



# Autostrada Asti-Cuneo

## ADEGUAMENTO DELLA TANGENZIALE DI ALBA

### PROGETTO DEFINITIVO

### IMPIANTI

### DISTRIBUZIONE MT

### RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BOX MT/BT

IMPRESA 	PROGETTISTA 	INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE Dott. Ing. Salvatore Sguazzo Albo degli Ingegneri provincia di Salerno n. 5031 	COMMITTENTE Autostrada Asti-Cuneo S.p.A. Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTM) Via XX Settembre, 98/E 00187 Roma
--	--	--	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
A	05-2021	EMISSIONE	Ing. Gagliano	Ing. Manfredi	Ing. Sguazzo	Ing. Sguazzo	MAGGIO 2021	-
							N. Progr.	
							08.09.02	

CODIFICA	PROGETTO	LIV	DOCUMENTO	REV	WBS
	P018	D	IMP RC 002	A	A331TA0000
					CUP
					G64E20002060005

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO DELLA COMMITTENTE
-------------------------------	-------------------------

---

**INDICE**

<b>1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. STRUTTURE .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. CARICHI E SOVRACCARICHI .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. SISMICA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
3.1. CALCESTRUZZO PER LE SOTTOFONDAZIONI.....	5
3.2. CALCESTRUZZO PER LE FONDAZIONI .....	5
3.3. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	5
<b>4. PROGRAMMA DI CALCOLO .....</b>	<b>6</b>
4.1. ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	6
<b>5. MODELLO GEOTECNICO.....</b>	<b>7</b>
<b>6. ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>7</b>
6.1. PERMANENTI STRUTTURALI .....	7
6.2. VARIABILI MANUTENZIONE .....	7
6.3. AZIONE DELLA NEVE .....	7
6.4. AZIONE DEL VENTO .....	8
<b>7. COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>11</b>
<b>8. VERIFICA SOLETTA DI FONDAZIONE BOX MT/BT .....</b>	<b>12</b>
8.1. GEOMETRIA DELLA FONDAZIONE .....	12
8.2. CARICHI AGENTI SULLA SOLETTA .....	12
8.3. VERIFICHE GEOTECNICHE PLATEA.....	13
8.3.1. <i>Descrizione del metodo di calcolo.....</i>	<i>13</i>
8.3.2. <i>Descrizione della fondazione.....</i>	<i>14</i>
8.3.3. <i>Descrizione del terreno.....</i>	<i>14</i>
8.3.4. <i>Capacità portante e scorrimento .....</i>	<i>14</i>

---

## 1. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### 1.1. **STRUTTURE**

- ✓ Legge 5/11/1971 n° 1086: Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica.
- ✓ D. M. Min. Infrastrutture e Trasporti. 17-01-2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ✓ Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
- ✓ Linee guida sul calcestruzzo strutturale secondo il Ministero dei Lavori Pubblici (Dicembre 1996).
- ✓ Eurocodice EC1: "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture."
- ✓ Eurocodice EC2: "Progetto di strutture di calcestruzzo."
- ✓ Eurocodice EC3: "Progetto di strutture in acciaio."
- ✓ Eurocodice EC3 Parte 1-10: "Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore."

### 1.2. **CARICHI E SOVRACCARICHI**

- ✓ D. M. Min. Infrastrutture e Trasporti. 17-01-2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ✓ Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
- ✓ Linee guida sul calcestruzzo strutturale secondo il Ministero dei Lavori Pubblici (Dicembre 1996).
- ✓ Eurocodice EC1: "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture."

### 1.3. **SISMICA**

- ✓ D. M. Min. Infrastrutture e Trasporti. 17-01-2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ✓ Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
- ✓ Linee guida sul calcestruzzo strutturale secondo il Ministero dei Lavori Pubblici (Dicembre 1996).
- ✓ Eurocodice EC1: "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture."

## 2. PREMESSA

La presente relazione di calcolo è relativa al dimensionamento delle strutture di fondazione inerenti i box media tensione / bassa tensione, da posizionare lungo il collegamento autostradale Asti-Cuneo per l'adeguamento della Tangenziale di Alba.

