



Regione Toscana



Comune di Empoli



## Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno

Via G. Verdi, 16 - 50122 FIRENZE

tel: 055 240269; fax: 055 241458; e-mail: info@cbmv.it

**Titolario 13\_1\_153**

***Torrente Orme (Lotto A). Cassa di espansione Orme 4. Ponte sul Torrente Orme e nuovo tracciato Via delle Coltelline.***

**Codice regionale DODS2019FI0006**

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato		scala
<b>EG_F06</b>	<i>Relazione geotecnica Verifiche sul rilevato argine-strada</i>	-



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco Piragino

PROGETTISTA

Ing. Jacopo Guerrini



PROGETTISTA STRUTTURALE BRIGLIA-PONTE

Ing. Salvatore Giacomo Morano



COLLABORATORI

Ing. Andrea Ruggiero

Geom. Massimiliano Lanini

GEOLOGI

Dott. Lorenzo Cirri

Dott. Tamara Cantini Casserini



gennaio 2020



***Torrente Orme (Lotto A). Cassa di espansione Orme 4. Ponte  
sul Torrente Orme e nuovo tracciato Via delle Coltelline.***

**Codice regionale DODS2019FI0006**

*Progetto definitivo*

Elaborato EG\_F06

**Relazione geotecnica**

**Verifiche sul rilevato argine-strada**

## Sommario

<b>1. PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>6</b>
<b>2. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>7</b>
2.1. INDAGINI GEOTECNICHE .....	7
2.2. MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO .....	9
2.3. REGIME DELLE PRESSIONI INTERSTIZIALI.....	12
2.4. RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	13
<b>3. FASI E MODALITÀ COSTRUTTIVE.....</b>	<b>14</b>
<b>4. VERIFICHE DI SICUREZZA .....</b>	<b>15</b>
4.1. APPROCCIO E COEFFICIENTI PARZIALI .....	15
4.2. AZIONI, PARTECIPAZIONE E COMBINAZIONI .....	15
4.3. SEZIONI DI VERIFICA .....	17
<b>5. VERIFICHE DI FILTRAZIONE .....</b>	<b>18</b>
5.1. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO .....	18
5.2. ANALISI DEI RISULTATI .....	20
<b>6. VERIFICHE DI STABILITÀ.....</b>	<b>25</b>
6.1. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO .....	25
6.2. ANALISI DEI RISULTATI .....	26
<b>7. VERIFICHE DI PORTANZA .....</b>	<b>31</b>
7.1. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO .....	31
7.2. ANALISI DEI RISULTATI .....	32
<b>8. VALUTAZIONI DEI CEDIMENTI.....</b>	<b>33</b>
8.1. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO .....	33
8.2. ANALISI DEI RISULTATI .....	35
<b>9. CONTROLLI E MONITORAGGIO.....</b>	<b>40</b>
<b>ALLEGATO: TABULATI DI CALCOLO DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ.....</b>	<b>41</b>
SEZIONE 3 - SLU .....	42
SEZIONE 3 - SLV .....	49
SEZIONE 7 - SLU .....	56
SEZIONE 7 - SLV .....	64
SEZIONE 11 - SLU .....	71
SEZIONE 11 - SLV .....	78
SEZIONE 15 - SLU .....	85

SEZIONE 15 - SLV .....92

## 1. Premessa e riferimenti normativi

Il presente documento costituisce elaborato del progetto definitivo denominato "**Torrente Orme (Lotto A). Cassa di espansione Orme 4. Ponte sul Torrente Orme e nuovo tracciato Via delle Coltelline**" nel Comune di Empoli (FI). L'elaborato, redatto ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della Circolare 21/01/2019 n.7 (di seguito sinteticamente *NTC*), descrive le scelte progettuali, il programma e i risultati delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica di cui al § 6.2.2, unitamente alle analisi per il dimensionamento geotecnico della costruzione in materiali sciolti e alla descrizione delle fasi e modalità costruttive relativamente al **rilevato con funzione di argine-strada**. I medesimi aspetti relativi alla struttura **briglia-ponte** sono invece trattati separatamente negli *elaborati specialistici - strutture* (prefisso *ST*) a firma dell'ing. Salvatore Giacomo Morano.

La caratterizzazione e la modellazione geologica sono state condotte nell'ambito della *Relazione geologica* redatta dal dott. geol. Lorenzo Cirri in collaborazione con il dott. geol. Tamara Cantini Casserini.

La scelta del tipo di opere risale al progetto di fattibilità tecnica ed economica citato in *Relazione generale*. In funzione di esso sono state pianificate le indagini geotecniche, il cui programma è stato concordato fra il sottoscritto, il progettista strutturale e il geologo.

Il presente elaborato ottempera alla prescrizione b.4 ricevuta in conclusione del procedimento di verifica di assoggettabilità (Decreto Dirigenziale della Regione Toscana n.10040 del 22/06/2018).

## 2. Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

### 2.1. Indagini geotecniche

Le indagini in situ e le prove di laboratorio sono state pianificate in forma unitaria in funzione del tipo di opere (rilevato con funzione di argine-strada, struttura briglia-ponte), con la finalità di definire i modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione, seguendo i principali criteri definiti dalle raccomandazioni AGI oltre che dalla prassi: copertura del volume significativo, indagine di 1 verticale ogni 150 m di sviluppo lineare dell'opera, esecuzione di 1 sondaggio ogni 3 profili di resistenza, prelievo di campioni ad ogni variazione significativa del terreno.

In particolare nel periodo maggio-settembre 2019 sono state eseguite le indagini e le prove di seguito elencate:

- **2 sondaggi a carotaggio continuo** denominati S1 e S2, ubicati rispettivamente in prossimità della spalla sinistra e della spalla destra della briglia-ponte in progetto, spinti fino alla profondità di 33 metri da p.c. e finalizzati alla definizione della stratigrafia dei terreni in corrispondenza dell'opera suddetta;
- **6 prove penetrometriche** ad infissione dinamica, denominate da P1 a P6, spinte a profondità variabili a seconda del rifiuto nell'avanzamento e finalizzate alla definizione della stratigrafia e delle principali proprietà fisiche e meccaniche dei terreni lungo l'asse del rilevato con funzione di argine-strada;
- **2 prove LeFranc**, lungo la verticale S2, finalizzate a stimare la conducibilità idraulica dei terreni;
- Misure **freatimetriche** lungo le due verticali dei sondaggi;
- Prove geotecniche di laboratorio su **7 campioni indisturbati** prelevati nel corso dei sondaggi S1 e S2, finalizzate a definire le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni: umidità e peso di volume naturale, peso di volume secco, peso specifico dei grani, granulometria, limiti di Atterberg, prova di taglio diretto C.D., prova triassiale U.U., prova edometrica;
- Prove geotecniche di laboratorio su **20 campioni rimaneggiati**, denominati da C1 a C20, prelevati nel corso di saggi con escavatore, finalizzate a definire le proprietà fisiche e meccaniche dei materiali da escavare e impiegare per la costruzione del rilevato: umidità naturale, peso specifico dei grani, granulometria, limiti di Atterberg, prova di costipamento Proctor mod., indice di portanza CBR;
- **1 prova down-hole** in corrispondenza della verticale S1, finalizzata a definire le velocità di propagazione delle onde di taglio nel sottosuolo e quindi la categoria secondo § 3.2.3;
- **1 prova sismica a rifrazione** su uno stendimento lungo 141 m, finalizzata a definire la variazione spaziale delle velocità di propagazione delle onde di taglio.

Per ragioni di sintesi, i certificati di prova completi sono allegati alla *Relazione geologica*, alla quale si rimanda.

Nella figura sottostante si riporta l'ubicazione delle indagini eseguite.

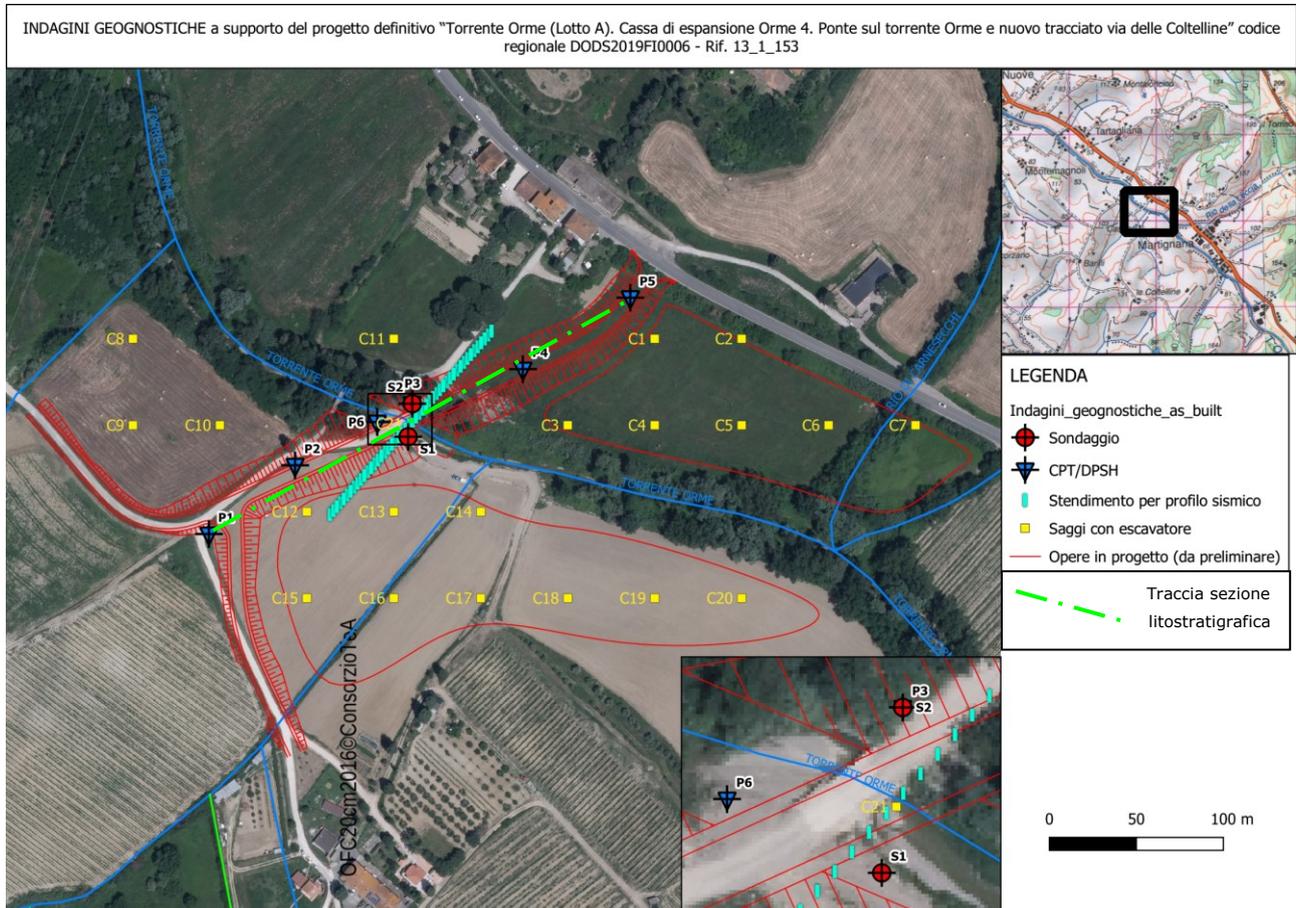


Figura 1. Mappa delle indagini geognostiche

## 2.2. Modello geotecnico di sottosuolo

L'esecuzione delle indagini geotecniche ha permesso la definizione del modello geotecnico di sottosuolo necessario alla progettazione del rilevato con funzione di argine-strada. Si tratta, come richiesto dalle NTC 2018, di uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno (che da letteratura, per un rilevato, si estende fino ad una profondità pari a 0.25-0.5 volte la base), suddiviso in 4 unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico (cioè le verifiche di cui al capitolo 4). Nel modello geotecnico di sottosuolo sono definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

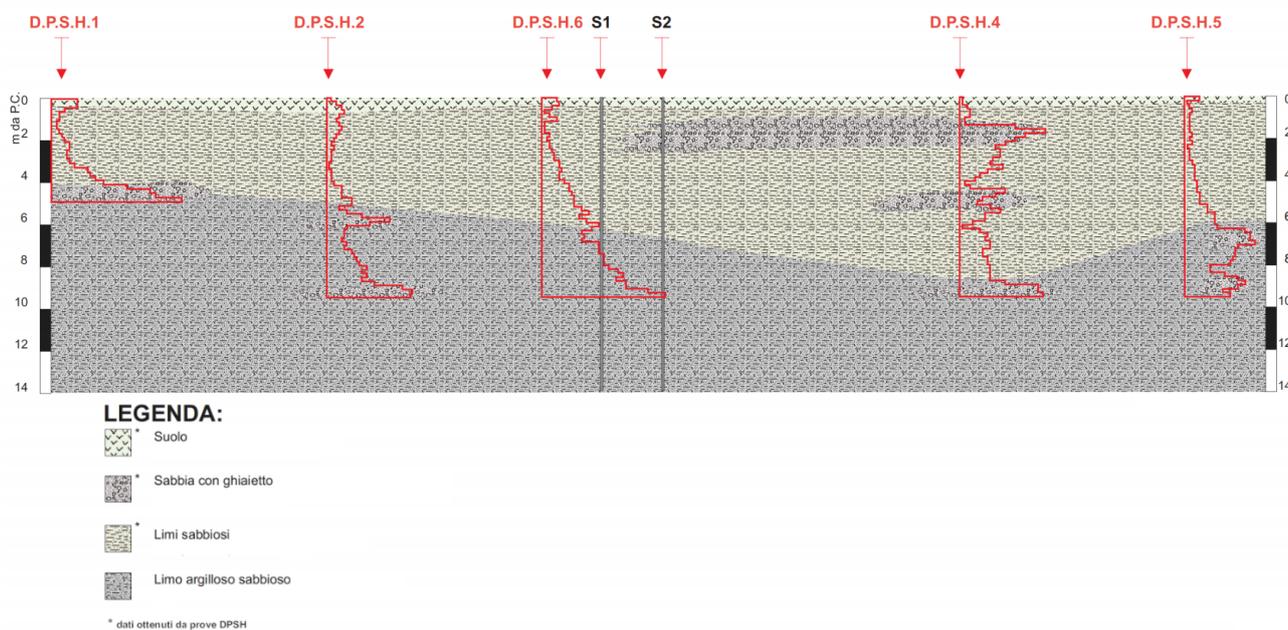


Figura 2. Sezione litostratigrafica

Lungo la sezione litostratigrafica l'unità 4\_sabbia con ghiaietto si presenta discontinua, a profondità differenti, con spessori limitati pari a 1.0-1.5 m.

I valori dei parametri relativi alle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni sono stati dedotti dall'interpretazione dei risultati delle prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e delle prove e misure in sito descritte al paragrafo 2.1. I valori caratteristici dei parametri attribuiti alle unità omogenee e riportati nella tabella che segue sono intesi come una stima ragionata e cautelativa dei valori dei parametri per ogni stato limite considerato.

Parametro caratteristico	Peso di volume	Peso di volume saturo	Porosità	Angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Resistenza al taglio in condizioni non drenate
Unità omogenea	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$n$ [-]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>q</sup> ]	$c_u$ [kg/cm <sup>q</sup> ]
0_rilevato progetto	1950	2100	0.33	28	0.10	-
1_coltre agraria	1800	1850	0.31	28	0.00	0.25
2_limi sabbiosi	1850	1900	0.31	28	0.10	0.31
3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	0.31	28	0.20	2.10
4_sabbia con ghiaietto	2050	2100	0.35	35	0.00	-

Parametro caratteristico	Coefficiente di permeabilità	Indice di compressione	Indice di ricomprensione <sup>1</sup>	Coefficiente di consolidazione verticale	Modulo elastico	Modulo elastico in condizioni non drenate
Unità omogenea	$K$ [m/s]	$C_c$ [-]	$C_s$ [-]	$c_v$ [cm <sup>q</sup> /s]	$E$ [kg/cm <sup>q</sup> ]	$E_u$ [kg/cm <sup>q</sup> ]
0_rilevato progetto	1E-06	-	-	-	-	-
1_coltre agraria	3E-05	0.08	0.03	2.0E-03	19	22
2_limi sabbiosi	3E-05	0.08	0.03	2.0E-03	56	65
3_limo argilloso sabbioso	1E-07	0.10	0.04	1.2E-03	96	113
4_sabbia con ghiaietto	1E-04	-	-	-	148	174

<sup>1</sup> Gli indici di ricomprensione e rigonfiamento attribuiti alle unità omogenee sono stati assunti uguali.

In particolare l'unità *0\_rilevato progetto* è rappresentativa del materiale strutturale che costituirà l'argine-strada e che sarà escavato nei piani all'interno della cassa di espansione in progetto. La caratterizzazione di tale materiale è stata già trattata nell'elaborato *Relazione sulla gestione delle terre*. I valori caratteristici relativi alle proprietà fisiche dell'unità *0\_rilevato progetto*  $\gamma$  e  $\gamma_{\text{sat}}$  sono stati stimati a partire dalla media di  $\gamma_{\text{dry}}$  al 90% del valore ottimo (Proctor mod.), di  $w$  e di  $\gamma_{\text{solid}}$  desunti dall'interpretazione dei risultati delle prove di laboratorio; quelli relativi alle proprietà meccaniche  $\phi'$  e  $c'$  (assunti uguali a quelli dell'unità *2\_limi sabbiosi*) oltre che di  $K$  (imposto sulla base dell'esperienza nell'utilizzo di materiali simili) sono invece da considerarsi come *valori di progetto*, il cui raggiungimento andrà controllato in corso d'opera.

### **2.3. Regime delle pressioni interstiziali**

Sulla base di quanto affermato nella *Relazione geologica*, dagli studi eseguiti nel tempo è noto che il sistema alluvionale della piana di Empoli è formato da due acquiferi principali:

- L'acquifero superiore (entro 15 m dal piano campagna) costituito dal livello sabbioso, localmente ciottoloso, lenticolare, alimentato dall'infiltrazione diretta e dalla ricarica da parte dei corsi d'acqua;
- L'acquifero principale, inferiore, separato dal primo da un setto argilloso continuo che ne determina il confinamento e dal quale attingono la maggior parte dei pozzi delle centrali acquedottistiche.

I due sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel corso delle indagini geotecniche di cui al paragrafo 2.1, hanno palesato le caratteristiche di discontinuità e stagionalità dell'acquifero superiore: mentre il sondaggio S1 eseguito a fine maggio ha rilevato la quota piezometrica 2.0 m sotto il p.c., il sondaggio S2 seguito ad inizio settembre non ha intercettato alcuna falda. L'acquifero principale, invece, non interessa il volume significativo di terreno.

Per la verifica delle condizioni di sicurezza e delle prestazioni appare dunque cautelativo assumere 54.0 m slm come valore caratteristico delle quote piezometriche, pari al fondo alveo del T. Orme nella sezione litostratigrafica di riferimento.

Ai fini delle verifiche di sicurezza nei confronti della filtrazione (SLU idraulici), la variabilità spaziale e temporale del regime delle pressioni interstiziali è stata valutata mediante una modellazione specifica. I risultati di tale modellazione sono stati poi utilizzati per la valutazione delle condizioni di stabilità dei paramenti del rilevato. Si rimanda a riguardo al capitolo 4.

## 2.4. Risposta sismica locale

La vita nominale dell'opera è assunta pari a 50 anni. La classe d'uso della costruzione è la II "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti" di cui al § 2.4.2. delle NTC, ed il coefficiente d'uso  $C_u=1.0$  in base alla tab. 2.4.II, § 2.4.3 delle NTC. Il periodo di riferimento per l'azione sismica è dunque  $V_r= 50$  anni.

Sulla base dei risultati della prova down-hole nel sondaggio S1 e della prova sismica di superficie, eseguite nel corso delle indagini geotecniche, il cui report è allegato alla *Relazione geologica*, emerge che il sito in esame rientra nella categoria B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

Date le caratteristiche geomorfologiche di fondovalle, possono essere considerati trascurabili gli effetti topografici del sito, che viene quindi inquadrato nella categoria topografica categoria T1: *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math><15^\circ</math>.*

Pertanto ai fini della determinazione dell'azione sismica ai sensi del § 3.2 delle NTC sono stati determinati, per ciascuna delle probabilità di superamento i parametri seguenti, riferiti alle coordinate geografiche del Comune di Empoli.

N.T.C. 2008/2018		SLV	SLD
Accelerazione al suolo $a_g$ [ $m/s^2$ ]	<b>ag/g = 0.121</b>	1.188	0.522
Massimo fattore amplificazione spettro orizz. $F_0$		2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$		0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico $S_s$	Tipo B ▾	<b>1.200</b>	<b>1.200</b>
Coeff. amplificazione topografica $S_T$	T1 ▾	1.00	
Coefficiente di riduzione ( $\beta_{s2}$ )		0.38	0.47
<b>Coeff. di intensità sismica orizzontale (A2-M2) - <math>K_h</math> [%]</b>		<b>5.52</b>	<b>3.00</b>
Intensità sismica Verticale/Orizzontale		0.50	

### **3. Fasi e modalità costruttive**

La costruzione del rilevato con funzione di argine-strada avverrà progressivamente, per strati, previa rimozione dello strato di terreno vegetale e preparazione del piano di posa del rilevato mediante compattazione ed eventuale gradonatura. Dovranno essere raggiunti i gradi di costipamento prescritti dal progetto e già citati nella *Relazione sulla gestione delle terre*, differenti per il corpo del rilevato e per lo strato di sottofondo stradale, che verranno ulteriormente dettagliati nelle successive fasi progettuali. In corso d'opera, le sezioni di interruzione del rilevato (ad es. quelle di contatto con i muri di spalla della briglia-ponte) dovranno avere una pendenza limitata a 1:5, tale da garantirne la carrabilità da parte dei mezzi d'opera e scongiurarne il franamento. Per le scarpate laterali dovrà essere mantenuta la pendenza di progetto.

Contestualmente alla costruzione del rilevato, l'esecutore procederà all'escavazione per sbancamento dell'area di invaso. In corso d'opera, per le scarpate dovrà essere sempre mantenuta la pendenza di progetto. In corrispondenza delle piste di servizio dovranno essere predisposte rampe carrabili con pendenza limitata a 1:5.

In virtù delle fasi e modalità costruttive appena descritte ai sensi del § 6.2.3 delle NTC non emergono specifiche condizioni geotecniche a carattere temporaneo che possono verificarsi nel corso dei lavori e alle quali siano connessi stati limite ultimi o di esercizio differenti da quelli trattati nel capitolo 4.

## 4. Verifiche di sicurezza

### 4.1. Approccio e coefficienti parziali

Ai sensi del § 6.8.2 delle NTC le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo devono essere effettuate secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I, riassunti nella tabella seguente.

Coefficiente parziale Azioni/parametri	A2		M2		R2	
	Statico	Sismico	Statico	Sismico	Statico	Sismico
Carichi permanenti $G_1$	1.00	1.00				
Azioni variabili $Q_k$ FAV.	0.00	1.00				
Azioni variabili $Q_k$ SFAV.	1.30	1.00				
$\tan\phi'_k$			1.25	1.00		
$c'_k$			1.25	1.00		
$C_{u k}$			1.40	1.00		
$\gamma_\gamma$			1.00	1.00		
$\gamma_R$					1.10	1.20

### 4.2. Azioni, partecipazione e combinazioni

Fra le azioni capaci di indurre stati limite sulla struttura, sono stati individuate i carichi permanenti, che agiscono durante tutta la vita della costruzione senza sostanziali variazioni, le azioni variabili, che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura, e le azioni sismiche.

