

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI FERMO
COMUNE DI FERMO

IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI
RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO

CIG: 9880245C18 – CUP: F62F18000070004

PROGETTO ESECUTIVO

NOME ELABORATO		CLASSE 10.11
CISTERNA ANTINCENDIO E ACQUA SERVIZI TABULATO DI VERIFICA GEOTECNICA		STRUTTURE CISTERNA ANTINCENDIO E ACQUA SERVIZI
N. TAVOLA		10.11.2
FORMATO		A4
CODIFICA ELABORATO	23008-OW-C-101-RS-056-MA1-0	SCALA /

00	28/06/2024	PRIMA EMISSIONE	B.BARONE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Committente	Progettista indicato	Mandataria
 <p>CITTA' DI FERMO Settore IV e V Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti Via Mazzini 4 63900 – Fermo (FM) DOTT. Mauro Fortuna RUP</p>	 <p>OWAC ENGINEERING COMPANY</p> <p>Via Resuttana 360 90142 -PALERMO</p> <p>OWAC Engineering Company S.R.L. ING. Rocco Martello Direttore Tecnico</p> <p>UNI EN ISO 9001:2015 N. 30233/14/S UNI EN ISO 45001:2018 N. OHS-4849 UNI EN ISO 14001:2015 N. EMS-9477/S UNI/PDR 74 :2019 N. SGBIM-01/23 UNI/PdR 74:2019 N. 21042BIM</p>	 <p>Via del Cardoncello 22 70022 – Altamura (BA)</p> <p>EDILALTA S.R.L. DOTT. Angelantonio Disabato Socio</p> <p>Mandante _____</p>  <p>Fueling a Sustainable World™</p> <p>Via Bassa di Casalmoro 3 46041 – Asola (MN)</p> <p>ANAERGIA S.R.L. DOTT. Andrea Parisi Institore</p>



00	B.BARONE	27/06/2024	C.BUTTICE'	28/06/2024	R.MARTELLO	28/06/2024
REV	ESEGUITO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA

RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI

PREMESSA

La presente relazione completa il tabulato di calcolo della vasca idrica compartimentata. Il terreno il raggiungimento della quota di scavo viene riempito per m 1,50 del misto di cava. Il tipo di fondazione è una platea diretta di spessore cm 30, la qualità di calcestruzzo è C32/40 e la classe di esposizione è XC4. Essa poggia su un magrone di spessore cm 15.