- ✓ Viste prospettiche e sezionali del box MT/BT e della sua soletta di fondazione:

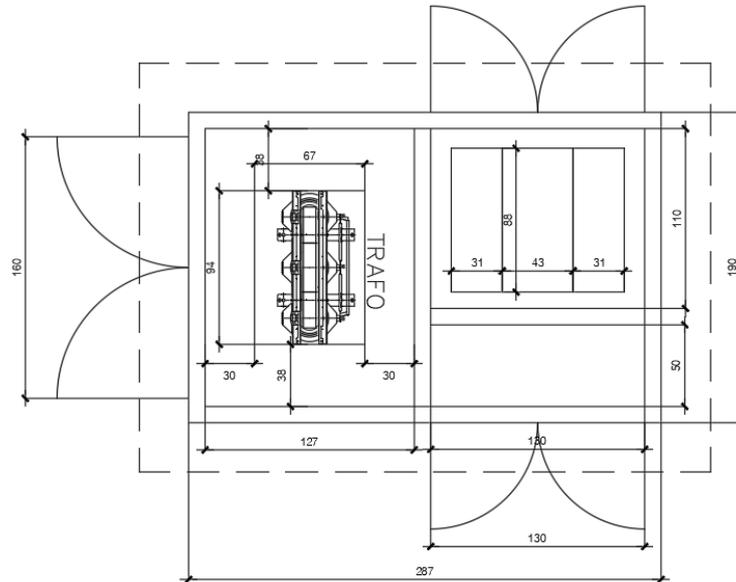
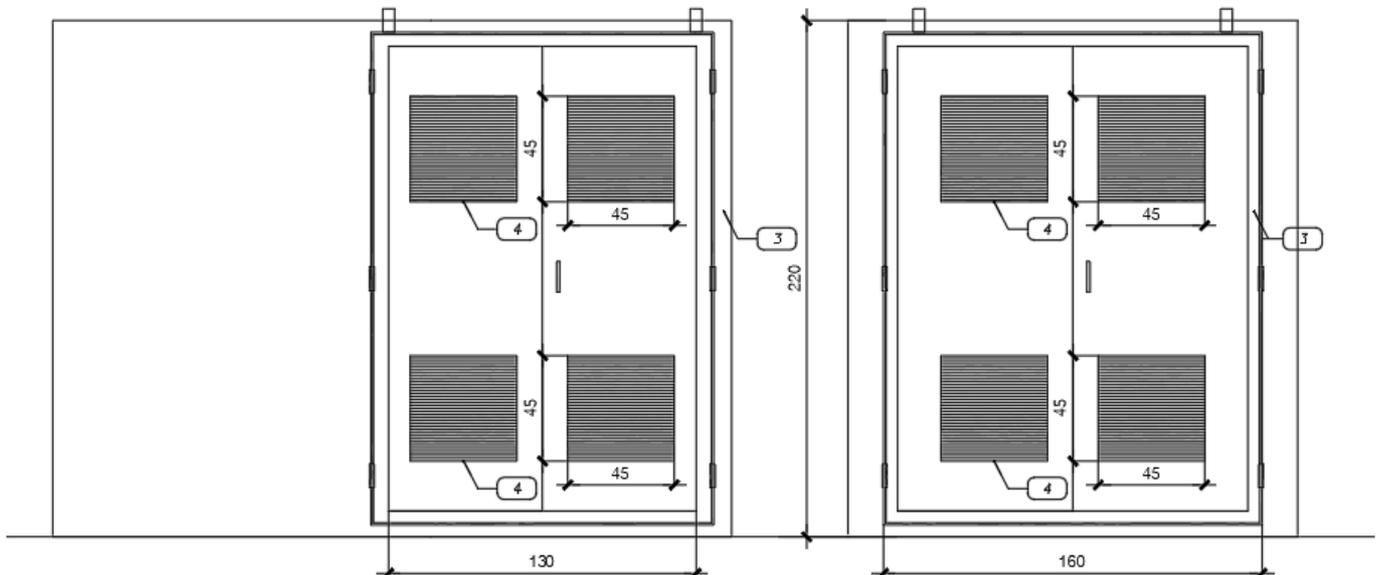