- Carichi permanenti  $G_1$ : peso proprio del rilevato e della soprastruttura stradale;
- Azione variabile  $Q_{k1}$ : forza risultate dalla pressione dell'acqua con periodo di ritorno  $\geq 200$  anni;
- Azione variabile  $Q_{k2}$ : forza risultate da traffico stradale, il cui valore caratteristico è assunto pari a  $2'000 \text{ kg/m}^2$ ;
- Azione sismica E: azione derivante da terremoti con tempi di ritorno rispettivamente pari a 475 anni (SLV) e 50 anni (SLD).

$Q_{k1}$ ,  $Q_{k2}$  e E sono state considerate come azioni dinamiche pseudo statiche, rappresentate mediante un'azione statica equivalente. Fa eccezione la verifica di filtrazione, nel corso della quale la pressione dell'acqua e il regime delle pressioni interstiziali ad essa connesso risultano tempo varianti.

L'azione sismica, rappresentata da un'azione statica equivalente costante nello spazio e nel tempo, è proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza sono espresse come:

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2, adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

- $\beta_s = 0.38$  nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV);
- $\beta_s = 0.47$  nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Con riferimento alla durata relativa ai livelli di intensità delle azioni variabili, sono stati assegnati i coefficienti di combinazione come da tabella che segue. Nella pratica le azioni derivanti da acqua e traffico sono state ipotizzate concomitanti solo per le combinazioni SLU e SLE rara. In virtù della frequenza di entrata in funzione della cassa di espansione e dei tempi di permanenza dell'acqua all'interno della stessa, l'azione sismica e l'azione dell'acqua non sono state ipotizzate mai concomitanti. Il coefficiente di combinazione  $\psi_{22}$  dell'azione traffico è stato individuato sulla base del § 5.1.3.12 delle NTC.

Azione		Tipologia	$\psi_{0j}$	$\psi_{2j}$
Q Acqua_Tr200	$Q_{k1}$	Variabile	1.00	0.00
Q Traffico	$Q_{k2}$	Variabile	1.00	0.20

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

**Combinazione di carico statica SLU:**

- $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2}$   
(equivalente a  $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q1} \cdot \psi_{01} \cdot Q_{k1}$  in quanto  $\psi_{01} = \psi_{02} = 1.00$ )

**Combinazione di carico sismica SLV:**

- $E + G_1 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$

**Combinazione di carico SLE rara:**

- $G_1 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2}$   
(equivalente a  $G_1 + Q_{k2} + \psi_{01} \cdot Q_{k1}$  in quanto  $\psi_{01} = \psi_{02} = 1.00$ )

**Combinazione di carico SLE quasi permanente:**

$$\blacksquare G_1 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche.

Nelle condizioni di esercizio devono essere valutati gli spostamenti del manufatto e del terreno circostante, dovuti alla deformazione dei terreni di fondazione e dell'opera, per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti.

### 4.3. Sezioni di verifica

Le sezioni oggetto di verifica, elencate nella tabella che segue, sono rappresentative dei differenti tratti dell'argine-strada e rispecchiano le geometrie di progetto con alcune approssimazioni minori (il piano campagna ai piedi del rilevato è orizzontale e i fossi di guardia sono trascurati). Gli spessori delle varie unità omogenee sono desunti dalla Figura 2. Sezione litostratigrafica. Per le geometrie di progetto si rimanda all'elaborato *Sezioni trasversali*.

Sezione	Progr.	H argine [m]	Quota media p.c. [m slm]	Quota sommità [m slm]	Spessore unità 1_coltre agraria	Spessore unità 2_limi sabbiosi
Sezione 3	0+050	3.1	58.0	61.1	0.40	5.80
Sezione 7	0+150	5.4	55.6	61.0	0.50	6.50
Sezione 11	0+250	4.2	56.8	61.0	0.70	4.20
Sezione 15	0+350	3.2	57.8	61.0	0.70	4.20

## 5. Verifiche di filtrazione

### 5.1. Implementazione del modello

Per la determinazione spaziale e temporale del regime delle pressioni interstiziali sono state condotte verifiche di filtrazione. Tali verifiche consentono inoltre la valutazione dei possibili processi di sifonamento e erosione interna che possono innescarsi nei rilevati (stati limite ultimi idraulici). Il fenomeno, come è noto, viene a essere indotto dai flussi di filtrazione che, in condizioni di elevati gradienti e linee di flusso passanti, possono portare alla mobilitazione e asportazione di particelle fuori dalla sezione filtrante con conseguente progressiva amplificazione del fenomeno fino al collasso. Nel caso in cui il fronte di saturazione arrivi ad interessare il paramento di valle o il piede lato campagna, si renderanno necessarie verifiche per sifonamento e erosione interna.

Le verifiche sono state implementate in moto vario agli elementi finiti utilizzando il modulo SEEP/W del software Geostudio 2007 della Geo-Slope International LTD, basato sulla Legge di Darcy.

Il dominio di calcolo, esteso per una larghezza complessiva di 100 m, è stato discretizzato con una maglia non strutturata di elementi triangolari e quadrangolari con dimensioni variabili:

- 1.0 m nella struttura rilevato;
- 2.0 m nel resto del dominio.

Le principali ipotesi e condizioni al contorno sono le seguenti:

- Problema piano;
- Stratificazione del terreno secondo piani paralleli;
- Terreno appartenente alle singole unità omogeneo e isotropo;
- Carico totale sull'interfaccia lato cassa di espansione variabile nel tempo;
- Carico totale sul contorno di valle costante, pari alla quota di falda 54.0 m slm.

La condizione iniziale è rappresentata dalla distribuzione delle pressioni interstiziali derivante dalla falda a quota 54.0 m slm. Il contenuto d'acqua nelle zone non sature è funzione della suzione di matrice secondo curve di ritenzione idrica terreno-specifiche. Anche la conducibilità idraulica nelle zone non sature è funzione della suzione di matrice, stimata secondo la formulazione di Van Genuchten a partire da un contenuto d'acqua volumetrico residuo pari a 1/10 della porosità.

Il carico totale lato sull'interfaccia cassa di espansione è stato schematizzato con due idrogrammi differenti:

- $H_{T200}$ : simula il funzionamento della cassa di espansione per un evento di progetto con tempo di ritorno  $\geq 200$  anni, con una fase crescente, una statica al livello di massimo invaso (arrotondato per eccesso a 60 m slm) e una decrescente,

come rappresentato in Figura 3. L'idrogramma rappresenta l'involuppo dei risultati idraulici per eventi di durata 1, 2.5 e 4 ore.

- *H\_59x48*: simula la permanenza di acqua nella cassa di espansione alla quota dello sfioratore, pari a 59 m slm, per un tempo di 48 ore, e il successivo completo svaso in 1 ora (tempo necessario a svuotare la cassa attraverso la luce di fondo). L'idrogramma è rappresentativo di un possibile malfunzionamento legato all'ostruzione della luce di fondo.

Il passo temporale di calcolo è stato impostato pari a 15 minuti.

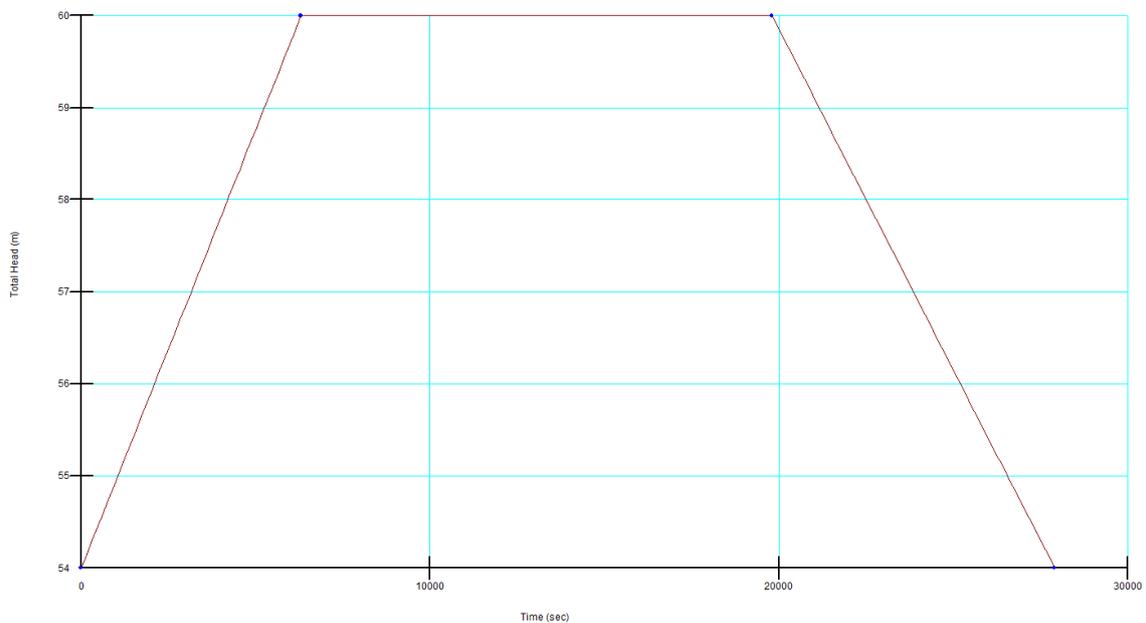


Figura 3. Condizione al contorno *H\_T200*

## **5.2. Analisi dei risultati**

Il modello permette di valutare la risposta dei rilevati arginali alle sollecitazioni idrauliche, fornendo l'andamento temporale del fronte di filtrazione risultante dalla combinazione di flussi verticali e orizzontali, per ciascuna sezione di calcolo.

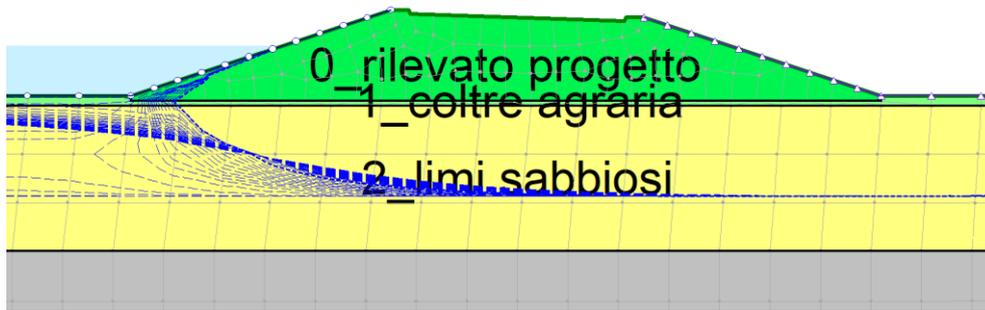
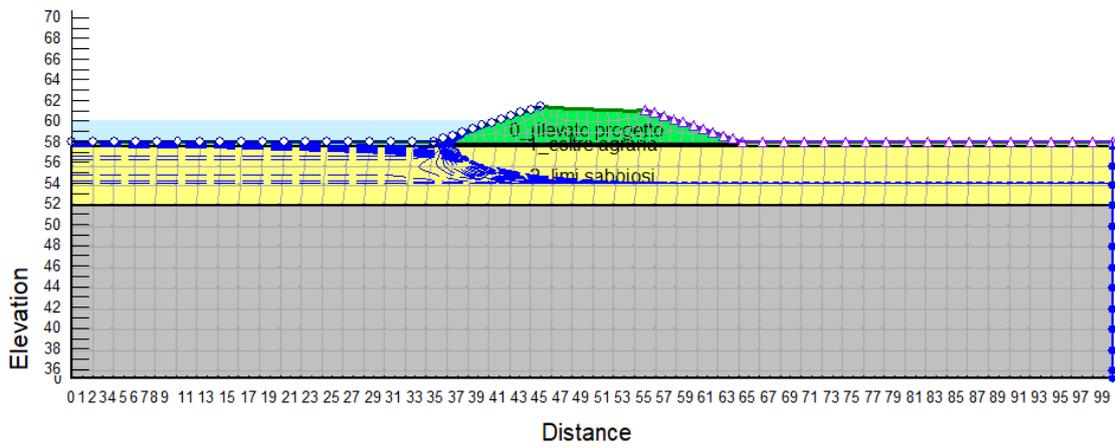
In corrispondenza dei nodi vengono calcolate le seguenti grandezze:

- carico totale e carico piezometrico;
- pressione interstiziale;
- contenuto d'acqua;
- gradienti idraulici e velocità;
- flusso d'acqua (sui nodi di superficie).

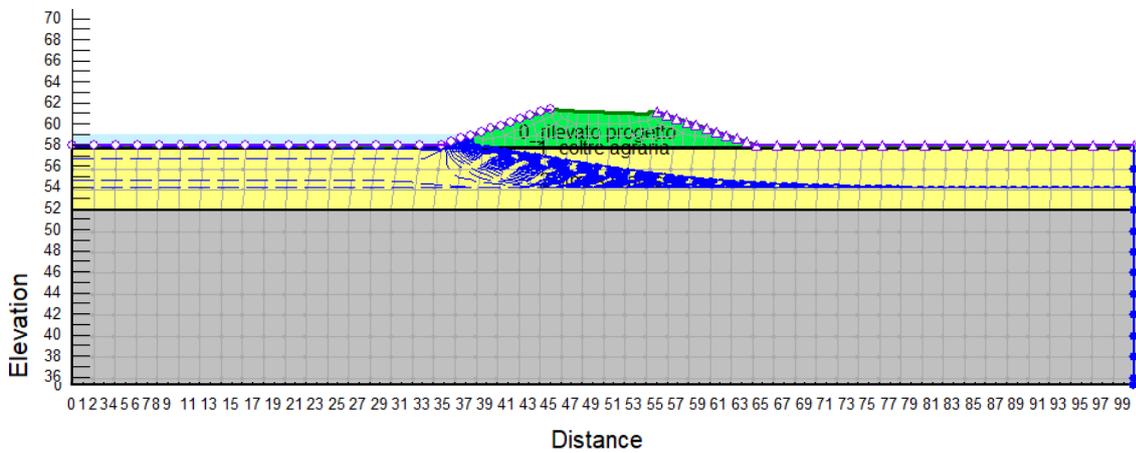
**Come si evince dai risultati, riportati al paragrafo 5.2, la migrazione del fronte di saturazione all'interno dei rilevati in progetto non raggiunge né il paramento di valle né il piede lato campagna. Sono dunque omesse verifiche per sifonamento e erosione interna.**

Si riportano di seguito per completezza i risultati relativi a tutte le sezioni arginali di verifica.

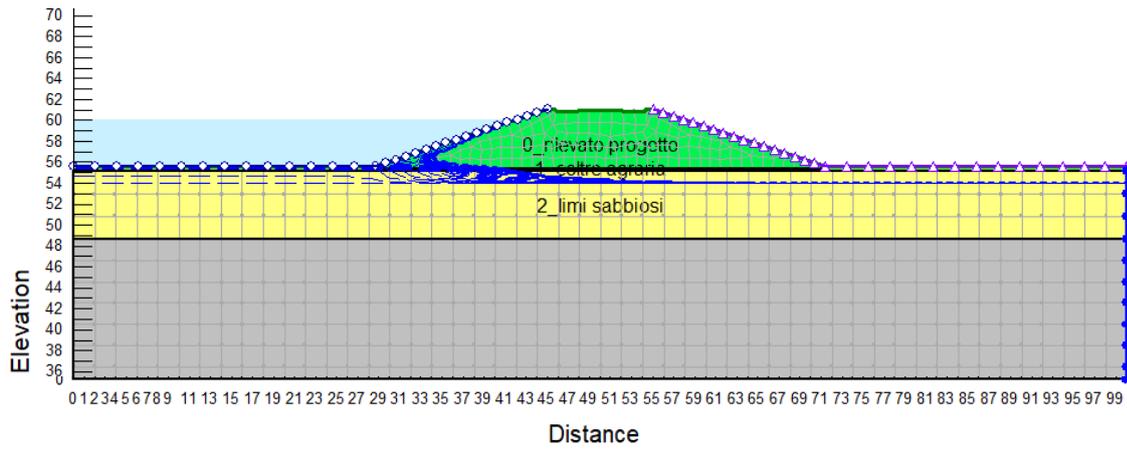
Migrazione del fronte bagnato per la condizione al contorno **H\_T200**



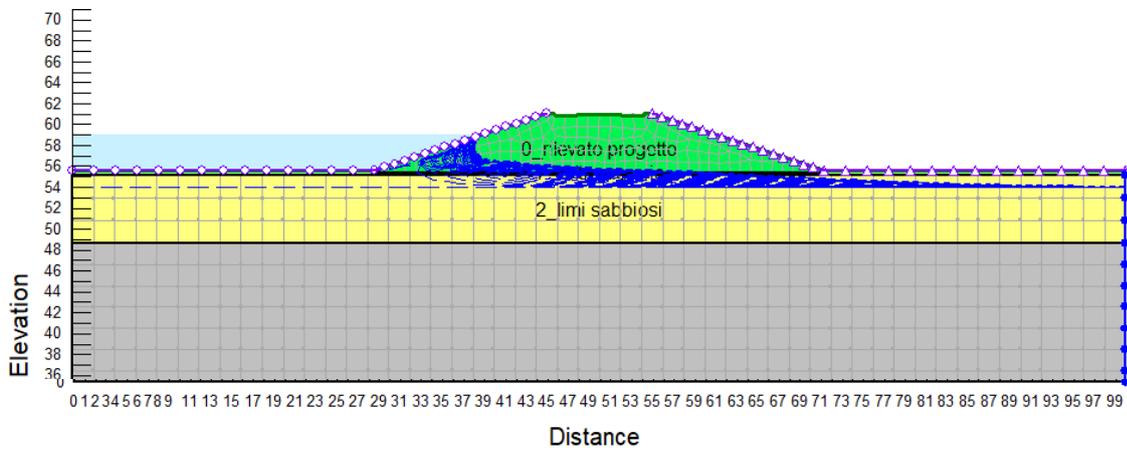
Migrazione del fronte bagnato per la condizione al contorno **H\_59x48**

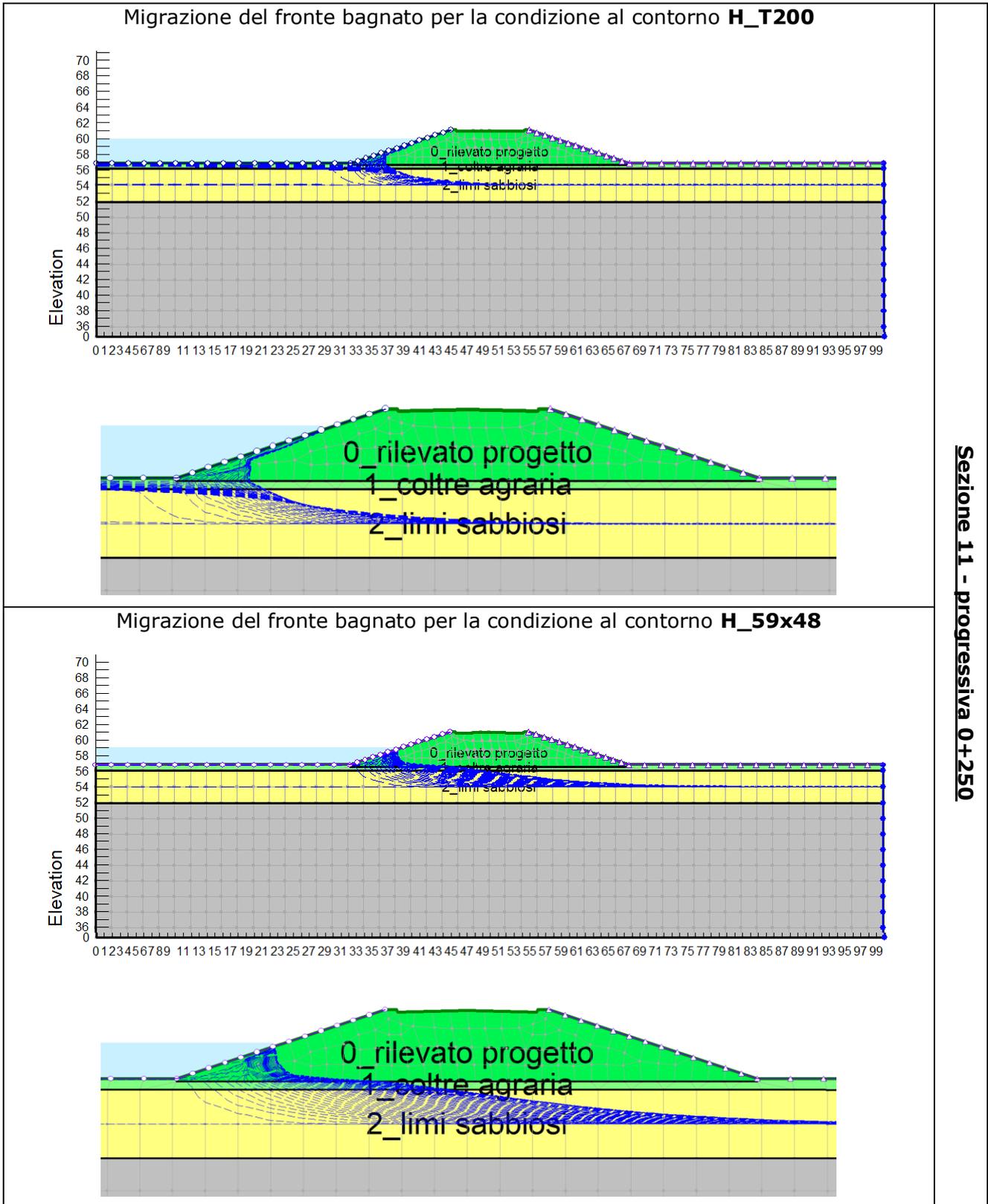


Migrazione del fronte bagnato per la condizione al contorno **H\_T200**

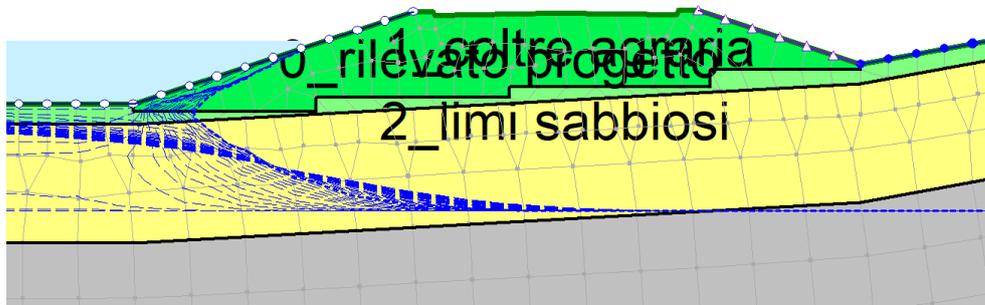
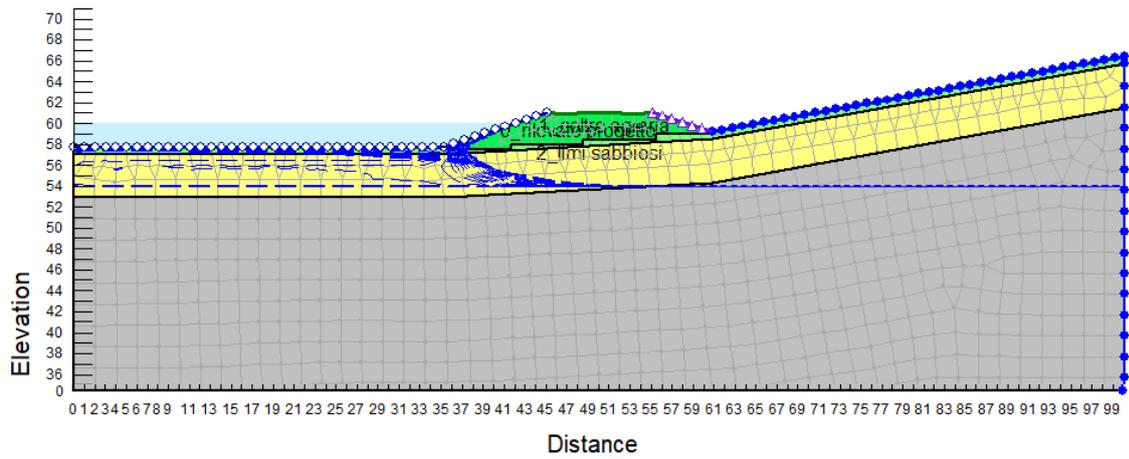


