



COMUNE DI  
BRAONE



REGIONE LOMBARDIA



PROVINCIA DI  
BRESCIA

# EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE DEL COMUNE DI BRAONE (BS) CUP: I69J22001980006

## PROGETTO ESECUTIVO



### Committente:

COMUNE DI BRAONE  
Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)  
P. IVA: 00583040985 e C.F.: 00855380176

Febbraio 2023	REVISIONE 01	SOLIDeng	0261	03	T0106
<del>Febbraio 2022</del>	<del>PRIMA EMISSIONE O REVISIONE</del>	<del>SOLIDeng</del>	<del>0261</del>	<del>03</del>	<del>T0006</del>
Data	Descrizione dell'aggiornamento	ESTENSORE:	CODICE UNIVOCO ELAB.		

### Contenuto dell'elaborato:

RELAZIONE DELLE STRUTTURE

### Progettazione a cura di:




**SOLIDeng**

SOLIDeng s.r.l.  
Piazza Medaglie d'Oro, 3/G 25047 – Darfo Boario Terme (BS)  
Codice fiscale e partita IVA: 035 02 170 982 – R.E.A.: BS-539523  
Telefono e FAX: +39.(0)364.52.95.66 – info@solideng.it – protocollo@pec.solideng.it


Il Progettista:

Il Committente:

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023


## Sommario

Sommario.....	2
1   PREMESSA .....	3
2   DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI .....	4
3   Analisi dei carichi .....	5
3.1.1   Peso proprio .....	6
3.1.1.1   Peso proprio del plinto di fondazione .....	6
3.1.1.2   Peso proprio del palo, dello sbraccio e della lampada .....	7
3.1.2   Azione da vento .....	8
4   VERIFICHE GEOTECNICHE .....	14
4.1 Verifica a scorrimento .....	15
4.2 Verifica a ribaltamento .....	16
4.3 Calcolo della capacità portante .....	16
5   DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE DEL PLINTO .....	19
5.1 Verifica a flessione .....	19
5.2 Verifica a taglio .....	20
5.3 Estratti grafici esecutivi plinto .....	21
6   MATERIALI IMPIEGATI.....	23
6.1 Cemento armato .....	23
6.1.1   Calcestruzzi .....	23
6.1.2   Acciaio per C.A. ....	28
7   NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	29

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <i>SOLIDeng s.r.l.</i>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: <i>Febbraio 2023</i>

## 1 PREMESSA

La presente relazione è redatta a compendio del Progetto Esecutivo dei lavori di “*EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL’IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE DEL COMUNE DI BRAONE (BS)*”.

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Progettazione a cura di: <i>SOLIDeng s.r.l.</i>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: <i>Febbraio 2023</i>

## 2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il progetto prevede sostanzialmente il miglioramento del sistema di illuminazione comunale, ormai obsoleto, con la sostituzione di corpi illuminanti esistenti tramite nuovi elementi ad alta efficienza illuminotecnica.

Per una miglior comprensione degli interventi che saranno realizzati si rimanda agli elaborati testuali e grafici specifici.

Nella presente relazione viene descritto il calcolo strutturale dei plinti di fondazione dei pali stradali. Gli interventi proposti si riferiscono essenzialmente alla stabilizzazione del piede del palo di pubblica illuminazione e alla sostituzione del sostegno con completo rifacimento del plinto di fondazione e delle opere annesse.

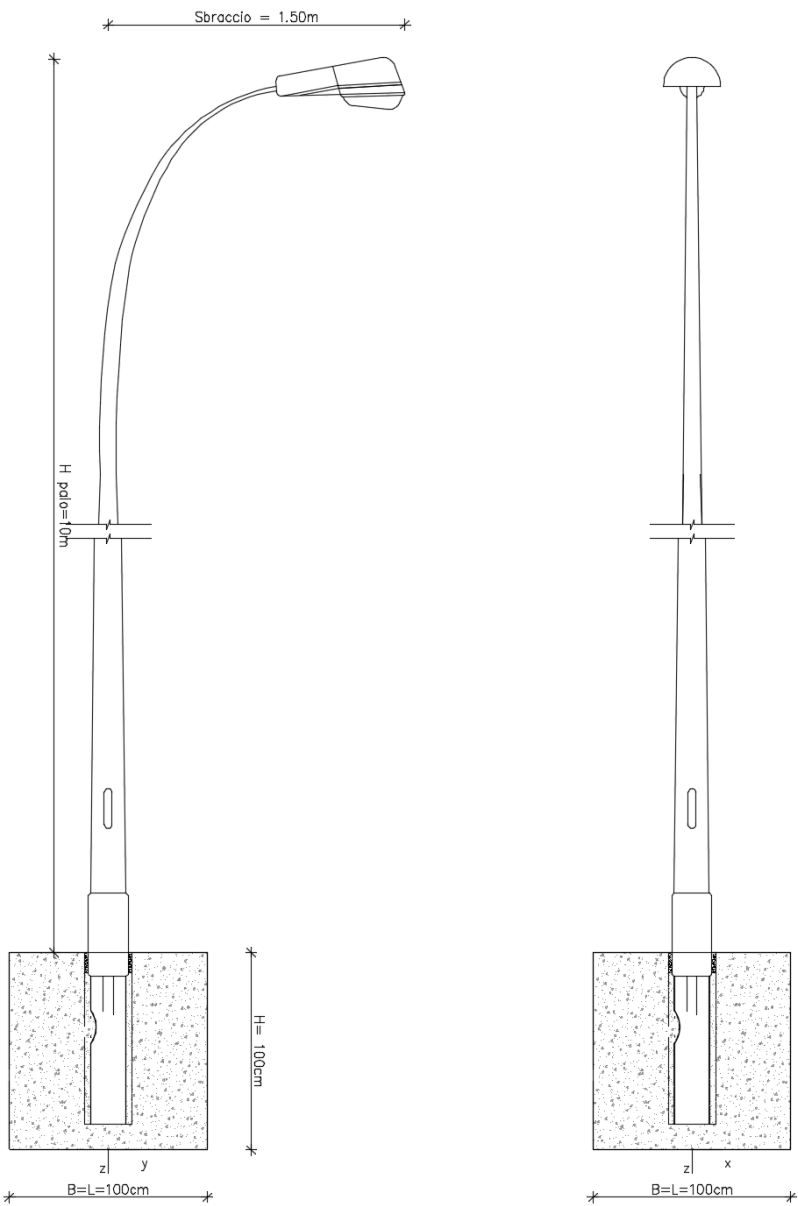
### 3 Analisi dei carichi


Al seguito si riportano i carichi elementari considerati per il calcolo.

Per una migliore comprensione si riporta la schematizzazione assunta nei calcoli.

Il generico palo in analisi ha la forma indicata a seguire, con altezza massima di 10 m e sbraccio massimo di 1.5m.