Figura 1 – Pianta box MT/BT



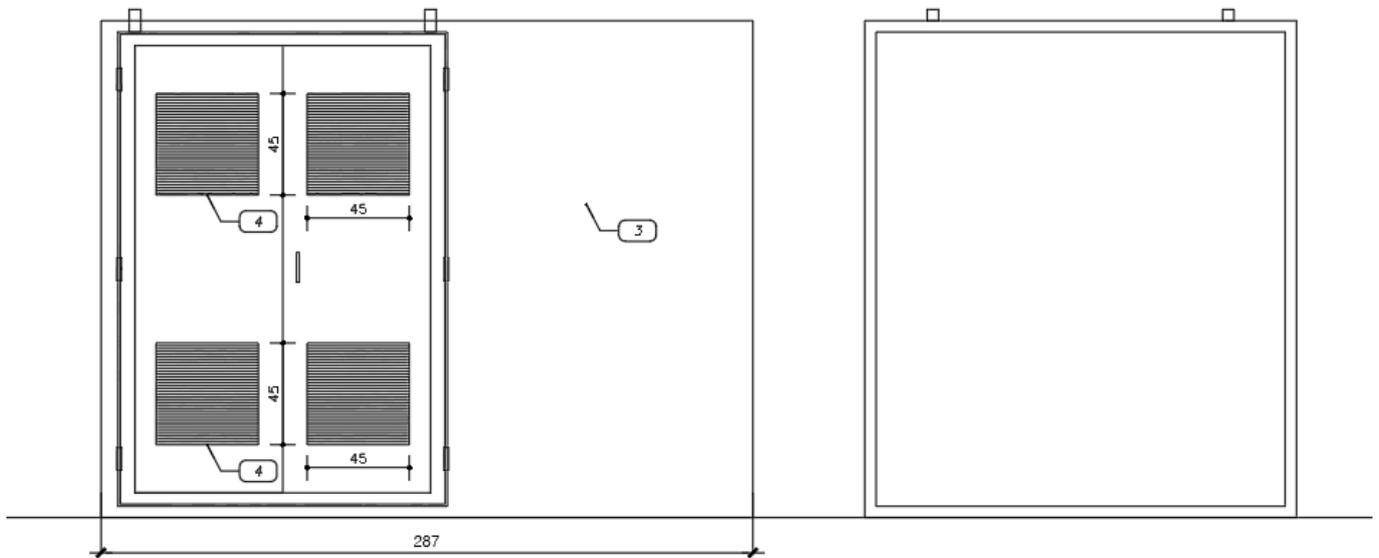


Figura 2 – Prospetti box MT/BT

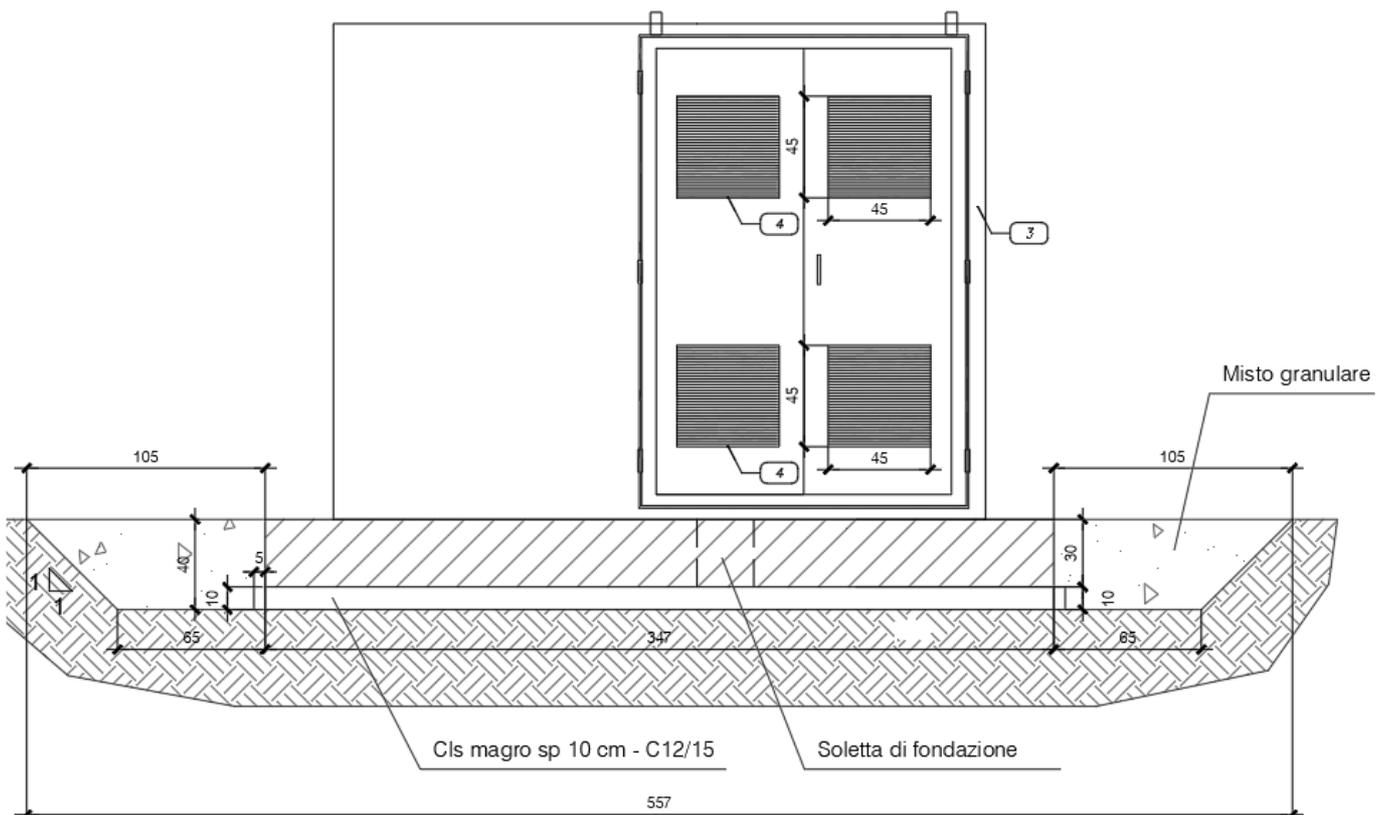


Figura 3 – Sezione box MT/BT

La fondazione, che costituisce l'unico elemento in c.a. gettato in opera, è costituita da una soletta di spessore 30 cm.

Si riportano quindi le verifiche della fondazione di tipo diretto relative al sostegno del locale prefabbricato.

### **3. MATERIALI**

Tutti i materiali e i prodotti per uso strutturale devono essere qualificati dal produttore secondo le modalità indicate nel capitolo 11 delle “Aggiornamenti delle Norme Tecniche per le Costruzioni” approvate con D.M. 17 gennaio 2018. E' onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, acquisire e verificare la documentazione di qualificazione.

#### **3.1. CALCESTRUZZO PER LE SOTTOFONDAZIONI**

Classe di esposizione: X0  
Classe di resistenza: C12/15

#### **3.2. CALCESTRUZZO PER LE FONDAZIONI**

Classe di esposizione: XC2 – XD1  
Classe di resistenza: C30/37  
Rapporto acqua/cemento max: 0.55  
Contenuto cemento min: 320 kg/mc  
Diametro inerte max: 25 mm  
Classe di consistenza: S4

#### **3.3. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO**

La tipologia di acciaio per le barre d'armatura in c.a. è della tipologia B450C, mentre per le reti elettrosaldate è della tipologia B450A. Essi hanno le seguenti caratteristiche meccaniche minime:

Tensione di snervamento caratteristica: 450 N/mm<sup>2</sup>  
Tensione di rottura caratteristica: 540 N/mm<sup>2</sup>  
