



**ASET S.p.A.**  
Azienda Servizi sul Territorio  
<Provincia di Pesaro Urbino>

**AMPLIAMENTO E POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO  
DI DEPURAZIONE ACQUE REFLUE DI PONTESASSO**

**PROGETTO  
DEFINITIVO\ESECUTIVO**



GRUPPO EUROPEO DI ARCHITETTURA, URBANISTICA E INGEGNERIA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA AMBIENTALE:**

Via Delle Caminate, 69/b 47121 Forlì (FC)

Tel: +39.0543.488000

Fax: +39.0543.559530

E-mail: [info@saireurope.com](mailto:info@saireurope.com)

<http://www.saireurope.com>

**GRUPPO DI LAVORO**

RESPONSABILE DEL PROGETTO:

Dott. Ing. Claudio Zanchini

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Stefano Zanchini

Rev.n°:	oggetto:	
00	prima emissione	31/10/2012

Data:	Elaborato:	Tavola:	Scala:	
31 ottobre 2012	C	02	N° foglio:	Di:
			1	20

Oggetto

**RELAZIONE GEOTECNICA  
DENITRIFICAZIONE-OSSIDAZIONE E LOCALE SOFFIANTI**

## Sommario

Sommario .....	2
1 Premessa .....	3
2 Descrizione delle opere in sito .....	3
Risposta sismica locale .....	4
Parametri di analisi.....	5
3 Scelte tipologiche .....	7
Tipologia di fondazione .....	8
3.1 Elementi di fondazione .....	8
3.1.1 Fondazioni di piastre.....	8
4 Programma delle indagini e delle prove geotecniche .....	9
4.1 Sondaggi del sito .....	9
5 Caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito .....	11
5.1 Terreni .....	11
6 Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica .....	11
Modello di fondazione.....	11
7 Verifiche delle fondazioni.....	14
7.1 Verifiche piastre e pareti C.A. ....	14
7.2 Pressioni terreno in SLU.....	18
7.3 Pressioni terreno in SLV/SLUEcc .....	19
7.4 Pressioni terreno in SLE/SLD .....	20

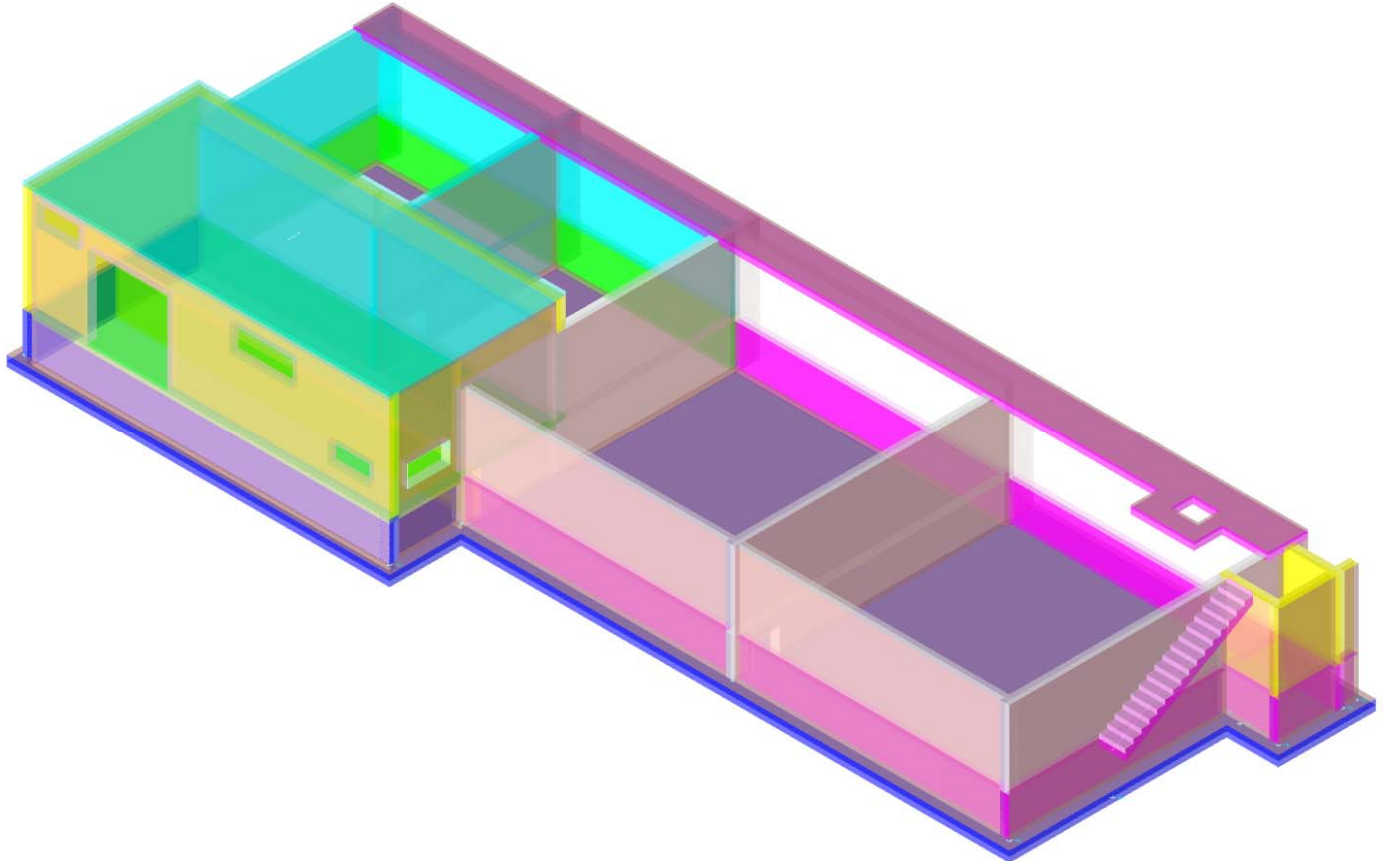
# 1 Premessa

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di denitrificazione e di ossidazione composto da vasche in c.a. seminterrate, realizzate in località Ponte Sasso nel Comune di Fano in provincia di Pesaro Urbino.

I dati caratteristici del terreno sono stati ricavati dalla relazione geologica eseguita dal Dott. Daniele Farina nel settembre del 2008.

# 2 Descrizione delle opere in sito

Il manufatto è costituito da muri in c.a. poggianti su una platea.



La **struttura in oggetto** è stata analizzata secondo la norma D.M. 14-01-08 (N.T.C.), considerandola come tipo di costruzione 2. In particolare si è prevista, in accordo con il committente, una vita nominale dell'opera di  $V_n=50$  anni per una classe d'uso II, e quindi una vita di riferimento di 50 anni (§2.4.3).

L'opera è edificata in località Pesaro E Urbino, San Costanzo - Latitudine (deg) 43,7847°; Longitudine (deg) 13,1012° (N 43° 47' 5"; E 13° 6' 4") ED50 (coordinate esatte: 43,784677 13,101153), punto che risulta corrispondere come zonazione sismica ad una Zona 2.

La pericolosità sismica di base del sito di costruzione è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo in condizioni ideali su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali, come previsto nell'allegato A della norma. I tre parametri fondamentali (accelerazione  $a_g$ , fattore di amplificazione  $F_0$  e periodo  $T^*C$ ) si ricavano per ciascun nodo del del reticolo di riferimento in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  previsto, espresso in anni; quest'ultimo è noto una volta fissate la vita di riferimento  $V_r$  della costruzione e la probabilità di superamento attesa nell'arco della vita di riferimento. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{Vr}$  cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportate nella tabella 3.2.1 del §3.2.1 della norma; i valori di  $P_{Vr}$  forniti in tabella possono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere (cfr. anche il §C3.2.1).

Nella presente progettazione si sono considerati i seguenti parametri sismici:

PVr SLD (%)	63
Tr SLD	50
Ag/g SLD	0.0601
Fo SLD	2.583
Tc* SLD	0.28
PVr SLV (%)	10
Tr SLV	475
Ag/g SLV	0.1808
Fo SLV	2.468
Tc* SLV	0.298

### Risposta sismica locale

Le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Gli effetti stratigrafici sono legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno. Gli effetti topografici sono invece legati alla configurazione topografica del piano campagna ed alla possibile focalizzazione delle onde sismiche in punti particolari (pendii, creste).

Nella presente progettazione l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato individuando la categoria di sottosuolo di riferimento corrispondente alla situazione in sito e considerando le condizioni topografiche locali (§3.2.2). Per la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica SS la caratterizzazione geotecnica condotta nel volume significativo consente di identificare il sottosuolo prevalente nella categoria C - sabbie ed argille medie. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III).

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione topografica ST, viste le condizioni in sito e l'orografia della zona, si è attribuita la categoria topografica T1. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (Tab. 3.2.IV).