Migrazione del fronte bagnato per la condizione al contorno **H\_59x48**

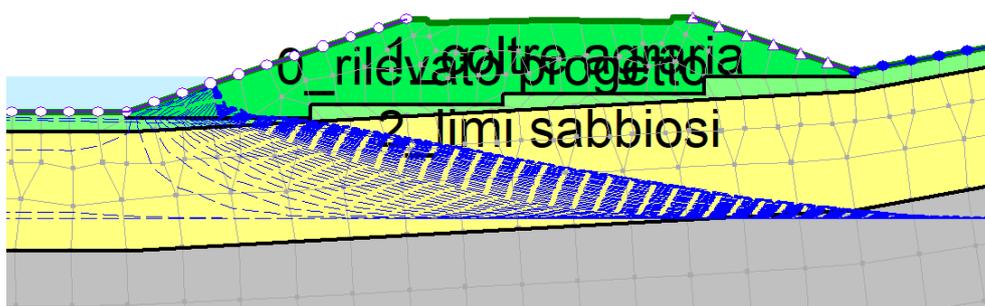
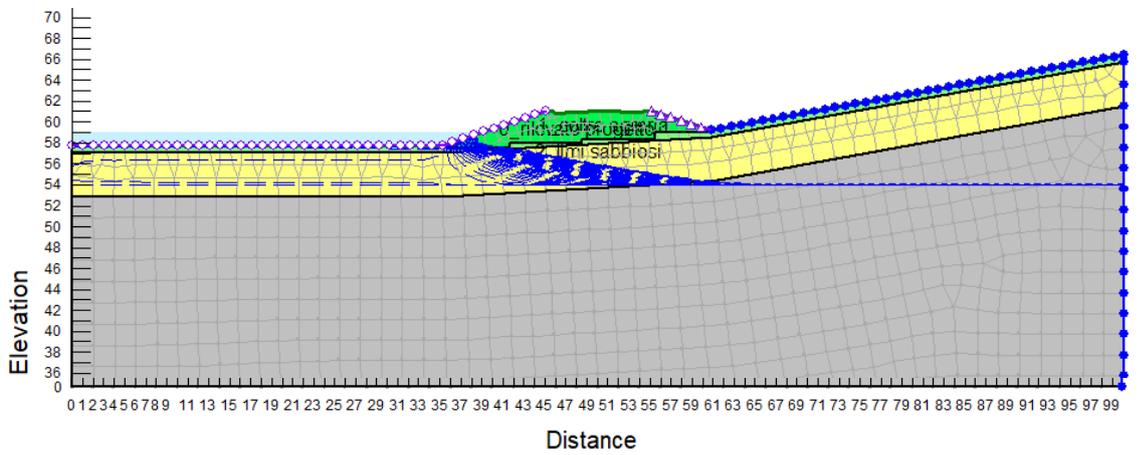




Migrazione del fronte bagnato per la condizione al contorno **H\_T200**



Migrazione del fronte bagnato per la condizione al contorno **H\_59x48**



Sezione 15 - progressiva 0+350

## 6. Verifiche di stabilità

### 6.1. Implementazione del modello

Per la valutazione delle condizioni di stabilità dei paramenti del rilevato e dell'insieme rilevato-terreno di fondazione sono state condotte verifiche di stabilità. Sono stati utilizzati metodi all'equilibrio limite, dove viene usata la tecnica di suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. In particolare viene esaminato un numero di superfici in funzione delle impostazioni di calcolo. Il calcolo è stato condotto secondo il metodo di Janbu semplificato. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate. La verifica deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ , con riferimento alla tabella riportata al paragrafo 4.1. Avendo l'opera funzione di ritenuta idraulica, lo stato limite ultimo è da verificarsi con riferimento alla stabilità dei paramenti, in tutte le possibili condizioni di esercizio.

Le verifiche sono state implementate utilizzando il codice di calcolo STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce, Versione 14.0, del produttore Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS) (Utente: Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno. Licenza: AIR0129L7).

Il dominio di calcolo, esteso per una larghezza complessiva di 100 m, prevede superfici di rottura circolari, con ampia maglia dei centri, raggio variabile fra 5 e 35 m con incrementi di 2.50 m e suddivise in strisce con larghezza pari a 0.50 m.

Le principali ipotesi e condizioni al contorno sono le seguenti:

- Problema piano;
- Stratificazione del terreno secondo piani paralleli;
- Terreno appartenente alle singole unità omogeneo e isotropo;
- Distribuzione delle pressioni interstiziali derivante dalle verifiche di filtrazione:
  - Combinazione SLU: distribuzione delle pressioni interstiziali all'istante critico, corrispondente all'esaurimento dell'evento di piena, in cui si verificano sovrappressioni residue all'interno della struttura arginale e contemporanea assenza di sollecitazione idrometrica stabilizzante.
  - Combinazione SLV: distribuzione delle pressioni interstiziali corrispondente alla quota di falda 54.0 m s.l.m.

A titolo di controllo sono state condotte ulteriori verifiche con i metodi di Bishop e di Morgenstern-Price.

## 6.2. Analisi dei risultati

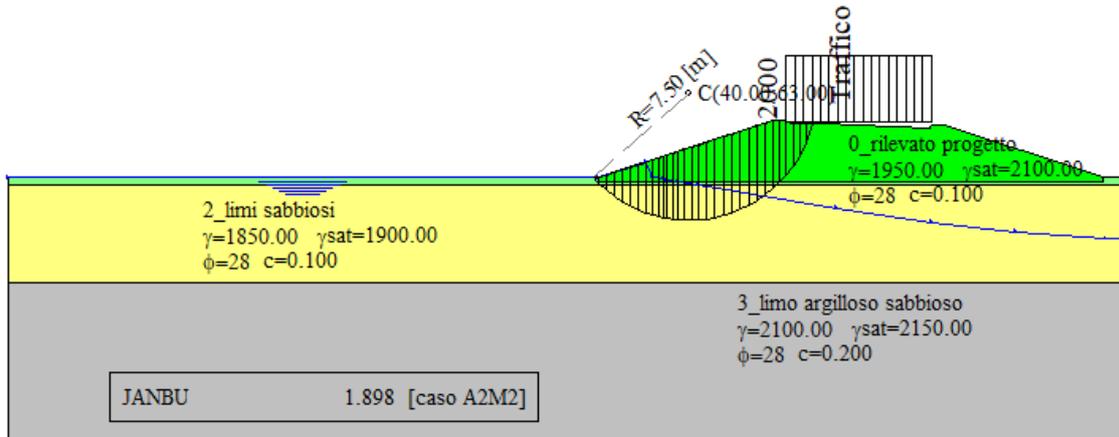
A seguire si riporta una tabella di sintesi dei risultati per le varie sezioni di calcolo e il confronto con i coefficienti parziali richiesti dalle NTC. Si può evincere come non si osservino condizioni di instabilità dei paramenti del rilevato o dell'insieme rilevato-terreno di fondazione per le varie combinazioni di calcolo.

Sezione	Progressiva	Combinazione	min(FS)	$\gamma_R$ NTC 2018
Sezione 3	0+050	SLU	<b>1.90</b>	1.10
		SLV	<b>2.66</b>	1.20
Sezione 7	0+150	SLU	<b>1.56</b>	1.10
		SLV	<b>2.10</b>	1.20
Sezione 11	0+250	SLU	<b>1.74</b>	1.10
		SLV	<b>2.41</b>	1.20
Sezione 15	0+350	SLU	<b>1.87</b>	1.10
		SLV	<b>2.63</b>	1.20

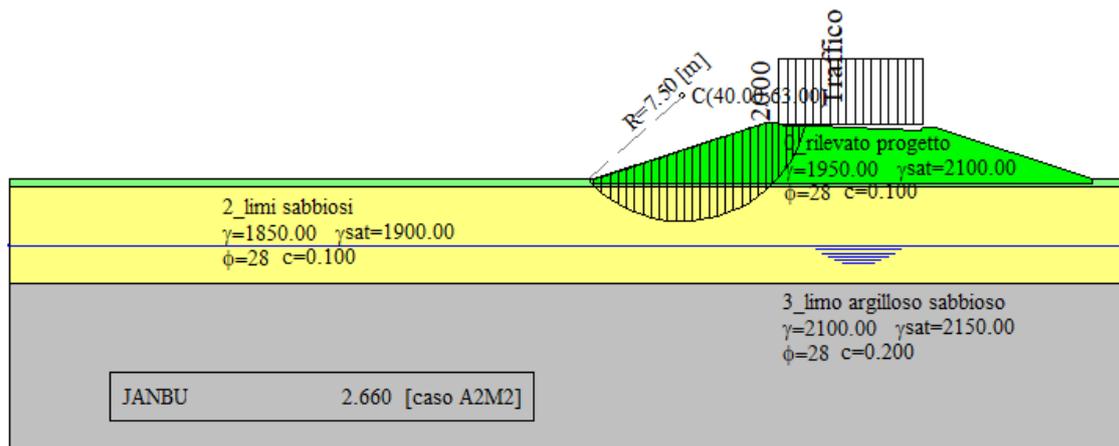
Nelle figure che seguono si riportano in forma grafica i risultati delle verifiche di stabilità effettuate sulle varie sezioni di calcolo, con l'evidenza della superficie con il minimo fattore di sicurezza ed i relativi valori.

Le ulteriori verifiche condotte a titolo di controllo con i metodi di Bishop e di Morgenstern-Price hanno prodotto valori di FS sempre maggiori rispetto al metodo di Jambu semplificato.

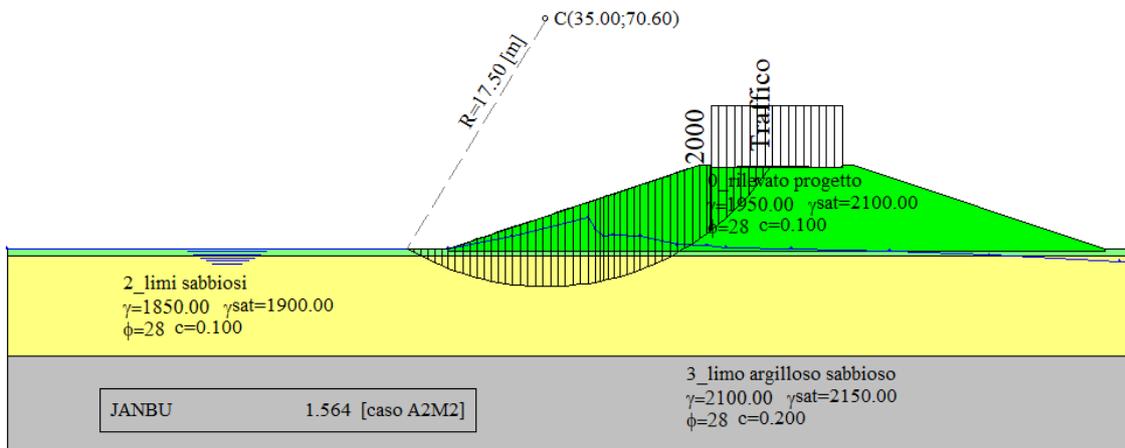
Superficie con il minimo FS per combinazione **SLU**



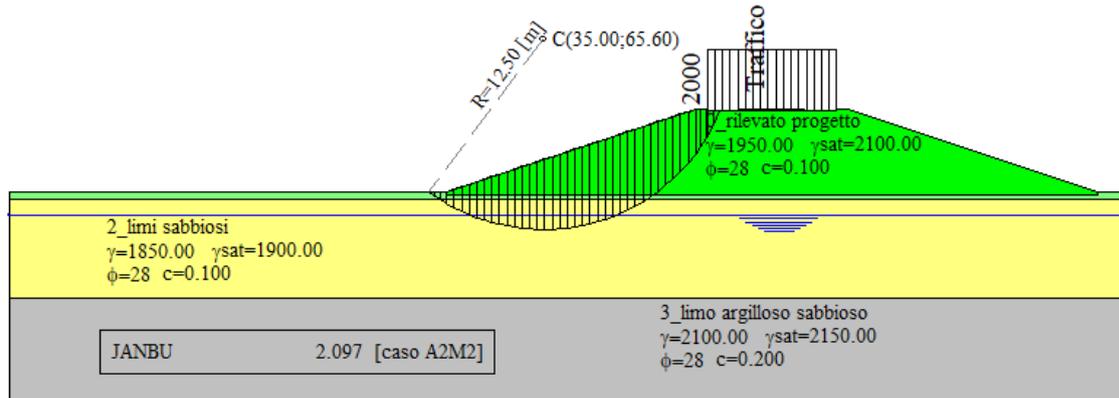
Superficie con il minimo FS per combinazione **SLV**



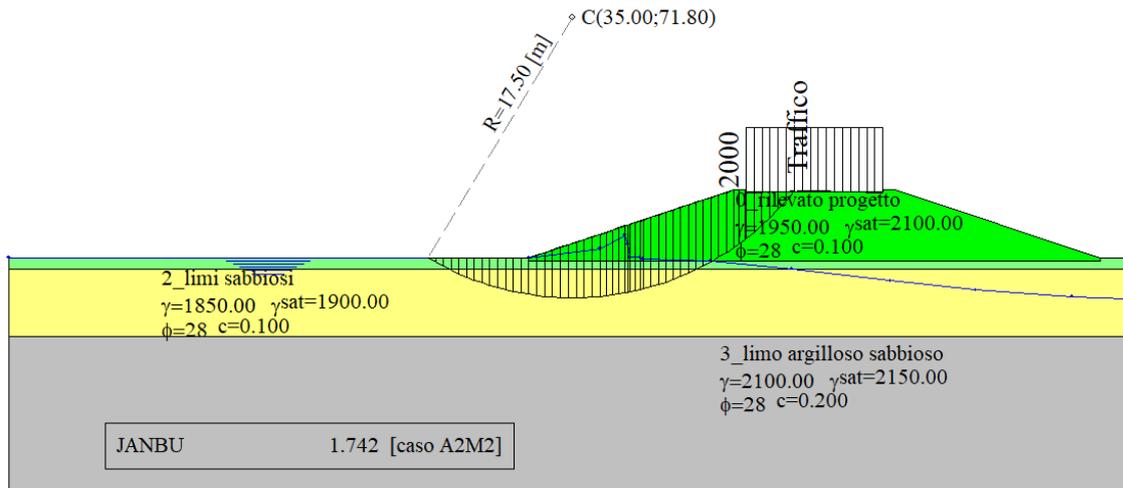
Superficie con il minimo FS per combinazione **SLU**



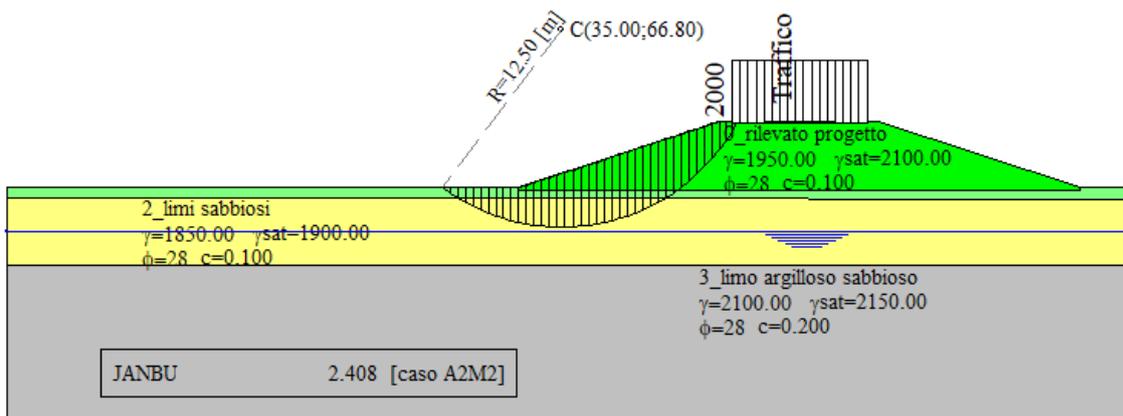
Superficie con il minimo FS per combinazione **SLV**

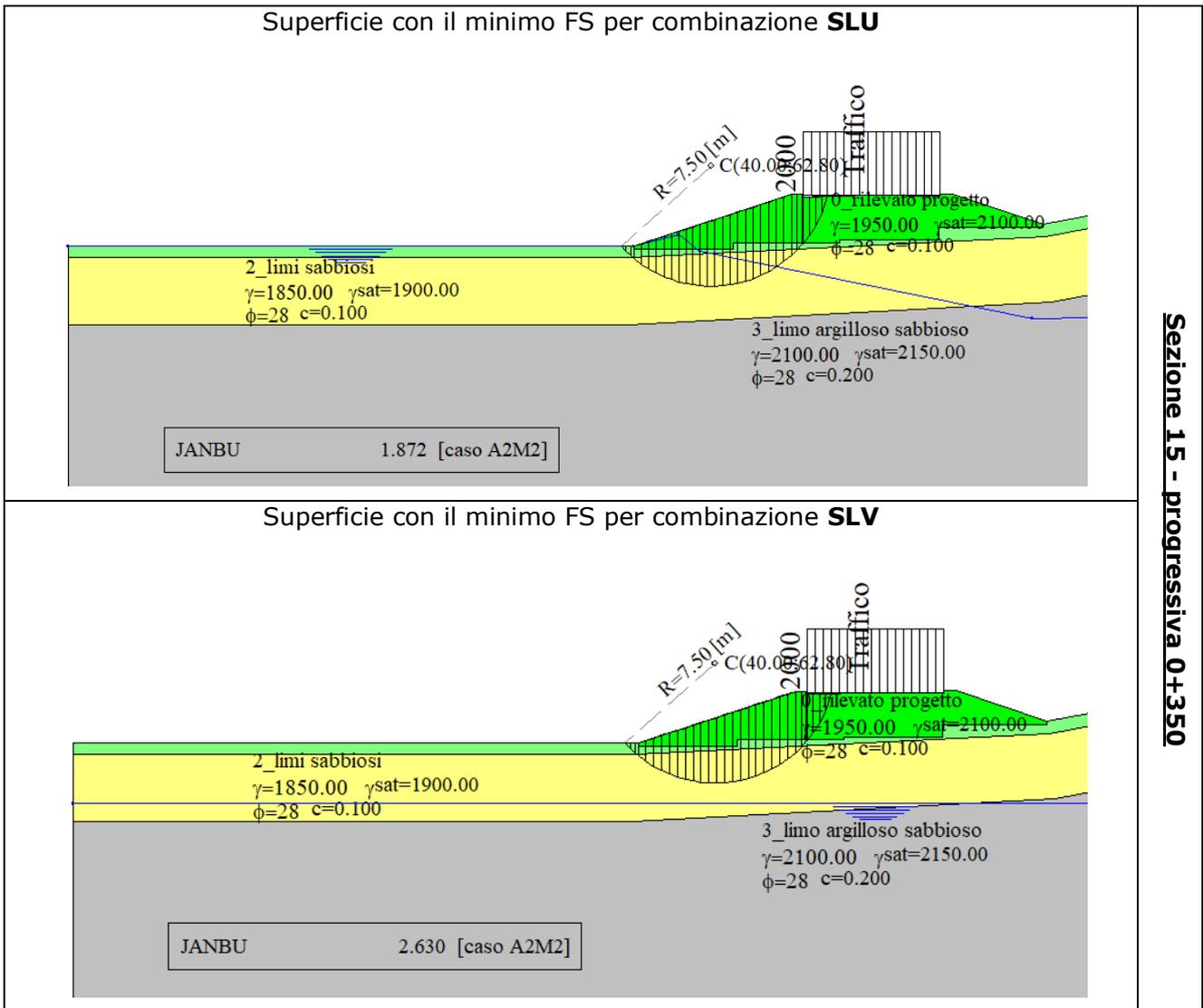


Superficie con il minimo FS per combinazione **SLU**



Superficie con il minimo FS per combinazione **SLV**





## 7. Verifiche di portanza

### 7.1. Implementazione del modello

Per la valutazione del carico limite della fondazione sono state condotte verifiche di capacità portante secondo la formulazione di Brinch-Hansen (1970), sia in condizioni drenate (tensioni efficaci) che non drenate (tensioni totali). Le varie formulazioni per il calcolo della capacità portante, fra le quali anche Brinch-Hansen, considerano un unico terreno omogeneo, facendo dipendere il calcolo da un unico valore dei parametri geotecnici. Per utilizzare tali formule si impone dunque la ricerca di uno "strato equivalente", per il quale sono ricavati i valori dei parametri geotecnici in funzione degli effettivi valori che caratterizzano ciascuno strato. La soluzione utilizzata consiste nell'operare una media aritmetica ponderata dei parametri geotecnici di ciascuno strato di terreno, nella quale i pesi sono rappresentati dalle altezze dei vari strati. La profondità entro cui estendere la media è stata imposta pari al cuneo elastico al di sotto della fondazione.

Le verifiche sono state implementate utilizzando il codice di calcolo CALIFFO versione 1.2.6.4 - settembre 2019, in libera distribuzione.

Le verifiche sono state condotte su un tratto di rilevato di lunghezza pari a 50 m e larghezza variabile in funzione dell'altezza della sezione sul piano di campagna.

Le principali ipotesi e condizioni al contorno sono le seguenti:

- Problema piano;
- Terreno unico come "strato equivalente", omogeneo e isotropo;
- Distribuzione delle pressioni interstiziali derivante dalle verifiche di filtrazione:
  - Combinazione SLU: distribuzione delle pressioni interstiziali approssimata come corrispondente al piano di campagna.
  - Combinazione SLV: distribuzione delle pressioni interstiziali corrispondente alla quota di falda 54.0 m slm.

A titolo di controllo sono state condotte ulteriori verifiche con i metodi di Meyerhof e di Vesic.

Per la combinazione SLV, nella quale è presente l'azione sismica orizzontale  $F_h$ , è stata condotta anche la verifica per scorrimento sul piano di posa ai sensi del § 7.11.5.3.1 delle NTC.