Tensione di snervamento di progetto: 391.3 N/mm<sup>2</sup>

---

## **4. PROGRAMMA DI CALCOLO**

Il software di calcolo utilizzato per il progetto e le verifiche delle strutture di fondazione in c.a. è IS PLINTI vers.20, prodotto da CDM Dolmen s.r.l. con sede in Via Drovetti9/F – 10138 Torino (Italia).

A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

### **4.1. ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI**

I risultati delle sollecitazioni ottenuti mediante l'utilizzo dei codici di calcolo descritti nel paragrafo precedente sono stati sottoposti a semplici calcoli manuali di controllo che ne hanno confermato l'attendibilità, secondo quanto richiesto al paragrafo 10.2.1 delle vigenti Norme Tecniche.

Sono state infatti compiute una serie di verifiche manuali volte a controllare l'attendibilità dei risultati del calcolo automatico; in particolare sono state svolte valutazioni delle sollecitazioni e degli spostamenti degli elementi strutturali sulla base di schemi semplificati di tipo piano, da utilizzare come termine di confronto per i risultati suddetti.

## 5. MODELLO GEOTECNICO

La caratterizzazione geotecnica dei siti interessati dall'installazione delle strutture in progetto è stata ipotizzata in maniera cautelativa applicando al programma di calcolo delle fondazioni i seguenti parametri geotecnici:

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici necessari ai fini dei calcoli delle fondazioni degli elementi riportati nella seguente relazione.