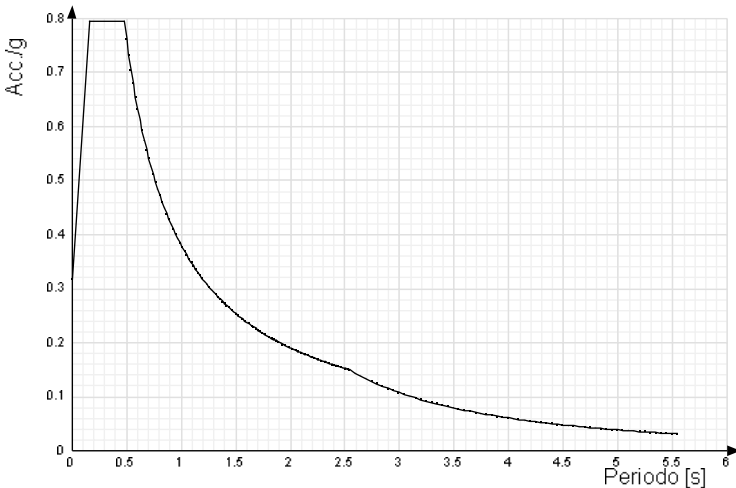
**Categoria T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

In base alle categorie scelte si sono infine adottati i seguenti coefficienti di amplificazione e spettrali:

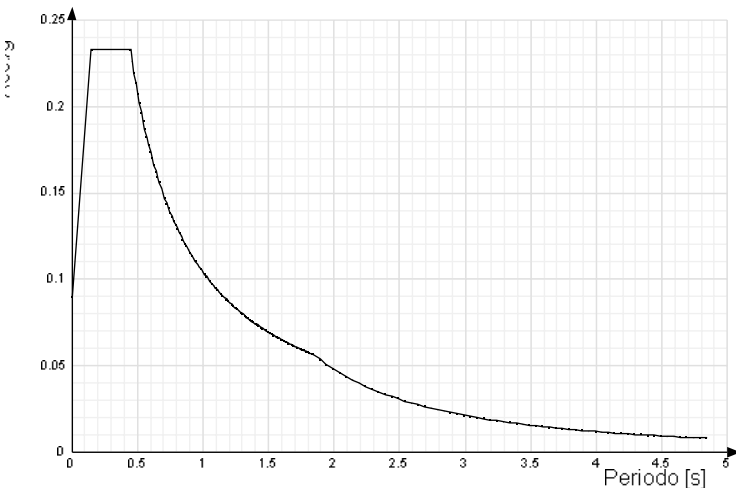
Ss orizzontale SLD	1,5	
Tb orizzontale SLD	0,149	[s]
Tc orizzontale SLD	0,447	[s]
Td orizzontale SLD	1,84	[s]
Ss orizzontale SLV	1,43	
Tb orizzontale SLV	0,156	[s]
Tc orizzontale SLV	0,467	[s]
Td orizzontale SLV	2,323	[s]

Si riportano infine gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

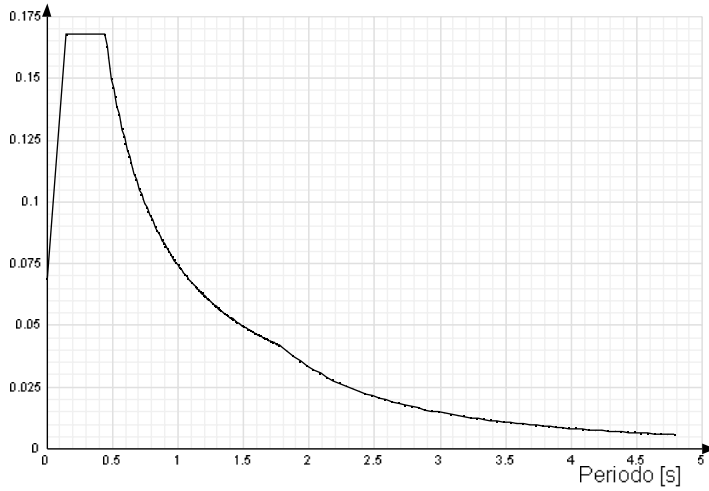
Viene mostrato lo spettro di risposta elastico " Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLC § 3.2.3.2.1 (3.2.4)".



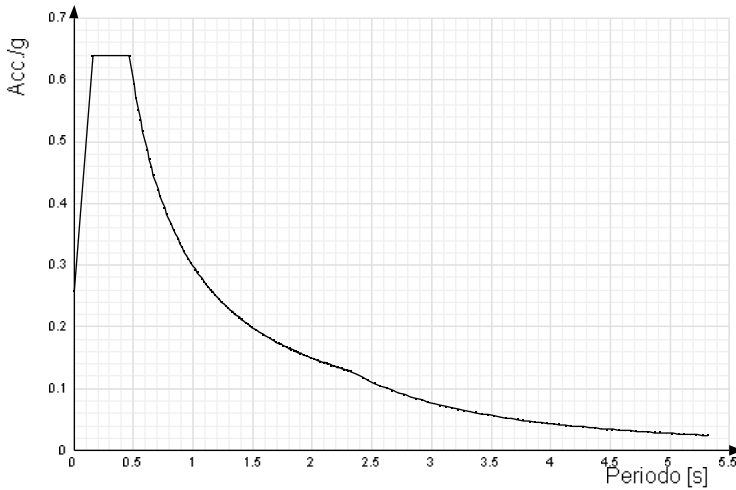
Viene mostrato lo spettro di risposta elastico " Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 (3.2.4)".



Viene mostrato lo spettro di risposta elastico " Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLO § 3.2.3.2.1 (3.2.4)".



Viene mostrato lo spettro di risposta elastico " Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 (3.2.4)".



**Parametri di analisi**

Si è condotta una analisi di tipo Lineare dinamica su una costruzione di calcestruzzoregolare in piantaregolare in altezza.

Le parti strutturali in c.a. sono inquadrabili nella tipologia Strutture pareti accoppiate  $q_0=3.0 \cdot \alpha_U/\alpha_{f1}$ , con rapporto  $\alpha_U/\alpha_{f1}$  corrispondente a Strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti  $\alpha_U/\alpha_{f1}=1.2$ .

Si è considerata una classe di duttilità CD"B", a cui corrispondono per la struttura in esame i seguenti fattori di struttura:

Fattore di struttura per sisma X	1.8
Fattore di struttura per sisma Y	1.8
Fattore di struttura per sisma Z	1.5

Altri parametri che influenzano l'azione sismica di progetto sono riassunti in questo prospetto:

Smorzamento viscoso (%)	5	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[cm]
Moltiplicatore sisma X per combinazioni di default	1	
Moltiplicatore sisma Y per combinazioni di default	1	

Nell'analisi dinamica modale si sono analizzati 15 modi di vibrare valutati secondo il metodo di Ritz.

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nellalocalizzazione delle masse, la normativa richiede di attribuire al centro di massa una eccentricità accidentale (§7.2.6), in aggiunta alla eccentricità naturale della costruzione, mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

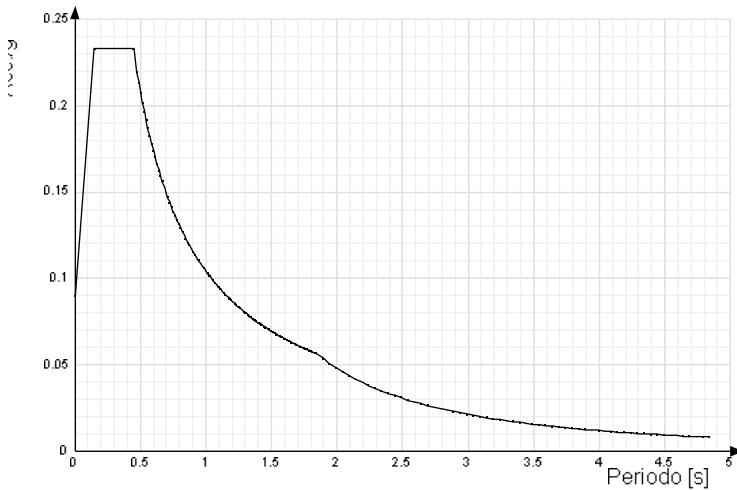
Ampliamento e potenziamento dell'Impianto di depurazione acque reflue di Ponte Sasso – Fano (PU)  
**Relazione geotecnica denitrificazione-ossidazione e locale soffianti**

Nella struttura in oggetto si è applicata una eccentricità accidentale secondo il seguente prospetto:

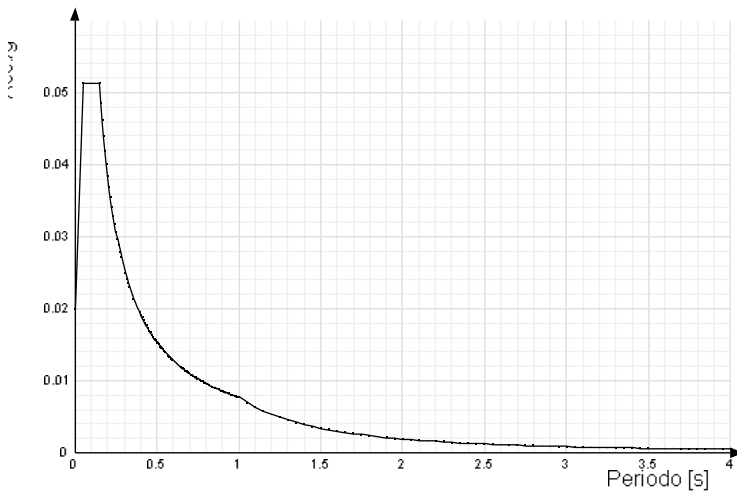
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 1"	69.3	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 1"	33.3	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 2"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 2"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 3"	69.3	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 3"	33.3	[cm]

Si riportano infine gli spettri di risposta di progetto delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

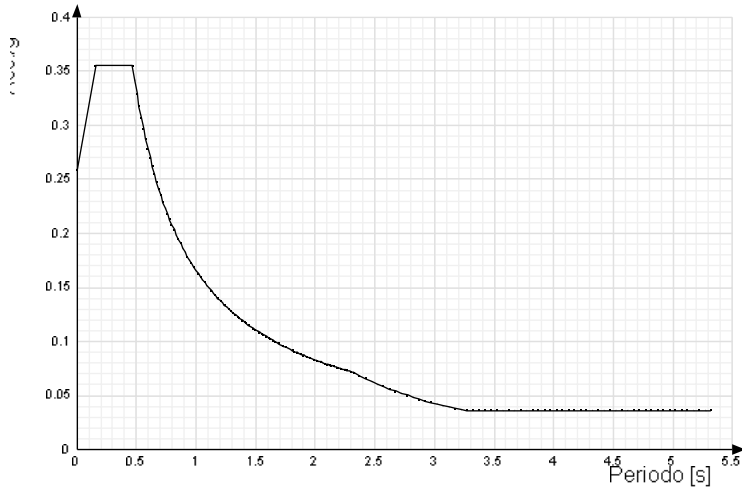
Viene mostrato lo spettro di progetto " Spettro di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.4".



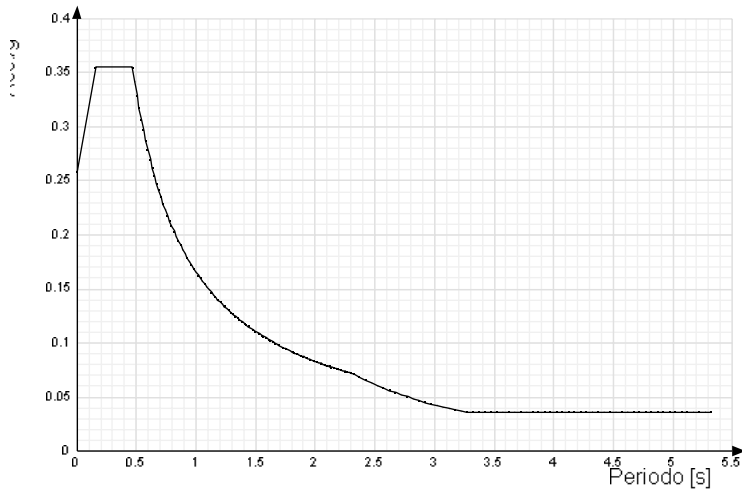
Viene mostrato lo spettro di progetto " Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLD § 3.2.3.4".



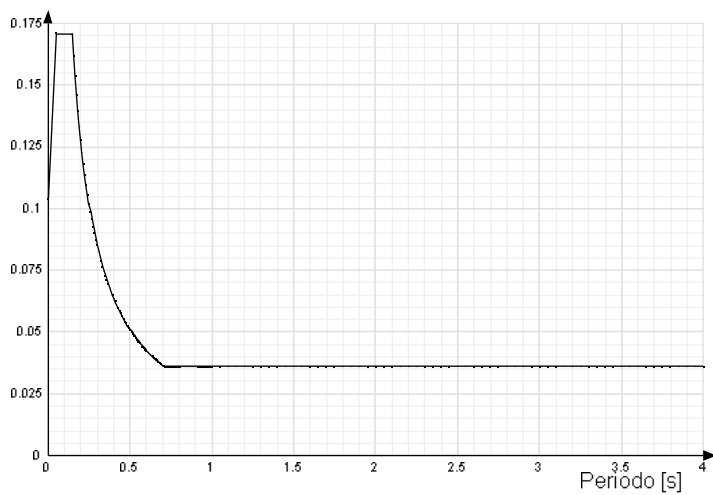
Viene mostrato lo spettro di progetto " Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5".



Viene mostrato lo spettro di progetto " Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5".



Viene mostrato lo spettro di progetto " Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLV § 3.2.3.5".



<testo utente: si consiglia di riepilogare la pericolosità sismica di base del sito in esame (clic dx per modificare il paragrafo)>

### 3 Scelte tipologiche

## Tipologia di fondazione

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni superficiali, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidezza. In direzione orizzontale si è considerata la struttura bloccata.

I valori di default dei parametri di modellazione del suolo, cioè quelli adottati dove non diversamente specificato, sono i seguenti:

Coefficiente di sottofondo verticale per fondazioni superficiali (default) 3 [daN/cm<sup>3</sup>]

Per elementi nei quali si sono valutati i parametri geotecnici in funzione della stratigrafia sottostante si sono adottate le seguenti formulazioni di letteratura:

Metodo di calcolo della K verticale Vesic  
Metodo di calcolo della capacità portante Vesic

La resistenza limite offerta dai pali in direzione orizzontale e verticale è funzione dell'attrito e della coesione che si può sviluppare all'interfaccia con il terreno. Oltre ai dati del suolo, descritti nelle seguenti stratigrafie, hanno influenza anche i seguenti parametri:

Coefficiente di sicurezza portanza fondazioni superficiali 2.3  
Coefficiente di sicurezza scorrimento fondazioni superficiali 1.1



*Immagine: rappresentazione in pianta di tutti gli elementi strutturali di fondazione.*

### 3.1 Elementi di fondazione

#### 3.1.1 Fondazioni di piastre

**Descrizione breve:** Descrizione breve usata nelle tabelle dei capitoli delle piastre di fondazione.

**Stratigrafia:** Stratigrafia del terreno nel punto medio in pianta dell'elemento.

**Sondaggio:** È possibile indicare esplicitamente un sondaggio definito nelle preferenze oppure richiedere di estrapolare il sondaggio dalla definizione del sito espressa nelle preferenze.

**Estradosso:** Distanza dalla quota superiore del sondaggio misurata in verticale con verso positivo verso l'alto. [cm]

**Deformazione volumetrica:** Valore della deformazione volumetrica impiegato nel calcolo della pressione limite a rottura con la formula di Vesic. Il valore è adimensionale. Accetta anche il valore di default espresso nelle preferenze.

**K verticale:** Coefficiente di sottofondo verticale del letto di molle. [daN/cm<sup>3</sup>]



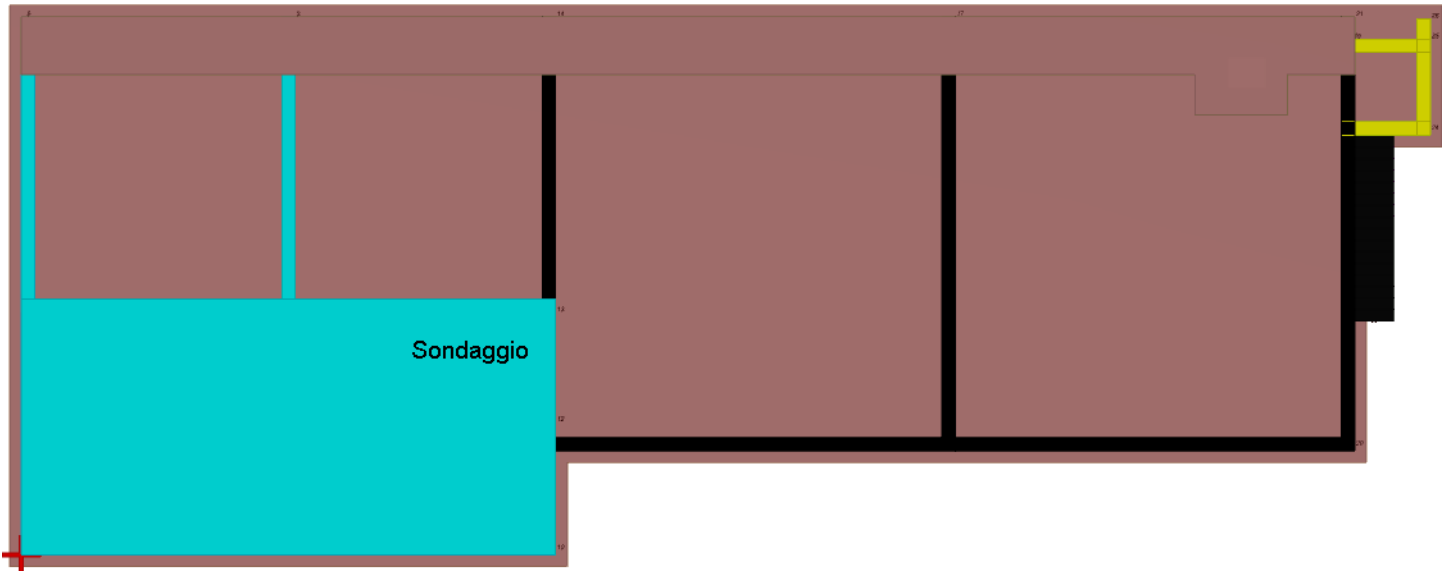
**Limite compressione:** Pressione limite di plasticizzazione a compressione del letto di molle. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Limite trazione:** Pressione limite di plasticizzazione a trazione del letto di molle. [daN/cm<sup>2</sup>]