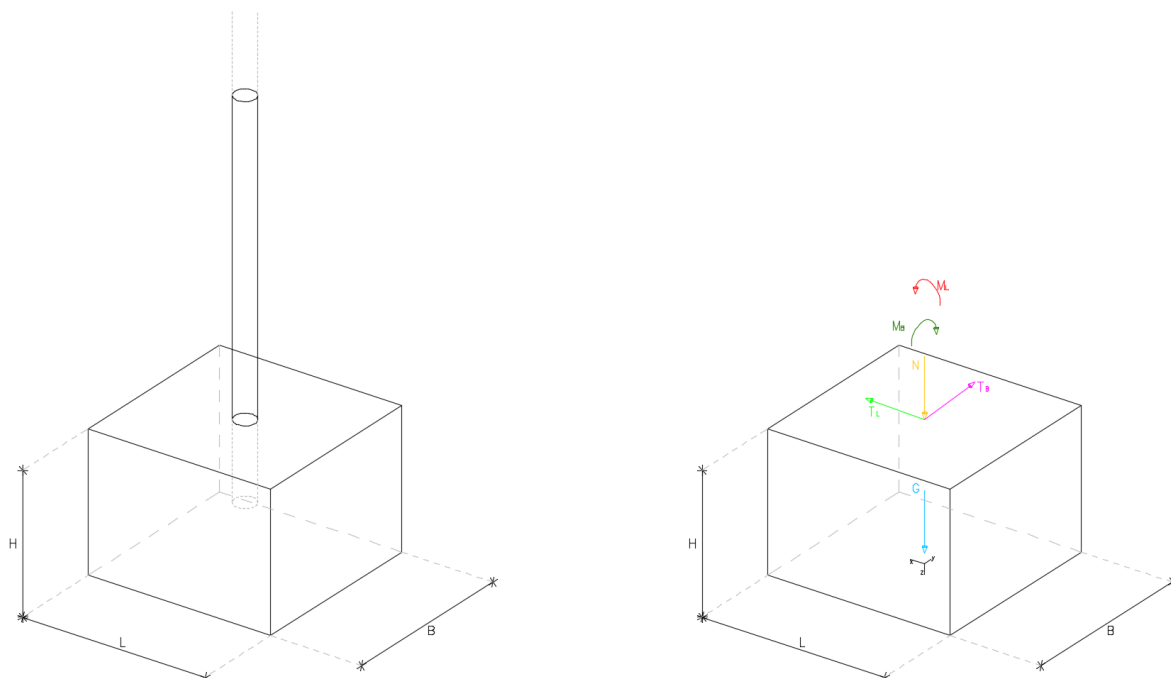
#### VISTE DEL PALO



	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

I vari carichi di seguito analizzati e descritti verranno ricondotti a delle azioni applicate al plinto di fondazione, secondo la notazione di seguito riproposta.

#### SCHEMATIZZAZIONE DEI CARICHI



I valori dei carichi indicati saranno quelli caratteristici, l'applicazione dei coefficienti amplificativi avverrà nella fase di determinazione delle combinazioni di carico.


### **3.1.1 Peso proprio**

#### **3.1.1.1 Peso proprio del plinto di fondazione**

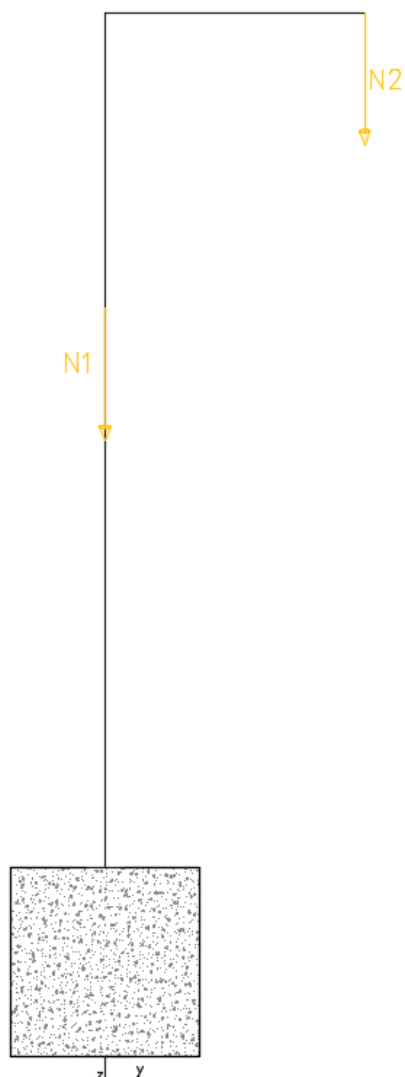
Tale azione viene valutata sulla base del peso specifico del cemento armato assunto pari a  $g_{1k}=25 \text{ kN/m}^3$ .

Tale azione sarà considerata permanente strutturale ai fini della determinazione delle combinazioni da norma e sarà indicata, nella schematizzazione assunta con il simbolo G.

$$G = 1m \cdot 1m \cdot 1m \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 25 kN$$

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	Data di emissione: <b>Febbraio 2023</b>
	<b>COMUNE DI BRAONE</b> – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	


### 3.1.1.2 Peso proprio del palo, dello sbraccio e della lampada.



Il palo, considerato con l'altezza massima prevista da progetto pari a 10m e sbraccio pari a 1.5m presenta, come peso proprio il peso del palo stesso, dello sbaccio e del sistema illuminante.

A favore di sicurezza si assume:

- $N1 = 0.9 \text{ kN}$  pari al peso del palo
- $N2 = 0.2 \text{ kN}$  Pari al peso di sbraccio e corpo illuminante. A favore di sicurezza il carico  $N2$  è applicato al termine dello sbraccio onde massimizzare la sollecitazione derivante dallo stesso

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	Data di emissione: <b>Febbraio 2023</b>
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	

### 3.1.2 Azione da vento

La velocità di riferimento per il periodo di ritorno considerato, 50 anni, essendo che il Comune in esame è censito nella zona 1 (Zona vento = 1 (  $V_{b,0} = 25$  m/s;  $a_0 = 1000$  m;  $K_a = 0,010$  1/s ) si ottiene:

- Velocità di riferimento  $v_b = 25$  m/s
- Pressione cinetica di riferimento  $q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot [v_b]^2 = 39 \frac{daN}{m^2}$

Si impone a favore di sicurezza una classe di rugosità C: [Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D] ed una classe di esposizione III.

Con i dati ottenuti da norma per la classificazione adottata ( $K_r = 0,20$ ;  $Z_0 = 0,10$  m;  $Z_{min} = 5$  m) si ricavano i seguenti coefficienti di esposizione valutati per le altezze 5m e 9m:

- $C_e(z = 5m) = 1.71$
- $C_e(z = 10m) = 2.14$

Si impone un coefficiente di esposizione topografica  $C_t = 1$

Si impone un coefficiente dinamico  $C_d = 1$

Resta da determinare il coefficiente di forma  $C_p$  per poter conoscere l'azione del vento. Per la valutazione di  $C_p$ , in assenza delle indicazioni per l'applicazione delle NTC18 ci si affida alle indicazioni della Circ. Min. Infrastrutture e trasporti 2/2/2009 al punto C.3.3.10.6 Corpi cilindrici.