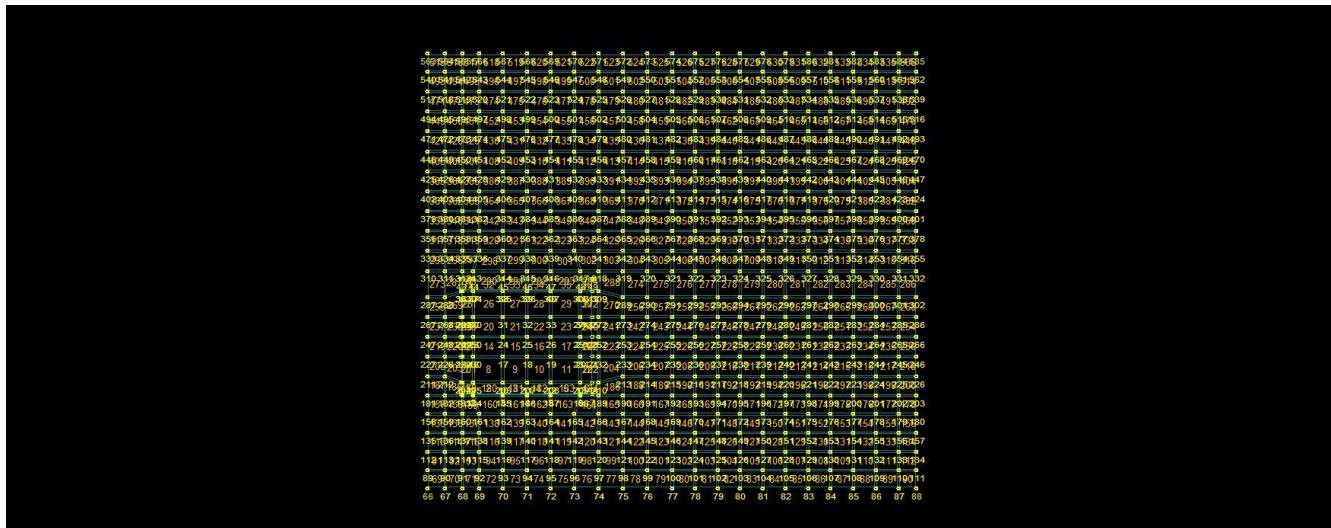


Figura 1 - MODELLO DI CALCOLO

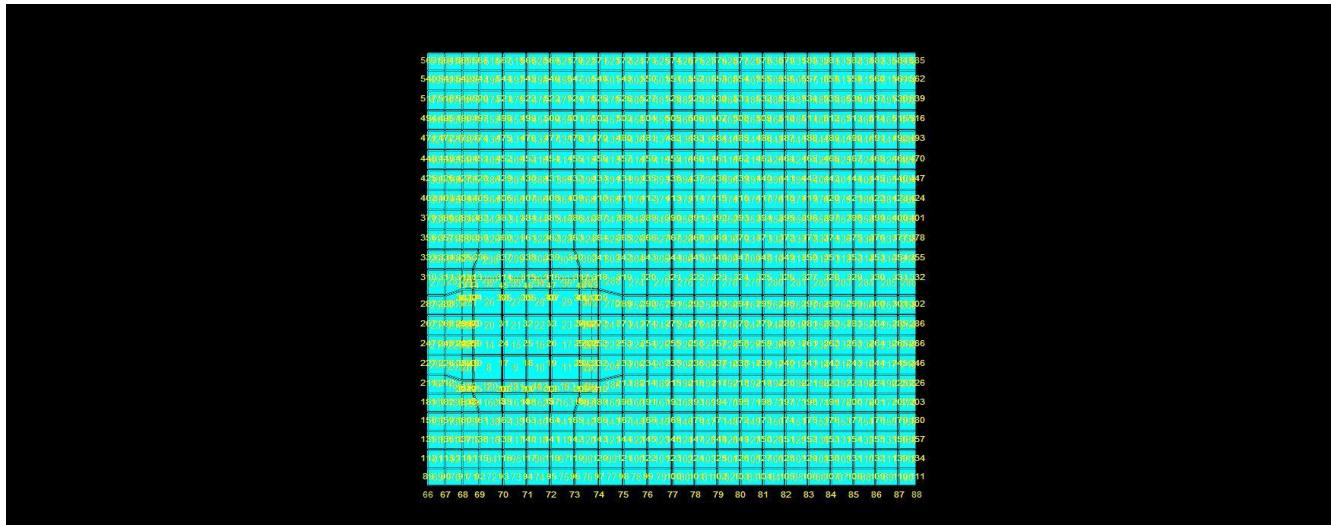


Figura 2 - STATO DEL PROGETTO

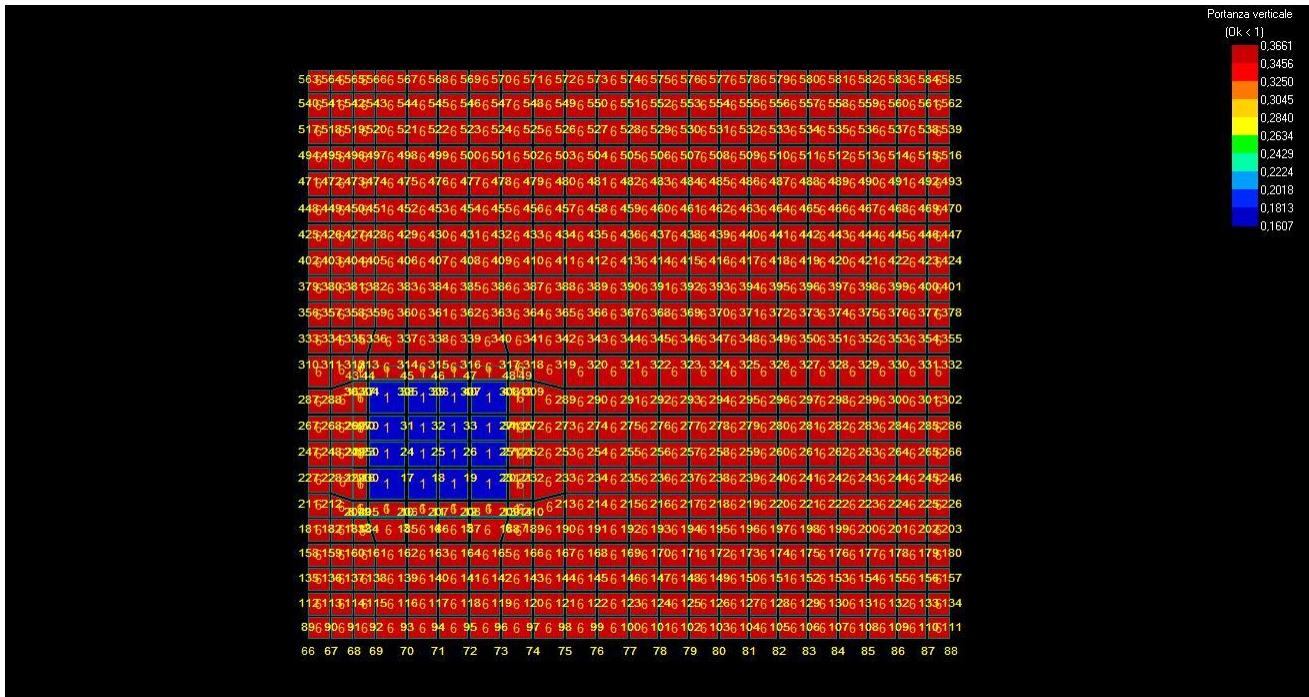


Figura 3 – VERIFICA PORTANZA

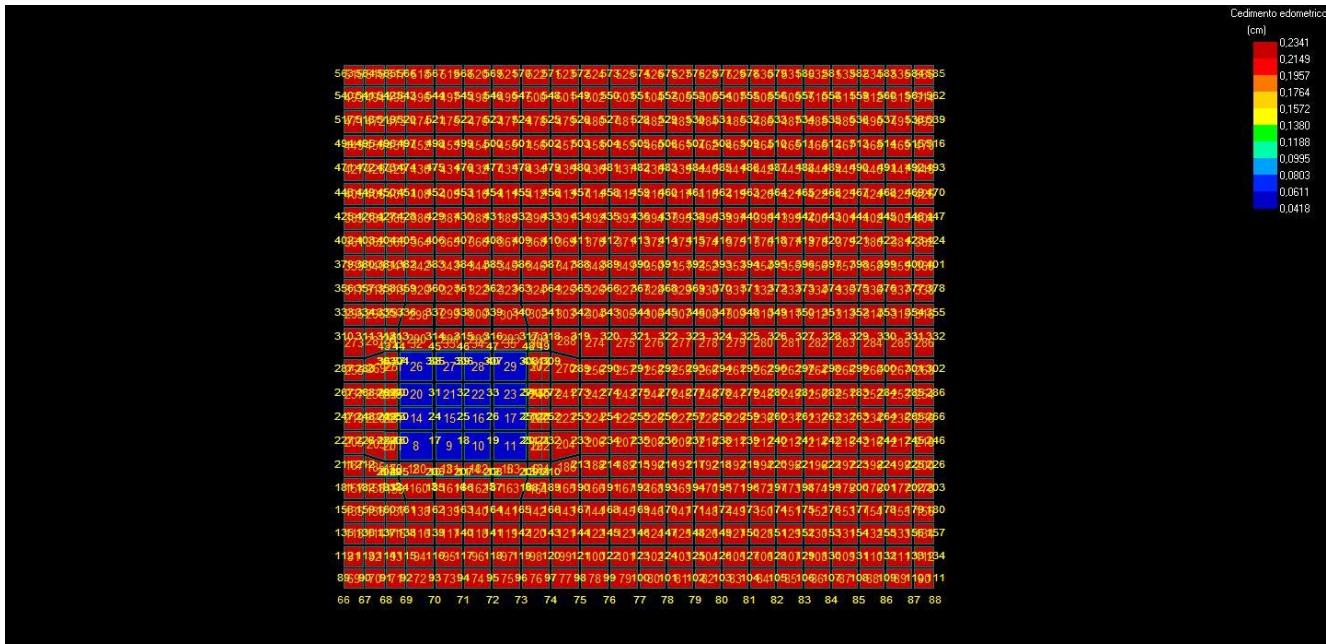


Figura 4 - CALCOLO DEI CEDIMENTI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988.** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei

- pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
 - **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
 - **Eurocodice 1 - Parte 1** - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -";
 - **Eurocodice 7 - Parte 1** -"Progettazione geotecnica - Regole generali -";
 - **Eurocodice 8 - Parte 5** -"Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -";
 - **D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
 - **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La finalità della presente relazione è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (volume significativo) influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione di un manufatto e che a sua volta influenza il comportamento strutturale del manufatto stesso. Di seguito si illustrano i risultati delle indagini geologiche eseguite, nonché l'interpretazione dei risultati ottenuti. Dal quadro generale in tal modo scaturito si definiscono le caratteristiche della fondazione da adottare ed il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione sovrastruttura-fondazione e fondazione-terreno.

Le risultanze dell'indagine in situ hanno evidenziato che:

il substrato di argilla stratificata a sabbia ha delle caratteristiche accettabili, ma è coperto da uno strato di coltre limosa dalle scarse caratteristiche geotecniche

Di seguito si riportano alcuni cenni teorici relativi alle modalità di calcolo implementate e la descrizione della simbologia adottata nei tabulati.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione (inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento) si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il "meccanismo generale" e quello di "punzonamento". Il primo è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento: il terreno sottostante la fondazione rifiuisce lateralmente e verso l'alto, conseguentemente il terreno circostante la fondazione è interessata da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo è caratterizzato dall'assenza di una superficie di scorrimento ben definita: il terreno sotto la fondazione si comprime ed in corrispondenza della superficie del terreno circostante la fondazione si osserva un abbassamento generalizzato. Quest'ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite in quanto la curva cedimenti-carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Vesic ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo caso il fenomeno risulta retto da un indice di rigidezza "I_r" così definito:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}.$$

Per la determinazione del modulo di rigidezza a taglio si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \quad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \quad k_0 = 1 - \operatorname{sen}(\varphi).$$