Descrizione breve	Stratigrafia			K verticale	Limite compressione	Limite trazione
	Sondaggio	Estradosso	Deformazione volumetrica			
FS1	Piu' vicino in sito	0		Default (3)	Default (10)	Default (0.001)

## 4 Programma delle indagini e delle prove geotecniche

I dati caratteristici del terreno sono stati ricavati dalla relazione geologica eseguita dal Dott. Daniele Farina nel settembre del 2008.



*Immagine: planimetria della zona con indicate le posizioni delle verticali di indagine*

### 4.1 Sondaggi del sito

Sono state eseguite nr. 8 prove penetrometriche statiche (CPT) spinte fino ad una profondità di 10 m dal p.c.  
In particolare la caratterizzazione del terreno sotto il manufatto è stata valutata tenendo conto della prova nr. 4.

Nome attribuito al sondaggio: Sondaggio

Coordinate planimetriche del sondaggio nel sistema globale scelto: 1000, 500

Quota della sommità del sondaggio (P.C.) nel sistema globale scelto: 165

Ampliamento e potenziamento dell'Impianto di depurazione acque reflue di Ponte Sasso – Fano (PU)  
**Relazione geotecnica denitrificazione-ossidazione e locale soffianti**

I valori sono espressi in cm

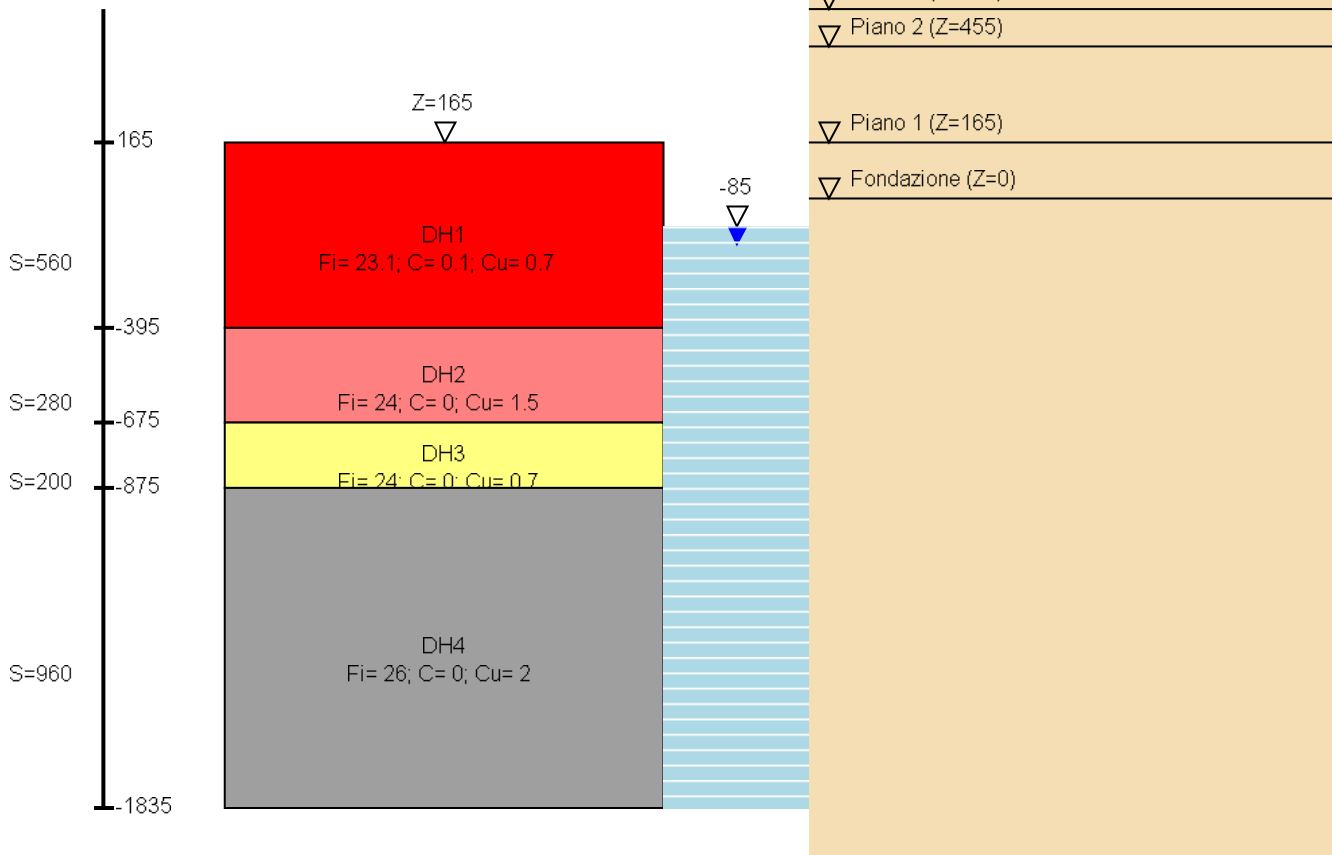


Immagine: Sondaggio

**Stratigrafie**

**Terreno:** Terreno mediamente uniforme presente nello strato.

**Sp.:** Spessore dello strato. [cm]

**Kor,i:** Coefficiente K orizzontale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/cm<sup>3</sup>]

**Kor,s:** Coefficiente K orizzontale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/cm<sup>3</sup>]

**Kve,i:** Coefficiente K verticale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/cm<sup>3</sup>]

**Kve,s:** Coefficiente K verticale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/cm<sup>3</sup>]

**Eel,s:** Modulo elastico al livello superiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Eel,i:** Modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Eed,s:** Modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Eed,i:** Modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/cm<sup>2</sup>]

**CC,s:** Coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CC,i:** Coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CR,s:** Coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CR,i:** Coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**E0,s:** Indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

**E0,i:** Indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

**OCR,s:** Indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

**OCR,i:** Indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

Terreno	Sp.	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
DH1	560	1.5	1	1	1	700	700	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DH2	280	1.5	1	1	1	700	700	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DH3	200	1.5	1	1	1	700	700	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DH4	960	1.5	1	1	1	700	700	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

**Falde**

**Profondità:** Profondità della superficie superiore della falda dalla quota del punto di riferimento. [cm]

**Carico piezometrico:** Carico piezometrico rispetto alla superficie superiore, 0 per falde freatiche. [cm]

**Spessore:** Spessore dell'acquifero.

Profondità	Carico piezometrico	Spessore
250	0	Fino in fondo

## 5 Caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito

### 5.1 Terreni

**Descrizione:** Descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Coesione:** Coesione del terreno. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Coesione non drenata:** Coesione non drenata (Cu) del terreno. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Attrito interno:** Angolo di attrito interno del terreno. [deg]

**Delta:** Angolo di attrito all'interfaccia terreno-cla. [deg]

**Adesione:** Coeff. di adesione della coesione all'interfaccia terreno-cla. Il valore è adimensionale.

**K0:** Coefficiente di spinta a riposo del terreno. Il valore è adimensionale.

**Gamma naturale:** Peso specifico naturale del terreno in sito, assegnato alle zone non immerse. [daN/cm<sup>3</sup>]

**Gamma saturo:** Peso specifico saturo del terreno in sito, assegnato alle zone immerse. [daN/cm<sup>3</sup>]

**E:** Modulo elastico longitudinale del terreno. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Poisson:** Coefficiente di Poisson del terreno. Il valore è adimensionale.