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

per  $q = q_b C_e$  (N/m<sup>2</sup>), con  $q_b$  e  $C_e$  definiti rispettivamente ai §§ 3.3.6 e 3.3.7 delle NTC. L'azione di insieme esercitata dal vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata sul piano ortogonale alla direzione del vento.


Considerando il diametro medio "d" del palo pari a 0.1m e  $q = q_b C_{e(10m)}$  pari a 83.46 daN/m<sup>2</sup> ne deriva  $d\sqrt{q} = 0.91$  pertanto risulta  $C_p = 1.2$

La pressione del vento si calcola da norma:  $p = q_b \cdot C_e \cdot C_d \cdot C_p$

- H fino a 5m →  $p = 80$  daN/mq
- H da 5m a 10m →  $p = 100.8$  daN/mq

Lo schema statico del palo è rappresentato in una mensola incastrata alla base e sottoposta al carico orizzontale del vento, valutato in funzione alla quota dello stesso ed alle dimensioni dell'elemento



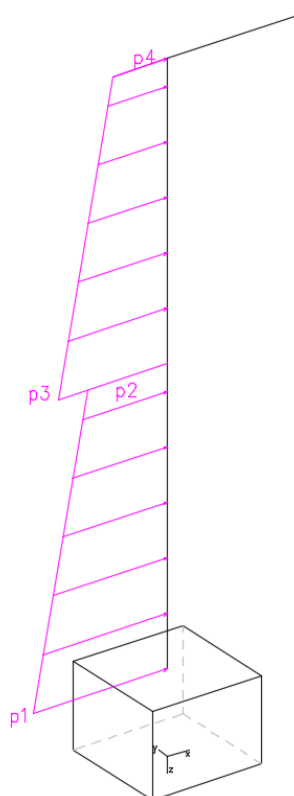
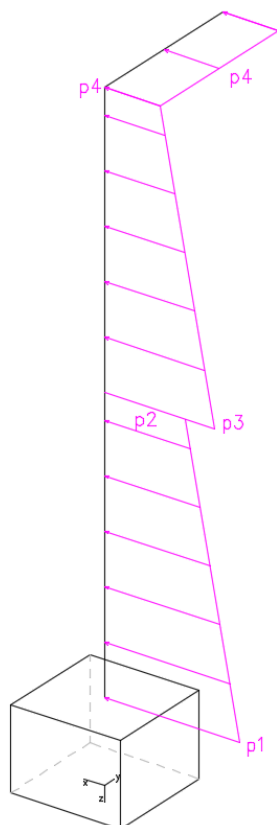
	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

investito dal vento.

Verranno considerate 2 possibili direzioni del vento di seguito indicate che saranno analizzate in modo disgiunto.


AZIONE DEL VENTO IN DIREZIONE 1

AZIONE DEL VENTO IN DIREZIONE 2



In particolare i valori assunti dai carichi in questione risultano:

- $p1 = 0.14m \cdot 0.8 \frac{kN}{mq} = 0.112 \frac{kN}{m}$
- $p2 = 0.10m \cdot 0.8 \frac{kN}{mq} = 0.08 \frac{kN}{m}$
- $p3 = 0.10m \cdot 1 \frac{kN}{mq} = 0.08 \frac{kN}{m}$
- $p4 = 0.07m \cdot 1 \frac{kN}{mq} = 0.07 \frac{kN}{m}$

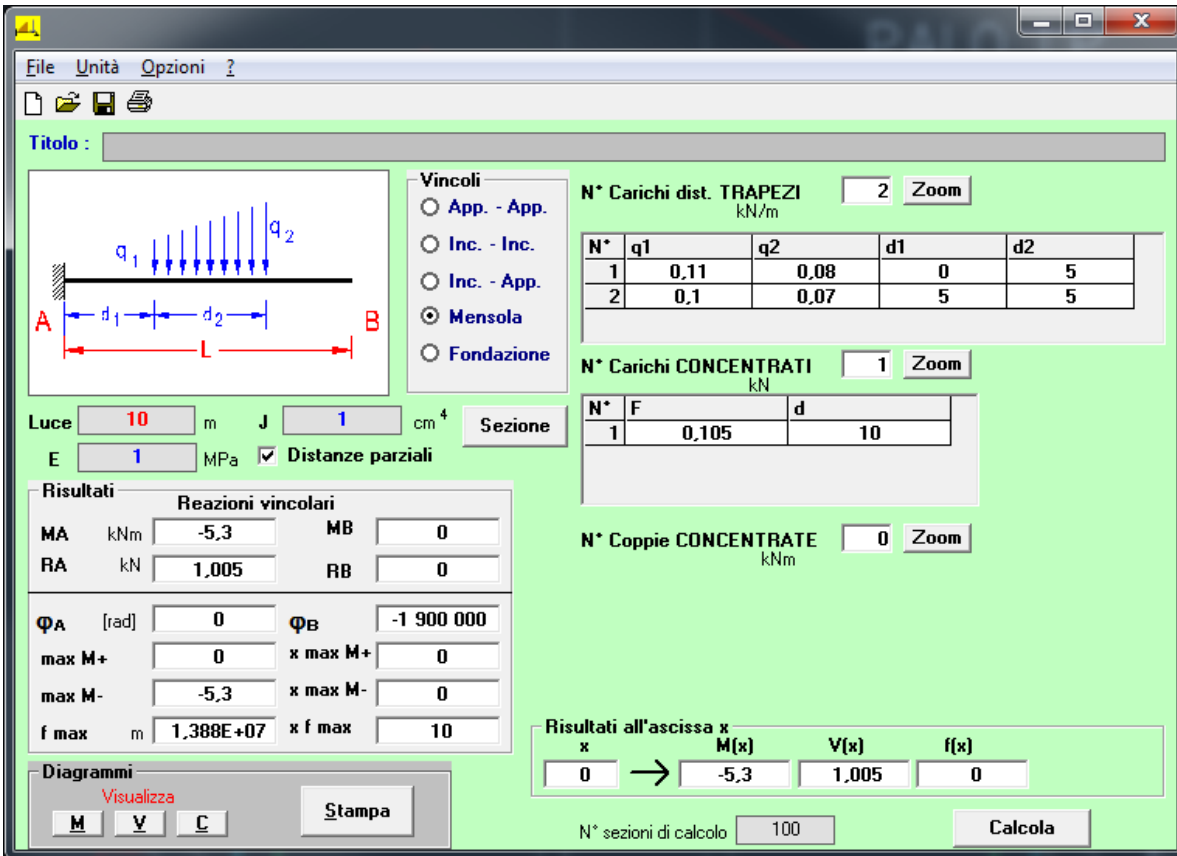
	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	Data di emissione: <b>Febbraio 2023</b>
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	

Tramite il programma di calcolo 1camp del Prof. Gelfi è stato possibile determinare le azioni risultanti dalla sollecitazione del vento.