## 7.2. Analisi dei risultati

A seguire si riporta una tabella di sintesi dei risultati, riportante per le varie sezioni di calcolo la pressione media esercitata dalla fondazione sul terreno, il carico ultimo di quest'ultimo rispettivamente in condizioni drenate e non, il fattore di sicurezza minimo (che si verifica in condizioni non drenate) e il confronto con i coefficienti parziali richiesti dalle NTC. Si può evincere come non si osservino condizioni tali da instaurare meccanismi di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno per le varie combinazioni di calcolo.

Sezione	Progressiva	Comb.	p [kg/cmq]	q <sub>ult</sub> [kg/cmq]	q <sub>ult</sub> N.D. [kg/cmq]	min(FS)	γ <sub>R</sub> NTC 2018
Sezione 3	0+050	SLU	0.61	9.12	6.80	11.15	1.10
		SLV	0.49	9.93	9.50	19.39	1.20
Sezione 7	0+150	SLU	0.83	11.22	7.58	9.13	1.10
		SLV	0.73	11.03	10.60	14.52	1.20
Sezione 11	0+250	SLU	0.72	10.07	7.64	10.61	1.10
		SLV	0.60	10.80	10.68	17.80	1.20
Sezione 15	0+350	SLU	0.62	9.16	7.24	11.68	1.10
		SLV	0.50	10.13	10.12	20.24	1.20

Le ulteriori verifiche condotte a titolo di controllo con i metodi di Meyerhof e di Vesic hanno prodotto valori di FS sempre maggiori rispetto al metodo di Brinch-Hansen.

Per la combinazione SLV, nella quale è presente l'azione sismica orizzontale  $F_h$ , la verifica per scorrimento sul piano di posa, condotta ai sensi del § 7.11.5.3.1 delle NTC, restituisce FS  $\geq 5.00$  per tutte le varie sezioni di calcolo.

## 8. Valutazioni dei cedimenti

### 8.1. Implementazione del modello

Per la valutazione degli spostamenti del rilevato e del terreno circostante nelle condizioni di esercizio dovuti alla deformazione dei terreni di fondazione sono state condotte stime dei cedimenti mediante due metodi:

- La teoria della consolidazione edometrica di Terzaghi;
- Il metodo agli elementi finiti (FEM) con l'ausilio del codice di calcolo AZTEC FEM GT.

La teoria della consolidazione edometrica di Terzaghi è basata sulla Legge di Darcy. Le principali ipotesi e condizioni al contorno sono le seguenti:

- Problema monodimensionale, direzione verticale in asse al rilevato;
- Legame sforzi-deformazioni elastico lineare;
- Stratificazione del terreno secondo piani orizzontali;
- Terreno appartenente alle singole unità normal consolidato, saturo, omogeneo e isotropo;
- Altezza di drenaggio degli strati variabile in funzione della sezione litostratigrafica;
- Distribuzione delle pressioni interstiziali derivante dalla falda a quota 54.0 m slm.

La diffusione delle tensioni nel terreno è stata stimata mediante la teoria di Boussinesq secondo lo schema di pressione trapezia su una striscia indefinita. Il dominio di calcolo è stato suddiviso in strisce con spessore 0.50 m ed è stato esteso per 25 m sotto il piano di campagna.

Dal momento che le condizioni reali non corrispondono allo schema di carico e di vincolo della teoria della consolidazione edometrica (che comporta l'assenza di deformazioni orizzontali e il flusso solo verticale dell'acqua), la soluzione è incerta, e da intendersi come approssimata per eccesso.

L'analisi mediante il metodo agli elementi finiti (FEM), invece, prevede le seguenti ipotesi:

- Deformazione piana in regime di piccole deformazioni;
- Legame sforzi-deformazioni elasto-plastico;
- Stratificazione del terreno secondo piani paralleli;
- Terreno appartenente alle singole unità omogeneo e isotropo;
- Legame costitutivo di tipo Mohr-Coulomb modificato;
- Tempo di costruzione della sezione pari a 10 giorni;
- Distribuzione delle pressioni interstiziali derivante dalla falda a quota 54.0 m slm.

Il dominio di calcolo, esteso per una larghezza complessiva di 100 m, è stato discretizzato con una maglia non strutturata di elementi triangolari a 6 nodi con dimensioni pari a 2.0 m. Le

verifiche sono state implementate utilizzando il codice di calcolo AZTEC FEM GT - Modellatore ad Elementi Finiti per la Geotecnica, Versione 12.0, del produttore Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS) (Utente: Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno. Licenza: AIR0129L7).

Sono dunque state condotte stime dei cedimenti e del relativo decorso nel tempo, utilizzando i parametri desunti dalle prove edometriche sui campioni indisturbati (di cui al paragrafo 2.2). I cedimenti legati alla consolidazione secondaria sono stati ritenuti trascurabili.

## 8.2. Analisi dei risultati

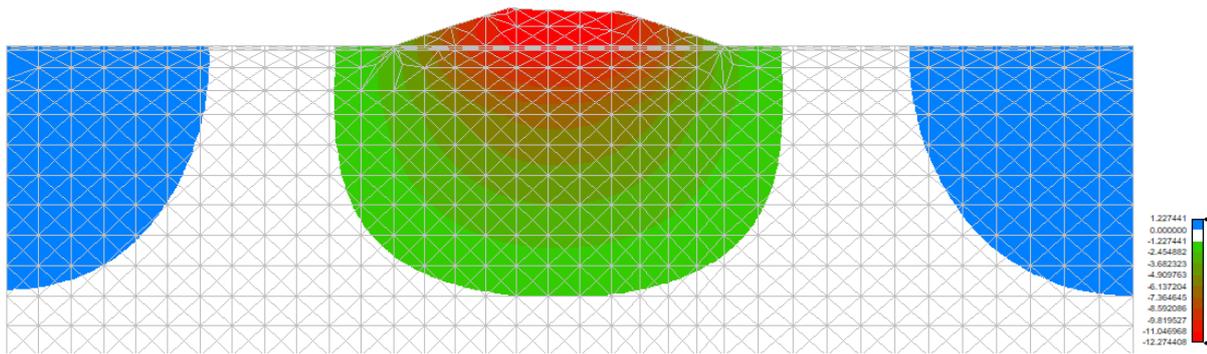
A seguire si riporta una tabella di sintesi dei risultati, riportante per le varie sezioni di calcolo il cedimento valutato con la teoria della consolidazione edometrica di Terzaghi (che si ritiene approssimato per eccesso) e il metodo agli elementi finiti. Il medesimo calcolo applicato alla sezione della struttura briglia-ponte porta a una stima dei cedimenti pari a 42 cm con il metodo di Terzaghi e 14 cm con il metodo FEM. Visti i differenziali limitati, si ritiene che i cedimenti stimati siano compatibili con i requisiti di sicurezza e funzionalità dell'opera. In corso d'opera sarà necessario mettere in atto i controlli e il monitoraggio di cui al successivo capitolo 9.

La presenza di lenti di sabbia con ghiaietto (unità 4) lungo l'asse del rilevato di progetto, non modellate in quanto discontinue e di limitata estensione, può ridurre notevolmente le altezze di drenaggio e di conseguenza i tempi necessari al completamento del processo di consolidazione primaria.

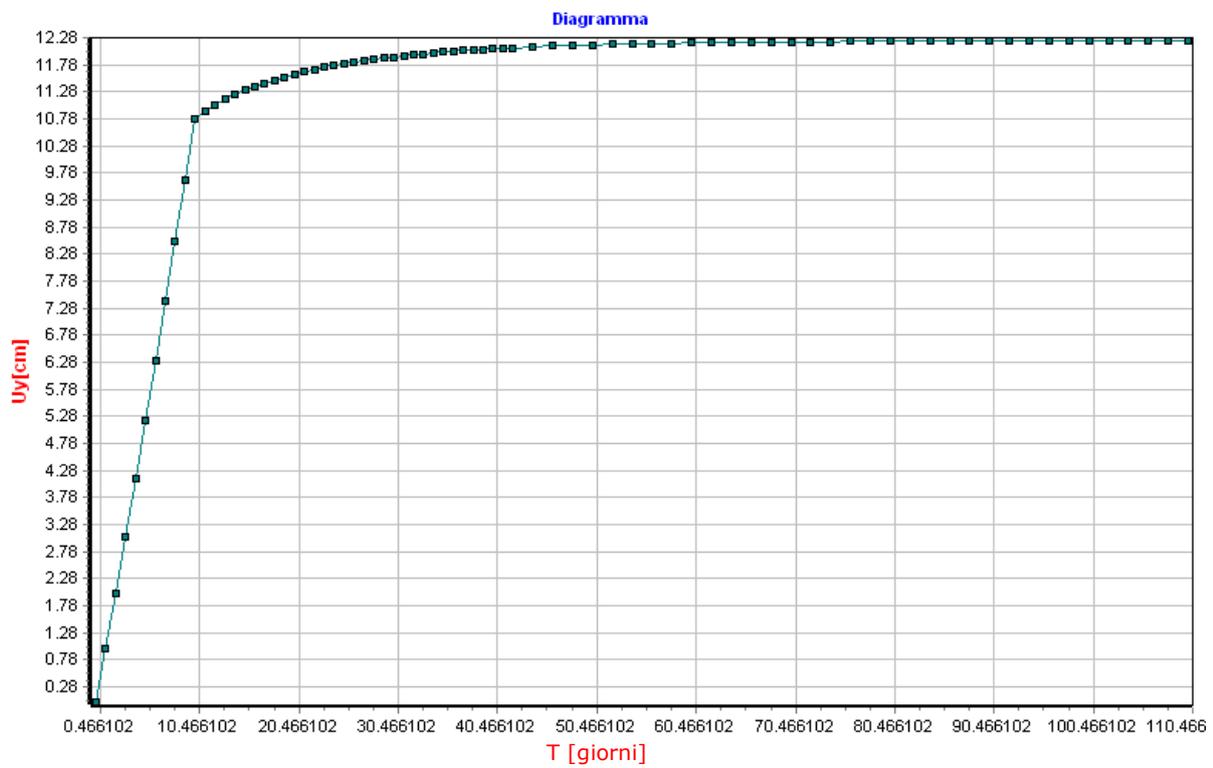
<b>Sezione</b>	<b>Progressiva</b>	<b>Comb.</b>	<b>Cedimento Terzaghi [cm]</b>	<b>dopo 100 giorni [cm]</b>	<b>Cedimento FEM [cm]</b>	<b>dopo 100 giorni [cm]</b>
Sezione 3	0+050	SLE q.p.	27	11	12	12
Sezione 7	0+150	SLE q.p.	46	17	22	22
Sezione 11	0+250	SLE q.p.	36	15	16	16
Sezione 15	0+350	SLE q.p.	28	12	9	8

Nelle figure che seguono si riportano in forma grafica i risultati delle valutazioni degli spostamenti effettuate con il metodo FEM sulle varie sezioni di calcolo, con i diagrammi del decorso a 100 giorni dalla costruzione dei cedimenti della sommità del rilevato.

Mapa degli spostamenti in direzione verticale con metodo FEM

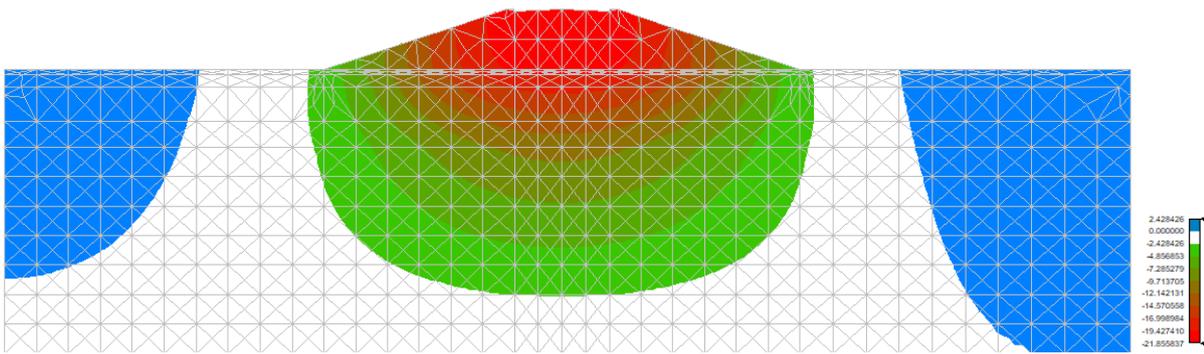


Decorso nel tempo dei cedimenti della sommità del rilevato con metodo FEM

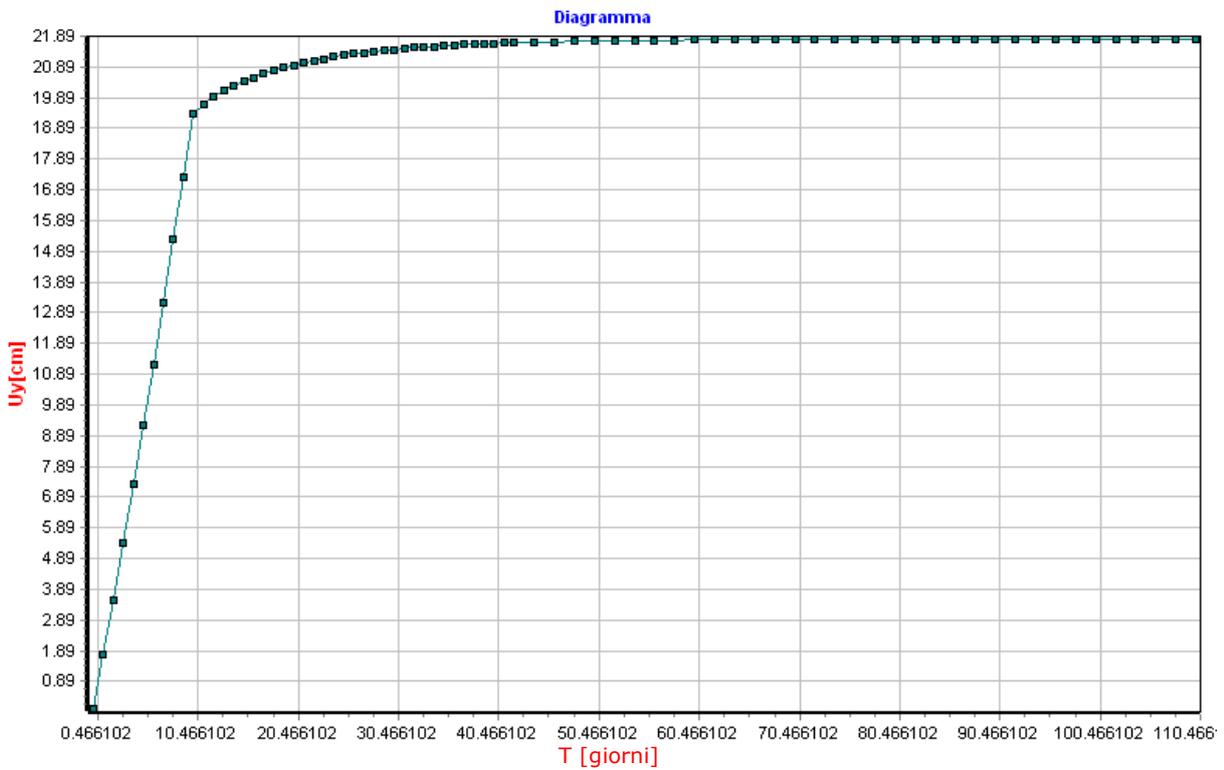


Sezione 3 - progressiva 0+050

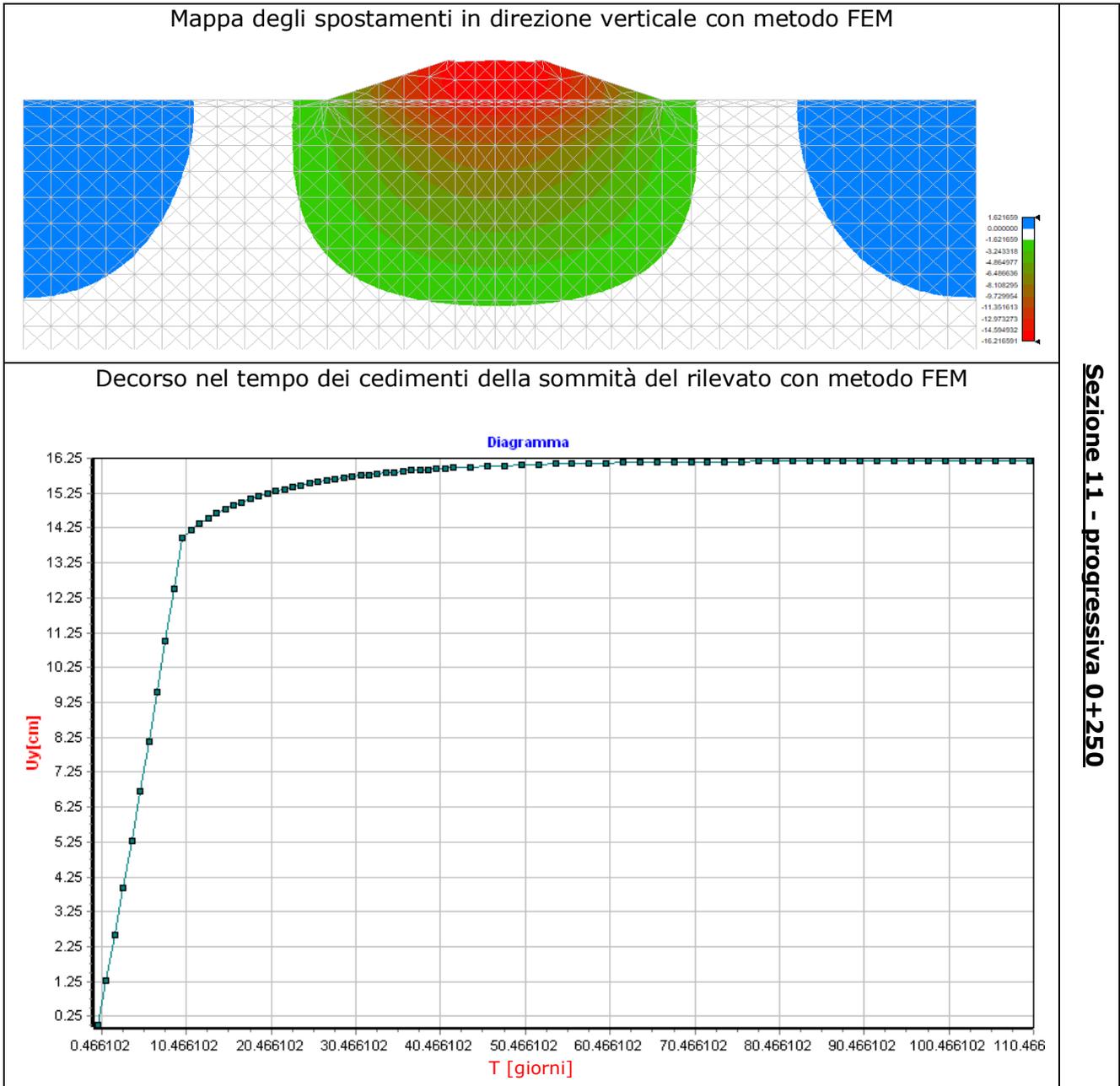
Mapa degli spostamenti in direzione verticale con metodo FEM



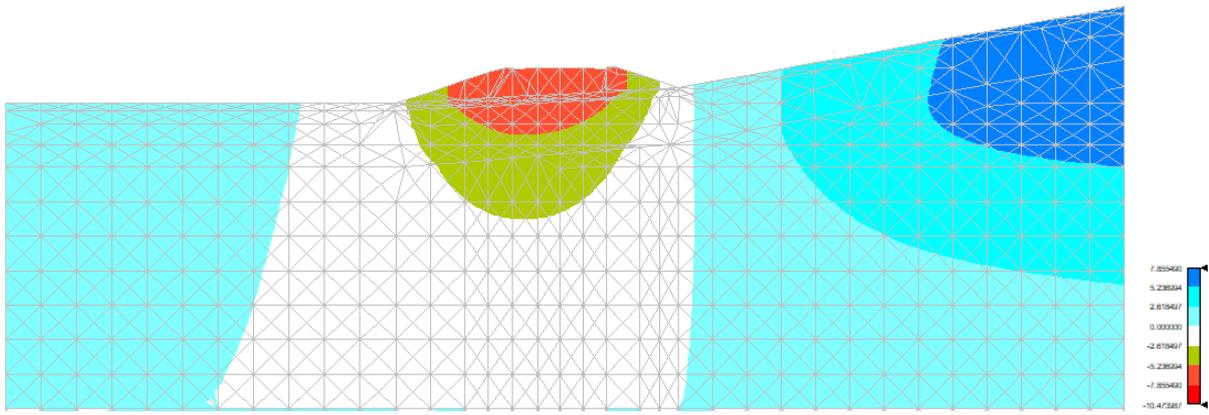
Decorso nel tempo dei cedimenti della sommità del rilevato con metodo FEM



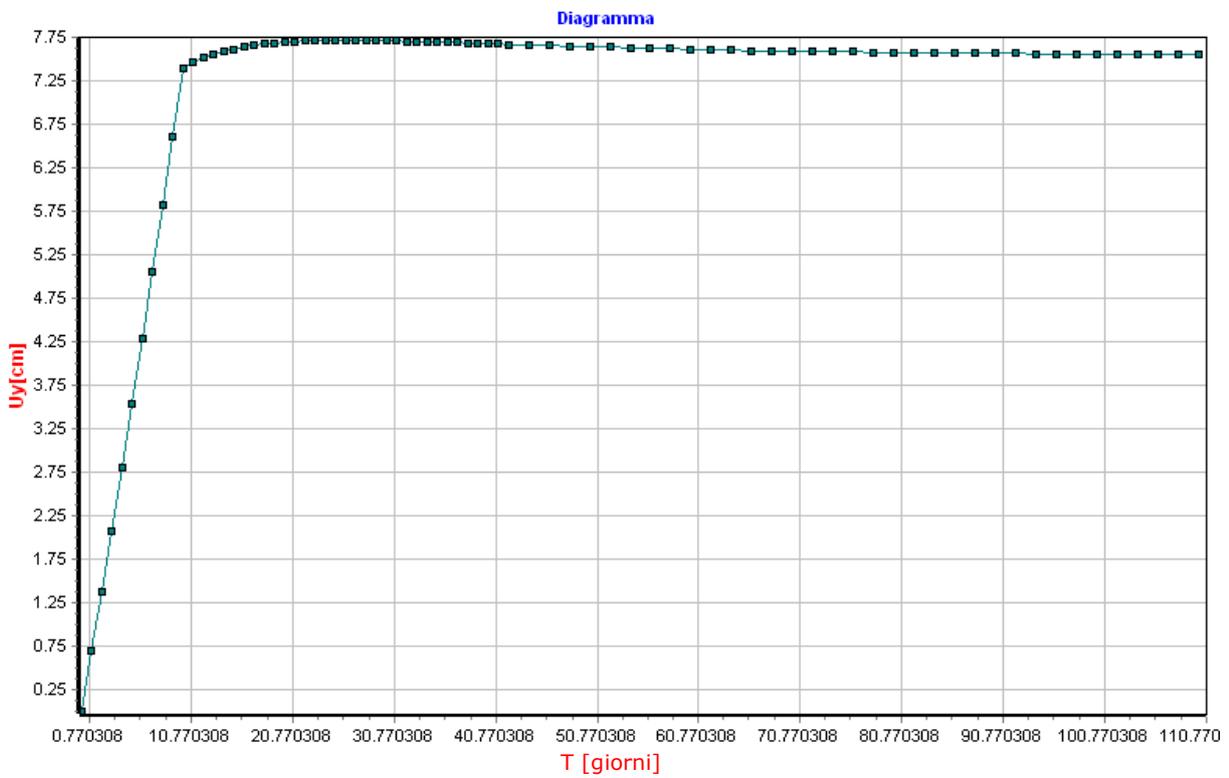
Sezione 7 - progressiva 0+150



Mapa degli spostamenti in direzione verticale con metodo FEM



Decorso nel tempo dei cedimenti della sommità del rilevato con metodo FEM



Sezione 15 - progressiva 0+350

## **9. Controlli e monitoraggio**

Ai sensi del § 6.8.5 delle NTC durante la costruzione devono essere eseguite prove di controllo della densità, della permeabilità e delle proprietà meccaniche del terreno costipato che costituirà il rilevato. Il progetto esecutivo definirà il programma di prove, in modo da assicurare un congruo numero di misure significative. Sempre durante la costruzione dovranno inoltre essere monitorati gli spostamenti del rilevato, al fine di misurare il decorso nel tempo dei cedimenti, e poter dunque provvedere al ricarico del rilevato preliminarmente all'avvio della realizzazione della soprastruttura stradale.