L'indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico "I_{r,crit}":

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}}{2}.$$

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidezza è minore di quello critico. Tale teoria comporta l'introduzione di coefficienti correttivi all'interno della formula trinomia del carico limite detti "coefficienti di punzonamento" i quali sono funzione dell'indice di rigidezza, dell'angolo d'attrito e della

geometria dell'elemento di fondazione. La loro espressione è la seguente:

- se $l_r < l_{r,crit}$ si ha :

$$\Psi_\gamma = \Psi_q = e^{\left[\left(0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \operatorname{tg}(\varphi) + \frac{3.07 \cdot \operatorname{sen}(\varphi) \log_{10}(2 \cdot l_r)}{1 + \operatorname{sen}(\varphi)} \right]} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \log_{10}(l_r)$$

- se $l_r > l_{r,crit}$ si ha che $\Psi_\gamma = \Psi_q = \Psi_c = 1$.

Il significato dei simboli adottati nelle equazioni sopra riportate è il seguente:

- E_{ed} modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione
- ν coefficiente di Poisson del terreno sottostante la fondazione
- k_0 coefficiente di spinta a riposo del terreno sottostante la fondazione
- φ angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa
- c' coesione (espressa in termini di tensioni efficaci)
- σ' tensione litostatica effettiva a profondità $D+B/2$
- L luce delle singole travi di fondazione
- D profondità del piano di posa della fondazione a partire dal piano campagna
- B larghezza della trave di fondazione

Definito il meccanismo di rottura, il calcolo del carico limite viene eseguito modellando il terreno come un mezzo rigido perfettamente plastico con la seguente espressione:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \Psi_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \Psi_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma.$$

Il significato dei termini presenti nella relazione trinomia sopra riportata è il seguente:

- N_q, N_c, N_γ , fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno φ del terreno
- s_q, s_c, s_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di forma
- d_q, d_c, d_γ , coefficienti che rappresentano il fattore dell'approfondimento
- i_q, i_c, i_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di inclinazione del carico
- γ_1 peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa
- γ_2 peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa

Per fondazioni aventi larghezza modesta si dimostra che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di "B", sia secondo Vesic che secondo de Beer, il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. Bowles per fondazioni di larghezza maggiore di 2.00 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \cdot \log_{10} \left(\frac{B}{2} \right) \quad \text{dove "B" va espresso in metri.}$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso (platee e simili), caso nel quale il terzo termine dell'equazione trinomia è predominante.