- Vento direzione 1

L'azione del vento in direzione 1 genera una forza in sommità della mensola pari alla pressione del vento applicata sullo sbaccio del palo.

$$p5 = 0.07 \frac{kN}{m} \cdot 1.50m = 0.1 kNm$$



The screenshot shows the 1camp software interface with the following data:

**Vincoli**

- ☐ App. - App.
- ☐ Inc. - Inc.
- ☐ Inc. - App.
- ☒ Mensola
- ☐ Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI**  **Zoom**

N°	q1	q2	d1	d2
1	0.11	0.08	0	5
2	0.1	0.07	5	5

**N° Carichi CONCENTRATI**  **Zoom**

N°	F	d
1	0.105	10

**N° Coppie CONCENTRATE**  **Zoom**

**Risultati**

**Reazioni vincolari**

	Unità	Valore		Unità	Valore
MA	kNm	-5.3	MB		0
RA	kN	1.005	RB		0

**ΦA** [rad]  **ΦB**

**max M+**  **x max M+**

**max M-**  **x max M-**

**f max** m  **x f max**


**Diagrammi**

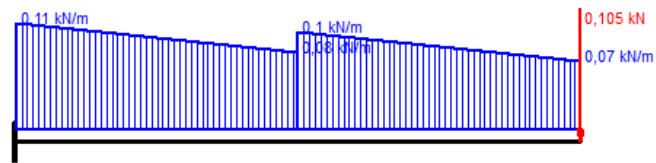
**Risultati all'ascissa x**

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	-5.3	1.005	0

**N° sezioni di calcolo**

Estratto grafico del foglio di calcolo utilizzato per la valutazione delle azioni sul palo effettuato a mezzo del software "1 Camp" del Prof. Gelfi

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023



Azioni sollecitanti (vento direzione 1)

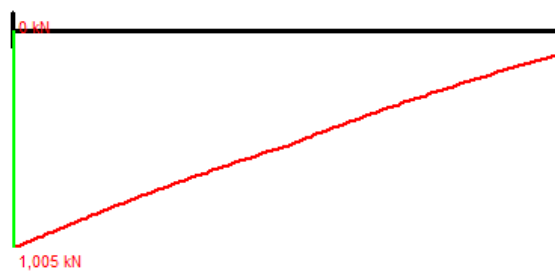


Diagramma del taglio

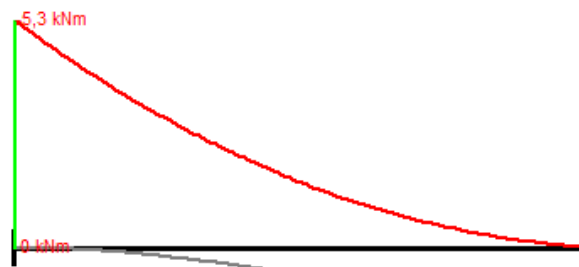
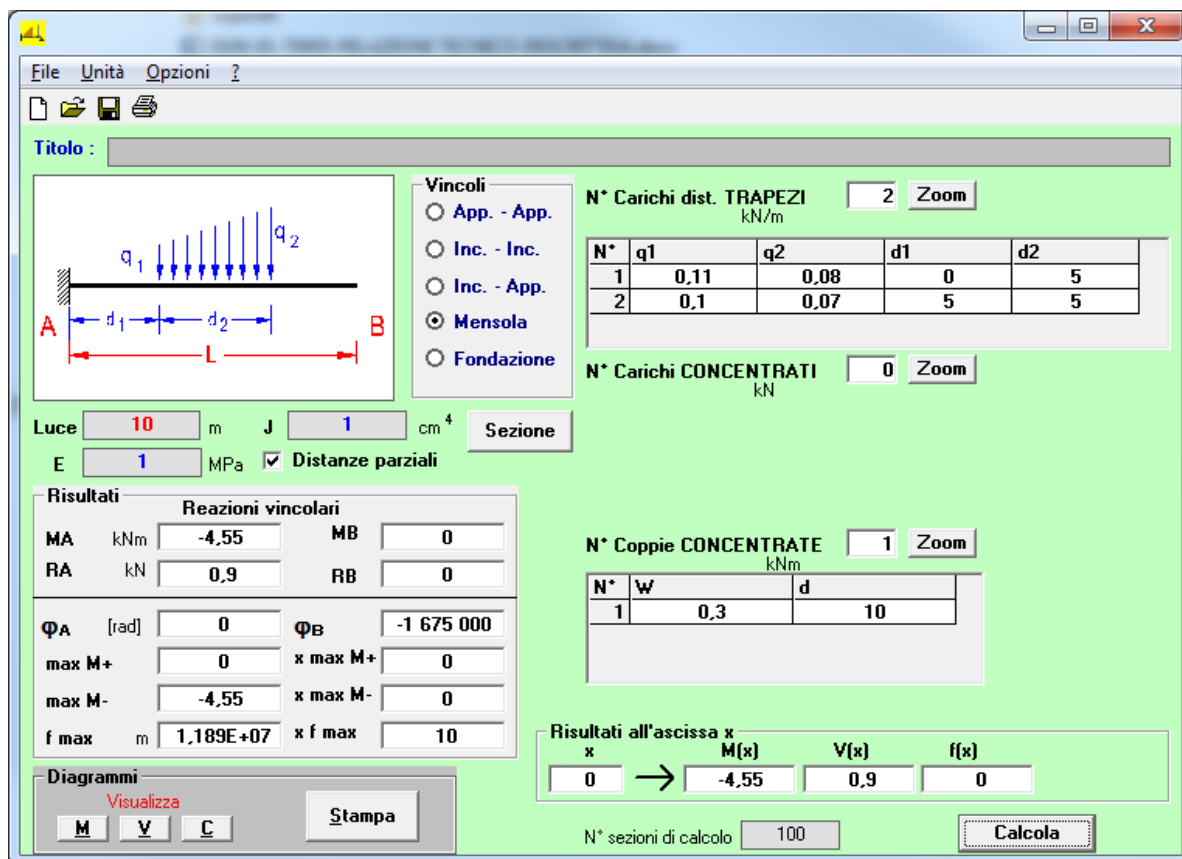


Diagramma del momento

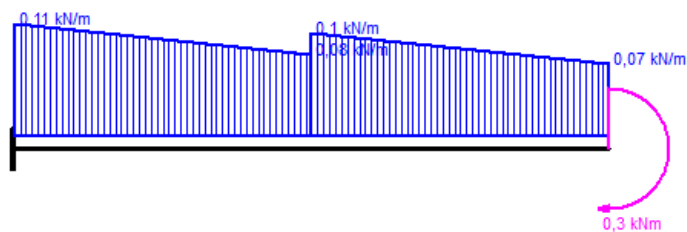
- Vento direzione 2

Il palo è sottoposto a una coppia generata dalla forza peso dello sbraccio e del corpo illuminante, considerata sfavorevole in tale direzione.


$$c2 = 0.2kN \cdot 1.50m = 0.30 kNm$$



Estratto grafico del foglio di calcolo utilizzato per la valutazione delle azioni sul palo effettuato a mezzo del software "1 Camp" del Prof. Gelfi