Descrizione	Coesione	Coesione non drenata	Attrito interno	Delta	Adesione	K0	Gamma naturale	Gamma saturo	E	Poisson
DH1	0.1	0.7	23	15	0.4	0.61	0.00154	0.00196	700	0.3
DH2	0	1.5	24	16	0.4	0.59	0.00154	0.0019	700	0.3
DH3	0	0.7	24	16	0.4	0.59	0.00154	0.0019	700	0.3
DH4	0	2	26	17	0.4	0.56	0.00154	0.0019	700	0.3

## 6 Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica

Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica: contiene la descrizione del modello di calcolo adottato per il suolo, con i relativi parametri di modellazione; sono indicati anche gli eventuali metodi adottati per ricavare i parametri di modellazione ed i metodi e le condizioni con cui sono condotte le verifiche geotecniche.

### Modello di fondazione

Le travi di fondazione sono modellate tramite uno specifico elemento finito che gestisce il suolo elastico alla Winkler. Le fondazioni a plinto superficiale sono modellate con un numero elevato di molle verticali elastiche agenti su nodi collegati rigidamente al nodo centrale. Le fondazioni a platea sono modellate con l'inserimento di molle verticali elastiche agenti nei nodi delle mesh.

#### Verifica di scorrimento

La verifica di scorrimento della fondazione superficiale viene eseguita considerando le caratteristiche del terreno immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, ricavato in base alla stratigrafia associata all'elemento, e trascurando, a favore di sicurezza, l'eventuale spinta passiva laterale. Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

Lo scorrimento di una fondazione avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e la coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la spinta passiva laterale.

Il coefficiente di sicurezza a scorrimento si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti di progetto (Rd) e quelle instabilizzanti (Ed):

$$Rd = (N \cdot \tan(\varphi) + c_a \cdot B \cdot L + \alpha \cdot S_p) / \gamma_{Rs}$$

$$Ed = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

dove:

- N = risultante delle forze normali al piano di scorrimento;
- Tx, Ty = componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;
- tan(phi) = coefficiente di attrito terreno-fondazione;
- ca = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione;
- B, L = dimensioni della fondazione;
- alpha = fattore di riduzione della spinta passiva;
- Sp = spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;
- gamma rs = fattore di sicurezza parziale per lo scorrimento;

Le normative prevedono che il fattore di sicurezza a scorrimento FS=Rd/Ed sia non minore di un prefissato limite.

### Verifica di capacità portante

La verifica di capacità portante della fondazione superficiale viene eseguita mediante formulazioni di letteratura geotecnica considerando le caratteristiche dei terreni sottostanti al piano di posa della fondazione, ricavati in base alla stratigrafia associata all'elemento.

Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

La verifica viene fatta raffrontando la portanza di progetto (Rd) con la sollecitazione di progetto (Ed); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo di progetto della fondazione (Rd) ed il carico agente (Ed), sia non minore di un prefissato limite.

La portanza di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Le formule di calcolo presenti in letteratura sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite agente su di una fondazione equivalente soggetta a carico centrato.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di Vesic, che viene descritto nei paragrafi successivi.

### Metodo di Vesic

La capacità portante valutata attraverso la formula di Vesic risulta, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ( $\phi = 0$ ) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:  
gamma' = peso di volume efficace dello strato di fondazione;  
B = larghezza efficace della fondazione ( $B = B_f - 2e$ );  
L = lunghezza efficace della fondazione ( $L = L_f - 2e$ );  
c = coesione dello strato di fondazione;  
cu = coesione non drenata dello strato di fondazione;  
q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;  
Nc, Nq, Ny = fattori di capacità portante;  
sc, sq, sy = fattori di forma della fondazione;  
dc, dq, dy = fattori di profondità del piano di posa della fondazione;  
ic, iq, iy = fattori di inclinazione del carico;  
bc, bq, by = fattori di inclinazione della base della fondazione;  
gc, gq, gy = fattori di inclinazione del piano campagna;  
Nel caso di piano di campagna inclinato ( $\beta > 0$ ) e  $\phi = 0$ , Vesic propone l'aggiunta, nella formula sopra definita, del termine  $0.5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma$  con  $N_\gamma = -2 \cdot \tan \beta$   
Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\phi; \quad N_q = tg^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{(\pi \cdot tg\phi)}; \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg\phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg\phi; \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot tg\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2; \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c}; \quad i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^m;$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^{m+1}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^o}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^o}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - tg\beta)^2; \quad g_\gamma = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^o}{147^\circ}; \quad b'_c = \frac{\eta^o}{147^\circ}; \quad b_q = (1 - \eta \cdot tg\phi)^2; \quad b_\gamma = b_q$$

$$k = \frac{D}{B_f} \quad \left(\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1\right); \quad k = \arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) \quad \left(\text{se } \frac{D}{B_f} > 1\right); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

phi = angolo di attrito dello strato di fondazione;

ca = aderenza alla base della fondazione;

nu = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale (nu = 0 se orizzontale);

beta = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;

#### Influenza degli strati sulla capacità portante

Le formulazioni utilizzate per la portanza prevedono la presenza di uno stesso terreno nella zona interessata dalla potenziale rottura. In prima approssimazione lo spessore di tale zona è pari a:

$$H = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \tan(45^\circ + \phi/2)$$

In presenza di stratificazioni di terreni diversi all'interno di tale zona, il calcolo diventa più complesso; non esiste una metodologia univoca per questi casi, differenti autori hanno proposto soluzioni diverse a seconda dei casi che si possono presentare. In prima approssimazione, nel caso di stratificazioni, viene trovata una media delle caratteristiche dei terreni, pesata sullo spessore degli strati interessati. Nel caso in cui il primo strato incontrato sia coesivo viene anche verificato che la compressione media agente sulla fondazione non superi la tensione limite di espulsione, circostanza che provocherebbe il rifluimento del terreno da sotto la fondazione, rendendo impossibile la portanza.

La tensione limite di espulsione q<sub>ult</sub> per terreno coesivo viene calcolata come:

$$q_{ult} = 4c + q$$

dove c è la coesione e q è il sovraccarico agente sul piano di posa.

#### Influenza del sisma sulla capacità portante

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

L'effetto inerziale prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze T parallele al piano di posa e carico normale N) e dell'eccentricità (rapporto tra momento M e carico normale N) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'effetto cinematico si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale kh, cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo. L'effetto è più marcato su terreni granulari, mentre nei suoli coesivi è poco rilevante.

Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi e (earthquake), valutati secondo **Paolucci e Pecker**:

$$e_q = \left(1 - \frac{k_h}{1g\phi}\right)^{0.35}; \quad e_c = 1 - 0.32 \cdot k_h; \quad e_y = e_q$$

## 7 Verifiche delle fondazioni

Verifiche delle fondazioni: contiene la descrizione degli stati limite considerati, gli approcci e le combinazioni di calcolo adottate; vengono poi elencate le pressioni e gli spostamenti massimi e minimi raggiunti nei diversi SL e le verifiche condotte sulle fondazioni presenti, superficiali e profonde.

Nelle verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

DA1.1 - Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1:(A1+M1+R3)

Le seguenti verifiche delle fondazioni sono state condotte secondo l'approccio [2].

<testo utente: si consiglia di integrare il paragrafo con la descrizione e la motivazione dell'approccio adottato e degli altri eventuali stati limite considerati nelle verifiche (clic dx per modificare il paragrafo)>

### 7.1 Verifiche piastre e pareti C.A.

*nod.:* nodo del modello FEM

*sez.:* tipo di sezione (o = orizzontale, v = verticale)

*B:* base della sezione

*H:* altezza della sezione

*Af+:* area di acciaio dal lato B (inferiore per le piastre))

*Af-:* area di acciaio dal lato A (superiore per le piastre))

*c+:* copriferro dal lato B (inferiore per le piastre))

*c-:* copriferro dal lato A (superiore per le piastre))

*sc:* tensione sul calcestruzzo in esercizio

*comb ; c:* combinazione di carico

*c.s.:* coefficiente di sicurezza

*N:* sforzo normale di calcolo

*M:* momento flettente di calcolo

*Mu:* momento flettente ultimo

*Nu:* sforzo normale ultimo

*sf:* tensione sull'acciaio in esercizio

*Wk:* apertura caratteristica delle fessure

*Sm:* distanza media fra le fessure

*st:* sigma a trazione nel calcestruzzo in condizioni non fessurate

*fck:* resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo

*fcd:* resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo

*fctd:* resistenza a trazione di calcolo del calcestruzzo

*Hcr:* altezza critica

*q.Hcr:* \*quota della sezione alla altezza critica

*hw:* altezza della parete

*lw:* lunghezza della parete

*n.p.:* numero di piani

*hs:* altezza dell'interpiano

*Mxd:* momento di progetto attorno all'asse x (fuori piano)

*Myd:* momento di progetto attorno all'asse y (nel piano)

