



COMUNE DI GENOVA

Città metropolitana di Genova

TATTI SRL Via XII Ottobre 2/2b Genova 16100 P.IVA E C.F. 01684580994
Fabio Federighi LEGALE RAPPRESENTANTE C.F. FDRFBA66P13D969I

FIRMA

OGGETTO DELL'INTERVENTO

Realizzazione di nuova Residenza Protetta per anziani (120 p.l.)

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Via Gualco Genova Struppa

NUMERO TAVOLA

Vi-R

OGGETTO DELLA TAVOLA

**Opere di sostegno scavi
RELAZIONE TECNICA**

SCALA DELLA TAVOLA

DATA
Agosto 2017

PROGETTISTA

Studioferrari

Ing. Piergiorgio Canepa CNPPGR66A11D969M

Via Francia 41 - 16010 Tiglieto (GE) Tel. 010929474 fax 010929515
e-mail piergiorgio@geosting.it

Iscrizione Ordine degli Ingegneri della
Provincia di Genova n. 6792
Codice elenco Prevenzione Incendi n.
GE.06792.I.00682

FIRMA E TIMBRO

Le verifiche sono state effettuate con software SlopeCAD 3.31 n. serie SP-1315712 licenziato a Ing. P. Canepa



Sommario

1	ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII	3
1.1	Normativa sismica (D.M. 14/01/2008 - NTC 2008).....	3
1.1.1	Verifiche secondo NTC 2008	3
1.1.2	Coefficienti sulle azioni	3
1.1.3	Coefficienti sui materiali.....	3
1.1.4	Coefficienti sulla resistenza di verifica	3
1.2	Analisi di stabilità del pendio	4
1.2.1	Metodo di Fellenius	4
2	PROGETTO – sezione 5 in corrispondenza del fabbricato	4
2.1	Tabella dei terreni	4
2.2	Geometria degli strati	4
2.2.1	Strato n.1, materiale sottostante: Ghiaia sabbiosa con limo	5
2.2.2	Strato n.2, materiale sottostante: argilliti di Montoggio	5
2.3	Geometria degli interventi	5
2.3.1	Muro n. 1	5
2.3.2	Muro n. 2	5
2.3.3	Muro n. 3	6
2.3.4	Muro n. 4	6
2.3.5	Tirante n.1	6
2.3.6	Tirante n.2	6
2.3.7	Tirante n.3	6
2.3.8	Tirante n.4	6
2.3.9	Tirante n.5	6
2.3.10	Tirante n.6	6
2.4	Geometria dei carichi	6
2.4.1	Carico n.1	7
2.4.2	Carico n.2	7
2.4.3	Carico n.3	7
2.5	Analisi di stabilità del pendio (metodo di Fellenius).....	7
2.5.1	Assenza di sisma - coefficiente di sicurezza FS = 1.2562	8
2.5.2	Sisma orizzontale e verticale positivi - coefficiente di sicurezza FS = 1.1545	8
2.5.3	Sisma orizzontale positivo e verticale negativo - coefficiente di sicurezza FS = 1.1889	8
2.5.4	Sisma orizzontale negativo e verticale positivo - coefficiente di sicurezza FS = 1.3283	9
2.5.5	Sisma orizzontale e verticale negativi - coefficiente di sicurezza FS = 1.3832.....	9
3	PROGETTO – sezione 8 ad est del fabbricato	10
3.1	Geometria degli strati	10
3.1.1	Strato n.1, materiale sottostante: Ghiaia sabbiosa con limo	10
3.1.2	Strato n.2, materiale sottostante: argilliti di Montoggio	10
3.2	Geometria degli interventi	11
3.2.1	Muro n. 1	11
3.2.2	Muro n. 2	11
3.2.3	Muro n. 3	11
3.2.4	Muro n. 4	11
3.2.5	Muro n. 5	11
3.2.6	Tirante n.1	11
3.2.7	Tirante n.2	11
3.2.8	Tirante n.3	11
3.3	Analisi di stabilità del pendio (metodo di Fellenius).....	11
3.3.1	Assenza di sisma - coefficiente di sicurezza FS = 1.8859	12
3.3.2	Sisma orizzontale e verticale positivi - coefficiente di sicurezza FS = 1.6808	13
3.3.3	Sisma orizzontale positivo e verticale negativo - coefficiente di sicurezza FS = 1.7482	13
3.3.4	Sisma orizzontale negativo e verticale positivo - coefficiente di sicurezza FS = 2.0400	13
3.3.5	Sisma orizzontale e verticale negativi - coefficiente di sicurezza FS = 2.1607.....	14
4	STATO ATTUALE – Pendio ad est del fabbricato.....	14
4.1	Geometria degli strati.....	14
4.2	Analisi di stabilità del pendio (metodo di Fellenius).....	15
4.2.1	Sisma orizzontale e verticale positivi – coefficiente di sicurezza FS= 0.7928	15
5	FONDAZIONI DEL FABBRICATO	16
6	VOLUMI DI SCAVO E RIPORTO.....	17