Azioni sollecitanti (vento)

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

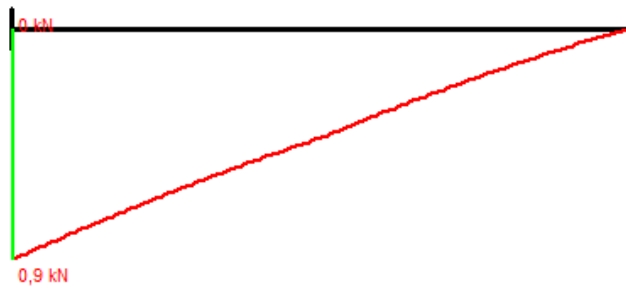


Diagramma del taglio

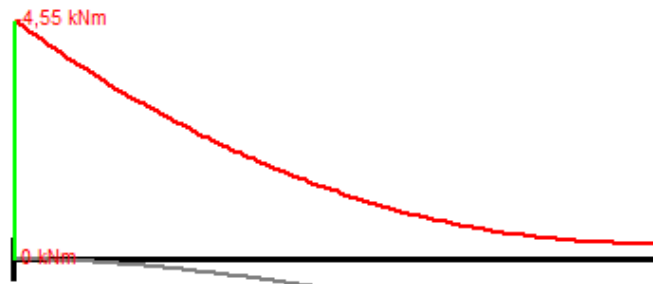



Diagramma del momento

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

## 4 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche saranno svolte in riferimento all'approccio 2 con coefficienti A1 + M1 + R3

**Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni**

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$


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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali**

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Estratto tabellare di coefficienti da utilizzare secondo NTC 18

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

## 4.1 Verifica a scorrimento

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

Si calcolano la forza di scorrimento,  $S_d$ , dovuta all'azione del vento, e la forza stabilizzante,  $R_d$ , dovuta al fenomeno attritivo tra il plinto e il terreno.

Affinché la verifica sia soddisfatta, deve essere  $R_d/S_d \geq 1$

Il peso della fondazione risulta:

$$G = 1.00 \, m \cdot 1.00 \, m \cdot 1.00 \, m \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 25 kN$$

Il carico verticale dato dal peso proprio del palo è pari a:

$$G = 0.9 \, kN$$

Tale azione viene trascurata visto l'esiguo valore.

Non avendo indicazioni specifiche sulle caratteristiche geotecniche del terreno, si fa riferimento in modo cautelativo ad un suolo dotato dei seguenti parametri

$$\gamma = 18 \frac{kN}{m^3}$$

$$\Phi = 30^\circ$$

Posto:

$$\delta = \frac{2}{3} \Phi = 20^\circ$$

$$E \, \gamma_R = 1.1$$

L'azione resistente sarà dunque:


$$R_d = \frac{\text{Peso fondazione} \cdot 1 \cdot \tan \delta}{\gamma_R} = \frac{25 kN \cdot 1 \cdot \tan 20^\circ}{1.1} = 8.27 kN$$

Essendo

$$S_d = V_b \cdot \gamma_q = 1.0 \, kN \cdot 1.5 = 1.5 \, kN$$

Si ha:

$$R_d > S_d$$

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

## 4.2 Verifica a ribaltamento

Supposto il plinto incassato nel terreno, il momento agente al piede (ribaltante) risulta costituito dall'azione del vento e dal peso dello sbraccio. Il momento stabilizzante è dato dai pesi del palo e del plinto.

Affinché la verifica sia soddisfatta, deve essere  $M_{Rd}/M_{Ed} \geq 1.15$

$$M_{Ed} = M_{ed} \cdot \gamma_q + V_b \cdot h \cdot \gamma_q = 5.3 \cdot 1.5 + 1 \cdot 1 \cdot 1.5 = 9.45 \text{ kNm}$$

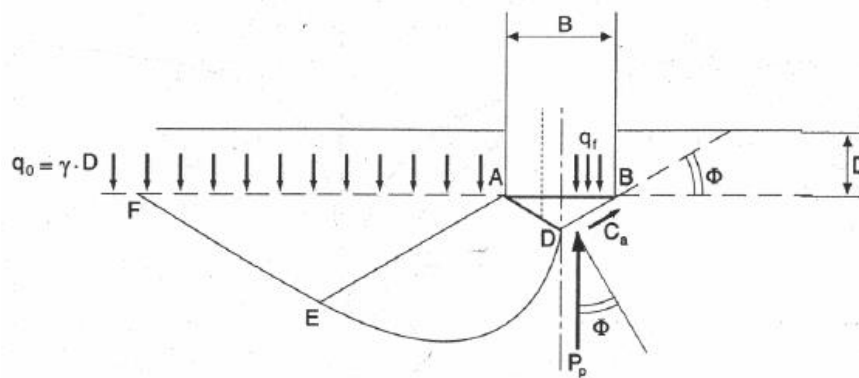
$$M_{Rd} = (pp_{plinto} + pp_{palo}) \cdot \gamma_g \cdot b = (25 + 0.9) \cdot 1.0 \cdot 0.5 = 12.95 \text{ kNm}$$

La verifica risulta soddisfatta in quanto il rapporto tra i momenti stabilizzanti e ribaltanti risulta pari a 1.37.

In ogni caso si raccomanda, a discrezione della D.L. il getto contro pieno (contro terreno vergine senza casserratura) del plinto oppure una costipazione a strati non superiori a 30 cm eseguita con idonei mezzi meccanici al fine di fornire un corretto grado di compattazione al terreno laterale al plinto.

## 4.3 Calcolo della capacità portante

Si svolgerà una valutazione della capacità portante seguendo l'ipotesi di rottura generale del terreno ed utilizzando la formulazione di Terzaghi corretta, per fondazioni generiche nella formulazione di Brinch-Hansen (1970).



Schema di rottura considerato nella teoria analizzata

La formulazione per il calcolo della capacità portante risulta:

$$q_f = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c + q_0 \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma$$


Ove:

$N_c, N_q, N_\gamma$  sono fattori di capacità portante, adimensionali, funzione di  $\Phi$ ;

$s_c, s_q, s_\gamma$  sono fattori di forma della fondazione;

$i_c, i_q, i_\gamma$  sono fattori correttivi di inclinazione del carico;



	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	Data di emissione: <b>Febbraio 2023</b>
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	

$b_c, b_q, b_\gamma$  sono fattori correttivi di inclinazione della base di fondazione;

$L' = L - 2e$  effetto dell'eccentricità (Meyerhof 1953)

Essendo il terreno di tipo incoerente sarà trascurato il contributo che la coesione potrebbe apportare alla capacità portante del suolo. Pertanto:

$$c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c = 0$$

Inoltre, realizzando un piano di posa orizzontale e non inclinato i termini  $b_c, b_q, b_\gamma$  verranno trascurati.