**Allegato: tabulati di calcolo delle verifiche di stabilità**

## Sezione 3 - SLU

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c <sub>u</sub>	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0_rilevato progetto	1950	2100	28.00	0.100
2	1_colture agraria	1800	1850	28.00	0.000
3	2_limi sabbiosi	1850	1900	28.00	0.100
4	3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	28.00	0.200

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	58.00
2	34.71	58.00
3	45.00	61.42
4	45.69	61.42
5	45.75	61.27
6	54.24	60.98
7	54.30	61.13
8	55.00	61.13
9	64.39	58.00
10	101.00	58.00

#### Descrizione stratigrafia

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (3\_limo argilloso sabbioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	51.79
2	0.00	0.00
3	101.00	0.00
4	101.00	51.79

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	64.39	58.00
2	55.00	61.13
3	54.30	61.13
4	54.24	60.98
5	45.75	61.27
6	45.69	61.42
7	45.00	61.42

n°	X	Y
	[m]	[m]
8	34.71	58.00
9	34.71	57.80
10	64.39	57.80

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (1\_coltre agraria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	101.00	57.59
2	101.00	58.00
3	64.39	58.00
4	64.39	57.80
5	34.71	57.80
6	34.71	58.00
7	0.00	58.00
8	0.00	57.59
9	40.55	57.59

Strato N° 4 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	40.55	57.59
2	0.00	57.59
3	0.00	51.79
4	101.00	51.79
5	101.00	54.00
6	89.40	54.00
7	70.61	54.19
8	64.53	54.43
9	59.23	54.82
10	54.31	55.38
11	48.69	56.22

Strato N° 5 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	101.00	54.00
2	101.00	57.59
3	40.55	57.59
4	48.69	56.22
5	54.31	55.38
6	59.23	54.82
7	64.53	54.43
8	70.61	54.19
9	89.40	54.00

## Descrizione falda

### *Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	58.00
2	34.71	58.00
3	37.52	58.93
4	37.89	58.04
5	38.50	57.93
6	38.70	57.83
7	39.40	57.79
8	40.55	57.59
9	48.69	56.22
10	54.31	55.38
11	59.23	54.82
12	64.53	54.43

n°	X	Y
	[m]	[m]
13	70.61	54.19
14	89.40	54.00
15	101.00	54.00

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

$P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_x, V_x', V_y, V_y'$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$	$P_f$	$V_y$	$V_x$
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Traffico	Variabile	0.20	45.75 61.27	54.25 61.27	2000 2000	0 0

### Dati zona sismica

#### Identificazione del sito

Latitudine 43.718611  
 Longitudine 10.942519  
 Comune Empoli  
 Provincia Firenze  
 Regione Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 20276 - 20277 - 20055 - 20054

#### Tipo di opera

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari  
 Vita nominale 50 anni  
 Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose  
 Vita di riferimento 50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.188	0.522
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.121	0.053
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

#### Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	5.52	3.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.76	1.50

### Dati normativa

**Normativa :**  
**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 58.00$
Passo maglia	[m]	$dX = 5.00$	$dY = 5.00$
Numero passi		$N_x = 14$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 5.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 13

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	183
Coefficiente di sicurezza minimo	1.898
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU	183	1.898	1	173.517	183

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	40.00	63.00	7.50	34.41	47.29	42.24	1.898 (J)	[A2M2]	--
2	C	40.00	68.00	12.50	32.50	50.43	56.56	1.970 (J)	[A2M2]	--
3	C	40.00	63.00	10.00	31.34	49.82	92.99	2.028 (J)	[A2M2]	--
4	C	40.00	68.00	15.00	28.82	53.27	118.30	2.161 (J)	[A2M2]	--
5	C	35.00	73.00	17.50	25.99	47.92	52.02	2.169 (J)	[A2M2]	--
6	C	35.00	68.00	15.00	23.82	48.36	102.81	2.176 (J)	[A2M2]	--
7	C	40.00	73.00	17.50	30.99	52.77	67.59	2.214 (J)	[A2M2]	--
8	C	40.00	68.00	10.00	36.55	47.35	16.77	2.251 (J)	[A2M2]	--
9	C	35.00	73.00	20.00	21.77	51.07	123.61	2.271 (J)	[A2M2]	--
10	C	35.00	78.00	22.50	24.69	49.89	61.60	2.273 (J)	[A2M2]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

#### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce 32  
 Coordinate del centro X[m]= 40.00 Y[m]= 63.00  
 Raggio del cerchio R[m]= 7.50  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 34.41 Y<sub>v</sub>[m]= 58.00  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 47.29 Y<sub>m</sub>[m]= 61.22  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.898

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	34.41	58.00	58.00	34.71	58.00	57.68	34.61	57.89	0.44	-46.52	23.04	0.00
2	34.71	58.00	57.68	35.18	58.16	57.26	34.98	57.76	0.63	-42.43	23.04	0.06
3	35.18	58.16	57.26	35.65	58.31	56.89	35.43	57.65	0.59	-37.74	23.04	0.08
4	35.65	58.31	56.89	36.12	58.47	56.58	35.89	57.56	0.56	-33.34	23.04	0.08
5	36.12	58.47	56.58	36.58	58.62	56.32	36.36	57.50	0.54	-29.15	23.04	0.08
6	36.58	58.62	56.32	37.05	58.78	56.10	36.82	57.46	0.52	-25.12	23.04	0.08
7	37.05	58.78	56.10	37.52	58.93	55.92	37.29	57.43	0.50	-21.23	23.04	0.08
8	37.52	58.93	55.92	37.89	59.06	55.80	37.71	57.43	0.39	-17.82	23.04	0.08
9	37.89	59.06	55.80	38.20	59.16	55.72	38.04	57.43	0.32	-15.13	23.04	0.08
10	38.20	59.16	55.72	38.50	59.26	55.65	38.35	57.45	0.31	-12.73	23.04	0.08
11	38.50	59.26	55.65	38.70	59.33	55.61	38.60	57.46	0.20	-10.76	23.04	0.08
12	38.70	59.33	55.61	39.05	59.44	55.56	38.88	57.49	0.35	-8.63	23.04	0.08
13	39.05	59.44	55.56	39.40	59.56	55.52	39.23	57.52	0.35	-5.93	23.04	0.08
14	39.40	59.56	55.52	39.78	59.69	55.50	39.59	57.57	0.38	-3.12	23.04	0.08
15	39.78	59.69	55.50	40.17	59.81	55.50	39.98	57.63	0.38	-0.19	23.04	0.08
16	40.17	59.81	55.50	40.55	59.94	55.52	40.36	57.69	0.38	2.74	23.04	0.08
17	40.55	59.94	55.52	41.04	60.11	55.57	40.80	57.79	0.50	6.11	23.04	0.08
18	41.04	60.11	55.57	41.54	60.27	55.66	41.29	57.90	0.50	9.92	23.04	0.08
19	41.54	60.27	55.66	42.03	60.43	55.78	41.79	58.04	0.51	13.79	23.04	0.08
20	42.03	60.43	55.78	42.53	60.60	55.94	42.28	58.19	0.52	17.71	23.04	0.08
21	42.53	60.60	55.94	43.02	60.76	56.14	42.77	58.36	0.53	21.73	23.04	0.08
22	43.02	60.76	56.14	43.52	60.93	56.38	43.27	58.55	0.55	25.86	23.04	0.08
23	43.52	60.93	56.38	44.01	61.09	56.66	43.76	58.76	0.57	30.15	23.04	0.08
24	44.01	61.09	56.66	44.51	61.26	57.00	44.26	59.00	0.60	34.63	23.04	0.08
25	44.51	61.26	57.00	45.00	61.42	57.41	44.75	59.27	0.64	39.37	23.04	0.08
26	45.00	61.42	57.41	45.34	61.42	57.74	45.17	59.50	0.48	43.63	23.04	0.04
27	45.34	61.42	57.74	45.69	61.42	58.11	45.51	59.67	0.51	47.40	23.04	0.07
28	45.69	61.42	58.11	45.75	61.27	58.18	45.72	59.75	0.09	49.70	23.04	0.08
29	45.75	61.27	58.18	46.13	61.26	58.68	45.94	59.85	0.63	52.46	23.04	0.08
30	46.13	61.26	58.68	46.52	61.24	59.29	46.32	60.11	0.72	57.61	23.04	0.08
31	46.52	61.24	59.29	46.90	61.23	60.06	46.69	60.44	0.86	63.65	23.04	0.08
32	46.90	61.23	60.06	47.29	61.22	61.22	47.03	60.84	1.22	71.60	23.04	0.08

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	88	0	77	17	69	0	118	0	0	
2	563	0	714	369	386	118	1132	0	0	
3	1067	0	1037	482	686	1132	2568	0	0	
4	1519	0	1231	512	924	2568	4180	0	0	
5	1925	0	1383	536	1120	4180	5867	0	0	
6	2292	0	1507	556	1285	5867	7556	0	0	
7	2624	0	1611	573	1427	7556	9190	0	0	
8	2259	0	1515	503	1019	9190	10445	0	0	
9	1965	0	1449	458	711	10445	11451	0	0	
10	2067	0	1515	471	710	11451	12401	0	0	
11	1406	0	1034	318	458	12401	12991	0	0	
12	2550	0	1875	569	791	12991	13954	0	0	
13	2659	0	1939	583	794	13954	14817	0	0	
14	3128	0	2308	679	861	14817	15667	0	0	
15	3237	0	2401	700	839	15667	16378	0	0	
16	3332	0	2491	720	811	16378	16939	0	0	
17	4415	0	3342	959	995	16939	17431	0	0	
18	4522	0	3489	993	928	17431	17648	0	0	
19	4593	0	3631	1028	846	17648	17580	0	0	
20	4631	0	3774	1065	747	17580	17219	0	0	
21	4632	0	3920	1103	627	17219	16560	0	0	
22	4596	0	4071	1144	482	16560	15603	0	0	
23	4517	0	4230	1189	303	15603	14355	0	0	
24	4390	0	4400	1239	80	14355	12829	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
25	3948	0	4127	1194	0	12829	11135	0	0	
26	2576	0	2846	748	0	11135	9712	0	0	
27	2350	0	2634	770	0	9712	8294	0	0	
28	374	0	421	133	0	8294	8059	0	0	
29	2117	998	3691	1093	0	8059	5799	0	0	
30	1694	998	3362	1055	0	5799	3525	0	0	
31	1168	998	2853	1004	0	3525	1414	0	0	
32	437	998	1795	915	0	1414	0	0	0	

## Sezione 3 - SLV

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0_rilevato progetto	1950	2100	28.00	0.100
2	1_colture agraria	1800	1850	28.00	0.000
3	2_limi sabbiosi	1850	1900	28.00	0.100
4	3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	28.00	0.200

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	58.00
2	34.71	58.00
3	45.00	61.42
4	45.69	61.42
5	45.75	61.27
6	54.24	60.98
7	54.30	61.13
8	55.00	61.13
9	64.39	58.00
10	101.00	58.00

#### Descrizione stratigrafia

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (3\_limo argilloso sabbioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	51.79
2	0.00	0.00
3	101.00	0.00
4	101.00	51.79

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	64.39	58.00
2	55.00	61.13
3	54.30	61.13
4	54.24	60.98
5	45.75	61.27
6	45.69	61.42
7	45.00	61.42

n°	X	Y
	[m]	[m]
8	34.71	58.00
9	34.71	57.80
10	64.39	57.80

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (1\_coltre agraria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	101.00	57.59
2	101.00	58.00
3	64.39	58.00
4	64.39	57.80
5	34.71	57.80
6	34.71	58.00
7	0.00	58.00
8	0.00	57.59
9	40.55	57.59

Strato N° 4 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	101.00	54.00
2	101.00	57.59
3	40.55	57.59
4	0.00	57.59
5	0.00	51.79
6	101.00	51.79

## Descrizione falda

### Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	54.00
2	101.00	54.00

## Carichi sul profilo

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

$P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{X_i}, V_{X_f}, V_{Y_i}, V_{Y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$	$P_f$	$V_y$	$V_x$
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Traffico	Variabile	0.20	45.75 61.27	54.25 61.27	2000 2000	0 0

## Dati zona sismica

### Identificazione del sito

Latitudine	43.718611
Longitudine	10.942519
Comune	Empoli
Provincia	Firenze
Regione	Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 20276 - 20277 - 20055 - 20054

### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.188	0.522
Accelerazione al suolo	$a_g/q$	[%]		0.121	0.053
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

### Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	5.52	3.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.76	1.50

### Dati normativa

**Normativa :**  
**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 58.00$
Passo maglia	[m]	$dX = 5.00$	$dY = 5.00$
Numero passi		$N_x = 14$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 5.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 13

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	732
Coefficiente di sicurezza minimo	2.660
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU	732	2.660	1	15.789	732

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza  
 caso caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	40.00	63.00	7.50	34.41	47.29	42.24	2.660 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
2	C	40.00	63.00	7.50	34.41	47.29	42.24	2.674 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
3	C	40.00	63.00	7.50	34.41	47.29	42.24	2.699 (J)	[A2M2]	[SLV] H-V
4	C	40.00	63.00	7.50	34.41	47.29	42.24	2.714 (J)	[A2M2]	[SLV] H+V
5	C	40.00	68.00	12.50	32.50	50.43	56.56	2.770 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
6	C	40.00	68.00	12.50	32.50	50.43	56.56	2.776 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
7	C	40.00	68.00	12.50	32.50	50.43	56.56	2.818 (J)	[A2M2]	[SLV] H-V
8	C	40.00	68.00	12.50	32.50	50.43	56.56	2.826 (J)	[A2M2]	[SLV] H+V
9	C	40.00	68.00	10.00	36.55	47.35	16.76	2.826 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
10	C	40.00	68.00	10.00	36.55	47.35	16.76	2.864 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m  
 Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m  
 Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m  
 X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m  
 Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq  
 L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce	29	
Coordinate del centro	X[m]= 40.00	Y[m]= 63.00
Raggio del cerchio	R[m]= 7.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 34.41	Y <sub>v</sub> [m]= 58.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 47.29	Y <sub>m</sub> [m]= 61.22
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 2.660	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	34.41	58.00	58.00	34.71	58.00	57.68	34.61	57.89	0.44	-46.52	28.00	0.00
2	34.71	58.00	57.68	35.20	58.16	57.24	35.00	57.76	0.66	-42.32	28.00	0.08
3	35.20	58.16	57.24	35.69	58.33	56.86	35.46	57.64	0.62	-37.43	28.00	0.10
4	35.69	58.33	56.86	36.18	58.49	56.55	35.95	57.55	0.58	-32.85	28.00	0.10
5	36.18	58.49	56.55	36.67	58.65	56.28	36.43	57.49	0.56	-28.49	28.00	0.10
6	36.67	58.65	56.28	37.16	58.81	56.06	36.92	57.45	0.54	-24.31	28.00	0.10
7	37.16	58.81	56.06	37.65	58.98	55.88	37.41	57.43	0.52	-20.26	28.00	0.10
8	37.65	58.98	55.88	38.14	59.14	55.73	37.90	57.43	0.51	-16.31	28.00	0.10
9	38.14	59.14	55.73	38.63	59.30	55.63	38.39	57.45	0.50	-12.44	28.00	0.10
10	38.63	59.30	55.63	39.12	59.47	55.55	38.88	57.49	0.50	-8.63	28.00	0.10
11	39.12	59.47	55.55	39.61	59.63	55.51	39.37	57.54	0.49	-4.86	28.00	0.10
12	39.61	59.63	55.51	40.10	59.79	55.50	39.86	57.61	0.49	-1.11	28.00	0.10
13	40.10	59.79	55.50	40.59	59.95	55.52	40.35	57.69	0.49	2.64	28.00	0.10
14	40.59	59.95	55.52	41.08	60.12	55.58	40.84	57.79	0.49	6.40	28.00	0.10
15	41.08	60.12	55.58	41.57	60.28	55.67	41.33	57.91	0.50	10.18	28.00	0.10
16	41.57	60.28	55.67	42.06	60.44	55.79	41.82	58.04	0.51	14.01	28.00	0.10
17	42.06	60.44	55.79	42.55	60.61	55.95	42.31	58.20	0.51	17.91	28.00	0.10
18	42.55	60.61	55.95	43.04	60.77	56.14	42.79	58.37	0.53	21.89	28.00	0.10
19	43.04	60.77	56.14	43.53	60.93	56.38	43.28	58.56	0.55	25.99	28.00	0.10
20	43.53	60.93	56.38	44.02	61.09	56.67	43.77	58.77	0.57	30.24	28.00	0.10
21	44.02	61.09	56.67	44.51	61.26	57.01	44.26	59.01	0.60	34.69	28.00	0.10
22	44.51	61.26	57.01	45.00	61.42	57.41	44.75	59.27	0.63	39.39	28.00	0.10
23	45.00	61.42	57.41	45.49	61.58	57.74	45.24	59.50	0.66	44.33	28.00	0.05
24	45.49	61.58	57.74	45.98	61.74	58.11	45.73	59.77	0.69	49.42	28.00	0.08
25	45.98	61.74	58.11	46.47	61.90	58.48	46.22	59.99	0.72	54.66	28.00	0.10
26	46.47	61.90	58.48	46.96	62.06	58.86	46.71	60.21	0.75	59.95	28.00	0.10
27	46.96	62.06	58.86	47.45	62.22	59.23	47.20	60.43	0.78	65.29	28.00	0.10
28	47.45	62.22	59.23	47.94	62.38	59.65	47.69	60.65	0.81	70.63	28.00	0.10
29	47.94	62.38	59.65	48.43	62.54	60.07	48.18	60.87	0.84	76.07	28.00	0.10

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	86	0	162	32	0	0	135	0	0	
2	572	0	1193	436	0	135	1226	0	0	
3	1100	0	1894	611	0	1226	2796	0	0	
4	1569	0	2371	693	0	2796	4570	0	0	
5	1988	0	2741	758	0	4570	6424	0	0	
6	2365	0	3038	809	0	6424	8270	0	0	
7	2702	0	3282	852	0	8270	10044	0	0	
8	3005	0	3485	889	0	10044	11695	0	0	
9	3275	0	3657	920	0	11695	13185	0	0	
10	3513	0	3804	947	0	13185	14480	0	0	
11	3721	0	3929	970	0	14480	15557	0	0	
12	3900	0	4037	991	0	15557	16392	0	0	
13	4050	0	4129	1010	0	16392	16967	0	0	
14	4170	0	4207	1026	0	16967	17269	0	0	
15	4261	0	4272	1041	0	17269	17282	0	0	
16	4321	0	4324	1054	0	17282	16999	0	0	
17	4350	0	4364	1066	0	16999	16410	0	0	
18	4344	0	4390	1076	0	16410	15511	0	0	
19	4302	0	4401	1085	0	15511	14299	0	0	
20	4220	0	4395	1092	0	14299	12775	0	0	

<b>N°</b>	<b>W</b>	<b>Q</b>	<b>N</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>E<sub>s</sub></b>	<b>E<sub>d</sub></b>	<b>X<sub>s</sub></b>	<b>X<sub>d</sub></b>	<b>ID</b>
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
21	4092	0	4367	1097	0	12775	10946	0	0	
22	3912	0	4310	1100	0	10946	8826	0	0	
23	2576	0	3001	698	0	8826	7106	0	0	
24	2350	0	2794	719	0	7106	5394	0	0	
25	374	0	449	125	0	5394	5110	0	0	
26	2117	154	2802	797	0	5110	3238	0	0	
27	1694	154	2378	745	0	3238	1518	0	0	
28	1168	154	1717	668	0	1518	196	0	0	
29	437	154	344	526	0	196	0	0	0	

## Sezione 7 - SLU

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso in gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0_rilevato progetto	1950	2100	28.00	0.100
2	1_colture agraria	1800	1850	28.00	0.000
3	2_limi sabbiosi	1850	1900	28.00	0.100
4	3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	28.00	0.200

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	55.60
2	28.66	55.60
3	44.99	61.04
4	45.69	61.04
5	45.74	60.89
6	49.99	61.00
7	54.24	60.89
8	54.29	61.04
9	54.99	61.04
10	71.33	55.60
11	101.00	55.60

#### Descrizione stratigrafia

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (3\_limo argilloso sabbioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	48.60
2	0.00	0.00
3	101.00	0.00
4	101.00	48.60

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	28.66	55.60
2	28.66	55.40
3	58.64	55.40
4	57.39	55.45
5	50.99	55.59
6	46.75	55.68

n°	X	Y
	[m]	[m]
7	45.49	55.79
8	43.54	55.86
9	41.13	56.40
10	39.41	56.49
11	38.75	56.40
12	38.23	56.86
13	37.75	57.63
14	32.82	56.42

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	55.10
2	0.00	48.60
3	101.00	48.60
4	101.00	55.09

Strato N° 4 costituito da terreno n° 2 (1\_coltre agraria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	101.00	55.09
2	101.00	55.60
3	71.33	55.60
4	71.33	55.40
5	58.64	55.40
6	28.66	55.40
7	28.66	55.60
8	0.00	55.60
9	0.00	55.10

Strato N° 5 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	58.64	55.40
2	71.33	55.40
3	71.33	55.60
4	54.99	61.04
5	54.29	61.04
6	54.24	60.89
7	49.99	61.00
8	45.74	60.89
9	45.69	61.04
10	44.99	61.04
11	28.66	55.60
12	32.82	56.42
13	37.75	57.63
14	38.23	56.86
15	38.75	56.40
16	39.41	56.49
17	41.13	56.40
18	43.54	55.86
19	45.49	55.79
20	46.75	55.68
21	50.99	55.59
22	57.39	55.45

## Descrizione falda

### *Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	55.60

n°	X [m]	Y [m]
2	28.66	55.60
3	32.82	56.42
4	37.75	57.63
5	38.23	56.86
6	38.75	56.40
7	39.41	56.49
8	41.13	56.40
9	43.54	55.86
10	45.49	55.79
11	46.75	55.68
12	50.99	55.59
13	57.39	55.45
14	63.87	55.19
15	72.32	54.77
16	85.98	54.27
17	101.00	54.03