Nel caso di carico eccentrico Meyerhof consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto (A_f) tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

Formulazione di Hansen (1970)

$$N_q = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

dove: se $\frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}$, se $\frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{D}{B}\right)$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^{\alpha_1} \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^{\alpha_2} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Formulazione di Vesic (1975)

$$N_q = \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

dove: se $\frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}$, se $\frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{D}{B}\right)$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione di Brinch-Hansen

$$N_q = \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \operatorname{sen}(\varphi))}{L \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))} \quad s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \operatorname{sen}(\varphi))}{L \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))} \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + \operatorname{sen}(\varphi))}{L \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}$$

dove: se $\frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}$, se $\frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{\frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}}{1 + \frac{L}{B}} \quad m = m_L = \frac{\frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}}{1 + \frac{B}{L}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$\begin{aligned} s_q &= 1.0 & s_\gamma &= 1.0 & s_c &= 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \\ d_q &= 1.0 & d_\gamma &= 1.0 & d_c &= 1 + 0.4 \cdot \Theta \\ i_q &= 1.0 & i_\gamma &= 1.0 & i_c &= 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c} \end{aligned}$$

Formulazione Eurocodice 7

$$N_q = \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$\begin{aligned} s_q &= 1 + \frac{B}{L} \cdot \operatorname{sen}(\varphi) & s_\gamma &= 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} & s_c &= \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1} \\ d_q &= 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta & d_\gamma &= 1.0 & d_c &= 1 + 0.4 \cdot \Theta \end{aligned}$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

- se H è parallela al lato B si ha:

$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^3 \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^3 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se H è parallela al lato L si ha:

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \quad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$\begin{aligned} s_q &= 1.0 & s_\gamma &= 1.0 & s_c &= 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \\ d_q &= 1.0 & d_\gamma &= 1.0 & d_c &= 1 + 0.4 \cdot \Theta \\ i_q &= 1.0 & i_\gamma &= 1.0 & i_c &= 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right) \end{aligned}$$

Si ricorda che per le relazioni sopra riportate nel caso in cui $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0$, $N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$.

Il significato dei termini presenti nelle relazioni su descritte è il seguente:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- α_1, α_2 esponenti di potenza che variano tra 2 e 5

Nel caso in cui il cuneo di fondazione sia interessato da falda idrica il valore di γ_2 nella formula trinomia assume la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{90 + \varphi}{2} \right)$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- γ peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa
- γ_{sat} peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa
- z profondità della falda dal piano di posa
- h_c altezza del cuneo di rottura della fondazione

Tutto ciò che è stato detto sopra è valido nell'ipotesi di terreno con caratteristiche geotecniche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre composti, o comunque riconducibili, a formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono (caso di terreni stratificati). In queste condizioni i parametri vengono determinati con la seguente procedura:

- viene determinata l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati; quindi si determinato il numero degli strati interessati da esso
- in corrispondenza di ogni superficie di separazione, partendo da quella immediatamente sottostante il piano di posa della fondazione, fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato come somma di due valori: il primo dato dall'applicazione della formula trinomia alla quota i -esima dello strato; il secondo dato dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame
- il minimo di questi due valori sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata

Si può formulare il procedimento anche in forma analitica:

$$q_{ult} = \left[q_{ult} + q_{resT} \right]_{\min} = \left[q_{ult} + \frac{p}{A_f} (P_V \cdot K_s \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + d \cdot c) \right]_{\min}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q_{ult} carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato
- p perimetro della fondazione
- P_V spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato
- K_s coefficiente di spinta laterale del terreno
- d distanza dal piano di posa allo strato interessato

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU ROCCIA

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}.$$

Se il valore di RQD è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni: quella di Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968), entrambe correlate all'indice RQD . In definitiva il valore della capacità portante sarà espresso dalla seguente relazione:

$$q_{ult} = q_{ult} \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q_{ult} carico limite dell'ammasso roccioso
- q_{ult} carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz

In questo caso l'equazione trinomia del carico limite assume la seguente forma:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma.$$

I termini presenti nell'equazione hanno lo stesso significato già visto in precedenza; i coefficienti di forma assumeranno i seguenti valori:

$s_c = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme

$s_c = 1.3$ per fondazioni di tipo quadrato;

$s_\gamma = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme

$s_\gamma = 0.8$ per fondazioni di tipo quadrato

I fattori adimensionali di portanza a seconda della formulazione adottata saranno:

Formulazione di Terzaghi (1943)

$$N_q = \frac{e^{2\left(0.75\pi - \frac{\varphi}{2}\right)\operatorname{tg}(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)} \quad N_\gamma = \frac{\operatorname{tg}(\varphi)}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2(\varphi)} - 1 \right) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

se $\varphi = 0 \Rightarrow N_c = 1.5 \cdot \pi + 1$

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{pγ}	10.8	12.2	14.7	18.6	25.0	35.0	52.0	82.0	141.0	298.0	800.0