I parametri geotecnici sono quelli riportati in precedenza dalla relazione geologica. Anche in questo caso si seguirà l'approccio 2 combinazione A1+M1+R3. Pertanto non sono da considerare coefficienti riduttivi delle caratteristiche geotecniche, essendo tali coefficienti di valore unitario

Si calcolano le grandezze geotecniche necessarie:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan(45 + \varphi'/2)^2$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'$$

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

$$s_q = 1 + \min(L'_x; L'_y) / \max(L'_x; L'_y) \tan \varphi'$$

$$s_c = (s_q N_q - 1) / (N_q - 1)$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \min(L'_x; L'_y) / \max(L'_x; L'_y)$$

$$m_{Lx} = [2 + (L'_x / L'_y)] / [1 + (L'_x / L'_y)]$$

$$m_{Ly} = [2 + (L'_y / L'_x)] / [1 + (L'_y / L'_x)]$$

$$m_\theta = m_{Ly} \cos \theta^2 + m_{Lx} \sin \theta^2$$

$$A' = L'_x L'_y$$

$$i_q = [1 - R/(N + A'c' \cot \varphi')]^m$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$i_\gamma = [1 - R/(N + A'c' \cot \varphi')]^{m+1}$$

$$g_q = (1 - \tan \beta)^2$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q)/(N_c \tan \varphi')$$

$$g_\gamma = g_\gamma$$

$$d_q = 1 + 2(D/\max(L'_x; L'_y)) \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2$$


$$d_c = d_q - (1 - d_q)/(N_c \tan \varphi')$$

$$d_\gamma = 1,00$$

La formulazione proposta impiega una serie di coefficienti correttivi sopra indicati che modificano il risultato della formulazione base.

$$q_f = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c + q_0 \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma$$

La capacità portante della fondazione infine, si può stimare

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

$$Q_f = q_f \cdot L'x \cdot L'y \cdot$$

Dunque:

$$Rd = \frac{Q_f}{\gamma_R}$$

La verifica risulta soddisfatta se  $Rd > Sd$

Per la verifica a capacità portante vengono valutate le azioni nelle condizioni più sfavorevoli in entrambe le direzioni, valutando i momenti e i tagli al piede in entrambe le direzioni.

A seguire si riporta in modo tabellare i calcoli effettuati.

FONDAZIONI DIRETTE									
TERRENO									
$\beta 1$	=	0	°	inclinazione fondazione	ATTENZIONE				
$\beta 2$	=	0	°	inclinazione piano campagna	$\beta 1 + \beta 2 < 45^\circ$				
$\gamma 1$	=	18.00	kN/mc	peso specifico efficace					
$\gamma_{sat}$	=	18.00	kN/mc	peso specifico saturo					
$\gamma 2$	=	18.00	kN/mc	valore di $\gamma$ nel terzo termine del qlim in funzione della posizione della falda se $Zw < D$ o $Zw > (D+B)$					
c	=	0.00	0.00	coesione c'					
$\varphi$	=	30	30.00	°	attrito interno terreno sottostante la fondazione	$\varphi'$			
Zw	=	10.00	m	profondità falda					
GEOMETRIA FONDAZIONE				FONDAZIONE RIDOTTA					
B	=	100	cm	lato fondazione	eb=	0.20 m	--->	B'=	0.59 m
L	=	100	cm	lunghezza fondazione	el=	0.01 m	--->	L'=	0.98 m
H	=	100	cm	altezza suola fondazione					
D	=	100	cm	profondità di posa					
AZIONI		Gkfond		Gk		Qk		SCEGLI la combinazione	
N	=	25.90	kN	25.00	0.90	0.00	<div><input type="radio"/> A1+M1+R1    3    2.3</div> <div><input type="radio"/> A2+M2+R2</div> <div><input checked="" type="radio"/> A1+M1+R3</div>		
Mb	=	5.30	kNm		0.00	5.30			
MI	=	0.30	kNm		0.00	0.30			
Tb	=	0.00	kN		0.00	1.00			
TI	=	0.00	kN		0.00	0.90			
Ht	=	0.00	kN						
CARICO LIMITE				PRESSIONE AGENTE			FS		R1 = 1,0
qlim	=	645.14	kN/mq	q=	44.88	kN/mq	14.37	verificato	R2 = 1,8
		6.4514447	kg/cmq		0.448836	kg/cmq			R3 = 2,3
COEFFICIENTI FORMULA BRINCH-HANSEN									
q	=	18.00	kN/mq	sovraccarico alla profondità D					
Nq	=	18.40		coefficienti di capacità portante					
Nc	=	30.14							
N $\gamma$	=	22.40							
sc	=	1.32		fattori di forma					
sq	=	1.30							
s $\gamma$	=	0.82							
mx	=	1.62		coefficienti per calcolare mi					
my	=	1.38							
teta	=	1.57	rad						
mi	=	1.62		fattori inclinazione carico					
iq	=	1.00							
ic	=	1.00							
i $\gamma$	=	1.00		fattori inclinazione base della fondazione					
dq	=	1.27							
dc	=	1.29							
d $\gamma$	=	1.00		fattori profondità piano d'appoggio					
bq	=	1							
bc	=	1							
b $\gamma$	=	1		fattori inclinazione piano di campagna					
gq	=	1							
gc	=	1							
g $\gamma$	=	1							

Estratto del foglio di calcolo con le verifiche effettuate ed i valori dei coefficienti calcolati

## 5 DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE DEL PLINTO

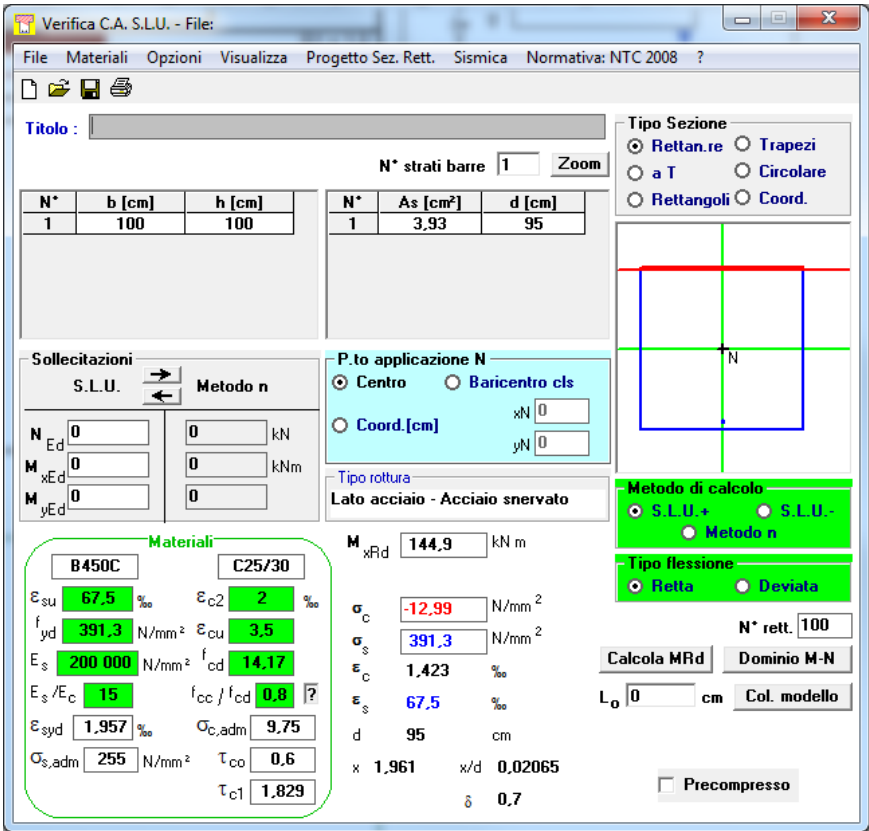
Le sollecitazioni in oggetto sono:

$$V_{sd} = 1.35 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 6.83 \text{ kNm}$$