### Carichi sul profilo

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

$P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_x, V_x', V_y, V_y'$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$V_y$ [kg/m]	$V_x$ [kg/m]
1	Traffico	Variabile	0.20	45.75 60.89	54.25 60.92	2000 2000	0 0

### Dati zona sismica

#### Identificazione del sito

Latitudine 43.718611  
 Longitudine 10.942519  
 Comune Empoli  
 Provincia Firenze  
 Regione Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 20276 - 20277 - 20055 - 20054

#### Tipo di opera

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari  
 Vita nominale 50 anni  
 Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose  
 Vita di riferimento 50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.188	0.522
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.121	0.053
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

Simbolo	SLV	SLD
---------	-----	-----

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g^*j_s^*S_t^*S)$	5.52	3.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.76	1.50

## Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 55.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 5.00$	$dY = 5.00$
Numero passi		$N_x = 14$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 5.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 13

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	237
Coefficiente di sicurezza minimo	1.564
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	237	1.564	1	452.290	237

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
N° numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub> ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub> ordinata y del centro [m]
R raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub> coefficiente di sicurezza
caso caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	35.00	70.60	17.50	25.99	49.63	86.86	1.564 (J)	[A2M2]	--
2	C	35.00	65.60	12.50	27.50	46.59	69.68	1.572 (J)	[A2M2]	--
3	C	35.00	65.60	15.00	23.82	49.27	137.73	1.582 (J)	[A2M2]	--
4	C	35.00	70.60	20.00	21.77	52.51	165.27	1.654 (J)	[A2M2]	--
5	C	35.00	75.60	22.50	24.69	52.07	101.45	1.672 (J)	[A2M2]	--
6	C	30.00	75.60	22.50	19.69	47.05	74.62	1.767 (J)	[A2M2]	--
7	C	30.00	70.60	20.00	16.77	47.51	138.44	1.771 (J)	[A2M2]	--
8	C	30.00	80.60	27.50	18.54	49.27	87.44	1.773 (J)	[A2M2]	--
9	C	30.00	75.60	25.00	15.00	50.29	162.16	1.779 (J)	[A2M2]	--
10	C	35.00	65.60	17.50	20.64	51.87	226.67	1.800 (J)	[A2M2]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Le strisce sono numerate da valle verso monte
N° numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W peso della striscia espressa in kg
Q carico applicato sulla striscia espressa in kg
N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce 53  
 Coordinate del centro X[m]= 35.00 Y[m]= 70.60  
 Raggio del cerchio R[m]= 17.50  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 25.99 Y<sub>v</sub>[m]= 55.60  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 49.63 Y<sub>m</sub>[m]= 60.99  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.564

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	25.99	55.60	55.60	26.43	55.60	55.34	26.28	55.51	0.52	-30.16	23.04	0.00
2	26.43	55.60	55.34	26.88	55.60	55.10	26.68	55.40	0.51	-28.49	23.04	0.00
3	26.88	55.60	55.10	27.32	55.60	54.87	27.11	55.29	0.50	-26.84	23.04	0.08
4	27.32	55.60	54.87	27.77	55.60	54.66	27.56	55.18	0.49	-25.21	23.04	0.08
5	27.77	55.60	54.66	28.21	55.60	54.47	28.00	55.08	0.49	-23.61	23.04	0.08
6	28.21	55.60	54.47	28.66	55.60	54.29	28.44	54.99	0.48	-22.03	23.04	0.08
7	28.66	55.60	54.29	29.12	55.75	54.12	28.90	54.94	0.49	-20.43	23.04	0.08
8	29.12	55.75	54.12	29.58	55.91	53.96	29.36	54.93	0.49	-18.83	23.04	0.08
9	29.58	55.91	53.96	30.05	56.06	53.82	29.82	54.94	0.48	-17.23	23.04	0.08
10	30.05	56.06	53.82	30.51	56.22	53.69	30.28	54.95	0.48	-15.66	23.04	0.08
11	30.51	56.22	53.69	30.97	56.37	53.57	30.74	54.96	0.48	-14.09	23.04	0.08
12	30.97	56.37	53.57	31.43	56.52	53.47	31.21	54.98	0.47	-12.53	23.04	0.08
13	31.43	56.52	53.47	31.90	56.68	53.38	31.67	55.01	0.47	-10.99	23.04	0.08
14	31.90	56.68	53.38	32.36	56.83	53.30	32.13	55.05	0.47	-9.45	23.04	0.08
15	32.36	56.83	53.30	32.82	56.99	53.24	32.59	55.09	0.47	-7.92	23.04	0.08
16	32.82	56.99	53.24	33.31	57.15	53.18	33.07	55.14	0.50	-6.34	23.04	0.08
17	33.31	57.15	53.18	33.81	57.31	53.14	33.56	55.20	0.49	-4.72	23.04	0.08
18	33.81	57.31	53.14	34.30	57.48	53.11	34.05	55.26	0.49	-3.10	23.04	0.08
19	34.30	57.48	53.11	34.79	57.64	53.10	34.55	55.33	0.49	-1.49	23.04	0.08
20	34.79	57.64	53.10	35.29	57.81	53.10	35.04	55.41	0.49	0.13	23.04	0.08
21	35.29	57.81	53.10	35.78	57.97	53.12	35.53	55.50	0.49	1.74	23.04	0.08
22	35.78	57.97	53.12	36.27	58.14	53.15	36.03	55.59	0.49	3.36	23.04	0.08
23	36.27	58.14	53.15	36.76	58.30	53.19	36.52	55.69	0.49	4.98	23.04	0.08
24	36.76	58.30	53.19	37.26	58.46	53.25	37.01	55.80	0.50	6.60	23.04	0.08
25	37.26	58.46	53.25	37.75	58.63	53.32	37.50	55.91	0.50	8.23	23.04	0.08
26	37.75	58.63	53.32	38.23	58.79	53.40	37.99	56.03	0.49	9.84	23.04	0.08
27	38.23	58.79	53.40	38.49	58.87	53.45	38.36	56.13	0.26	11.07	23.04	0.08
28	38.49	58.87	53.45	38.75	58.96	53.51	38.62	56.20	0.27	11.94	23.04	0.08
29	38.75	58.96	53.51	39.08	59.07	53.58	38.92	56.28	0.34	12.93	23.04	0.08
30	39.08	59.07	53.58	39.41	59.18	53.66	39.25	56.37	0.34	14.04	23.04	0.08
31	39.41	59.18	53.66	39.84	59.32	53.78	39.63	56.49	0.45	15.33	23.04	0.08
32	39.84	59.32	53.78	40.27	59.47	53.91	40.06	56.62	0.45	16.79	23.04	0.08
33	40.27	59.47	53.91	40.70	59.61	54.05	40.49	56.76	0.45	18.27	23.04	0.08
34	40.70	59.61	54.05	41.13	59.75	54.21	40.91	56.91	0.46	19.76	23.04	0.08
35	41.13	59.75	54.21	41.61	59.91	54.40	41.37	57.07	0.52	21.35	23.04	0.08
36	41.61	59.91	54.40	42.09	60.08	54.60	41.85	57.25	0.52	23.06	23.04	0.08
37	42.09	60.08	54.60	42.58	60.24	54.82	42.33	57.43	0.53	24.78	23.04	0.08
38	42.58	60.24	54.82	43.06	60.40	55.07	42.82	57.63	0.54	26.53	23.04	0.08
39	43.06	60.40	55.07	43.54	60.56	55.33	43.30	57.84	0.55	28.31	23.04	0.01
40	43.54	60.56	55.33	44.02	60.72	55.61	43.78	58.05	0.56	30.12	23.04	0.06
41	44.02	60.72	55.61	44.51	60.88	55.91	44.26	58.28	0.57	31.97	23.04	0.08
42	44.51	60.88	55.91	44.99	61.04	56.23	44.75	58.51	0.58	33.86	23.04	0.08
43	44.99	61.04	56.23	45.49	61.04	56.59	45.24	58.72	0.62	35.82	23.04	0.08
44	45.49	61.04	56.59	45.69	61.04	56.74	45.59	58.85	0.25	37.24	23.04	0.08
45	45.69	61.04	56.74	45.74	60.89	56.78	45.71	58.86	0.06	37.76	23.04	0.08
46	45.74	60.89	56.78	46.23	60.90	57.17	45.98	58.94	0.62	38.88	23.04	0.08
47	46.23	60.90	57.17	46.71	60.92	57.60	46.46	59.15	0.64	40.95	23.04	0.08
48	46.71	60.92	57.60	47.20	60.93	58.05	46.95	59.37	0.67	43.10	23.04	0.08
49	47.20	60.93	58.05	47.68	60.94	58.54	47.43	59.61	0.69	45.32	23.04	0.08
50	47.68	60.94	58.54	48.17	60.95	59.07	47.92	59.87	0.72	47.63	23.04	0.08
51	48.17	60.95	59.07	48.65	60.97	59.65	48.40	60.15	0.76	50.04	23.04	0.08
52	48.65	60.97	59.65	49.14	60.98	60.29	48.87	60.45	0.80	52.59	23.04	0.08
53	49.14	60.98	60.29	49.63	60.99	60.99	49.30	60.75	0.85	55.30	23.04	0.08

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	107	0	67	18	67	0	83	0	0	
2	313	0	192	52	193	83	313	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
3	508	0	454	377	306	313	992	0	0	
4	693	0	544	400	409	992	1760	0	0	
5	864	0	623	418	503	1760	2594	0	0	
6	1023	0	692	434	587	2594	3476	0	0	
7	1311	0	870	489	712	3476	4486	0	0	
8	1601	0	1044	534	830	4486	5595	0	0	
9	1878	0	1206	575	939	5595	6781	0	0	
10	2143	0	1357	615	1041	6781	8019	0	0	
11	2396	0	1499	651	1135	8019	9292	0	0	
12	2637	0	1631	686	1223	9292	10581	0	0	
13	2867	0	1756	718	1304	10581	11870	0	0	
14	3085	0	1873	749	1380	11870	13143	0	0	
15	3292	0	1983	778	1449	13143	14386	0	0	
16	3728	0	2224	858	1623	14386	15664	0	0	
17	3940	0	2325	885	1702	15664	16878	0	0	
18	4138	0	2419	910	1775	16878	18013	0	0	
19	4324	0	2507	934	1842	18013	19060	0	0	
20	4496	0	2590	956	1904	19060	20006	0	0	
21	4655	0	2667	977	1961	20006	20843	0	0	
22	4802	0	2739	997	2012	20843	21560	0	0	
23	4935	0	2806	1016	2059	21560	22151	0	0	
24	5055	0	2869	1034	2100	22151	22607	0	0	
25	5162	0	2927	1051	2136	22607	22922	0	0	
26	5083	0	3078	1086	1893	22922	23143	0	0	
27	2763	0	1813	629	879	23143	23243	0	0	
28	2772	0	1889	650	807	23243	23321	0	0	
29	3536	0	2460	842	974	23321	23373	0	0	
30	3559	0	2489	851	967	23373	23360	0	0	
31	4663	0	3298	1125	1228	23360	23248	0	0	
32	4681	0	3371	1146	1172	23248	23034	0	0	
33	4688	0	3442	1168	1110	23034	22716	0	0	
34	4686	0	3511	1188	1042	22716	22295	0	0	
35	5234	0	4030	1361	1057	22295	21710	0	0	
36	5197	0	4143	1395	911	21710	21014	0	0	
37	5144	0	4254	1428	752	21014	20212	0	0	
38	5075	0	4362	1462	580	20212	19312	0	0	
39	4991	0	4587	1280	393	19312	18076	0	0	
40	4901	0	4603	1461	216	18076	16922	0	0	
41	4758	0	4602	1543	44	16922	15770	0	0	
42	4609	0	4525	1528	0	15770	14518	0	0	
43	4512	0	4462	1529	0	14518	13147	0	0	
44	1705	0	1694	589	0	13147	12591	0	0	
45	410	0	407	143	0	12591	12454	0	0	
46	3710	1237	5001	1679	0	12454	10622	0	0	
47	3337	1263	4697	1606	0	10622	8757	0	0	
48	2934	1263	4328	1517	0	8757	6907	0	0	
49	2498	1263	3915	1418	0	6907	5121	0	0	
50	2025	1263	3447	1306	0	5121	3454	0	0	
51	1511	1263	2912	1179	0	3454	1979	0	0	
52	947	1263	2289	1031	0	1979	787	0	0	
53	326	1263	1552	858	0	787	0	0	0	

## Sezione 7 - SLV

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso in gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0_rilevato progetto	1950	2100	28.00	0.100
2	1_colture agraria	1800	1850	28.00	0.000
3	2_limi sabbiosi	1850	1900	28.00	0.100
4	3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	28.00	0.200

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	55.60
2	28.66	55.60
3	44.99	61.04
4	45.69	61.04
5	45.74	60.89
6	49.99	61.00
7	54.24	60.89
8	54.29	61.04
9	54.99	61.04
10	71.33	55.60
11	101.00	55.60

#### Descrizione stratigrafia

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (3\_limo argilloso sabbioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	48.60
2	0.00	0.00
3	101.00	0.00
4	101.00	48.60

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	58.64	55.40
2	71.33	55.40
3	71.33	55.60
4	54.99	61.04
5	54.29	61.04
6	54.24	60.89

n°	X	Y
	[m]	[m]
7	49.99	61.00
8	45.74	60.89
9	45.69	61.04
10	44.99	61.04
11	28.66	55.60
12	28.66	55.40

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	55.10
2	0.00	48.60
3	101.00	48.60
4	101.00	55.09

Strato N° 4 costituito da terreno n° 2 (1\_coltre agraria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	101.00	55.09
2	101.00	55.60
3	71.33	55.60
4	71.33	55.40
5	58.64	55.40
6	28.66	55.40
7	28.66	55.60
8	0.00	55.60
9	0.00	55.10

### Descrizione falda

#### Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	54.00
2	101.00	54.00

### Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

$P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_x, V_x', V_y, V_y'$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

#### Carichi distribuiti

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$	$P_f$	$V_y$	$V_x$
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Traffico	Variabile	0.20	45.75 60.89	54.25 60.92	2000 2000	0 0

### Dati zona sismica

#### Identificazione del sito

Latitudine	43.718611
Longitudine	10.942519
Comune	Empoli
Provincia	Firenze
Regione	Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 20276 - 20277 - 20055 - 20054

### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.188	0.522
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.121	0.053
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

### Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	5.52	3.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	2.76	1.50

### Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 55.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 5.00$	$dY = 5.00$
Numero passi		$N_x = 14$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 5.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 13

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	947
Coefficiente di sicurezza minimo	2.097
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU	947	2.097	1	16.607	947

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	35.00	65.60	12.50	27.50	46.59	69.67	2.097 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
2	C	35.00	65.60	12.50	27.50	46.59	69.67	2.102 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
3	C	35.00	65.60	15.00	23.82	49.27	137.73	2.112 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
4	C	35.00	65.60	12.50	27.50	46.59	69.67	2.126 (J)	[A2M2]	[SLV] H-V
5	C	35.00	65.60	15.00	23.82	49.27	137.73	2.129 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
6	C	35.00	65.60	12.50	27.50	46.59	69.67	2.132 (J)	[A2M2]	[SLV] H+V
7	C	35.00	70.60	17.50	25.99	49.63	86.86	2.146 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
8	C	35.00	65.60	15.00	23.82	49.27	137.73	2.146 (J)	[A2M2]	[SLV] H+V
9	C	35.00	70.60	17.50	25.99	49.63	86.86	2.148 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
10	C	35.00	65.60	15.00	23.82	49.27	137.73	2.161 (J)	[A2M2]	[SLV] H-V

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espressa in kg
Q	carico applicato sulla striscia espressa in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce	41	
Coordinate del centro	X[m]= 35.00	Y[m]= 65.60
Raggio del cerchio	R[m]= 12.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 27.50	Y <sub>v</sub> [m]= 55.60
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 46.59	Y <sub>m</sub> [m]= 60.91
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 2.097	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	27.50	55.60	55.60	27.89	55.60	55.32	27.76	55.51	0.48	-35.78	28.00	0.00
2	27.89	55.60	55.32	28.27	55.60	55.06	28.10	55.39	0.46	-33.62	28.00	0.01
3	28.27	55.60	55.06	28.66	55.60	54.83	28.48	55.27	0.45	-31.52	28.00	0.10
4	28.66	55.60	54.83	29.15	55.76	54.55	28.93	55.18	0.57	-29.18	28.00	0.10
5	29.15	55.76	54.55	29.65	55.93	54.30	29.41	55.14	0.55	-26.61	28.00	0.10
6	29.65	55.93	54.30	30.14	56.09	54.08	29.91	55.10	0.54	-24.10	28.00	0.10
7	30.14	56.09	54.08	30.64	56.26	53.89	30.40	55.08	0.53	-21.64	28.00	0.10
8	30.64	56.26	53.89	31.13	56.42	53.71	30.89	55.07	0.52	-19.22	28.00	0.10
9	31.13	56.42	53.71	31.63	56.59	53.56	31.39	55.07	0.52	-16.83	28.00	0.10
10	31.63	56.59	53.56	32.12	56.75	53.44	31.88	55.09	0.51	-14.47	28.00	0.10
11	32.12	56.75	53.44	32.62	56.92	53.33	32.37	55.11	0.51	-12.14	28.00	0.10
12	32.62	56.92	53.33	33.11	57.08	53.24	32.87	55.14	0.50	-9.83	28.00	0.10
13	33.11	57.08	53.24	33.61	57.25	53.18	33.36	55.19	0.50	-7.54	28.00	0.10
14	33.61	57.25	53.18	34.10	57.41	53.13	33.86	55.24	0.50	-5.25	28.00	0.10
15	34.10	57.41	53.13	34.60	57.58	53.11	34.35	55.31	0.50	-2.98	28.00	0.10
16	34.60	57.58	53.11	35.09	57.74	53.10	34.85	55.38	0.49	-0.71	28.00	0.10
17	35.09	57.74	53.10	35.59	57.91	53.11	35.34	55.47	0.50	1.56	28.00	0.10
18	35.59	57.91	53.11	36.08	58.07	53.15	35.84	55.56	0.50	3.83	28.00	0.10
19	36.08	58.07	53.15	36.58	58.24	53.20	36.33	55.66	0.50	6.11	28.00	0.10
20	36.58	58.24	53.20	37.07	58.40	53.27	36.83	55.78	0.50	8.40	28.00	0.10
21	37.07	58.40	53.27	37.57	58.57	53.37	37.32	55.90	0.50	10.70	28.00	0.10
22	37.57	58.57	53.37	38.06	58.73	53.48	37.82	56.04	0.51	13.02	28.00	0.10
23	38.06	58.73	53.48	38.56	58.90	53.62	38.31	56.18	0.51	15.36	28.00	0.10
24	38.56	58.90	53.62	39.05	59.06	53.77	38.80	56.34	0.52	17.72	28.00	0.10
25	39.05	59.06	53.77	39.55	59.23	53.96	39.30	56.50	0.53	20.12	28.00	0.10
26	39.55	59.23	53.96	40.04	59.39	54.16	39.79	56.68	0.54	22.56	28.00	0.10
27	40.04	59.39	54.16	40.54	59.56	54.39	40.29	56.88	0.55	25.04	28.00	0.10
28	40.54	59.56	54.39	41.03	59.72	54.65	40.78	57.08	0.56	27.57	28.00	0.10
29	41.03	59.72	54.65	41.53	59.89	54.94	41.28	57.30	0.57	30.16	28.00	0.10
30	41.53	59.89	54.94	42.02	60.05	55.26	41.77	57.53	0.59	32.82	28.00	0.05
31	42.02	60.05	55.26	42.52	60.22	55.61	42.27	57.78	0.61	35.57	28.00	0.06
32	42.52	60.22	55.61	43.01	60.38	56.00	42.76	58.05	0.63	38.41	28.00	0.10
33	43.01	60.38	56.00	43.51	60.55	56.44	43.26	58.34	0.66	41.37	28.00	0.10
34	43.51	60.55	56.44	44.00	60.71	56.93	43.75	58.65	0.69	44.47	28.00	0.10
35	44.00	60.71	56.93	44.50	60.88	57.47	44.24	58.99	0.74	47.74	28.00	0.10
36	44.50	60.88	57.47	44.99	61.04	58.09	44.74	59.36	0.79	51.24	28.00	0.10
37	44.99	61.04	58.09	45.49	61.20	58.78	45.24	59.74	0.84	54.94	28.00	0.10
38	45.49	61.20	58.78	46.00	61.37	59.54	45.74	60.14	0.89	58.84	28.00	0.10
39	45.99	61.37	59.54	46.51	61.54	60.44	46.24	60.56	0.94	62.94	28.00	0.10
40	46.50	61.54	60.44	47.02	61.71	61.44	46.74	61.00	0.99	67.24	28.00	0.10
41	47.02	61.71	61.44	47.53	61.89	62.44	47.24	61.50	1.04	71.74	28.00	0.10

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	97	0	151	38	0	0	113	0	0	
2	283	0	444	141	0	113	460	0	0	
3	458	0	813	422	0	460	1217	0	0	
4	916	0	1435	634	0	1217	2415	0	0	
5	1315	0	1887	742	0	2415	3845	0	0	
6	1689	0	2280	837	0	3845	5438	0	0	
7	2040	0	2615	917	9	5438	7136	0	0	
8	2399	0	2851	973	105	7136	8883	0	0	
9	2710	0	3036	1016	187	8883	10627	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
10	2999	0	3207	1057	256	10627	12336	0	0	
11	3268	0	3366	1095	313	12336	13984	0	0	
12	3518	0	3515	1131	359	13984	15548	0	0	
13	3748	0	3654	1165	394	15548	17008	0	0	
14	3959	0	3785	1197	420	17008	18348	0	0	
15	4152	0	3909	1228	436	18348	19550	0	0	
16	4326	0	4028	1257	444	19550	20603	0	0	
17	4481	0	4140	1286	442	20603	21494	0	0	
18	4618	0	4248	1314	431	21494	22215	0	0	
19	4737	0	4352	1341	411	22215	22757	0	0	
20	4837	0	4452	1367	382	22757	23114	0	0	
21	4918	0	4549	1394	343	23114	23280	0	0	
22	4979	0	4643	1419	293	23280	23252	0	0	
23	5020	0	4734	1445	232	23252	23030	0	0	
24	5041	0	4823	1471	158	23030	22612	0	0	
25	5041	0	4910	1496	71	22612	22000	0	0	
26	4992	0	4942	1509	0	22000	21198	0	0	
27	4951	0	4924	1509	0	21198	20184	0	0	
28	4886	0	4891	1506	0	20184	18963	0	0	
29	4796	0	4841	1500	0	18963	17540	0	0	
30	4678	0	4851	1368	0	17540	15779	0	0	
31	4532	0	4752	1379	0	15779	13865	0	0	
32	4333	0	4543	1453	0	13865	11921	0	0	
33	4092	0	4365	1421	0	11921	9857	0	0	
34	3807	0	4140	1380	0	9857	7714	0	0	
35	3469	0	3852	1328	0	7714	5547	0	0	
36	3068	0	3479	1259	0	5547	3439	0	0	
37	1849	0	2120	825	0	3439	2082	0	0	
38	1496	0	1699	740	0	2082	963	0	0	
39	176	0	193	95	0	963	836	0	0	
40	1078	166	1298	749	0	836	-16	0	0	
41	382	170	189	538	0	-16	0	0	0	

