento (momento ribaltante). Il momento stabilizzante è dato dal peso del palo, dal peso del corpo illuminante, dalla spinta passiva del terreno e dal peso del plinto.

Di seguito vengono eseguite le verifiche per il caso specifico di azione del vento riportato nel precedente paragrafo.

CONFIGURAZIONE DI CARICO A

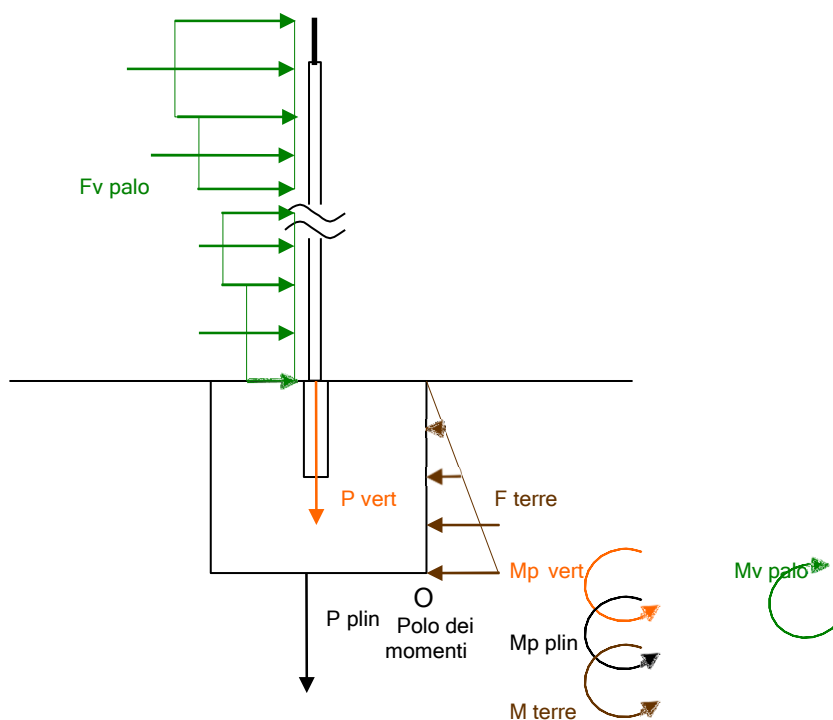
A


Figura 4: Configurazione di carico A, forze agenti.

In funzione del punto di applicazione la forza determina un momento rispetto al polo dei momenti O, posizionato come in Figura . Il segno + si riferisce a momenti in senso orario. Con $\Delta z/2 = 2,5/2 = 1,25$ m

Forza [N]	Braccio [m]	Momento [Nm]
$F(z=2,5 \text{ m}) = 258,54$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 2,45$	$M_v(z) = 633,42$
$F(z=5,0 \text{ m}) = 210,66$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 4,95$	$M_v(z) = 1.042,77$
$F(z=7,5 \text{ m}) = 162,78$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 7,45$	$M_v(z) = 1212,71$
$F(z=10 \text{ m}) = 125,38$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 9,95$	$M_v(z) = 1247,53$
$F_{\text{terra}} = 14.400,00$	$h \text{ plinto}/3 = 0,40$	$M_{\text{terra}} = -4320,00$

Forza [N]	Braccio [m]	Momento [Nm]
P plin = 21.110,00	y _G = 0,575	M plin = -12.138,25
P vert = 984,30	Distanza foro = 0,575	M vert = -565,97

Tabella 10: Momenti agenti, combinazione di carico A, caso particolare.

La somma dei momenti dovuti alla forza del vento fornisce il momento ribaltante, invece la somma dei momenti dovuti al peso e alla risposta delle terre fornisce il momento stabilizzante:

$$M_{rib} = M_v(z=2,5) + M_v(z=5) + M_v(z=7,5) + M_v(z=10) = 4.136,43 \text{ Nm}$$