### 5.1 Verifica a flessione

Si propone la formazione di armatura del plinto conformando staffoni phi 10/25 cm in entrambe le direzioni. Imponendo un copriferro di 5 cm il momento resistente risulta ben superiore alla richiesta di resistenza.



**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**TITOLO :**

**N° strati barre** 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	3.93	95

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**  
Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6 ‰  
τ<sub>c1</sub> 1.829 ‰


M<sub>xRd</sub> 144.9 kNm  
σ<sub>c</sub> -12.99 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 1.423 ‰  
ε<sub>s</sub> 67.5 ‰  
d 95 cm  
x 1.961 x/d 0.02065  
δ 0.7

**Metodo di calcolo**  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

**Tipo flessione**  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
Precompresso

Estratto grafico del software "VcaSLU" in cui si nota la sovrabbondanza dell'armatura posizionata

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	Data di emissione: <b>Febbraio 2023</b>
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	

## 5.2 Verifica a taglio

La resistenza viene valutata in rispetto a quanto stabilito dalle vigenti NTC considerando l'elemento come non armato a taglio. Si trascura a favore di sicurezza la componente di resistenza legata alla presenza di armature tesa.

### 4.1.2.3.5.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Se, sulla base del calcolo, non è richiesta armatura al taglio, è comunque necessario disporre un'armatura minima secondo quanto previsto al punto 4.1.6.1.1. E' consentito omettere tale armatura minima in elementi quali solai, piastre e membrature a comportamento analogo, purché sia garantita una ripartizione trasversale dei carichi.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad [4.1.22]$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\} \quad [4.1.23]$$

con

$f_{ck}$  espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ( $\leq 0,02$ ) che si estende per non meno di  $(l_{bd} + d)$  oltre la sezione considerata, dove  $l_{bd}$  è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).


Estratto delle NTC18 con le formulazioni per la verifica a taglio di elementi non armati con elementi resistenti a taglio.

CALCOLO RESISTENZA A TAGLIO ELEMENTI SENZA ARMATURA DEDICATA				
bw	1 m	larghezza anima	resistenza SLU	
H	1 m	altezza sezione	Vrdc	0 kN
c	0.05 m	copriferro	Vrmin	292.9 kN
d	0.95 m	altezza utile =H-c	<b>Vrd</b>	<b>293 kN</b>
R <sub>ck</sub>	30 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	25 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cd</sub>	14.17 N/mm <sup>2</sup>			
As	0 mm <sup>2</sup>	armatura tesa ancorata almeno l <sub>bd</sub> +d		
ρ	0.0000	rapporto geometrico armatura longitudinale ancorata <2%		
k	1.4588	<=2		
vmin	0.308351			

Estratto delle con le grandezze ed i valori impiegati nella verifica.

L'azione sollecitante massima risulta inferiore della resistenza a taglio dunque la sezione è ben proporzionata.

Si ritiene la verifica soddisfatta.

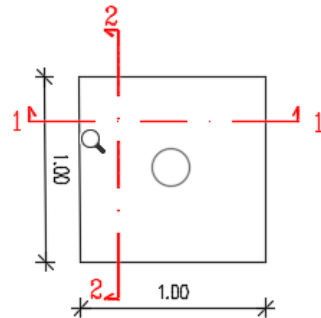
	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

### 5.3 Estratti grafici esecutivi plinto

Si riporta a seguire estratta grafico con dimensioni e armature previste per il plinto dimensionato.

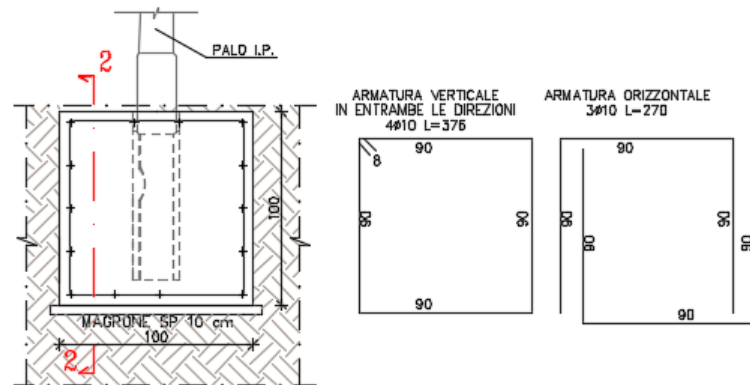
#### PLINTO DI FONDAZIONE – PIANTA

Scala 1:25



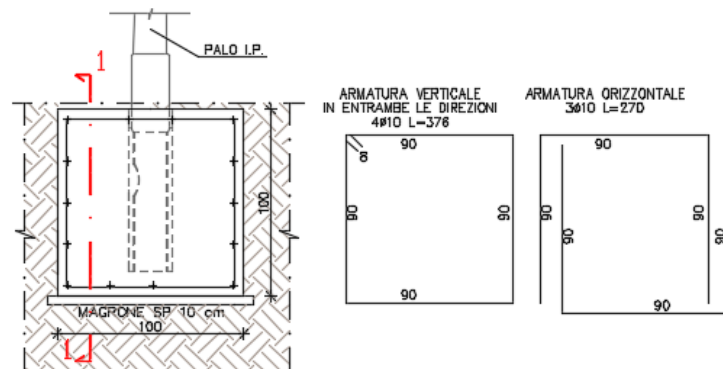
#### PLINTO DI FONDAZIONE – SEZIONE 1-1

Scala 1:25




#### PLINTO DI FONDAZIONE – SEZIONE 2-2

Scala 1:25



Estratto grafico con caratteristiche del plinto

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	<b>COMUNE DI BRAONE</b> – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: <b>Febbraio 2023</b>

## PRESCRIZIONI:

**MATERIALI:** Calcestruzzo per sottofondazioni: classe C12/15  
 Calcestruzzo per strutture di fondazione: classe C25/30 XC2  
 Acciaio per cemento armato in barre ad aderenza migliorata tipo B450C

*Vieta qualsiasi aggiunta d'acqua in cantiere*

*Copri ferro Minimo salvo ove diversamente indicato: cm. 5*


*Sovrapposizione ferri correnti >50Ø eseguite senza giuntare barre adiacenti nella stessa sezione*