### BOX MT/BT

*Terreno:*

- ✓ peso specifico:  $\gamma$  terreno = 19 kN/m<sup>3</sup>
- ✓ angolo d'attrito interno:  $\phi' = 25^\circ$

## 6. ANALISI DEI CARICHI

### 6.1. PERMANENTI STRUTTURALI

I carichi permanenti strutturali vengono calcolati in modo automatico dal software strutturale utilizzato, in base alle caratteristiche dimensionali e di materiale opportunamente definite per i singoli elementi.

- ✓ Peso Proprio Box 26.5 kN

### 6.2. VARIABILI MANUTENZIONE

Al di sopra del piano di calpestio, viene considerato un carico variabile legato all'accesso di personale addetto alla manutenzione.

Tale carico è stato ricavato dalla tabella 3.1.II del punto 3.1.1. delle NTC 2018, considerando l'accesso per sola manutenzione e riparazione (Cat.H) si ottiene un valore pari a 0.5 kN/m<sup>2</sup>.

Analogamente a quanto assunto per il piano di calpestio, il carico variabile di manutenzione, in funzione dell'area effettiva, è stato assunto come carico lineare sulle aste su cui esso è direttamente collegato.

### 6.3. AZIONE DELLA NEVE

L'azione della neve sul traverso è calcolata sulla base delle indicazioni contenute nelle NTC 2018 e della relativa circolare applicativa.

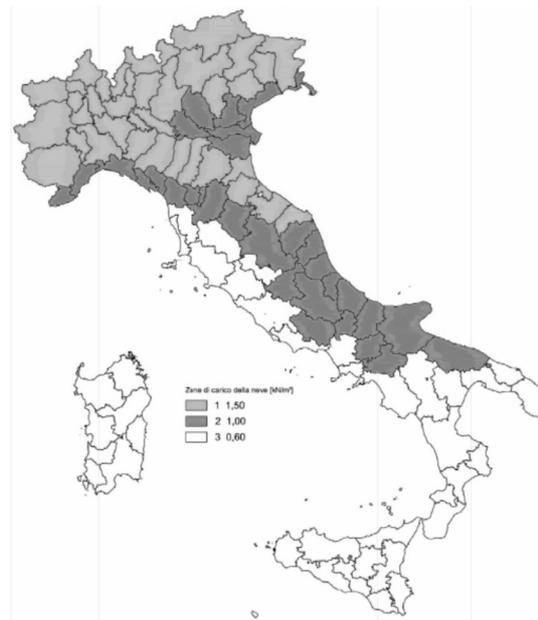


Figura 1 – Zone di carico della neve

Cautelativamente si assume il carico neve maggiore tra tutti i siti di installazione, ovvero quello della zona I Alpina (Provincia di Cuneo). Considerando una quota massima di installazione dei portali pari a 300 m s.l.m, si ottiene il seguente valore del carico neve al suolo:

$$\text{zona I Alpina} \quad q_{sk} = 1.39 \cdot [1 + (a_s / 728)^2] = 1.63 \text{ kN/m}^2$$

Il coefficiente di forma ( $\mu_1$ ) per tale struttura è pari a 0.8, come stabilito dalla tabella 3.4. II delle NTC 2018, per coperture con inclinazione compresa tra 0° e 30°.

In conclusione il carico per azione da neve assunto nel modello è pari a:

$$q_{sk} = q_{sk} \cdot \mu_1 \cdot C_E \cdot C_t = 1.63 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \approx 1.31 \text{ kN/m}^2$$

In funzione dell'area effettiva, è stato poi assunto come carico lineare sulle aste su cui esso è direttamente collegato.

#### 6.4. AZIONE DEL VENTO

L'azione del vento è calcolata sulla base delle indicazioni contenute nelle NTC 2018 e della relativa circolare applicativa e sulla base delle indicazioni del documento normativo CNR.

La seguente tipologia di portale verrà installato in diversi punti lungo il collegamento autostradale Asti-Cuneo; di seguito si riporta lo schema della zonazione per la determinazione del carico da vento secondo il par.3.3 delle NTC 2018:



Figura 2 – Zone di carico del vento

Considerando che in nessun caso l'altitudine del sito supera il valore di  $a_0$ , perciò il valore del coefficiente di altitudine ( $c_a$ ) è pari all'unità e di conseguenza il valore della velocità base di riferimento ( $v_b$ ) è uguale al valore della velocità base di riferimento al livello del mare ( $v_{b,0}$ ).