1 ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII

1.1 Normativa sismica (D.M. 14/01/2008 - NTC 2008)

In presenza di sisma viene condotta una analisi pseudo-statica secondo NTC 2008, paragrafo 7.11.3.5, secondo cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso del volume di terreno instabile ed ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot (a_{max}/g)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

Dove:

β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, in funzione della zona sismica;

g è l'accelerazione di gravità;

S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;

S_T è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.I, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima a_g .

Il coefficiente S_s di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di S_s sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V.

Il coefficiente S_T di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture su pendii con inclinazione maggiore di 15° e dislivello superiore a 30m, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di S_T sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.VI, in funzione della categoria topografica della superficie.

Il margine di sicurezza alla stabilità del pendio ottenuto deve essere valutato e motivato dal progettista.

1.1.1 Verifiche secondo NTC 2008

Questa normativa prevede che le verifiche di sicurezza siano condotte allo stato limite ultimo, in cui le azioni di progetto E_d vengono incrementate da opportuni coefficienti di sicurezza parziale (coeff. del gruppo A), mentre le caratteristiche dei materiali vanno decrementate (coeff. del gruppo M); in verifica è poi possibile considerare una resistenza di progetto R_d ulteriormente decrementata (coeff. del gruppo R).

La verifica è soddisfatta se in generale si verifica la condizione $E_d < R_d$.

Nel caso dei pendii naturali la normativa non specifica i coefficienti parziali da usare; nel caso delle "Opere di materiali sciolti e fronti di scavo" specifica invece che le verifiche devono essere effettuate nel caso statico secondo l'Ap-proccio 1, combinazione 2, cioè $(A_2 + M_2 + R_2)$.

Nel caso sismico le verifiche SLU devono essere effettuate ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, ovvero con valore ridotto rispetto a quello caratteristico.

1.1.2 Coefficienti sulle azioni

La circolare applicativa precisa che al peso dell'unità di volume della massa potenzialmente instabile va applicato il coefficiente A_2 riportato nella colonna GEO della Tabella 2.6.I delle NTC ($\gamma_{G1} = 1.0$); i pesi dei terreni vanno quindi lasciati inalterati, sia nel caso statico che sismico. Riguardo ai carichi applicati al pendio i coefficienti del gruppo A_2 sono unitari per i carichi permanenti, pari ad 1.3 per i variabili.

1.1.3 Coefficienti sui materiali

Il gruppo di coefficienti M_2 riduce invece le caratteristiche dei materiali, in particolare la tangente dell'angolo di attrito interno ($\gamma_{M2} = 1.25$), la coesione efficace C' ($\gamma_{M2} = 1.25$), la coesione non drenata C_u ($\gamma_{M2} = 1.4$).

1.1.4 Coefficienti sulla resistenza di verifica

Il programma calcola la resistenza lungo la superficie di scivolamento, con i valori di progetto inseriti, e trova un fattore di sicurezza definito dal rapporto $FS = R_d/E_d$; tale fattore di sicurezza non include nessuna riduzione sulla resistenza di verifica ($\gamma_R = 1$). Volendo considerare una ulteriore riduzione sulla resistenza di verifica (ad esempio $\gamma_{R2} = 1.1$) bisogna dividere la resistenza R_d trovata per il relativo coefficiente parziale; il raggiungimento della condizione generale di verifica $E_d < R_d$, applicando tale riduzione alla R_d , equivale al raggiungimento di un fattore di sicurezza minimo FS del pendio pari appunto al valore di riduzione che si vuole applicare. Ad esempio, volendo considerare una riduzione della resistenza di verifica $\gamma_{R2} = 1.1$ la condizione generale di verifica diventa $R_d/E_d > 1.1$; con il programma questo equivale al raggiungimento della condizione $FS > 1.1$.