$$M_{stab} = M_{plin} + M_{vert} + M_{terre} = -17.024,22 \text{ Nm}$$

$$M_{stab}/M_{rib} = 4,11 > 1,5 \quad \text{Verificato}$$

CONFIGURAZIONE DI CARICO B

B

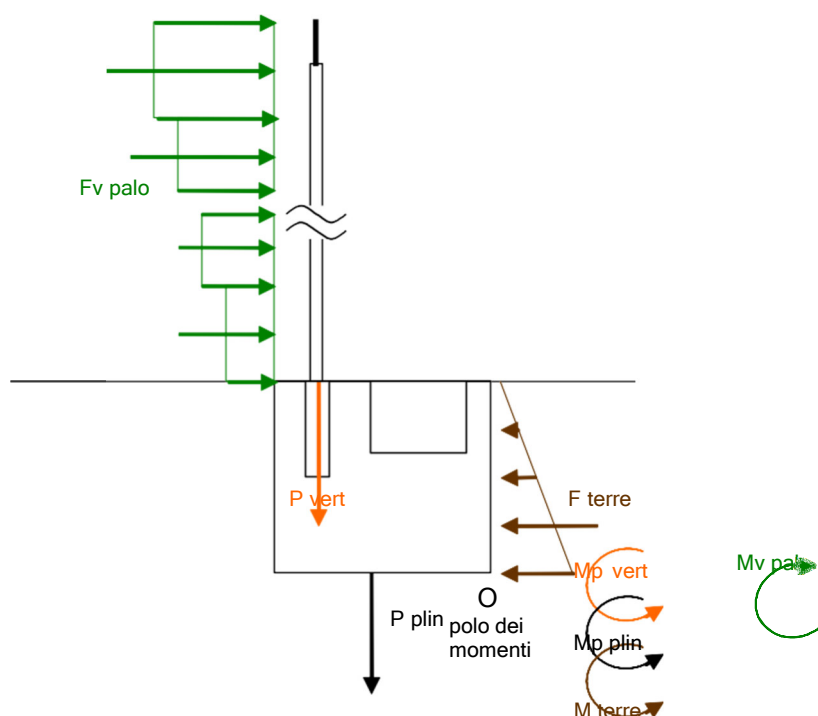


Figura 5: Configurazione di carico B, forze agenti.

In funzione del punto di applicazione la forza determina un momento rispetto al polo dei momenti 0, posizionato come in Figura. Il segno + si riferisce a momenti in senso orario.

Forza [N]	Braccio [m]	Momento [Nm]
$F(z=2,5 \text{ m}) = 258,54$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 2,45$	$M_v(z) = 633,42$
$F(z=5,0 \text{ m}) = 210,66$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 4,95$	$M_v(z) = 1.042,77$
$F(z=7,5 \text{ m}) = 162,78$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 7,45$	$M_v(z) = 1212,71$
$F(z=10 \text{ m}) = 125,38$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 9,95$	$M_v(z) = 1247,53$
$F \text{ terra} = 10.080,00$	$h \text{ plinto}/3 = 0,40$	$M \text{ terre} = -4032,00$
$P \text{ plin} = 21.110,00$	$X_G = 0,64$	$M \text{ plin} = -13.510,40$
$P \text{ vert} = 984,30$	Distanza foro = 0,84	$M \text{ vert} = -826,81$

Tabella 11: Momenti agenti, combinazione di carico B, caso particolare.

$$M_{\text{rib}} = M_v(z=2,5) + M_v(z=5) + M_v(z=7,5) + M_v(z=10) = 4.136,43 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{stab}} = M_{\text{plin}} + M_{\text{vert}} + M_{\text{terre}} = -18.369,21 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{stab}}/M_{\text{rib}} = 4,44 > 1,5$$

Verificato

CONFIGURAZIONE DI CARICO C

C

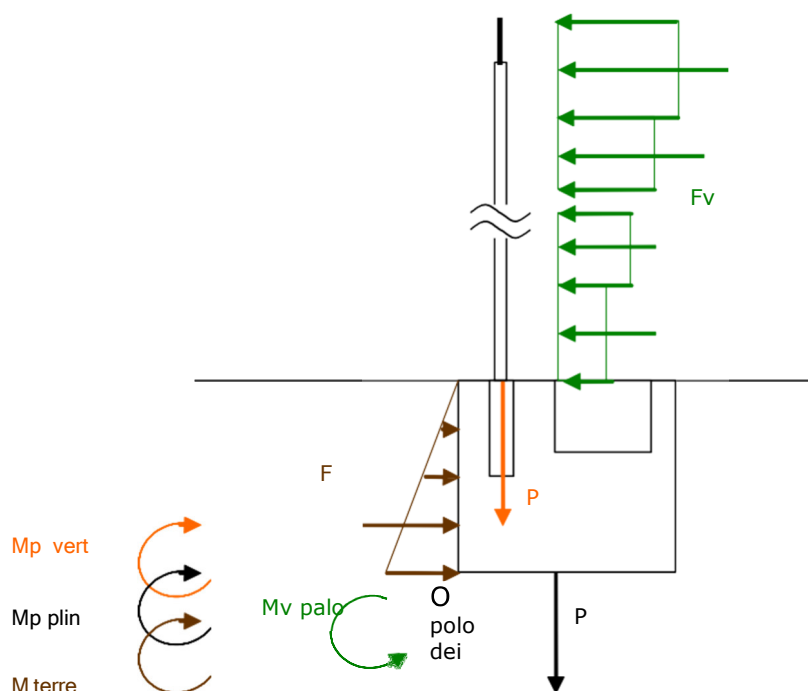


Figura 6: Configurazione di carico C, forze agenti.