$$\text{Zona 1} \rightarrow v_b = v_{b,0} = 25.0 \text{ m/s}$$

La velocità di riferimento di progetto per un periodo di ritorno di pari a 50 anni è calcolata come:

$$\text{Zona 1} \rightarrow v_r = v_b \cdot c_r = 25.0 \text{ m/s} \cdot 1.0 = 25.0 \text{ m/s}$$

Da cui si ottengono le seguenti pressioni di riferimento ( $q_r$ ):

$$\text{Zona 1} \rightarrow q_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \text{ kg/m}^3 \cdot 25.0^2 \text{ m/s} = 390.63 \text{ N/m}^2$$

Le aree in cui verranno posizionati i portali sono caratterizzati da assenza di ostacoli, perciò si assume una classe di rugosità del terreno D. I nuovi portali hanno una distanza dalla costa maggiore di 30 km e una quota di installazione minore di 500m slm, da cui si ottiene la seguente categoria di esposizione:

$$\text{Zona 1} \quad \rightarrow \quad \text{Categoria II}$$

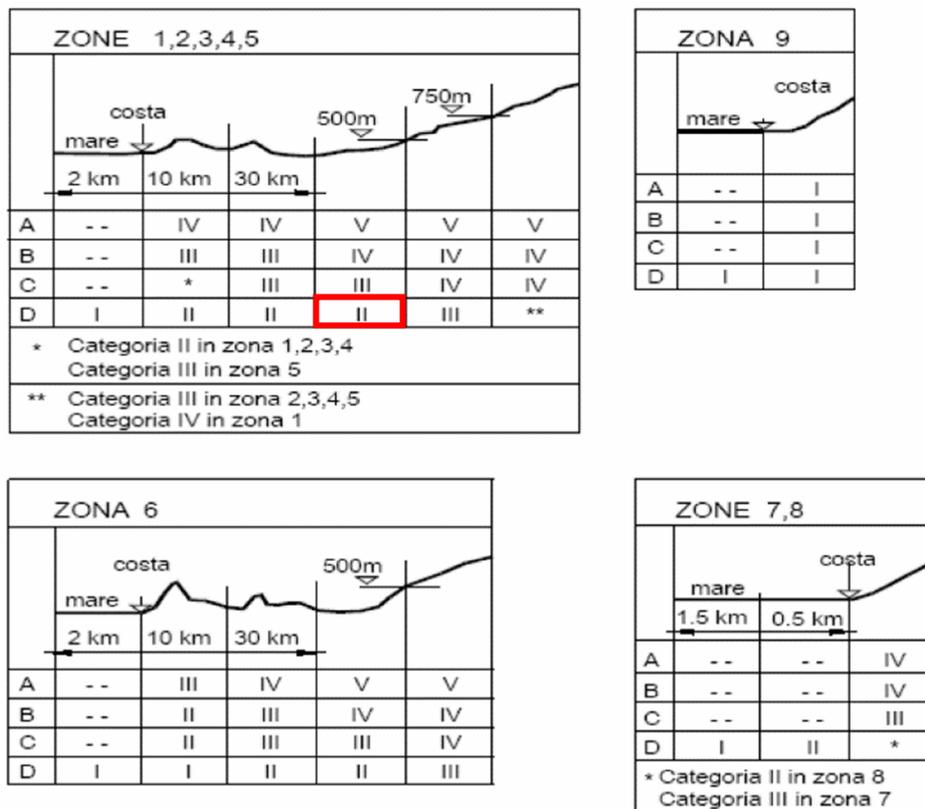


Figura 3 – Definizione della categoria di esposizione [Fig. 3.3.2 NTC 2018]

Il coefficiente di esposizione ( $c_e$ ) è dato dalla seguente formula [3.3.7 NTC 2018]:

$$C_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

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

I parametri per la definizione del coefficiente di esposizione ( $c_e$ ) da introdurre nella formula 3.3.7 delle NTC 2018, sono:

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente 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	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Si calcola, la pressione del vento agente sulla parete del box, assumendo un coefficiente topografico ( $c_t$ ) pari all'unità ed un coefficiente di pressione pari a 1.80. Di seguito si riporta il riepilogo della pressione del vento:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d \quad [3.3.4 \text{ NTC 2018}]$$

Zona	$q_r$ [N/m <sup>2</sup> ]	Categoria di esposizione	Z [m]	$c_t$	$c_e$	$c_p$	$c_d$	p [N/m <sup>2</sup> ]
1	390.63	II	10.0	1.0	2.35	1.8	1.0	1654

## 7. COMBINAZIONI DI CARICO

In accordo con il paragrafo 2.5.3 del NTC 17.01.2018, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):  

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:  

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]

Di seguito si riportano le tabelle 2.6.I e 2.5.I del NTC 2018, in cui riportano rispettivamente i coefficienti parziali e i coefficienti di combinazione da adottare nelle diverse combinazioni di carico.