Riguardo al valore minimo da raggiungere la normativa non prescrive un valore univoco ma precisa che "In ogni caso il margine di sicurezza alla stabilità del pendio ottenuto deve essere valutato e motivato dal progettista"; nel ns. caso si verificano coefficienti di sicurezza ampiamente maggiori di 1.

1.2 Analisi di stabilità del pendio

1.2.1 Metodo di Fellenius

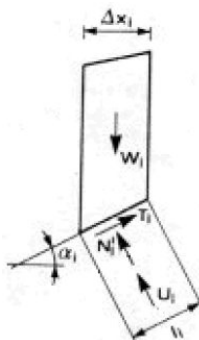
Si assume che la superficie di scivolamento possa essere assimilata ad un arco di circonferenza. Si considera la massa interessata dallo scivolamento suddivisa in n conci verticali. Su ogni conco agisce il proprio peso W_i , alla base del conco, la coesione c_i e l'eventuale pressione neutra u_i . Non si tiene conto delle forze mutue. Si pone che la forza effettiva normale alla base di ogni elemento sia pari alla differenza tra la componente del peso normale alla base e la pressione neutra risultante lungo la superficie di scorrimento. La pressione neutra risultante è uguale alla pressione neutra media moltiplicata per la lunghezza della superficie di scorrimento. Si conclude che la resistenza massima disponibile in questa sezione di superficie è

$$S_i = c_i \cdot l_i + (W_i \cdot \cos \alpha_i - u_i \cdot l_i) \cdot \tan \phi_i$$

con α_i = inclinazione alla base del conco;

l_i = lunghezza della base del conco;

ϕ_i = angolo d'attrito interno alla base del conco.



Il massimo momento resistente risultante è la somma di tali forze S_i moltiplicate per il raggio r della superficie circolare assunta come superficie di rottura:

$$M_S = r \cdot \sum_{i=1}^n S_i$$

Il momento ribaltante può essere definito come la sommatoria dei prodotti tra i pesi dei conci e i bracci dei rispettivi baricentri rispetto al centro del cerchio di scorrimento:

$$M_R = \sum_{i=1}^n W_i \cdot b_i$$

dove $b_i = r \cdot \sin \alpha_i$

Imponendo il fattore di sicurezza come rapporto tra il momento resistente e ribaltante: $FS = M_S / M_R$ si ottiene:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i + (W_i \cdot \cos \alpha_i - u_i \cdot l_i) \cdot \tan \phi_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

2 PROGETTO – sezione 5 in corrispondenza del fabbricato

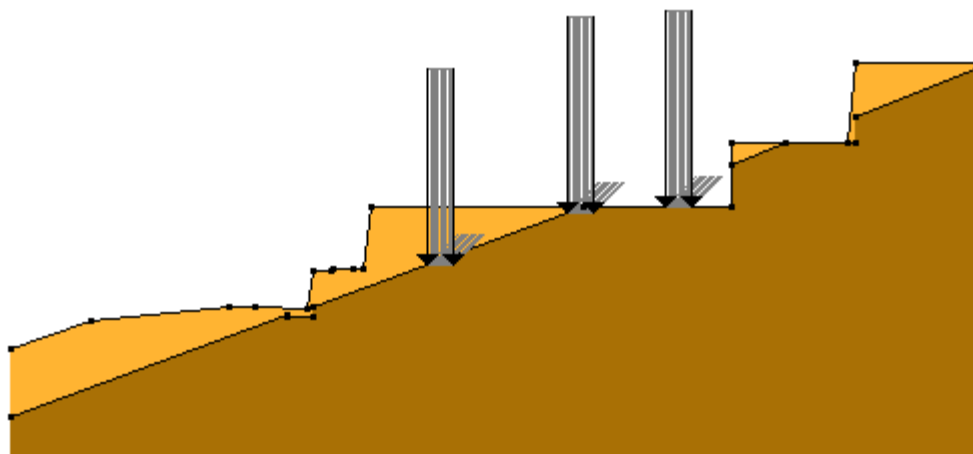
2.1 Tabella dei terreni

Vengono assunti i seguenti valori di calcolo dei parametri geotecnici dei terreni interessati, utilizzando un coefficiente riduttivo $\gamma_{M2} = 1,25$ per i corrispondenti valori indicati alle pagine 13 e 14 della "Relazione geologica e geotecnica" del 20-12-2012 a firma Dr. Geol. Fantini e considerati come caratteristici.