*NEd:* sforzo normale di progetto

*MEd:* Momento flettente di progetto di progetto

*VEd:* sforzo di taglio di progetto

*Ngrav.:* sforzo normale dovuto ai carichi gravitazionali

*NReale.:* sforzo normale derivante dall'analisi

*VRcd:* resistenza a taglio dovuta alle bielle di calcestruzzo

*epsilon:* coefficiente di maggiorazione del taglio derivante dall'analisi

*alfaS:*  $MEd/(VEd*lw)$  formula 7.4.15

*At:* area tesa di acciaio

*roh:* rapporto tra area della sezione orizzontale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

*rov:* rapporto tra area della sezione verticale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

*VRsd:* resistenza a taglio della sezione con armature

**Ampliamento e potenziamento dell'impianto di depurazione acque reflue di Ponte Sasso – Fano (PU)  
Relazione geotecnica denitrificazione-ossidazione e locale soffianti**

*Somma(Asj)- Ai: somma delle aree delle barre verticali che attraversano la superficie di scorrimento*

*csi: altezza della parte compressa normalizzata all'altezza della sezione*

*Vdd: contributo dell'effetto spinotto delle armature verticali*

*Vfd: contributo della resistenza per attrito*

*Vid: contributo delle armature inclinate presenti alla base*

*VRd,s: valore di progetto della resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento*

*l: luce netta della trave di collegamento*

*h: altezza della trave di collegamento*

*b: spessore della trave di collegamento*

*d: altezza utile della trave di collegamento*

*Asi: area complessiva della armatura a X*

*M,plast: momenti resistenti della trave a filo appoggio*

*T,plast: sforzi di taglio nella trave derivanti da gerarchia delle resistenze*

**Platea a "Fondazione"**

Valori in daN, cm

C32/40: rck 400

fyk 4500

**Verifica di stato limite ultimo**

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
975	o	100	40	3.9	3.9	7.0	7.0	1.013	2 SLU	0	545395	0	-552493
	v	100	40	3.9	3.9	6.0	6.0	11.728	2 SLU	0	46493	0	-545258
1485	o	100	40	3.9	3.9	7.0	7.0	6.595	1 SLU	0	83780	0	-552493
	v	100	40	11.6	11.6	7.5	7.5	1.024	1 SLU	0	1463510	0	-1497926
1622	o	50	40	1.6	1.6	7.0	7.0	1.009	3 SLU	0	221907	0	-224003
	v	95	40	11.6	11.6	7.5	7.5	8.821	3 SLU	0	168920	0	-1490115

**Combinazione rara**

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	st	Sm (mm)	c
975	o	100	40	3.9	3.9	7.0	7.0	-47.9	1 ra	0.00E00	4.15E05	3377.9	1 ra	0.00E00	4.15E05	0.00	15.3	0.0	1 ra
	v	100	40	3.9	3.9	6.0	6.0	-3.7	1 ra	0.00E00	3.40E04	269.9	1 ra	0.00E00	3.40E04	0.00	1.3	0.0	1 ra
1485	o	100	40	3.9	3.9	7.0	7.0	-7.4	1 ra	0.00E00	6.46E04	525.4	1 ra	0.00E00	6.46E04	0.00	2.4	0.0	1 ra
	v	100	40	11.6	11.6	7.5	7.5	-75.0	1 ra	0.00E00	1.03E06	3207.1	1 ra	0.00E00	1.03E06	0.00	37.2	0.0	1 ra
1622	o	50	40	1.6	1.6	7.0	7.0	-39.2	1 ra	0.00E00	1.53E05	3092.8	1 ra	0.00E00	1.53E05	0.00	11.4	0.0	1 ra
	v	95	40	11.6	11.6	7.5	7.5	-8.7	1 ra	0.00E00	1.17E05	363.8	1 ra	0.00E00	1.17E05	0.00	4.4	0.0	1 ra

**Combinazione frequente**

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	st	Sm (mm)	c
975	o	100	40	3.9	3.9	7.0	7.0	-46.2	3 fr	0.00E00	4.01E05	3261.3	3 fr	0.00E00	4.01E05	0.00	14.8	0.0	2 fr
	v	100	40	3.9	3.9	6.0	6.0	-3.6	3 fr	0.00E00	3.32E04	263.0	3 fr	0.00E00	3.32E04	0.00	1.2	0.0	2 fr
1485	o	100	40	3.9	3.9	7.0	7.0	-6.9	3 fr	0.00E00	5.95E04	484.0	3 fr	0.00E00	5.95E04	0.00	2.2	0.0	3 fr
	v	100	40	11.6	11.6	7.5	7.5	-70.0	3 fr	0.00E00	9.65E05	2992.7	3 fr	0.00E00	9.65E05	0.00	34.7	0.0	3 fr
1622	o	50	40	1.6	1.6	7.0	7.0	-38.0	3 fr	0.00E00	1.49E05	3001.3	3 fr	0.00E00	1.49E05	0.00	11.0	0.0	3 fr
	v	95	40	11.6	11.6	7.5	7.5	-8.4	3 fr	0.00E00	1.13E05	353.0	3 fr	0.00E00	1.13E05	0.00	4.3	0.0	3 fr

**Combinazione quasi permanente**

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	st	Sm (mm)	c
975	o	100	40	3.9	3.9	7.0	7.0	-45.9	1 q.	0.00E00	3.98E05	3238.4	1 q.	0.00E00	3.98E05	0.00	14.7	0.0	1 q.
	v	100	40	3.9	3.9	6.0	6.0	-3.3	1 q.	0.00E00	3.08E04	244.7	1 q.	0.00E00	3.08E04	0.00	1.1	0.0	1 q.
1485	o	100	40	3.9	3.9	7.0	7.0	-5.3	1 q.	0.00E00	4.58E04	372.7	1 q.	0.00E00	4.58E04	0.00	1.7	0.0	1 q.
	v	100	40	11.6	11.6	7.5	7.5	-57.3	1 q.	0.00E00	7.90E05	2449.6	1 q.	0.00E00	7.90E05	0.00	28.4	0.0	1 q.
1622	o	50	40	1.6	1.6	7.0	7.0	-30.1	1 q.	0.00E00	1.18E05	2379.9	1 q.	0.00E00	1.18E05	0.00	8.7	0.0	1 q.
	v	95	40	11.6	11.6	7.5	7.5	-6.7	1 q.	0.00E00	9.02E04	280.8	1 q.	0.00E00	9.02E04	0.00	3.4	0.0	1 q.

**Stampa delle verifiche manuali**

**Verifica di stato limite ultimo**

Verifica punto a coordinate x=2403 y=717 z=-20

sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu	Ved	Vcd
v	642	40	74.4	74.4	7.5	7.5	1.844	1 SLU	0	5202046	0	-9591952	2226	101888

**Combinazione rara**

Verifica punto a coordinate x=2403 y=717 z=-20

sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	st	Sm (mm)	c
v	642	40	74.4	74.4	7.5	7.5	-43.6	1 ra	0.00E00	3.86E06	1868.8	1 ra	0.00E00	3.86E06	0.00	21.6	0.0	1 ra

**Combinazione frequente**

Verifica punto a coordinate x=2403 y=717 z=-20

sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	st	Sm (mm)	c
v	642	40	74.4	74.4	7.5	7.5	-42.0	3 fr	0.00E00	3.71E06	1799.3	3 fr	0.00E00	3.71E06	0.00	20.8	0.0	3 fr

**Combinazione quasi permanente**

Verifica punto a coordinate x=2403 y=717 z=-20

sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	st	Sm (mm)	c
v	642	40	74.4	74.4	7.5	7.5	-37.9	1 q.	0.00E00	3.35E06	1622.5	1 q.	0.00E00	3.35E06	0.00	18.7	0.0	1 q.

**Verifiche geotecniche**

Dati geometrici dell'impronta di calcolo

Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente

Area di ingombro esterno minore: 5408516

Angolo di rotazione corrispondente all'ingombro minore (deg): 0

Rapporto di forma trovato (area ingombro esterno/area fondazione): 1.17

Coordinata X del centro impronta: 1825

**Ampliamento e potenziamento dell'Impianto di depurazione acque reflue di Ponte Sasso – Fano (PU)  
Relazione geotecnica denitrificazione-ossidazione e locale soffianti**

Coordinata Y del centro impronta: 699  
 Coordinata Z del centro impronta: -40  
 Lato minore B dell'impronta: 1349  
 Lato maggiore L dell'impronta: 3436  
 Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 4636213

Verifica di scorrimento sul piano di posa - Caso statico

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLU 3  
 Forza risultante agente in direzione x: 579842.72  
 Forza risultante agente in direzione y: 0  
 Forza risultante agente in direzione z: -4685129.61  
 Inclinazione del carico in direzione x (deg): 7.06  
 Inclinazione del carico in direzione y (deg): 0  
 Angolo di attrito di progetto (deg): 15.4  
 Azione di progetto (risultante del carico tangenziale al piano di posa): 579842.72  
 Resistenza di progetto: 1173181.55  
 Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 1.1  
 Coefficiente di sicurezza normalizzato ks min (Rd/Ed): 2.02