**Tab. 2.6.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Q}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

**Tab. 2.5.I** – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0i}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

## 8. VERIFICA SOLETTA DI FONDAZIONE BOX MT/BT

### 8.1. GEOMETRIA DELLA FONDAZIONE

La platea di fondazione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

Tipo:	Rettangolare
Base soletta lungo x ( $B_x$ ):	3.50 m
Base soletta lungo y ( $B_y$ ):	2.50 m
Altezza soletta (H):	0.30 m

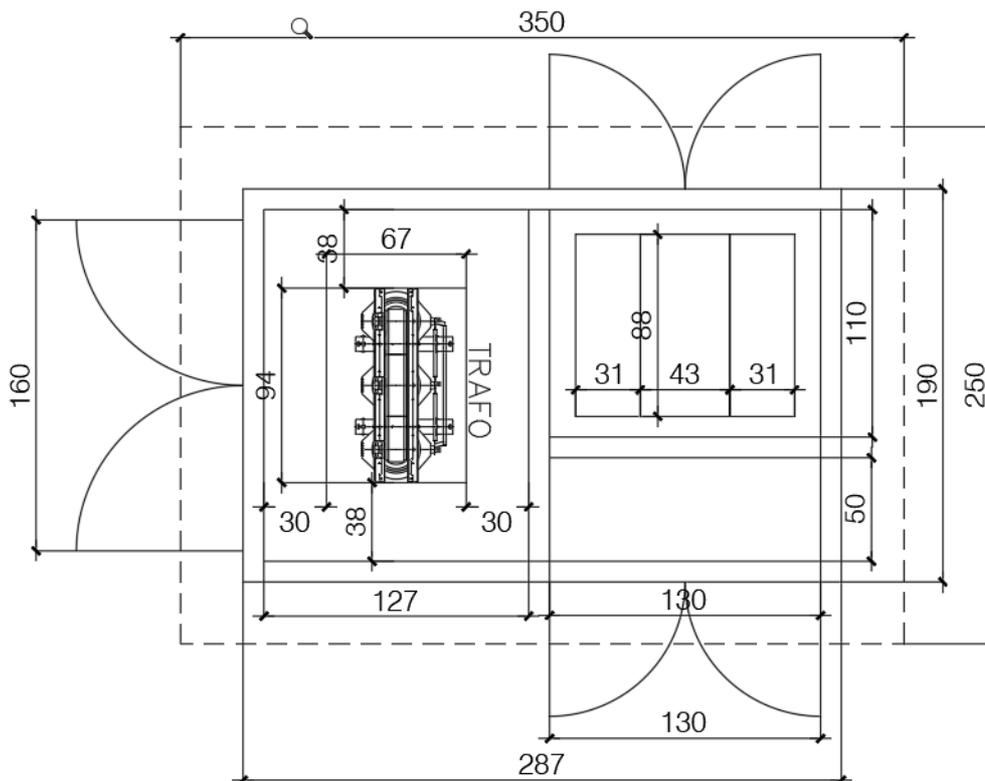


Figura 4 – Pianta BOX e Soletta di fondazione

### 8.2. CARICHI AGENTI SULLA SOLETTA

Come indicato nei paragrafi precedenti, le verifiche strutturali e geotecniche delle strutture di fondazione in oggetto sono state condotte mediante l'ausilio del software IS PLINTI vers.20, inserendo le sollecitazioni agenti su di esso calcolate precedentemente.