In funzione del punto di applicazione la forza determina un momento rispetto al polo dei momenti 0, posizionato come in Figura. Il segno + si riferisce a momenti in senso orario.

Forza [N]	Braccio [m]	Momento [Nm]
$F(z=2,5 \text{ m}) = 258,54$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 2,45$	$M_v(z) = -633,42$
$F(z=5,0 \text{ m}) = 210,66$	$h \text{ plinto} + z - \Delta z/2 = 4,95$	$M_v(z) = -1.042,77$
$F(z=7,5 \text{ m}) = 162,78$	$h \text{ plinto} + z1 - \Delta z/2 = 7,45$	$M_v(z) = -1212,71$
$F(z=10 \text{ m}) = 125,38$	$h \text{ plinto} + z1 - \Delta z/2 = 9,95$	$M_v(z) = -1247,53$
$F \text{ terra} = 10.080,00$	$h \text{ plinto}/3 = 0,40$	$M \text{ terre} = 4032,00$
$P \text{ plin} = 21.110,00$	$X = 1,15 - 0,64 = 0,51$	$M \text{ plin} = 10.766,10$
$P \text{ vert} = 984,30$	Distanza foro = 0,31	$M \text{ vert} = 305,13$

Tabella 12: Momenti agenti, combinazione di carico C, caso particolare.

$$M_v \text{ palo} = M_v(z1) + M_v(z2) + M_v(z3) + M_v(z4) = -4.136,43 \text{ Nm}$$

$$\text{stab} = M \text{ plin} + M \text{ vert} + M \text{ terre} = 15.103,23 \text{ Nm}$$

$M \text{ stab}/M_{rib} = 3,65 > 1,5$	Verificato
---------------------------------------	------------

Dalle verifiche svolte risulta che la combinazione di carico più gravosa è la combinazione C che verrà, quindi, utilizzata nei calcoli successivi, a vantaggio di sicurezza.

3.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

La verifica a scorrimento prevede che il rapporto tra le forze resistenti e quelle agenti deve essere superiore a 1,3. Si considera la configurazione di carico C. Le forze resistenti sono il peso del plinto, il peso del palo e del corpo illuminante moltiplicate per il coefficiente di attrito tra cls e terreno assunto 0,2; la forza ribaltante è l'azione del vento.

Con riferimento alla Figura 7 si calcolano le forze resistenti:

$$R = N\mu = (N_{plinto} + N_{palo+ill}) \cdot 0,2 = (21.110,00 + 984,30) \cdot 0,2 = 4.416,86 \text{ N}$$

La forza ribaltante massima è:

$$F_v = 258,54 + 210,66 + 162,78 + 125,38 = 757,36 \text{ N}$$

Quindi si ricava il coefficiente di verifica:

$$FS = \frac{R}{F_v} = 5,83 > 1,5 \text{ VERIFICATO}$$

C

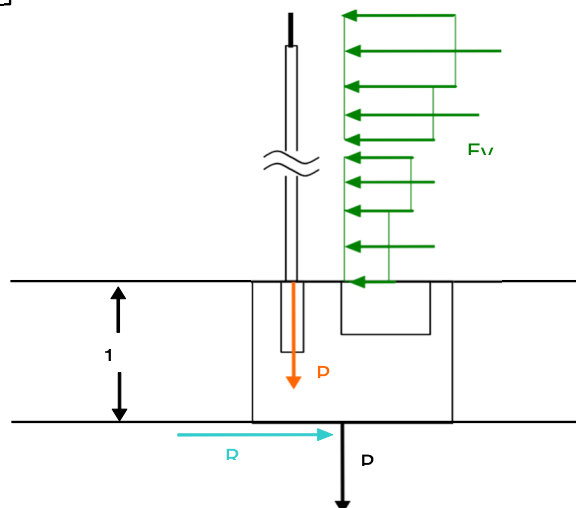


Figura 7: Verifica a scorrimento.

3.3 VERIFICA A TAGLIO

Come forza resistente si assume metà della spinta passiva del terreno, nella configurazione di carico C; la forza ribaltante è l'azione del vento.

Con riferimento alla Figura, la forza ribaltante è:

$$F_v = 258,54 + 210,66 + 162,78 + 125,38 = 757,36 \text{ N}$$

La forza stabilizzante è:

$$F_{\text{terreno}} = S_{\text{terreno}} / 2 = 10.080,00 / 2 = 5.040,00 \text{ N}$$

Quindi si ricava il coefficiente di verifica:

$$FS = \frac{F_{\text{terreno}}}{F_v} = 6,65 > 1,5 \text{ VERIFICATO}$$