*Sovrapposizione reti elettrosaldate >40Ø salvo indicazioni specifiche*

*Verificare le misure con gli elaborati architettonici*

*Avvisare la Direzione Lavori almeno 1 giorno prima di ogni getto*

*Le fondazioni devono essere impostate su materiale con caratteristiche conformi alle ipotesi progettuali.  
 Eventuali sacche localizzate di roccia disgregata o terreno sciolto dovranno essere rimosse e sostituite con idoneo materiale (magrone o touxvenat rullato) al fine prevenire fenomeni di cedimento differenziale.  
 Qual'ora zone significative di piano fondale presentassero inadeguatezza del substrato si raccomanda di variare la quota di impostazione delle fondazioni in modo da scongiurare fenomeni di cedimento differenziale.  
 Si rimanda alla D.L. la valutazione, rispetto a quanto previsto a progetto, dell'idoneità del terreno fondale in situ e l'esecuzione delle prescrizioni sopra citate qualora ritenute necessarie.*

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: <b>Febbraio 2023</b>

## 6 MATERIALI IMPIEGATI

### 6.1 Cemento armato

#### 6.1.1 Calcestruzzi

Per le prescrizioni relative ai calcestruzzi si rimanda alle norme di seguito riportate.

Riferimenti: D.M. 17.01.2018, par. 11.2;  
Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;  
UNI EN 206 :2016;  
UNI 11104.

Al seguito si individuano degli estratti con l'indicazione delle caratteristiche dei cls.


L'impresa esecutrice dunque dovrà fornire un cls con le proprietà sopra individuate, in modo da garantire la perfetta tenuta all'acqua.

<u>Tipologia strutturale:</u>	
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	40 N/mm <sup>2</sup> (400 daN/cm <sup>2</sup> )
Condizioni ambientali:	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.50
Classe di consistenza:	S3 (semifluida)
Diametro massimo aggregati:	20 mm

#### Qualità dei componenti

La sabbia dovrà essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia dovrà contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche dovranno essere accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: <b>Febbraio 2023</b>

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o super fluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

#### **Prescrizione per inerti**

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata, pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

Per maggiori dettagli relativamente alle caratteristiche degli aggregati si rimanda alla norma UNI 8520-2, richiamata dalle NTC18 come riferimento.

#### **Prescrizione per il copriferro**

I valori dei copriferri sono stati stabiliti secondo la norma UNI EN 1992- 1-1 (sezione 4), in funzione delle classi di esposizione ambientali. Si ricorda che il valore del copriferro è misurato dal filo esterno delle staffe.

Le tolleranze di esecuzione dei copriferri sono quelle previste dalla norma EN 13670:2010: è stato considerata una tolleranza  $\Delta_{cdev}$  di 10 mm, come proposto dalla norma UNI EN 1992-1-1.


Negli elaborati grafici di progetto è indicato il copriferro minimo da rispettare a seconda della tipologia di elemento strutturale.

In genere si ha che, per elementi a contatto con il terreno o con l'acqua è stato adottato un copriferro pari a 5 cm. L'impresa esecutrice dovrà utilizzare distanziatori approvati dalla D.L.

#### **Prescrizione per il disarmo**

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.



	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

### Provini da prelevarsi in cantiere

Dovranno essere prelevati n° 2 provini per ogni betoniera e comunque in numero sufficiente alla realizzazione delle prove di accettazione previste dalle NTC18.

### Parametri caratteristici del calcestruzzo e tensioni limite per il metodo degli stati limite

Tabella riassuntiva per vari  $R_{ck}$

$R_{ck}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$f_{ctm}$	u.m.
250	207.5	117.6	10.5	[kg/cm <sup>2</sup> ]
300	249.0	141.1	11.9	[kg/cm <sup>2</sup> ]
350	290.5	164.6	13.3	[kg/cm <sup>2</sup> ]
400	332.0	188.1	14.5	[kg/cm <sup>2</sup> ]
450	373.5	211.6	15.7	[kg/cm <sup>2</sup> ]
	415.0	235.2	16.8	[kg/cm <sup>2</sup> ]

$R_{ck}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$f_{ctm}$	u.m.
25	20.75	11.75	1.05	[N/mm <sup>2</sup> ]
30	24.90	14.11	1.19	[N/mm <sup>2</sup> ]
35	29.05	16.46	1.32	[N/mm <sup>2</sup> ]
40	33.20	18.81	1.44	[N/mm <sup>2</sup> ]
45	37.35	21.16	1.56	[N/mm <sup>2</sup> ]
50	41.50	23.51	1.67	[N/mm <sup>2</sup> ]

Legenda:

- $f_{ck}$  (resistenza cilindrica a compressione);  
 $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$ ;
- $f_{cd}$  (resistenza di calcolo a compressione);  
 $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$
- $f_{ctd}$  (resistenza di calcolo a trazione);  
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$ ;  
 $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$ ;  
 $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$  per classi  $\leq C50/60$   
 $f_{ctm} = 2.12 * \ln[1 + f_{cm}/10]$  per classi  $> C50/60$


Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);

0.10mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).


Dilatazione termica:  $10 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

Viscosità  $\varphi = 1.70$ .


Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b> Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Estratto con le classi di esposizione da considerare nelle strutture in ca.

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 –1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>						
4 a 5 b	<b>XS1</b>	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	<b>XS2</b>	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	<b>XS3</b>	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
<b>5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *</b>						
2 b	<b>XF1</b>	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	<b>XF2</b>	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	<b>XF3</b>	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	<b>XF4</b>	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
<b>6 Attacco chimico**</b>						
5 a	<b>XA1</b>	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	<b>XA2</b>	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	<b>XA3</b>	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	
<p>*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione; - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.</p> <p>**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.</p>						

Estratto con le classi di esposizione da considerare nelle strutture in ca.

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <b>SOLIDeng s.r.l.</b>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: Febbraio 2023

### 6.1.2 Acciaio per C.A.

(Rif. D.M. 17.01.2018, par. 11.3.2)

ACCIAIO PER C.A. B450C	
$f_{yk}$ tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
$f_{tk}$ tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
$f_{td}$ tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.37 \quad f_t / f_y \geq 1.13$$


Diametro delle barre:  $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$ .

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotolo per diametri  $\leq 16 \text{ mm}$ .

Reti e tralicci con elementi base di diametro  $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$ .

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci:  $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

Così come indicato nel capitolo 11 delle NTC18, dovranno prelevarsi un congruo numero di spezzoni al fine di poter eseguire le prescritte prove di accettazione sull'acciaio da CA.

	Efficientamento energetico dell'impianto di pubblica illuminazione del Comune di Braone (BS) PROGETTO ESECUTIVO	Progettazione a cura di: <i>SOLIDeng s.r.l.</i>
	<b>0261-03-T0106 – RELAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	
	COMUNE DI BRAONE – Via Re, 2 – 25040 Braone (BS)	Data di emissione: <i>Febbraio 2023</i>

## 7 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018.