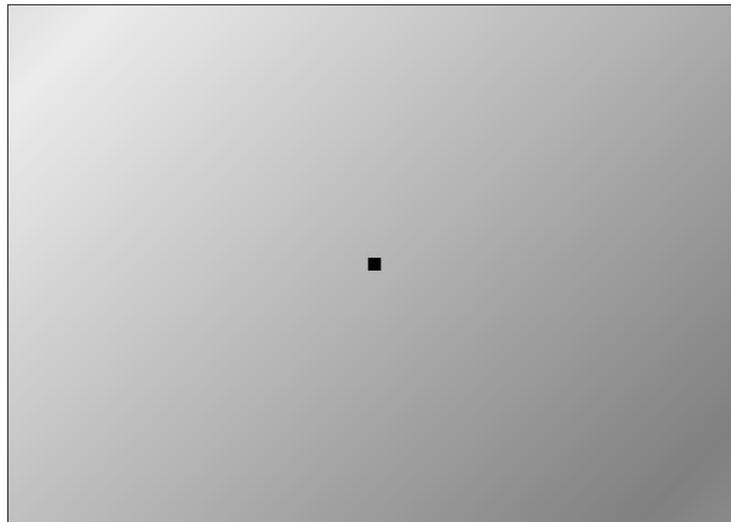


Figura 5 – Modello di calcolo plinto

- Nome : Caso 1 :  
 - Descr. : SLU Caso 2 :  
 Tipo : SLU vento Y

punto maglia	sestetto	N [daN]	Mx [daN*cm]	My [daN*cm]	Tx [daN]	Ty [daN]
1	1	2650	0	2385	1584	0

Casi di carico a sestetti.

- Nome : Caso 2 :  
 - Descr. : SLU Caso 1 :  
 Tipo : SLU vento X

punto maglia	sestetto	N [daN]	Mx [daN*cm]	My [daN*cm]	Tx [daN]	Ty [daN]
1	1	2650	-890	0	0	590

Casi di carico a sestetti.

### 8.3. VERIFICHE GEOTECNICHE PLATEA

#### 8.3.1. Descrizione del metodo di calcolo.

Il calcolo della capacità portante viene eseguito secondo la formula trinomia, considerando separatamente i contributi dovuti alla coesione, al sovraccarico laterale ed al peso del terreno.

Per le verifiche in condizioni drenate, si utilizzano i coefficienti di capacità portante  $N_q$  (Prandtl, 1921),  $N_c$

(Reissner, 1924),  $N_\gamma$  (Vesic, 1973), i coefficienti correttivi dovuti alla forma della fondazione (s, Meyerhof, 1951 e 1963), all'approfondimento (d, Brinch Hansen, 1970), all'inclinazione del carico (i, Vesic, 1973), all'inclinazione del piano di posa (b, Vesic, 1973), all'inclinazione del piano campagna (g, Vesic, 1973).

Nel caso di terreno eterogeneo (litologie differenti, presenza di falda), i parametri meccanici utilizzati nel calcolo sono ottenuti come media ponderata dei valori rinvenuti all'interno del cuneo di rottura.

La resistenza a scorrimento, viene ottenuta sommando i contributi del carico normale al piano di posa moltiplicato per il coefficiente d'attrito, e dell'area del piano di posa (eventualmente ridotta per carico verticale eccentrico) per l'adesione fondazione-terreno. In condizioni drenate, l'attrito fondazione terreno è assunto pari all'angolo di resistenza al taglio del terreno moltiplicato per il coefficiente 0.67, l'adesione fondazione terreno è trascurata (assunta pari a 0).

### 8.3.2. Descrizione della fondazione.

La fondazione ha piano di posa rettangolare, con lato X di 350 [cm], lato Y di 250 [cm], e centro alla quota  $z = -40$  [cm]. Il piano di posa è orizzontale.

### 8.3.3. Descrizione del terreno.

La stratigrafia è omogenea, presenta un solo strato							
n.	nome	$z_i$ [cm]	$z_f$ [cm]	$\gamma_d$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	$\gamma_t$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	$c'$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\phi'$ [°]
1	Terreno	0	-3000	0.00185	0.00185	0	25

### 8.3.4. Capacità portante e scorrimento

Le seguenti tabelle elencano il valore dell'angolo di resistenza al taglio, del peso di volume alleggerito, della coesione efficace, del sovraccarico alleggerito, e dei fattori e coefficienti introdotti nel calcolo della capacità portante.

punto maglia	ind str	caso- sest	area [cm <sup>2</sup> ]	area [cm]	$q$ app [daN/cm <sup>2</sup> ]	$q_{lim}$ dr [daN/cm <sup>2</sup> ]	$q_{lim}$ n dr [daN/cm <sup>2</sup> ]	FS	*	caso- sest	H app [daN]	H lim [daN]	FS
1	1	1-1	99900	96868.21	0.12	1.11	- - -	9.15	*	1-1	1584	3645.24	2.30

Capacità portante e scorrimento dei singoli punti maglia.