## Sezione 11 - SLU

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0_rilevato progetto	1950	2100	28.00	0.100
2	1_colture agraria	1800	1850	28.00	0.000
3	2_limi sabbiosi	1850	1900	28.00	0.100
4	3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	28.00	0.200

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	56.79
2	32.26	56.79
3	44.99	61.04
4	45.69	61.04
5	45.74	60.89
6	49.99	61.00
7	54.24	60.89
8	54.29	61.04
9	54.99	61.04
10	67.73	56.79
11	101.00	56.79

#### Descrizione stratigrafia

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (3\_limo argilloso sabbioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	51.90
2	0.00	0.00
3	101.00	0.00
4	101.00	51.90

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	32.26	56.79
2	32.26	56.60
3	43.58	56.60
4	39.37	56.72
5	39.17	56.82
6	38.54	56.82

n°	X	Y
	[m]	[m]
7	38.43	57.66
8	38.24	58.20
9	36.70	57.35

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	56.10
2	0.00	51.90
3	101.00	51.90
4	101.00	56.09

Strato N° 4 costituito da terreno n° 2 (1\_coltre agraria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	101.00	56.09
2	101.00	56.79
3	67.73	56.79
4	67.73	56.60
5	43.58	56.60
6	32.26	56.60
7	32.26	56.79
8	0.00	56.79
9	0.00	56.10

Strato N° 5 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	43.58	56.60
2	67.73	56.60
3	67.73	56.79
4	54.99	61.04
5	54.29	61.04
6	54.24	60.89
7	49.99	61.00
8	45.74	60.89
9	45.69	61.04
10	44.99	61.04
11	32.26	56.79
12	36.70	57.35
13	38.24	58.20
14	38.43	57.66
15	38.54	56.82
16	39.17	56.82
17	39.37	56.72

## Descrizione falda

### *Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	56.79
2	32.26	56.79
3	36.70	57.35
4	38.24	58.20
5	38.43	57.66
6	38.54	56.82
7	39.17	56.82
8	39.37	56.72
9	43.58	56.60
10	48.62	56.10
11	54.70	55.36

n°	X	Y
	[m]	[m]
12	60.00	54.78
13	66.00	54.37
14	71.00	54.18
15	80.03	54.04
16	93.00	54.00
17	101.00	54.00

## Carichi sul profilo

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

$P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_x, V_x', V_y, V_y'$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

## Carichi distribuiti

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$	$P_f$	$V_y$	$V_x$
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Traffico	Variabile	0.20	45.75 60.89	54.25 60.92	2000 2000	0 0

## Dati zona sismica

### Identificazione del sito

Latitudine	43.718611
Longitudine	10.942519
Comune	Empoli
Provincia	Firenze
Regione	Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 20276 - 20277 - 20055 - 20054

### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.188	0.522
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.121	0.053
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

### Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	5.52	3.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	2.76	1.50

## Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 56.80$
Passo maglia	[m]	$dX = 5.00$	$dY = 5.00$
Numero passi		$Nx = 14$	$Ny = 10$
Raggio	[m]	$R = 5.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 13

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	219
Coefficiente di sicurezza minimo	1.742
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	219	1.742	1	1144.464	219

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
N° numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub> ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub> ordinata y del centro [m]
R raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub> coefficiente di sicurezza
caso caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	35.00	71.80	17.50	26.00	48.74	64.26	1.742 (J)	[A2M2]	--
2	C	40.00	66.80	12.50	32.44	51.06	71.38	1.815 (J)	[A2M2]	--
3	C	35.00	66.80	15.00	23.83	48.82	115.28	1.817 (J)	[A2M2]	--
4	C	35.00	66.80	12.50	27.51	46.02	50.56	1.844 (J)	[A2M2]	--
5	C	35.00	76.80	22.50	24.71	50.99	76.02	1.852 (J)	[A2M2]	--
6	C	40.00	61.80	10.00	31.35	49.97	106.82	1.900 (J)	[A2M2]	--
7	C	35.00	71.80	20.00	21.78	51.80	139.07	1.904 (J)	[A2M2]	--
8	C	40.00	66.80	15.00	28.83	53.79	136.12	1.913 (J)	[A2M2]	--
9	C	40.00	61.80	7.50	33.96	47.45	53.00	1.937 (J)	[A2M2]	--
10	C	40.00	71.80	17.50	31.00	53.69	85.11	1.953 (J)	[A2M2]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Le strisce sono numerate da valle verso monte
N° numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W peso della striscia espresso in kg
Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce 52  
 Coordinate del centro X[m]= 35.00 Y[m]= 71.80  
 Raggio del cerchio R[m]= 17.50  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 26.00 Y<sub>v</sub>[m]= 56.79  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 48.74 Y<sub>m</sub>[m]= 60.97  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.742

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	26.00	56.79	56.79	26.48	56.79	56.51	26.32	56.70	0.56	-30.03	23.04	0.00
2	26.48	56.79	56.51	26.97	56.79	56.25	26.75	56.58	0.55	-28.22	23.04	0.00
3	26.97	56.79	56.25	27.45	56.79	56.01	27.22	56.46	0.54	-26.45	23.04	0.03
4	27.45	56.79	56.01	27.93	56.79	55.79	27.70	56.34	0.53	-24.70	23.04	0.08
5	27.93	56.79	55.79	28.41	56.79	55.59	28.18	56.24	0.52	-22.98	23.04	0.08
6	28.41	56.79	55.59	28.89	56.79	55.40	28.66	56.14	0.52	-21.28	23.04	0.08
7	28.89	56.79	55.40	29.37	56.79	55.23	29.14	56.05	0.51	-19.60	23.04	0.08
8	29.37	56.79	55.23	29.85	56.79	55.07	29.62	55.97	0.51	-17.93	23.04	0.08
9	29.85	56.79	55.07	30.33	56.79	54.93	30.10	55.90	0.50	-16.28	23.04	0.08
10	30.33	56.79	54.93	30.82	56.79	54.81	30.58	55.83	0.50	-14.65	23.04	0.08
11	30.82	56.79	54.81	31.30	56.79	54.70	31.06	55.77	0.49	-13.02	23.04	0.08
12	31.30	56.79	54.70	31.78	56.79	54.60	31.54	55.72	0.49	-11.41	23.04	0.08
13	31.78	56.79	54.60	32.26	56.79	54.52	32.02	55.67	0.49	-9.81	23.04	0.08
14	32.26	56.79	54.52	32.75	56.95	54.44	32.51	55.68	0.50	-8.19	23.04	0.08
15	32.75	56.95	54.44	33.25	57.12	54.39	33.00	55.73	0.50	-6.56	23.04	0.08
16	33.25	57.12	54.39	33.74	57.28	54.35	33.50	55.78	0.50	-4.94	23.04	0.08
17	33.74	57.28	54.35	34.23	57.45	54.32	33.99	55.85	0.49	-3.32	23.04	0.08
18	34.23	57.45	54.32	34.73	57.61	54.30	34.48	55.92	0.49	-1.70	23.04	0.08
19	34.73	57.61	54.30	35.22	57.78	54.30	34.98	56.00	0.49	-0.09	23.04	0.08
20	35.22	57.78	54.30	35.71	57.94	54.31	35.47	56.08	0.49	1.53	23.04	0.08
21	35.71	57.94	54.31	36.21	58.11	54.34	35.96	56.18	0.49	3.14	23.04	0.08
22	36.21	58.11	54.34	36.70	58.27	54.38	36.45	56.28	0.50	4.76	23.04	0.08
23	36.70	58.27	54.38	37.09	58.40	54.42	36.89	56.37	0.39	6.21	23.04	0.08
24	37.09	58.40	54.42	37.47	58.53	54.48	37.28	56.46	0.39	7.48	23.04	0.08
25	37.47	58.53	54.48	37.86	58.66	54.53	37.66	56.55	0.39	8.75	23.04	0.08
26	37.86	58.66	54.53	38.24	58.79	54.60	38.05	56.65	0.39	10.03	23.04	0.08
27	38.24	58.79	54.60	38.43	58.85	54.64	38.34	56.72	0.19	10.99	23.04	0.08
28	38.43	58.85	54.64	38.54	58.89	54.66	38.49	56.76	0.11	11.49	23.04	0.08
29	38.54	58.89	54.66	38.86	58.99	54.73	38.70	56.82	0.32	12.20	23.04	0.08
30	38.86	58.99	54.73	39.17	59.10	54.80	39.01	56.91	0.32	13.26	23.04	0.08
31	39.17	59.10	54.80	39.37	59.16	54.85	39.27	56.98	0.21	14.12	23.04	0.08
32	39.37	59.16	54.85	39.84	59.32	54.98	39.60	57.08	0.48	15.25	23.04	0.08
33	39.84	59.32	54.98	40.31	59.48	55.12	40.07	57.23	0.49	16.85	23.04	0.08
34	40.31	59.48	55.12	40.77	59.63	55.28	40.54	57.38	0.49	18.46	23.04	0.08
35	40.77	59.63	55.28	41.24	59.79	55.45	41.01	57.54	0.50	20.08	23.04	0.08
36	41.24	59.79	55.45	41.71	59.94	55.64	41.47	57.71	0.50	21.72	23.04	0.08
37	41.71	59.94	55.64	42.18	60.10	55.84	41.94	57.88	0.51	23.38	23.04	0.08
38	42.18	60.10	55.84	42.64	60.26	56.06	42.41	58.06	0.52	25.06	23.04	0.08
39	42.64	60.26	56.06	43.11	60.41	56.29	42.88	58.26	0.52	26.76	23.04	0.01
40	43.11	60.41	56.29	43.58	60.57	56.55	43.35	58.46	0.53	28.49	23.04	0.00
41	43.58	60.57	56.55	44.05	60.73	56.82	43.81	58.67	0.54	30.25	23.04	0.06
42	44.05	60.73	56.82	44.52	60.88	57.12	44.28	58.89	0.55	32.05	23.04	0.08
43	44.52	60.88	57.12	44.99	61.04	57.43	44.75	59.12	0.57	33.88	23.04	0.08
44	44.99	61.04	57.43	45.34	61.04	57.68	45.16	59.30	0.43	35.51	23.04	0.08
45	45.34	61.04	57.68	45.69	61.04	57.94	45.51	59.43	0.44	36.93	23.04	0.08
46	45.69	61.04	57.94	45.74	60.89	57.98	45.71	59.46	0.06	37.76	23.04	0.08
47	45.74	60.89	57.98	46.24	60.90	58.39	45.98	59.54	0.64	38.91	23.04	0.08
48	46.24	60.90	58.39	46.74	60.92	58.82	46.48	59.75	0.66	41.05	23.04	0.08
49	46.74	60.92	58.82	47.24	60.93	59.29	46.98	59.99	0.69	43.27	23.04	0.08
50	47.24	60.93	59.29	47.74	60.94	59.81	47.48	60.23	0.72	45.56	23.04	0.08
51	47.74	60.94	59.81	48.24	60.95	60.36	47.97	60.50	0.75	47.96	23.04	0.08
52	48.24	60.95	60.36	48.74	60.97	60.97	48.41	60.76	0.79	50.47	23.04	0.08

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	124	0	77	19	77	0	93	0	0	
2	363	0	218	53	223	93	348	0	0	
3	585	0	390	181	353	348	841	0	0	

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>	ID
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
4	794	0	582	385	470	841	1631	0	0	
5	989	0	670	404	575	1631	2489	0	0	
6	1168	0	748	420	669	2489	3394	0	0	
7	1332	0	815	433	753	3394	4328	0	0	
8	1482	0	872	445	829	4328	5276	0	0	
9	1617	0	922	455	896	5276	6222	0	0	
10	1739	0	963	464	955	6222	7156	0	0	
11	1847	0	998	470	1007	7156	8066	0	0	
12	1943	0	1026	476	1052	8066	8944	0	0	
13	2025	0	1048	480	1091	8944	9781	0	0	
14	2253	0	1184	518	1167	9781	10629	0	0	
15	2476	0	1331	553	1225	10629	11470	0	0	
16	2685	0	1469	586	1277	11470	12290	0	0	
17	2882	0	1600	617	1323	12290	13076	0	0	
18	3065	0	1723	647	1362	13076	13815	0	0	
19	3235	0	1840	676	1396	13815	14495	0	0	
20	3393	0	1951	703	1425	14495	15108	0	0	
21	3537	0	2055	729	1447	15108	15643	0	0	
22	3668	0	2154	753	1464	15643	16093	0	0	
23	2950	0	1720	598	1182	16093	16374	0	0	
24	3025	0	1723	599	1250	16374	16581	0	0	
25	3094	0	1723	599	1315	16581	16711	0	0	
26	3156	0	1721	600	1378	16711	16762	0	0	
27	1569	0	898	308	640	16762	16771	0	0	
28	902	0	590	196	291	16771	16787	0	0	
29	2579	0	1826	594	685	16787	16837	0	0	
30	2601	0	1865	604	664	16837	16845	0	0	
31	1660	0	1213	391	400	16845	16830	0	0	
32	3901	0	2918	935	870	16830	16736	0	0	
33	3923	0	3003	958	805	16736	16548	0	0	
34	3932	0	3086	980	732	16548	16269	0	0	
35	3928	0	3165	1001	651	16269	15899	0	0	
36	3911	0	3240	1022	562	15899	15442	0	0	
37	3880	0	3313	1043	463	15442	14901	0	0	
38	3834	0	3382	1063	354	14901	14282	0	0	
39	3775	0	3540	903	233	14282	13389	0	0	
40	5734	0	5674	1385	99	13389	11853	0	0	
41	3632	0	3577	1075	0	11853	10980	0	0	
42	3515	0	3459	1099	0	10980	10076	0	0	
43	3380	0	3348	1077	0	10076	9104	0	0	
44	2377	0	2367	775	0	9104	8360	0	0	
45	2202	0	2200	738	0	8360	7628	0	0	
46	293	0	292	100	0	7628	7529	0	0	
47	2647	1276	4013	1275	0	7529	6000	0	0	
48	2250	1302	3665	1200	0	6000	4498	0	0	
49	1819	1302	3244	1108	0	4498	3081	0	0	
50	1353	1302	2767	1004	0	3081	1808	0	0	
51	845	1302	2223	886	0	1808	751	0	0	
52	290	1302	1592	750	0	751	0	0	0	

## Sezione 11 - SLV

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso in gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0_rilevato progetto	1950	2100	28.00	0.100
2	1_colture agraria	1800	1850	28.00	0.000
3	2_limi sabbiosi	1850	1900	28.00	0.100
4	3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	28.00	0.200

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	56.79
2	32.26	56.79
3	44.99	61.04
4	45.69	61.04
5	45.74	60.89
6	49.99	61.00
7	54.24	60.89
8	54.29	61.04
9	54.99	61.04
10	67.73	56.79
11	101.00	56.79

#### Descrizione stratigrafia

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (3\_limo argilloso sabbioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	51.90
2	0.00	0.00
3	101.00	0.00
4	101.00	51.90

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	43.58	56.60
2	67.73	56.60
3	67.73	56.79
4	54.99	61.04
5	54.29	61.04
6	54.24	60.89

n°	X	Y
	[m]	[m]
7	49.99	61.00
8	45.74	60.89
9	45.69	61.04
10	44.99	61.04
11	32.26	56.79
12	32.26	56.60

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	56.10
2	0.00	51.90
3	101.00	51.90
4	101.00	56.09

Strato N° 4 costituito da terreno n° 2 (1\_coltre agraria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	101.00	56.09
2	101.00	56.79
3	67.73	56.79
4	67.73	56.60
5	43.58	56.60
6	32.26	56.60
7	32.26	56.79
8	0.00	56.79
9	0.00	56.10

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	54.00
2	101.00	54.00

Carichi sul profilo

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

Ψ<sub>2</sub> Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

P<sub>i</sub>, P<sub>f</sub> Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

V<sub>x</sub>, V<sub>x'</sub>, V<sub>y</sub>, V<sub>y'</sub> Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

*Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	Ψ <sub>2</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>f</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>x</sub>
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Traffico	Variabile	0.20	45.75 60.89	54.25 60.92	2000 2000	0 0

Dati zona sismica

*Identificazione del sito*

Latitudine	43.718611
Longitudine	10.942519
Comune	Empoli
Provincia	Firenze
Regione	Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 20276 - 20277 - 20055 - 20054

### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.188	0.522
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.121	0.053
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

### Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	5.52	3.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	2.76	1.50

### Dati normativa

#### Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 56.80$
Passo maglia	[m]	$dX = 5.00$	$dY = 5.00$
Numero passi		$N_x = 14$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 5.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 13

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	876
Coefficiente di sicurezza minimo	2.408
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU	876	2.408	1	15.608	876

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	35.00	66.80	12.50	27.51	46.02	50.55	2.408 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
2	C	35.00	66.80	12.50	27.51	46.02	50.55	2.422 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
3	C	35.00	66.80	12.50	27.51	46.02	50.55	2.443 (J)	[A2M2]	[SLV] H-V
4	C	35.00	66.80	12.50	27.51	46.02	50.55	2.458 (J)	[A2M2]	[SLV] H+V
5	C	35.00	71.80	17.50	26.00	48.74	64.26	2.469 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
6	C	35.00	71.80	17.50	26.00	48.74	64.26	2.478 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
7	C	35.00	71.80	17.50	26.00	48.74	64.26	2.508 (J)	[A2M2]	[SLV] H-V
8	C	35.00	71.80	17.50	26.00	48.74	64.26	2.519 (J)	[A2M2]	[SLV] H+V
9	C	40.00	66.80	12.50	32.44	51.06	71.38	2.575 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
10	C	40.00	66.80	12.50	32.44	51.06	71.38	2.576 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espressa in kg
Q	carico applicato sulla striscia espressa in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce 40  
 Coordinate del centro X[m]= 35.00 Y[m]= 66.80  
 Raggio del cerchio R[m]= 12.50  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 27.51 Y<sub>v</sub>[m]= 56.79  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 46.02 Y<sub>m</sub>[m]= 60.90  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 2.408

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	27.51	56.79	56.79	27.99	56.79	56.45	27.83	56.68	0.58	-35.46	28.00	0.00
2	27.99	56.79	56.45	28.46	56.79	56.15	28.25	56.54	0.56	-32.83	28.00	0.00
3	28.46	56.79	56.15	28.94	56.79	55.87	28.71	56.39	0.55	-30.27	28.00	0.08
4	28.94	56.79	55.87	29.41	56.79	55.62	29.18	56.26	0.54	-27.78	28.00	0.10
5	29.41	56.79	55.62	29.89	56.79	55.39	29.66	56.15	0.53	-25.35	28.00	0.10
6	29.89	56.79	55.39	30.36	56.79	55.19	30.13	56.04	0.52	-22.96	28.00	0.10
7	30.36	56.79	55.19	30.84	56.79	55.01	30.60	55.95	0.51	-20.62	28.00	0.10
8	30.84	56.79	55.01	31.31	56.79	54.86	31.08	55.86	0.50	-18.31	28.00	0.10
9	31.31	56.79	54.86	31.79	56.79	54.72	31.55	55.79	0.49	-16.03	28.00	0.10
10	31.79	56.79	54.72	32.26	56.79	54.60	32.02	55.73	0.49	-13.78	28.00	0.10
11	32.26	56.79	54.60	32.75	56.95	54.50	32.51	55.71	0.50	-11.52	28.00	0.10
12	32.75	56.95	54.50	33.24	57.12	54.42	33.00	55.75	0.50	-9.23	28.00	0.10
13	33.24	57.12	54.42	33.73	57.28	54.36	33.49	55.80	0.49	-6.97	28.00	0.10
14	33.73	57.28	54.36	34.22	57.44	54.32	33.98	55.85	0.49	-4.71	28.00	0.10
15	34.22	57.44	54.32	34.71	57.61	54.30	34.47	55.92	0.49	-2.46	28.00	0.10
16	34.71	57.61	54.30	35.20	57.77	54.30	34.95	56.00	0.49	-0.22	28.00	0.10
17	35.20	57.77	54.30	35.69	57.93	54.32	35.44	56.08	0.49	2.03	28.00	0.10
18	35.69	57.93	54.32	36.18	58.10	54.36	35.93	56.18	0.49	4.28	28.00	0.10
19	36.18	58.10	54.36	36.67	58.26	54.41	36.42	56.28	0.49	6.53	28.00	0.10
20	36.67	58.26	54.41	37.16	58.42	54.49	36.91	56.40	0.50	8.80	28.00	0.10
21	37.16	58.42	54.49	37.65	58.59	54.58	37.40	56.52	0.50	11.08	28.00	0.10
22	37.65	58.59	54.58	38.14	58.75	54.70	37.89	56.66	0.50	13.37	28.00	0.10
23	38.14	58.75	54.70	38.63	58.91	54.84	38.38	56.80	0.51	15.69	28.00	0.10
24	38.63	58.91	54.84	39.11	59.08	55.00	38.87	56.96	0.51	18.04	28.00	0.10
25	39.11	59.08	55.00	39.60	59.24	55.18	39.36	57.12	0.52	20.42	28.00	0.10
26	39.60	59.24	55.18	40.09	59.41	55.38	39.85	57.30	0.53	22.83	28.00	0.10
27	40.09	59.41	55.38	40.58	59.57	55.62	40.34	57.49	0.54	25.29	28.00	0.10
28	40.58	59.57	55.62	41.07	59.73	55.87	40.83	57.70	0.55	27.80	28.00	0.10
29	41.07	59.73	55.87	41.56	59.90	56.16	41.32	57.92	0.57	30.37	28.00	0.08
30	41.56	59.90	56.16	42.05	60.06	56.48	41.81	58.15	0.58	33.01	28.00	0.00
31	42.05	60.06	56.48	42.54	60.22	56.83	42.29	58.40	0.60	35.73	28.00	0.07
32	42.54	60.22	56.83	43.03	60.39	57.22	42.78	58.66	0.63	38.55	28.00	0.10
33	43.03	60.39	57.22	43.52	60.55	57.65	43.27	58.95	0.65	41.48	28.00	0.10
34	43.52	60.55	57.65	44.01	60.71	58.14	43.76	59.26	0.69	44.55	28.00	0.10
35	44.01	60.71	58.14	44.50	60.88	58.68	44.25	59.60	0.73	47.80	28.00	0.10
36	44.50	60.88	58.68	44.99	61.04	59.29	44.74	59.96	0.78	51.26	28.00	0.10
37	44.99	61.04	59.29	45.48	61.20	59.98	45.23	60.32	0.80	54.83	28.00	0.10
38	45.48	61.20	59.98	45.97	61.36	60.69	45.72	60.67	0.81	58.50	28.00	0.10
39	45.97	61.36	60.69	46.46	61.52	61.40	46.21	61.02	0.82	62.27	28.00	0.10
40	46.46	61.52	61.40	46.95	61.68	62.00	46.70	61.37	0.83	66.14	28.00	0.10