Verifica di scorrimento sul piano di posa - Caso sismico

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLV fondazioni 14  
 Forza risultante agente in direzione x: 545438.37  
 Forza risultante agente in direzione y: -40407.56  
 Forza risultante agente in direzione z: -3283172.28  
 Inclinazione del carico in direzione x (deg): 9.43  
 Inclinazione del carico in direzione y (deg): -0.71  
 Angolo di attrito di progetto (deg): 15.4  
 Azione di progetto (risultante del carico tangenziale al piano di posa): 546933.08  
 Resistenza di progetto: 822123.92  
 Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 1.1  
 Coefficiente di sicurezza normalizzato ks min (Rd/Ed): 1.5

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Caso statico

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLU 1  
 Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -4703812.87  
 Resistenza di progetto: 6962707.36  
 Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3  
 Coefficiente di sicurezza normalizzato kp min (Rd/Ed): 1.48

Parametri utilizzati nel calcolo:  
 Forza risultante agente in direzione x: 578217.66  
 Forza risultante agente in direzione y: 0  
 Forza risultante agente in direzione z: -4703812.87  
 Momento agente in direzione x: -304435783.47  
 Momento agente in direzione y: -881157591.91  
 Inclinazione del carico in direzione x (deg): 7.01  
 Inclinazione del carico in direzione y (deg): 0  
 Eccentricità del carico in direzione x: -187.33  
 Eccentricità del carico in direzione y: -64.72  
 Impronta al suolo (BxL): 3436 x 1349  
 Larghezza efficace (B'=B-2\*e): 1220.03  
 Lunghezza efficace (L'=L-2\*e): 3060.92  
 Coesione di progetto: .03  
 Peso specifico di progetto del suolo : 0.001  
 Angolo di attrito di progetto (deg): 24.1

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	E	Tipo
19.40	1.20	1.00	0.83	1.00	1.00	1.00	Coesione
9.66	1.18	1.00	0.85	1.00	1.00	1.00	Sovraccarico
9.52	0.84	1.00	0.75	1.00	1.00	1.00	Attrito

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Caso sismico

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLV fondazioni 16  
 Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -3283027.34  
 Resistenza di progetto: 5932928.62  
 Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3  
 Coefficiente di sicurezza normalizzato kp min (Rd/Ed): 1.81

Parametri utilizzati nel calcolo:  
 Forza risultante agente in direzione x: 537273.15  
 Forza risultante agente in direzione y: 64199.22  
 Forza risultante agente in direzione z: -3283027.34  
 Momento agente in direzione x: -225810499.26  
 Momento agente in direzione y: -569836961.96  
 Inclinazione del carico in direzione x (deg): 9.29  
 Inclinazione del carico in direzione y (deg): 1.12  
 Eccentricità del carico in direzione x: -173.57  
 Eccentricità del carico in direzione y: -68.78  
 Impronta al suolo (BxL): 3436 x 1349  
 Larghezza efficace (B'=B-2\*e): 1211.91  
 Lunghezza efficace (L'=L-2\*e): 3088.44  
 Coesione di progetto: .03  
 Peso specifico di progetto del suolo : 0.001



**Ampliamento e potenziamento dell'Impianto di depurazione acque reflue di Ponte Sasso – Fano (PU)**  
**Relazione geotecnica denitrificazione-ossidazione e locale soffianti**

Angolo di attrito di progetto (deg): 24.1

Accelerazione normalizzata massima al suolo: .08

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	E	Tipo
19.40	1.20	1.00	0.78	1.00	1.00	0.98	Coesione
9.66	1.18	1.00	0.80	1.00	1.00	0.94	Sovraccarico
9.52	0.84	1.00	0.67	1.00	1.00	0.94	Attrito

## 7.2 Pressioni terreno in SLU

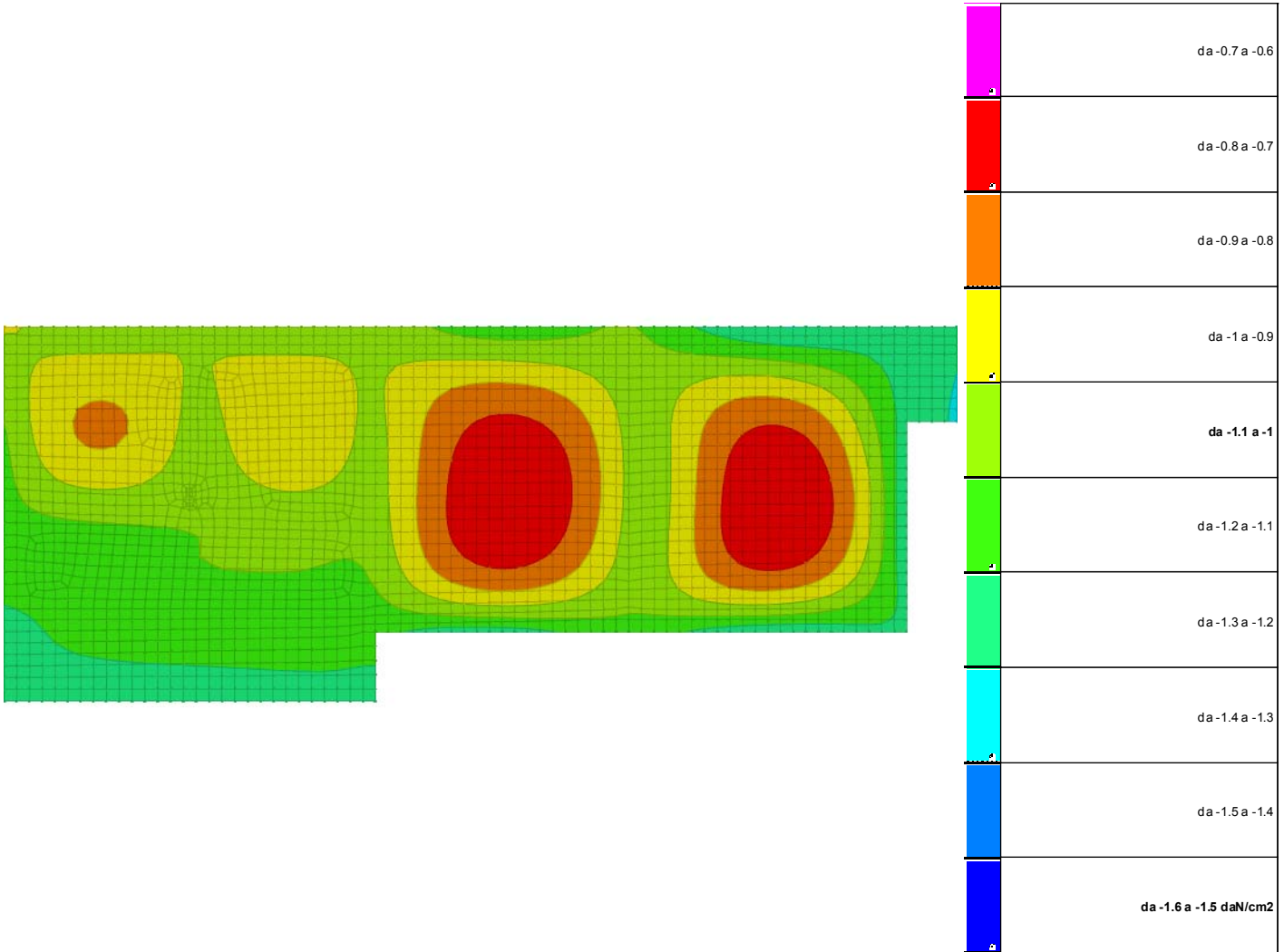


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU.

**Nodo:** Nodo che interagisce col terreno.

**Ind.:** Indice del nodo.

**Pressione minima:** Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

**Cont.:** Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

**uz:** Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

**Valore:** Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Pressione massima:** Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

**Cont.:** Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

**uz:** Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

**Valore:** Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm<sup>2</sup>]

Compressione estrema massima -1.31462 al nodo di indice 1700, di coordinate x = 3681, y = 1060, z = -20, nel contesto SLU 1.

Spostamento estremo minimo -0.43821 al nodo di indice 1700, di coordinate x = 3681, y = 1060, z = -20, nel contesto SLU 1.

Spostamento estremo massimo -0.23406 al nodo di indice 1117, di coordinate x = 2994, y = 738, z = -20, nel contesto SLU 2.