N	Denominazione	Gamma sat daN/m ³	Gamma nat daN/m ³	Ang.attrito gradi	Coesione daN/cm ²
1	Ghiaia sabbiosa con limo ($\gamma_{M2}=1.25$)	1800	1600	25,60	0,000
2	argilliti di Montoggio ($\gamma_{M2}=1.25$)	2650	2600	28,00	0,512

2.2 Geometria degli strati

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligoni di separazione degli strati di terreno.



2.2.1 Strato n.1, materiale sottostante: Ghiaia sabbiosa con limo

N.	X [cm]	Y [cm]
1	0	0
2	490	178
3	1337	261
4	1498	262
5	1819	258
6	1854	482
7	1973	486
8	1984	494
9	2109	504
10	2169	505
11	2218	887
25	3532	887
12	4443	888
28	4441	1145
30	4441	1145
13	4440	1277
29	4770	1279
32	5160	1282
15	5205	1777
16	5974	1774
17	5987	1802
18	6061	1833
19	6385	2044
34	6719	2044

2.2.2 Strato n.2, materiale sottostante: argilliti di Montoggio

N.	X [cm]	Y [cm]
21	0	-415
22	1694	216
23	1855	262
25	3532	887
12	4443	888
29	4770	1279
32	5160	1282
31	5208	1282
33	5203	1435
34	6719	2044

2.3 Geometria degli interventi

2.3.1 Muro n. 1

Punto di inserimento:

X: 5108 cm

Y: 1228 cm

Gamma: 2400 daN/m³

Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²

Altezza muro: 550 cm

Spessore muro: 50 cm

Larghezza suola: 200 cm

Altezza suola: 50 cm

Piede sinistro: 150 cm

Piede destro: 0 cm

Disassamento: 75 cm

2.3.2 Muro n. 2

Punto di inserimento:

X: 4333 cm
Y: 837 cm
Gamma: 2400 daN/m³
Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²
Altezza muro: 440 cm
Spessore muro: 50 cm
Larghezza suola: 220 cm
Altezza suola: 50 cm
Piede sinistro: 170 cm
Piede destro: 0 cm
Disassamento: 85 cm

2.3.3 Muro n. 3

Punto di inserimento:
X: 1774 cm
Y: 204 cm
Gamma: 2400 daN/m³
Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²
Altezza muro: 280 cm
Spessore muro: 50 cm
Larghezza suola: 160 cm
Altezza suola: 50 cm
Piede sinistro: 110 cm
Piede destro: 0 cm
Disassamento: 55 cm

2.3.4 Muro n. 4

Punto di inserimento:
X: 2207 cm
Y: 457 cm
Gamma: 2400 daN/m³
Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²
Altezza muro: 430 cm
Spessore muro: 50 cm
Larghezza suola: 200 cm
Altezza suola: 50 cm

Piede sinistro: 60 cm
Piede destro: 90 cm
Disassamento: -15 cm

2.3.5 Tirante n. 1

Punto di inserimento:
X: 2218 cm
Y: 822 cm
Larghezza: 50 cm
Altezza: 60 cm
Angolo: 20,00 gradi
Diametro: 15 cm
Lunghezza: 1000 cm
Ancoraggio: 300 cm
Tiro: 80 daN

2.3.6 Tirante n. 2

Punto di inserimento:
X: 5208 cm
Y: 1548 cm
Larghezza: 50 cm
Altezza: 60 cm
Angolo: 20,00 gradi
Diametro: 15 cm
Lunghezza: 1000 cm
Ancoraggio: 300 cm
Tiro: 200 daN

2.3.7 Tirante n. 3

Punto di inserimento:
X: 5207 cm
Y: 1744 cm
Larghezza: 50 cm
Altezza: 60 cm
Angolo: 20,00 gradi
Diametro: 15 cm
Lunghezza: 1000 cm
Ancoraggio: 300 cm
Tiro: 100 daN