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	144	0	217	48	0	0	156	0	0	
2	420	0	600	132	0	156	567	0	0	
3	671	0	1045	419	0	567	1416	0	0	
4	902	0	1322	515	0	1416	2433	0	0	
5	1111	0	1530	556	0	2433	3523	0	0	
6	1298	0	1702	590	0	3523	4653	0	0	
7	1465	0	1844	618	0	4653	5793	0	0	
8	1612	0	1961	641	0	5793	6920	0	0	
9	1741	0	2055	659	0	6920	8017	0	0	
10	1852	0	2129	673	0	8017	9067	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
11	2100	0	2356	728	0	9067	10124	0	0	
12	2338	0	2565	772	0	10124	11158	0	0	
13	2557	0	2752	813	0	11158	12145	0	0	
14	2758	0	2921	849	0	12145	13065	0	0	
15	2942	0	3071	882	0	13065	13901	0	0	
16	3108	0	3205	911	0	13901	14638	0	0	
17	3258	0	3324	938	0	14638	15262	0	0	
18	3389	0	3429	961	0	15262	15761	0	0	
19	3503	0	3520	982	0	15761	16126	0	0	
20	3600	0	3597	1000	0	16126	16348	0	0	
21	3678	0	3661	1016	0	16348	16420	0	0	
22	3738	0	3713	1029	0	16420	16338	0	0	
23	3779	0	3751	1040	0	16338	16097	0	0	
24	3800	0	3776	1048	0	16097	15696	0	0	
25	3802	0	3786	1053	0	15696	15134	0	0	
26	3782	0	3782	1056	0	15134	14412	0	0	
27	3740	0	3762	1056	0	14412	13535	0	0	
28	3674	0	3724	1052	0	13535	12509	0	0	
29	3584	0	3694	998	0	12509	11287	0	0	
30	3471	0	3729	823	0	11287	9738	0	0	
31	3326	0	3540	946	0	9738	8239	0	0	
32	3129	0	3329	995	0	8239	6756	0	0	
33	2893	0	3127	962	0	6756	5232	0	0	
34	2612	0	2870	919	0	5232	3716	0	0	
35	2280	0	2543	864	0	3716	2276	0	0	
36	1887	0	2118	793	0	2276	1006	0	0	
37	1030	0	1126	499	0	1006	319	0	0	
38	677	0	648	412	0	319	-45	0	0	
39	59	0	37	48	0	-45	-55	0	0	
40	132	107	61	249	0	-55	0	0	0	

## Sezione 15 - SLU

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0_rilevato progetto	1950	2100	28.00	0.100
2	1_coltre agraria	1800	1850	28.00	0.000
3	2_limi sabbiosi	1850	1900	28.00	0.100
4	3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	28.00	0.200

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	57.80
2	35.20	57.80
3	45.00	61.04
4	45.70	61.04
5	45.75	60.89
6	49.99	61.00
7	54.24	60.94
8	54.29	61.09
9	55.00	61.09
10	60.70	59.20
11	100.00	66.58

#### Descrizione stratigrafia

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (3\_limo argilloso sabbioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	52.90
2	0.00	0.00
3	100.00	0.00
4	100.00	61.70
5	61.20	54.30
6	34.80	52.90

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (1\_coltre agraria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	35.20	57.80
2	0.00	57.80
3	0.00	57.10
4	35.00	57.10

n°	X [m]	Y [m]
5	60.80	58.40
6	100.00	65.90
7	100.00	66.58
8	60.70	59.20
9	60.70	59.00
10	54.20	59.00
11	54.20	58.20
12	48.00	58.20
13	48.00	58.00
14	41.40	58.00
15	41.40	57.60
16	35.20	57.60

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	60.70	59.20
2	55.00	61.09
3	54.29	61.09
4	54.24	60.94
5	49.99	61.00
6	45.75	60.89
7	45.70	61.04
8	45.00	61.04
9	35.20	57.80
10	35.20	57.60
11	41.40	57.60
12	41.40	58.00
13	48.00	58.00
14	48.00	58.20
15	54.20	58.20
16	54.20	59.00
17	60.70	59.00

Strato N° 4 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	100.00	61.70
2	100.00	65.90
3	60.80	58.40
4	35.00	57.10
5	0.00	57.10
6	0.00	52.90
7	34.80	52.90
8	61.20	54.30

### Descrizione falda

#### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	57.80
2	35.20	57.80
3	38.00	58.50
4	39.29	57.51
5	60.00	53.30
6	100.00	54.00

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.  
 N° Identificativo del sovraccarico agente  
 Descrizione Descrizione carico  
 Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile  
 Carichi distribuiti  
 $P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]  
 $V_x, V_x', V_y, V_y'$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

**Carichi distribuiti**

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$V_y$ [kg/m]	$V_x$ [kg/m]
1	Traffico	Variabile	0.20	45.75 60.89	54.25 60.97	2000 2000	0 0

**Dati zona sismica**

**Identificazione del sito**

Latitudine 43.718611  
 Longitudine 10.942519  
 Comune Empoli  
 Provincia Firenze  
 Regione Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 20276 - 20277 - 20055 - 20054

**Tipo di opera**

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari  
 Vita nominale 50 anni  
 Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose  
 Vita di riferimento 50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.188	0.522
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.121	0.053
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

**Fronti di scavo**

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	5.52	3.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.76	1.50

**Dati normativa**

**Normativa :**  
**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
-----------	------------	------------	------------

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 57.80$
Passo maglia	[m]	$dX = 5.00$	$dY = 5.00$
Numero passi		$Nx = 14$	$Ny = 10$
Raggio	[m]	$R = 5.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 13

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	406
Coefficiente di sicurezza minimo	1.872
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU	406	1.872	1	-7.139	407

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- N° numero d'ordine della superficie cerchio
- C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]
- C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]
- R raggio del cerchio espresso in m
- x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
- x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
- V volume interessato dalla superficie espresso [mc]
- F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza
- caso caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	40.00	62.80	7.50	34.41	47.26	40.19	1.872 (J)	[A2M2]	--
2	C	40.00	67.80	12.50	32.50	50.48	54.52	1.926 (J)	[A2M2]	--
3	C	40.00	62.80	10.00	31.34	49.84	90.89	2.108 (J)	[A2M2]	--
4	C	40.00	72.80	17.50	30.99	52.89	65.80	2.142 (J)	[A2M2]	--
5	C	40.00	67.80	10.00	36.80	47.27	14.99	2.216 (J)	[A2M2]	--
6	C	35.00	72.80	17.50	25.99	47.87	49.92	2.217 (J)	[A2M2]	--
7	C	40.00	67.80	15.00	28.82	53.35	116.57	2.236 (J)	[A2M2]	--
8	C	35.00	77.80	22.50	24.69	49.97	59.52	2.275 (J)	[A2M2]	--
9	C	40.00	72.80	15.00	36.47	49.24	19.12	2.283 (J)	[A2M2]	--
10	C	35.00	67.80	15.00	23.82	48.35	100.69	2.337 (J)	[A2M2]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
- W peso della striscia espresso in kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce 31  
 Coordinate del centro X[m]= 40.00 Y[m]= 62.80  
 Raggio del cerchio R[m]= 7.50  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 34.41 Y<sub>v</sub>[m]= 57.80  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 47.26 Y<sub>m</sub>[m]= 60.93  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.872

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	34.41	57.80	57.80	34.70	57.80	57.49	34.61	57.70	0.43	-46.55	23.04	0.00
2	34.70	57.80	57.49	35.00	57.80	57.21	34.87	57.57	0.41	-43.36	23.04	0.00
3	35.00	57.80	57.21	35.20	57.80	57.04	35.10	57.46	0.26	-40.80	23.04	0.03
4	35.20	57.80	57.04	35.67	57.95	56.68	35.45	57.36	0.59	-37.54	23.04	0.08
5	35.67	57.95	56.68	36.13	58.11	56.37	35.91	57.28	0.56	-33.16	23.04	0.08
6	36.13	58.11	56.37	36.60	58.26	56.11	36.37	57.21	0.53	-29.00	23.04	0.08
7	36.60	58.26	56.11	37.07	58.42	55.90	36.84	57.17	0.51	-24.99	23.04	0.08
8	37.07	58.42	55.90	37.53	58.57	55.72	37.30	57.15	0.50	-21.11	23.04	0.08
9	37.53	58.57	55.72	38.00	58.73	55.57	37.77	57.15	0.49	-17.33	23.04	0.08
10	38.00	58.73	55.57	38.43	58.87	55.47	38.22	57.16	0.44	-13.77	23.04	0.08
11	38.43	58.87	55.47	38.86	59.01	55.39	38.65	57.18	0.44	-10.41	23.04	0.08
12	38.86	59.01	55.39	39.29	59.15	55.33	39.08	57.22	0.43	-7.09	23.04	0.08
13	39.29	59.15	55.33	39.77	59.31	55.30	39.53	57.28	0.48	-3.61	23.04	0.08
14	39.77	59.31	55.30	40.24	59.47	55.30	40.01	57.35	0.48	0.03	23.04	0.08
15	40.24	59.47	55.30	40.72	59.62	55.33	40.48	57.43	0.48	3.67	23.04	0.08
16	40.72	59.62	55.33	41.19	59.78	55.40	40.96	57.53	0.48	7.32	23.04	0.08
17	41.19	59.78	55.40	41.67	59.94	55.49	41.43	57.65	0.48	11.01	23.04	0.08
18	41.67	59.94	55.49	42.14	60.10	55.61	41.91	57.78	0.49	14.74	23.04	0.08
19	42.14	60.10	55.61	42.62	60.25	55.77	42.38	57.93	0.50	18.54	23.04	0.08
20	42.62	60.25	55.77	43.10	60.41	55.97	42.86	58.10	0.51	22.42	23.04	0.08
21	43.10	60.41	55.97	43.57	60.57	56.21	43.33	58.29	0.53	26.42	23.04	0.08
22	43.57	60.57	56.21	44.05	60.73	56.49	43.81	58.50	0.55	30.56	23.04	0.08
23	44.05	60.73	56.49	44.52	60.88	56.82	44.28	58.73	0.58	34.88	23.04	0.08
24	44.52	60.88	56.82	45.00	61.04	57.21	44.76	58.99	0.62	39.46	23.04	0.08
25	45.00	61.04	57.21	45.35	61.04	57.54	45.17	59.21	0.48	43.66	23.04	0.08
26	45.35	61.04	57.54	45.70	61.04	57.93	45.52	59.39	0.52	47.49	23.04	0.02
27	45.70	61.04	57.93	45.75	60.89	57.98	45.72	59.46	0.08	49.76	23.04	0.00
28	45.75	60.89	57.98	46.13	60.90	58.48	45.93	59.56	0.62	52.43	23.04	0.08
29	46.13	60.90	58.48	46.51	60.91	59.07	46.31	59.83	0.70	57.48	23.04	0.08
30	46.51	60.91	59.07	46.88	60.92	59.82	46.68	60.16	0.84	63.40	23.04	0.08
31	46.88	60.92	59.82	47.26	60.93	60.93	47.01	60.56	1.17	71.09	23.04	0.08

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	85	0	75	17	67	0	114	0	0	
2	246	0	198	45	183	114	409	0	0	
3	250	0	238	99	179	409	756	0	0	
4	917	0	922	461	589	756	2042	0	0	
5	1360	0	1143	498	808	2042	3526	0	0	
6	1759	0	1318	528	986	3526	5105	0	0	
7	2120	0	1462	552	1134	5105	6702	0	0	
8	2445	0	1583	574	1259	6702	8261	0	0	
9	2739	0	1686	592	1367	8261	9736	0	0	
10	2744	0	1721	580	1247	9736	11006	0	0	
11	2918	0	1955	631	1127	11006	12184	0	0	
12	3068	0	2173	679	1003	12184	13250	0	0	
13	3682	0	2720	822	1022	13250	14306	0	0	
14	3852	0	2870	856	981	14306	15159	0	0	
15	3998	0	3020	890	929	15159	15795	0	0	
16	4112	0	3160	923	867	15795	16197	0	0	
17	4170	0	3272	951	792	16197	16355	0	0	
18	4206	0	3389	980	702	16355	16262	0	0	
19	4232	0	3527	1016	596	16262	15915	0	0	
20	4226	0	3667	1053	470	15915	15311	0	0	
21	4186	0	3811	1093	319	15311	14452	0	0	
22	4107	0	3962	1137	135	14452	13348	0	0	
23	3988	0	4048	1168	0	13348	11990	0	0	
24	3606	0	3752	1116	0	11990	10468	0	0	

<b>N°</b>	<b>W</b>	<b>Q</b>	<b>N</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>E<sub>s</sub></b>	<b>E<sub>d</sub></b>	<b>X<sub>s</sub></b>	<b>X<sub>d</sub></b>	<b>ID</b>
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
25	2472	0	2645	808	0	10468	9226	0	0	
26	2242	0	2617	642	0	9226	7731	0	0	
27	293	0	358	81	0	7731	7510	0	0	
28	1965	983	3475	1047	0	7510	5394	0	0	
29	1572	983	3157	1018	0	5394	3279	0	0	
30	1082	983	2677	969	0	3279	1319	0	0	
31	404	983	1698	885	0	1319	0	0	0	

## Sezione 15 - SLV

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso in gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0_rilevato progetto	1950	2100	28.00	0.100
2	1_colture agraria	1800	1850	28.00	0.000
3	2_limi sabbiosi	1850	1900	28.00	0.100
4	3_limo argilloso sabbioso	2100	2150	28.00	0.200

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	57.80
2	35.20	57.80
3	45.00	61.04
4	45.70	61.04
5	45.75	60.89
6	49.99	61.00
7	54.24	60.94
8	54.29	61.09
9	55.00	61.09
10	60.70	59.20
11	100.00	66.58

#### Descrizione stratigrafia

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (3\_limo argilloso sabbioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	52.90
2	0.00	0.00
3	100.00	0.00
4	100.00	61.70
5	61.20	54.30
6	34.80	52.90

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (1\_colture agraria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	35.20	57.80
2	0.00	57.80
3	0.00	57.10
4	35.00	57.10

n°	X	Y
	[m]	[m]
5	60.80	58.40
6	100.00	65.90
7	100.00	66.58
8	60.70	59.20
9	60.70	59.00
10	54.20	59.00
11	54.20	58.20
12	48.00	58.20
13	48.00	58.00
14	41.40	58.00
15	41.40	57.60
16	35.20	57.60

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (0\_rilevato progetto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	60.70	59.20
2	55.00	61.09
3	54.29	61.09
4	54.24	60.94
5	49.99	61.00
6	45.75	60.89
7	45.70	61.04
8	45.00	61.04
9	35.20	57.80
10	35.20	57.60
11	41.40	57.60
12	41.40	58.00
13	48.00	58.00
14	48.00	58.20
15	54.20	58.20
16	54.20	59.00
17	60.70	59.00

Strato N° 4 costituito da terreno n° 3 (2\_limi sabbiosi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	100.00	61.70
2	100.00	65.90
3	60.80	58.40
4	35.00	57.10
5	0.00	57.10
6	0.00	52.90
7	34.80	52.90
8	61.20	54.30

## Descrizione falda

### Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	54.00
2	100.00	54.00

## Carichi sul profilo

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

$P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

*Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	P <sub>i</sub> [m]	P <sub>r</sub> [m]	V <sub>y</sub> [kg/m]	V <sub>x</sub> [kg/m]
1	Traffico	Variabile	0.20	45.75 60.89	54.25 60.97	2000 2000	0 0

Dati zona sismica

*Identificazione del sito*

Latitudine	43.718611
Longitudine	10.942519
Comune	Empoli
Provincia	Firenze
Regione	Toscana
Punti di interpolazione del reticolo	20276 - 20277 - 20055 - 20054

*Tipo di opera*

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a <sub>g</sub>	[m/s <sup>2</sup> ]	1.188	0.522
Accelerazione al suolo	a <sub>g</sub> /q	[%]	0.121	0.053
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.484	2.581
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T <sub>c</sub> *		0.290	0.257
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	S <sub>s</sub>		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	S <sub>t</sub>		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	β <sub>s</sub>		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	k <sub>h</sub> =(a <sub>g</sub> /g*β <sub>s</sub> *S <sub>t</sub> *S)	5.52	3.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	k <sub>v</sub> =0.50 * k <sub>h</sub>	2.76	1.50

Dati normativa

Normativa :  
**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ <sub>Gfav</sub>	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ <sub>Gsfav</sub>	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ <sub>Qfav</sub>	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ <sub>Qsfav</sub>	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	γ <sub>tanφ</sub>	1.25	1.00
Coesione efficace	γ <sub>c</sub>	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ <sub>cu</sub>	1.40	1.00

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

#### Impostazioni delle superfici di rottura

##### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 57.80$
Passo maglia	[m]	$dX = 5.00$	$dY = 5.00$
Numero passi		$N_x = 14$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 5.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=2.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 13

#### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

#### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	1624
Coefficiente di sicurezza minimo	2.630
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU	1624	2.630	1	210.551	1624

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	40.00	62.80	7.50	34.41	47.26	40.18	2.630 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
2	C	40.00	62.80	7.50	34.41	47.26	40.18	2.644 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
3	C	40.00	62.80	7.50	34.41	47.26	40.18	2.669 (J)	[A2M2]	[SLV] H-V
4	C	40.00	62.80	7.50	34.41	47.26	40.18	2.683 (J)	[A2M2]	[SLV] H+V
5	C	40.00	67.80	12.50	32.50	50.48	54.52	2.720 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
6	C	40.00	67.80	12.50	32.50	50.48	54.52	2.727 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V
7	C	40.00	67.80	12.50	32.50	50.48	54.52	2.766 (J)	[A2M2]	[SLV] H-V
8	C	40.00	67.80	12.50	32.50	50.48	54.52	2.775 (J)	[A2M2]	[SLV] H+V
9	C	40.00	67.80	10.00	36.80	47.27	14.99	2.807 (J)	[A2M2]	[SLD] H-V
10	C	40.00	67.80	10.00	36.80	47.27	14.99	2.846 (J)	[A2M2]	[SLD] H+V

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cm <sup>2</sup>
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cm <sup>2</sup>
W	peso della striscia espressa in kg
Q	carico applicato sulla striscia espressa in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce 30  
 Coordinate del centro X[m]= 40.00 Y[m]= 62.80  
 Raggio del cerchio R[m]= 7.50  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 34.41 Y<sub>v</sub>[m]= 57.80  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 47.26 Y<sub>m</sub>[m]= 60.93  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 2.630

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	34.41	57.80	57.80	34.70	57.80	57.49	34.61	57.70	0.43	-46.55	28.00	0.00
2	34.70	57.80	57.49	35.00	57.80	57.21	34.87	57.57	0.41	-43.36	28.00	0.00
3	35.00	57.80	57.21	35.20	57.80	57.04	35.10	57.46	0.26	-40.80	28.00	0.04
4	35.20	57.80	57.04	35.69	57.96	56.66	35.47	57.36	0.62	-37.43	28.00	0.10
5	35.69	57.96	56.66	36.18	58.12	56.35	35.95	57.27	0.58	-32.85	28.00	0.10
6	36.18	58.12	56.35	36.67	58.29	56.08	36.43	57.21	0.56	-28.49	28.00	0.10
7	36.67	58.29	56.08	37.16	58.45	55.86	36.92	57.17	0.54	-24.31	28.00	0.10
8	37.16	58.45	55.86	37.65	58.61	55.68	37.41	57.15	0.52	-20.26	28.00	0.10
9	37.65	58.61	55.68	38.14	58.77	55.53	37.90	57.15	0.51	-16.31	28.00	0.10
10	38.14	58.77	55.53	38.63	58.93	55.43	38.39	57.17	0.50	-12.44	28.00	0.10
11	38.63	58.93	55.43	39.12	59.10	55.35	38.88	57.20	0.50	-8.63	28.00	0.10
12	39.12	59.10	55.35	39.61	59.26	55.31	39.37	57.25	0.49	-4.86	28.00	0.10
13	39.61	59.26	55.31	40.10	59.42	55.30	39.86	57.32	0.49	-1.11	28.00	0.10
14	40.10	59.42	55.30	40.59	59.58	55.32	40.35	57.41	0.49	2.64	28.00	0.10
15	40.59	59.58	55.32	41.08	59.74	55.38	40.84	57.51	0.49	6.40	28.00	0.10
16	41.08	59.74	55.38	41.57	59.91	55.47	41.33	57.62	0.50	10.18	28.00	0.10
17	41.57	59.91	55.47	42.06	60.07	55.59	41.82	57.76	0.51	14.01	28.00	0.10
18	42.06	60.07	55.59	42.55	60.23	55.75	42.31	57.91	0.51	17.91	28.00	0.10
19	42.55	60.23	55.75	43.04	60.39	55.94	42.79	58.08	0.53	21.89	28.00	0.10
20	43.04	60.39	55.94	43.53	60.55	56.18	43.28	58.27	0.55	25.99	28.00	0.10
21	43.53	60.55	56.18	44.02	60.72	56.47	43.77	58.48	0.57	30.24	28.00	0.10
22	44.02	60.72	56.47	44.51	60.88	56.81	44.26	58.72	0.60	34.69	28.00	0.10
23	44.51	60.88	56.81	45.00	61.04	57.21	44.75	58.98	0.63	39.39	28.00	0.10
24	45.00	61.04	57.21	45.35	61.04	57.54	45.17	59.21	0.48	43.66	28.00	0.10
25	45.35	61.04	57.54	45.70	61.04	57.93	45.52	59.39	0.52	47.49	28.00	0.02
26	45.70	61.04	57.93	45.75	60.89	57.98	45.72	59.46	0.08	49.76	28.00	0.00
27	45.75	60.89	57.98	46.13	60.90	58.48	45.93	59.56	0.62	52.43	28.00	0.10
28	46.13	60.90	58.48	46.51	60.91	59.07	46.31	59.83	0.70	57.48	28.00	0.10
29	46.51	60.91	59.07	46.88	60.92	59.82	46.68	60.16	0.84	63.40	28.00	0.10
30	46.88	60.92	59.82	47.26	60.93	60.93	47.01	60.56	1.17	71.09	28.00	0.10

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	83	0	158	32	0	0	131	0	0	
2	239	0	419	85	0	131	466	0	0	
3	244	0	444	130	0	466	840	0	0	
4	937	0	1651	568	0	840	2238	0	0	
5	1406	0	2147	656	0	2238	3869	0	0	
6	1825	0	2532	724	0	3869	5604	0	0	
7	2201	0	2840	779	0	5604	7350	0	0	
8	2539	0	3092	824	0	7350	9041	0	0	
9	2841	0	3301	862	0	9041	10624	0	0	
10	3111	0	3478	894	0	10624	12060	0	0	
11	3349	0	3629	922	0	12060	13315	0	0	
12	3557	0	3757	947	0	13315	14363	0	0	
13	3735	0	3867	968	0	14363	15182	0	0	
14	3885	0	3960	987	0	15182	15752	0	0	
15	4005	0	4039	1004	0	15752	16060	0	0	
16	4086	0	4093	1017	0	16060	16092	0	0	
17	4126	0	4125	1026	0	16092	15841	0	0	
18	4155	0	4162	1037	0	15841	15299	0	0	
19	4149	0	4185	1047	0	15299	14460	0	0	
20	4107	0	4192	1055	0	14460	13325	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
21	4024	0	4180	1061	0	13325	11894	0	0	
22	3897	0	4144	1065	0	11894	10177	0	0	
23	3716	0	4078	1065	0	10177	8190	0	0	
24	2472	0	2803	751	0	8190	6650	0	0	
25	2242	0	2762	601	0	6650	4885	0	0	
26	293	0	377	76	0	4885	4629	0	0	
27	1965	151	2596	753	0	4629	2904	0	0	
28	1572	151	2189	710	0	2904	1336	0	0	
29	1082	151	1564	638	0	1336	149	0	0	
30	404	151	294	503	0	149	0	0	0	