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz (1968)

$$N_q = \operatorname{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \quad N_\gamma = N_q + 1 \quad N_c = 5 \cdot \operatorname{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

VERIFICA A ROTTURA PER SCORRIMENTO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa bisogna effettuare anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti: la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale, oltre a queste due componenti, può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione fino ad un massimo del 30%. La formulazione analitica della verifica può essere esposta nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \operatorname{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- T_{Sd} componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- N_{Sd} componente verticale del carico agente sulla fondazione
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- δ angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% dell'angolo di attrito)
- S_p spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione
- f_{Sp} percentuale di partecipazione della spinta passiva
- A_f superficie di contatto del piano di posa della fondazione

La verifica deve essere effettuata sia per componenti taglienti parallele alla base della fondazione che per quelle ortogonali.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI INDOTTE NEL TERRENO

Ai fini del calcolo dei cedimenti è essenziale conoscere lo stato tensionale indotto nel terreno a varie profondità da un carico applicato in superficie. Tale determinazione viene eseguita ipotizzando che il terreno si comporti come un mezzo continuo, elastico-lineare, omogeneo e isotopo. Tale assunzione, utilizzata per la determinazione della variazione delle tensioni verticali dovuta all'applicazione di un carico in superficie, è confortata dalla letteratura (Morgenstern e Phukan) perché la non linearità del materiale poco influenza la distribuzione delle tensioni verticali. Per ottenere un profilo verticale di pressioni si possono utilizzare tre metodi di calcolo: quello di Boussinesq, quello di Westergaard oppure quello di Mindlin; tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il metodo di Westergaard differisce da quello di Boussinesq per la presenza del coefficiente di

Poisson "u", quindi si adatta meglio ai terreni stratificati. Il metodo di Mindlin differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico mentre i primi due lo pongono esclusivamente sulla frontiera quindi si presta meglio al caso di fondazioni molto profonde. Nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico il metodo di Mindlin risulta equivalente a quello di Boussinesq. Le espressioni analitiche dei tre metodi di calcolo sono:

$$\text{Boussinesq} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2 \cdot \pi \cdot (r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad \text{Westergaard} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \frac{\sqrt{\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu}}}{\left(\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu} + \frac{r^2}{z^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

$$\text{Mindlin} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot (1-\nu) \cdot D^2} \left(-\frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{A^3} + \frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{B^3} - \frac{3 \cdot (m-1)^3}{A^5} - \frac{30 \cdot m \cdot (m+1)^3}{B^7} - \frac{3 \cdot (3-4 \cdot \nu) \cdot m \cdot (m+1)^2 - 3 \cdot (m+1) \cdot (5 \cdot m - 1)}{B^5} \right)$$

$$n = \frac{r}{D}; \quad m = \frac{z}{D}; \quad A^2 = n^2 + (m-1)^2; \quad B^2 = n^2 + (m+1)^2$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera o all'interno del mezzo
- D proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dalla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

Basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, l'algoritmo implementato esegue un'integrazione delle equazioni di cui sopra lungo la verticale di ogni punto notevole degli elementi fondali estesa a tutte le aree di carico presenti sulla superficie del terreno; questo consente di determinare la variazione dello stato tensionale verticale " $\Delta\sigma_v$ ". Bisogna sottolineare che, nel caso di pressione, " Q " va definito come "pressione netta", ossia la pressione in eccesso rispetto a quella geostatica esistente che può essere sopportata con sicurezza alla profondità " D " del piano di posa delle fondazioni. Questo perché i cedimenti sono causati solo da incrementi netti di pressione che si aggiungono all'esistente pressione geostatica.

CALCOLO DEI CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

La determinazione dei cedimenti delle fondazioni assume una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi, in special modo nella fase di esercizio. Nell'evolversi della fase di cedimento il terreno passa da uno stato di sforzo corrente dovuto al peso proprio ad uno nuovo dovuto all'effetto del carico addizionale applicato. Questa variazione dello stato tensionale produce una serie di movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno, nonché deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo localizzate in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico. L'insieme di questi fenomeni costituisce il cedimento che nel caso in esame è verticale. Nonostante la frazione elastica sia modesta, l'esperienza ha dimostrato che ai fini del calcolo dei cedimenti modellare il terreno come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti. In letteratura sono descritti diversi metodi per il calcolo dei cedimenti ma si ricorda che, qualunque sia il metodo di calcolo, la determinazione del valore del cedimento deve intendersi come la miglior stima delle deformazioni subite dal terreno da attendersi all'applicazione dei carichi. Nel seguito vengono descritte le teorie implementate:

Metodo edometrico, che si basa sulla nota relazione:

$$w_{ed} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $\Delta\sigma_{v,i}$ variazione dello stato tensionale verticale alla profondità "z_i" dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- $E_{ed,i}$ modulo edometrico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

Si ricorda che questo metodo si basa sull'ipotesi edometrica quindi l'accuratezza del risultato è maggiore quando il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni è ridotto, tuttavia il metodo edometrico consente una buona approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

Metodo dell'elasticità, che si basa sulle note relazioni:

$$w_{\text{Imp.}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \quad w_{\text{Lib.}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1-2\cdot\nu^2}{1-\nu} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $w_{\text{Imp.}}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale impedita
- $w_{\text{Lib.}}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale libera
- $\Delta\sigma_{v,i}$ variazione stato tensionale verticale alla profondità "z_i" dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- E_i modulo elastico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

La doppia formulazione adottata consente di ottenere un intervallo di valori del cedimento elastico per la fondazione in esame (valore minimo per $w_{\text{Imp.}}$ e valore massimo per $w_{\text{Lib.}}$).