### 7.3 Pressioni terreno in SLVf/SLUEcc

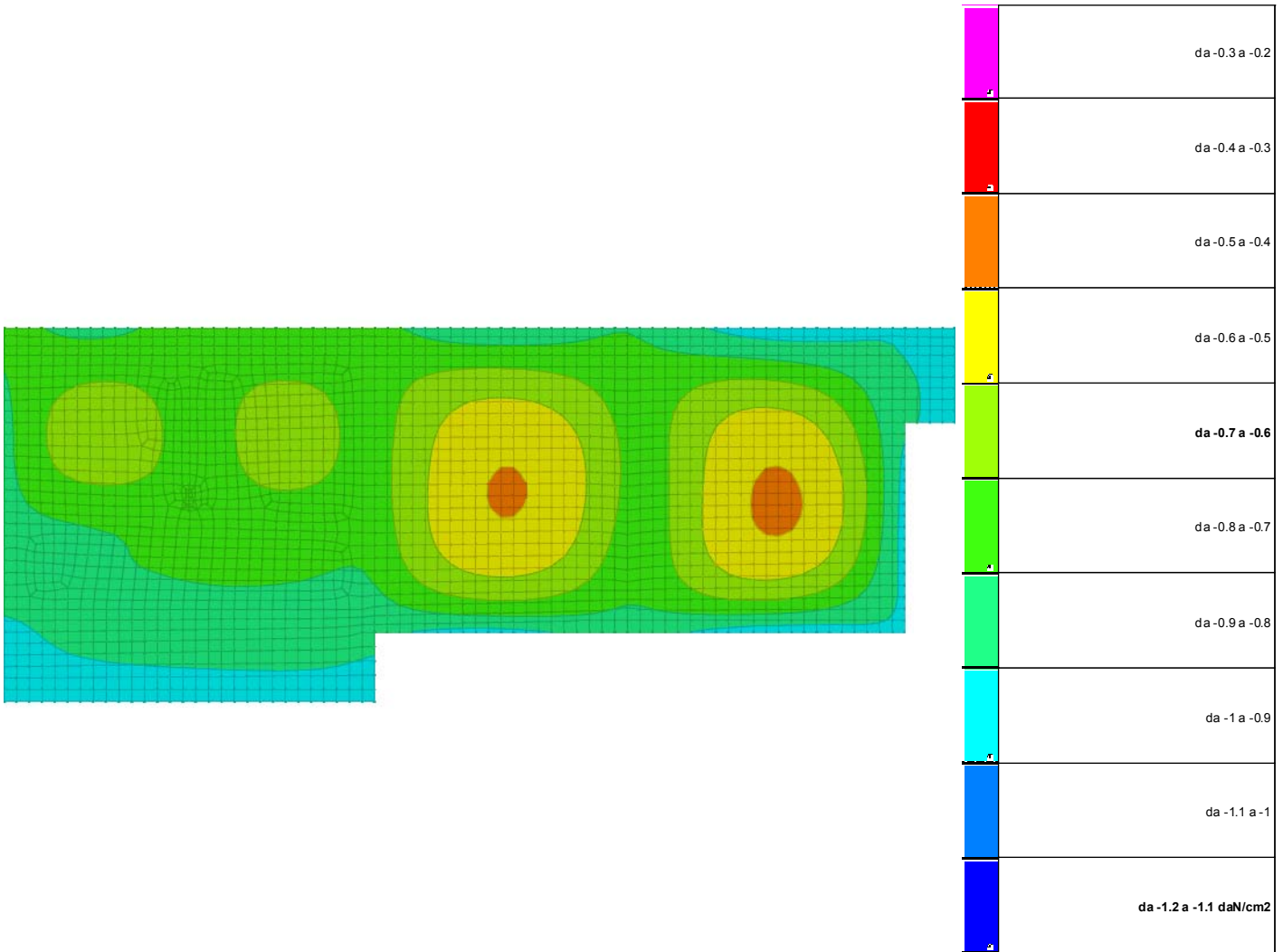


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLVf/SLUEcc.

**Nodo:** Nodo che interagisce col terreno.

**Ind.:** Indice del nodo.

**Pressione minima:** Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

**Cont.:** Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

**uz:** Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

**Valore:** Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Pressione massima:** Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

**Cont.:** Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

**uz:** Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

**Valore:** Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm<sup>2</sup>]

Compressione estrema massima -0.99637 al nodo di indice 4, di coordinate x = -30, y = -30, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 5.

Spostamento estremo minimo -0.33212 al nodo di indice 4, di coordinate x = -30, y = -30, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 5.

Spostamento estremo massimo -0.1579 al nodo di indice 1117, di coordinate x = 2994, y = 738, z = -20, nel contesto SLV fondazioni 14.

### 7.4 Pressioni terreno in SLE/SLD

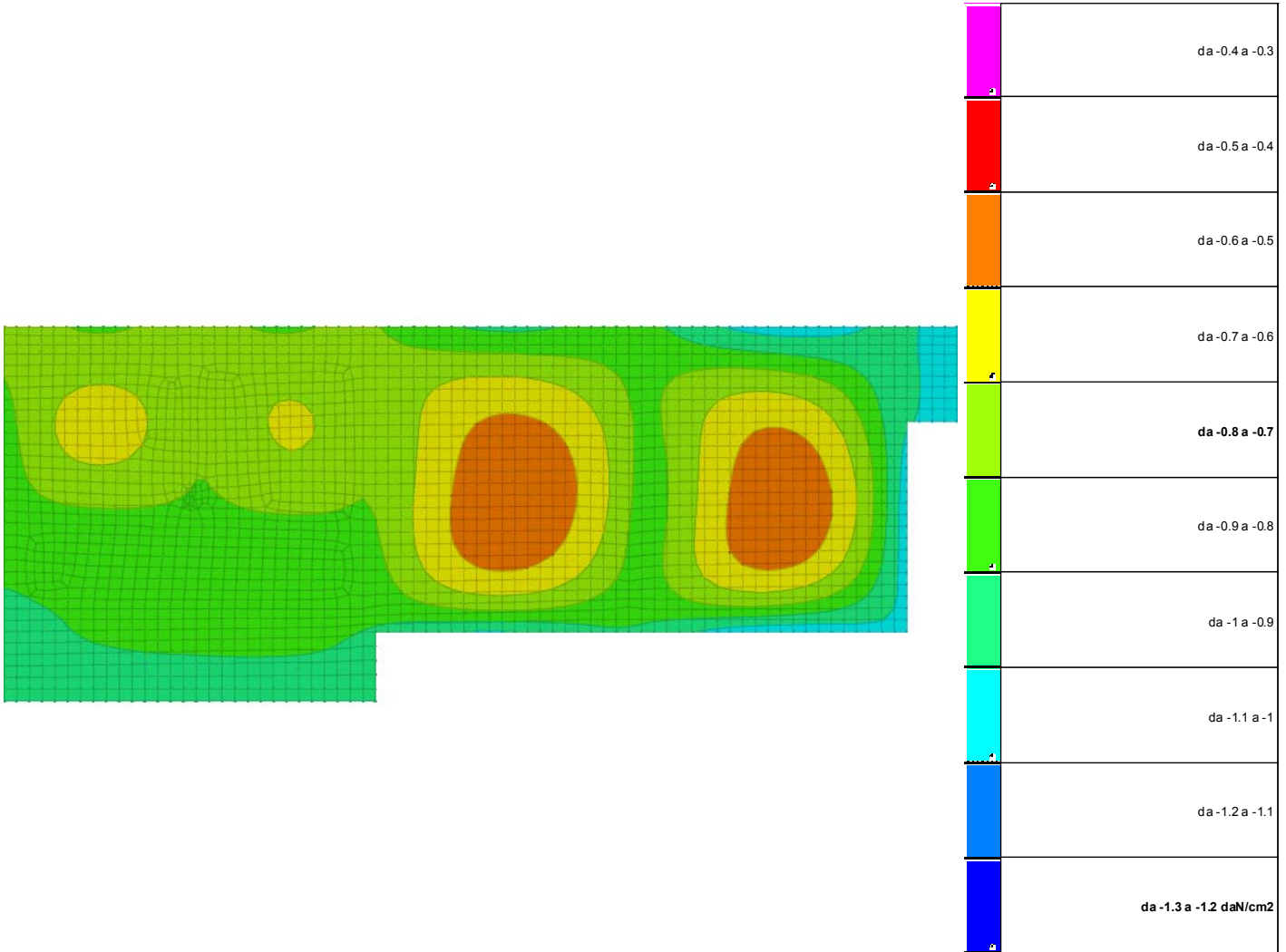


Immagine: rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLE/SLD.

**Nodo:** Nodo che interagisce col terreno.

**Ind.:** Indice del nodo.

**Pressione minima:** Situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

**Cont.:** Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

**uz:** Spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

**Valore:** Pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm<sup>2</sup>]

**Pressione massima:** Situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

**Cont.:** Nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

**uz:** Spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

**Valore:** Pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm<sup>2</sup>]

Compressione estrema massima -1.07599 al nodo di indice 218, di coordinate x = 3043, y = 240, z = -20, nel contesto SLD 14.

Spostamento estremo minimo -0.35866 al nodo di indice 218, di coordinate x = 3043, y = 240, z = -20, nel contesto SLD 14.

Spostamento estremo massimo -0.10992 al nodo di indice 1117, di coordinate x = 2994, y = 738, z = -20, nel contesto SLE frequente 2.