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Base larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Altezza altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lung. Elem. dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Lung. Travata nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta la dimensione dello sviluppo longitudinale del macroelemento

per tipologia platea:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna
- Dia. Eq. diametro del cerchio equivalente alla superficie dell'elemento
- Spessore spessore dell'elemento
- Superficie superficie dell'elemento
- Vert. Elem. Numero dei vertici che costituiscono l'elemento
- Macro nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta il numero del macroelemento

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le caratteristiche geometriche del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Ecc. B eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- Ecc. L eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Taglio B sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- S.Taglio L sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Normale carico normale agente sul piano di fondazione
- T.T.min minimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale
- T.T.max massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale

per tipologia platea:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Press. N1 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento
- Press. N2 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento
- Press. N3 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento
- Press. N4 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento
- S.Taglio X sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse X del riferimento globale
- S.Taglio Y sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse Y del riferimento globale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le macroazioni (integrale delle azioni applicate sui singoli elementi che compongono la platea) agenti sul plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico
- Qlim capacità portante totale data dalla somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres P (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile)
- Qlim q termine relativo al sovraccarico della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim g termine relativo alla larghezza della base di fondazione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim c termine relativo alla coesione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qres P termine relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Diverso da zero solo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qmax / Qlim rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale ed il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).
- TBLim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento

- TB / TB_{lim} rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- TL_{lim} valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- TL / TL_{lim} rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Sgm. Lt. tensione litostatica agente alla quota del piano di posa dell'elemento fondale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico e tipologia
- Nodo vertice dell'elemento in cui viene calcolato il cedimento
- Car. Netto valore del carico netto applicato sulla superficie del terreno
- Cedimento/i valore del cedimento (nel caso di calcolo di cedimenti elastici i valori riportati sono due, il primo corrisponde al cedimento $w_{imp.}$, mentre il secondo al cedimento $w_{lib.}$)

PARAMETRI DI CALCOLO

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Per terreni sciolti: Vesic
- Per terreni lapidei: Terzaghi

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si
- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20,0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20,0 %

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza F_c (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (statico): 2,50

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per $\tan \phi$ (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per C_u (statico): 1
- Coeff. R3 capacità portante (statico e sismico): 2,30
- Coeff. R3 scorrimento (statico e sismico): 1,10

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- Fattore per l'adesione ($6 < C_a < 10$): 8
- Fattore per attrito terreno-fondazione ($5 < \Delta < 10$): 7
- Frazione di spinta passiva f_{sp} : 50,00 %
- Coeff. resistenza sulle sup. laterali: 1,30

Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali:

- Metodo di calcolo tensioni superficiali: Boussinesq
- Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali: sovrapposizione dei bulbi
- Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno: cedimenti edometrici

ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 3

Numero strati: 2

Profondità falda: assente

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -150,0 cm	150,0 cm	003 / MISTO_PIAZZ	Assente
2	da -150,0 a -3150,0 cm	3000,0 cm	002 / ARGILLA_FERMO	Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: 003 / MISTO_PIAZZ

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec.	Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ² 1,400 E-3	daN/cm ² 1,500 E-3	Gradi ^o 30,000		daN/cm ² 0,000	daN/cm ² 1530,000	daN/cm ² 2060,000	% 87,0	% 0,300	0,00

Indice / Descrizione terreno: 002 / ARGILLA_FERMO

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec.	Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ² 2,000 E-3	daN/cm ² 2,100 E-3	Gradi ^o 23,000		daN/cm ² 0,300	daN/cm ² 47,500	daN/cm ² 180,000	% 65,0	% 0,450	0,30

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon.	Dia. Eq.	Spessore	Superficie	Vertici n. per elem.	Macro n.
Platea n. 1	Platea	001	500.000	33.851	30.000	900.000	4	1
Platea n. 2	Platea	001	500.000	53.524	30.000	2250.000	4	1
Platea n. 3	Platea	001	500.000	47.873	30.000	1800.000	4	1
Platea n. 4	Platea	001	500.000	47.873	30.000	1800.000	4	1
Platea n. 5	Platea	001	500.000	53.524	30.000	2250.000	4	1
Platea n. 6	Platea	001	500.000	33.851	30.000	900.000	4	1
Platea n. 7	Platea	001	500.000	49.828	30.000	1950.000	4	1
Platea n. 8	Platea	001	500.000	78.785	30.000	4875.000	4	1
Platea n. 9	Platea	001	500.000	70.467	30.000	3900.000	4	1
Platea n. 10	Platea	001	500.000	70.467	30.000	3900.000	4	1
Platea n. 11	Platea	001	500.000	78.785	30.000	4875.000	4	1
Platea n. 12	Platea	001	500.000	49.828	30.000	1950.000	4	1
Platea n. 13	Platea	001	500.000	43.702	30.000	1500.000	4	1
Platea n. 14	Platea	001	500.000	69.099	30.000	3750.000	4	1
Platea n. 15	Platea	001	500.000	61.804	30.000	3000.000	4	1
Platea n. 16	Platea	001	500.000	61.804	30.000	3000.000	4	1
Platea n. 17	Platea	001	500.000	69.099	30.000	3750.000	4	1
Platea n. 18	Platea	001	500.000	43.702	30.000	1500.000	4	1
Platea n. 19	Platea	001	500.000	43.702	30.000	1500.000	4	1
Platea n. 20	Platea	001	500.000	69.099	30.000	3750.000	4	1
Platea n. 21	Platea	001	500.000	61.804	30.000	3000.000	4	1
Platea n. 22	Platea	001	500.000	61.804	30.000	3000.000	4	1
Platea n. 23	Platea	001	500.000	69.099	30.000	3750.000	4	1
Platea n. 24	Platea	001	500.000	43.702	30.000	1500.000	4	1
Platea n. 25	Platea	001	500.000	49.828	30.000	1950.000	4	1
Platea n. 26	Platea	001	500.000	78.785	30.000	4875.000	4	1
Platea n. 27	Platea	001	500.000	70.467	30.000	3900.000	4	1
Platea n. 28	Platea	001	500.000	70.467	30.000	3900.000	4	1
Platea n. 29	Platea	001	500.000	78.785	30.000	4875.000	4	1
Platea n. 30	Platea	001	500.000	49.828	30.000	1950.000	4	1
Platea n. 31	Platea	001	500.000	33.851	30.000	900.000	4	1
Platea n. 32	Platea	001	500.000	53.524	30.000	2250.000	4	1
Platea n. 33	Platea	001	500.000	47.873	30.000	1800.000	4	1
Platea n. 34	Platea	001	500.000	47.873	30.000	1800.000	4	1
Platea n. 35	Platea	001	500.000	53.524	30.000	2250.000	4	1
Platea n. 36	Platea	001	500.000	33.851	30.000	900.000	4	1

Platea n. 141	Platea	001	380.000	59.921	30.000	2820.000	4	6
Platea n. 142	Platea	001	380.000	60.542	30.000	2878.750	4	6
Platea n. 143	Platea	001	380.000	60.542	30.000	2878.750	4	6
Platea n. 144	Platea	001	380.000	60.542	30.000	2878.750	4	6
Platea n. 145	Platea	001	380.000	61.034	30.000	2925.750	4	6
Platea n. 146	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 147	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 148	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.295	4	6
Platea n. 149	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 150	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 151	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 152	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 153	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.295	4	6
Platea n. 154	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 155	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 156	Platea	001	380.000	51.893	30.000	2115.000	4	6
Platea n. 157	Platea	001	380.000	51.893	30.000	2115.000	4	6
Platea n. 158	Platea	001	380.000	50.727	30.000	2021.000	4	6
Platea n. 159	Platea	001	380.000	45.437	30.000	1621.500	4	6
Platea n. 160	Platea	001	380.000	63.556	30.000	3172.500	4	6
Platea n. 161	Platea	001	380.000	59.921	30.000	2820.000	4	6
Platea n. 162	Platea	001	380.000	59.921	30.000	2820.000	4	6
Platea n. 163	Platea	001	380.000	63.556	30.000	3172.500	4	6
Platea n. 164	Platea	001	380.000	56.714	30.000	2526.250	4	6
Platea n. 165	Platea	001	380.000	60.542	30.000	2878.750	4	6
Platea n. 166	Platea	001	380.000	60.542	30.000	2878.750	4	6
Platea n. 167	Platea	001	380.000	61.034	30.000	2925.750	4	6
Platea n. 168	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 169	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 170	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.295	4	6
Platea n. 171	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 172	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 173	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 174	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 175	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.295	4	6
Platea n. 176	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 177	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 178	Platea	001	380.000	51.893	30.000	2115.000	4	6
Platea n. 179	Platea	001	380.000	33.167	30.000	864.000	4	6
Platea n. 180	Platea	001	380.000	55.279	30.000	2400.000	4	6
Platea n. 181	Platea	001	380.000	49.443	30.000	1920.000	4	6
Platea n. 182	Platea	001	380.000	49.443	30.000	1920.000	4	6
Platea n. 183	Platea	001	380.000	55.279	30.000	2400.000	4	6
Platea n. 184	Platea	001	380.000	43.410	30.000	1480.000	4	6
Platea n. 185	Platea	001	380.000	46.504	30.000	1698.500	4	6
Platea n. 186	Platea	001	380.000	55.502	30.000	2419.375	4	6
Platea n. 187	Platea	001	380.000	51.893	30.000	2115.000	4	6
Platea n. 188	Platea	001	380.000	60.542	30.000	2878.750	4	6
Platea n. 189	Platea	001	380.000	61.034	30.000	2925.750	4	6
Platea n. 190	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 191	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 192	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.295	4	6
Platea n. 193	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 194	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 195	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 196	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 197	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.295	4	6
Platea n. 198	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 199	Platea	001	380.000	58.353	30.000	2674.301	4	6
Platea n. 200	Platea	001	380.000	51.893	30.000	2115.000	4	6
Platea n. 201	Platea	001	380.000	47.271	30.000	1755.000	4	6
Platea n. 202	Platea	001	380.000	61.868	30.000	3006.250	4	6
Platea n. 203	Platea	001	380.000	56.108	30.000	2472.500	4	6
Platea n. 204	Platea	001	380.000	66.964	30.000	3521.875	4	6
Platea n. 205	Platea	001	380.000	53.524	30.000	2250.000	4	6
Platea n. 206	Platea	001	380.000	62.444	30.000	3062.500	4	6
Platea n. 207	Platea	001	380.000	62.952	30.000	3112.500	4	6
Platea n. 208	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 209	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 210	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2844.995	4	6
Platea n. 211	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 212	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6

Platea n. 501	Platea	001	380.000	62.444	30.000	3062.500	4	6
Platea n. 502	Platea	001	380.000	62.444	30.000	3062.500	4	6
Platea n. 503	Platea	001	380.000	62.952	30.000	3112.500	4	6
Platea n. 504	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 505	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 506	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2844.995	4	6
Platea n. 507	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 508	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 509	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 510	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 511	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2844.995	4	6
Platea n. 512	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 513	Platea	001	380.000	60.186	30.000	2845.001	4	6
Platea n. 514	Platea	001	380.000	53.524	30.000	2250.000	4	6
Platea n. 515	Platea	001	380.000	50.777	30.000	2025.000	4	6
Platea n. 516	Platea	001	380.000	49.636	30.000	1935.000	4	6
Platea n. 517	Platea	001	380.000	49.055	30.000	1890.000	4	6
Platea n. 518	Platea	001	380.000	58.632	30.000	2700.000	4	6
Platea n. 519	Platea	001	380.000	58.632	30.000	2700.000	4	6
Platea n. 520	Platea	001	380.000	58.632	30.000	2700.000	4	6
Platea n. 521	Platea	001	380.000	58.632	30.000	2700.000	4	6
Platea n. 522	Platea	001	380.000	59.240	30.000	2756.250	4	6
Platea n. 523	Platea	001	380.000	59.240	30.000	2756.250	4	6
Platea n. 524	Platea	001	380.000	59.240	30.000	2756.250	4	6
Platea n. 525	Platea	001	380.000	59.722	30.000	2801.250	4	6
Platea n. 526	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.501	4	6
Platea n. 527	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.501	4	6
Platea n. 528	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.496	4	6
Platea n. 529	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.501	4	6
Platea n. 530	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.501	4	6
Platea n. 531	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.501	4	6
Platea n. 532	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.501	4	6
Platea n. 533	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.496	4	6
Platea n. 534	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.501	4	6
Platea n. 535	Platea	001	380.000	57.098	30.000	2560.501	4	6
Platea n. 536	Platea	001	380.000	50.777	30.000	2025.000	4	6

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Base Eq. cm	Spessore cm	Lung. Eq. cm	Lung. Travata Eq. cm
Macro n. 1	Macro-Platea	001	500.000	232.000	30.000	264.000	264.000
Macro n. 6	Macro-Platea	001	380.000	858.476	30.000	953.206	953.206

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura. Le azioni trasmesse in fondazione, relative alle combinazioni di tipo sismico, non saranno amplificate in quanto determinate ipotizzando un comportamento non dissipativo.

La verifica nei confronti dello Stato Limite di Danno viene eseguita determinando il carico limite della fondazione per le corrispondenti azioni di SLD, impiegando i coefficienti parziali gammaR di cui alla tabella 7.11.II.

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportati solo i casi maggiormente gravosi per ogni tipo di combinazione e le relative verifiche.

Macro platea: 1

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.9100 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 3.5725 + 4.8814 + 0.3847 + 0.0000

Qmax / Qlim = 1.4207 / 8.8386 = 0,161 Ok (Cmb. n. 001)

TB / TBlim = 7286.3 / 28042.0 = 0,260 Ok (Cmb. n. 022)

TL / TLLim = 3710.4 / 27825.6 = 0,133 Ok (Cmb. n. 013)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ²	T.T. max daN/cm ²
001	SLU STR	No	-3.640	17.202	1032.2	-347.1	-39394.7	-0.2493	-1.4207
013	SLU STR	No	-6.169	15.580	-640.9	-3710.4	-28368.6	-0.1800	-1.0536
022	SLU STR	No	-10.824	13.108	7286.3	1736.0	-25282.8	-0.1579	-0.9432

Macro platea: 6

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.6700 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 1.9149 + 2.1171 + 0.6335 + 0.0000

Qmax / Qlim = 1.7082 / 4.6655 = 0,366 Ok (Cmb. n. 024)

TB / TBlim = 186397.8 / 343423.9 = 0,543 Ok (Cmb. n. 014)

TL / TLlim = 211886.9 / 343304.3 = 0,617 Ok (Cmb. n. 026)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
014	SLU STR	No	70.574	-53.472	186397.8	-38952.6	-686770.4	-0.0819	-1.6026
024	SLU STR	No	45.088	-93.318	79949.2	-197592.0	-684828.6	0.1997	-1.7082
026	SLU STR	No	18.619	-96.689	-27268.4	-211886.9	-683872.2	0.4010	-1.5192

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento: Platea n. 1

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
005	SLE rare	No	-4.297	16.819	923.0	-206.6	-29262.8	-0.1851	-1.0601
006	SLE rare	No	-7.715	15.066	1684.5	17.5	-26078.5	-0.1639	-0.9712

Cedimento massimo = -0.042 cm in Cmb n. 005

Cedimento minimo = -0.003 cm in Cmb n. 006

Elemento: Platea n. 69

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
005	SLE rare	No	-22.960	-9.748	-84.5	-942.1	-791181.3	-0.0968	-1.2559
006	SLE rare	No	24.035	-43.767	237.0	-1667.8	-685875.9	-0.0867	-1.2026

Cedimento massimo = -0.234 cm in Cmb n. 005

Cedimento minimo = -0.002 cm in Cmb n. 006