2.3.8 Tirante n. 4

Punto di inserimento:
X: 2219 cm
Y: 652 cm
Larghezza: 50 cm
Altezza: 60 cm
Angolo: 20,00 gradi
Diametro: 15 cm
Lunghezza: 1000 cm
Ancoraggio: 300 cm
Tiro: 300 daN

2.3.9 Tirante n. 5

Punto di inserimento:
X: 4449 cm
Y: 1213 cm
Larghezza: 50 cm
Altezza: 60 cm
Angolo: 20,00 gradi
Diametro: 15 cm
Lunghezza: 1000 cm
Ancoraggio: 300 cm
Tiro: 100 daN

2.3.10 Tirante n. 6

Punto di inserimento:
X: 4448 cm
Y: 1044 cm
Larghezza: 50 cm
Altezza: 60 cm
Angolo: 20,00 gradi
Diametro: 15 cm
Lunghezza: 1000 cm
Ancoraggio: 300 cm
Tiro: 100 daN

Ai fini dei calcoli di stabilità del pendio, senza entrare nel merito del progetto strutturale delle opere di sostegno (paratia e relativi tiranti) il programma fa riferimento al tiro, espresso in daN, agente su un cono di profondità unitaria in direzione Z locale (pari a 1 centimetro), essendo X e Y gli assi locali della sezione verticale sopra riportata; il tiro effettivo con il quale saranno caricati i tiranti dipenderà dall'interasse scelto per gli stessi e si otterrà moltiplicando il tiro unitario per i centimetri d'interasse (p.es.: se il Tirante 1 viene realizzato con interasse di 200 cm sulla paratia, il tiro sarà: $80 \times 200 = 16.000$ daN = 16 ton).

2.4 Geometria dei carichi

Fabbricato			
dimensioni in pianta	L1= 54 m	x	L2= 20 m
altezza	H= 21,5 m	n=	7 piani
peso solaio	g= 0,600 t/m ²	Gs=	4536,0 t
sovraccarico variabile	q= 0,400 t/m ²	Qs=	3024,0 t
muro perimetrale	gm= 1,000 t/m-piano	Gm=	1036,0 t
peso proprio edificio		G=	5572,0 t
peso totale edificio		T=	8596,0 t
Fondazioni			
sviluppo	S= 222 m		
larghezza	lf= 1,60 m		
superficie	Su= 355,2 m ²		
pressione media G	pg= 15,69 t/m ²	pg=	1,57 daN/cm ²
pressione media T	pt= 24,20 t/m ²	pt=	2,42 daN/cm ²
pressione media var	p _v = 8,51 t/m ²	p _v =	0,85 daN/cm ²

Le coordinate e le componenti dei carichi stampate in questo paragrafo sono riferite al sistema di riferimento relativo alla sezione trasversale, dove gli assi X e Y locali coincidono rispettivamente con gli assi X e Z globali.

L'asse Y globale si sviluppa nella profondità del muro. Tutte le tipologie di carico, esclusa quella puntuale, hanno componenti e coordinate diverse da zero solo lungo gli assi locali X e Y. Nel caso di carichi puntuali viene indicata anche la posizione in profondità (P), riferita rispetto alla sezione trasversale iniziale dell'intervento e quindi lungo l'asse Y globale.

2.4.1 Carico n.1

Tipo di carico: distribuito

Punto di inserimento:

X (asse X globale): 3427 cm

Y (asse Z globale): 840 cm

Ampiezza: 160 cm

Valore iniziale: -2,42 daN/cm²

Valore finale: -2,42 daN/cm²

2.4.2 Carico n.2

Tipo di carico: distribuito

Punto di inserimento:

X (asse X globale): 4036 cm

Y (asse Z globale): 888 cm

Ampiezza: 160 cm

Valore iniziale: -2,42 daN/cm²

Valore finale: -2,42 daN/cm²

2.4.3 Carico n.3

Tipo di carico: distribuito

Punto di inserimento:

X (asse X globale): 2567 cm

Y (asse Z globale): 520 cm

Ampiezza: 160 cm

Valore iniziale: -2,42 daN/cm²

Valore finale: -2,42 daN/cm²

2.5 Analisi di stabilità del pendio (metodo di Fellenius).

Normativa adottata per il sisma: D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni NTC 2008.

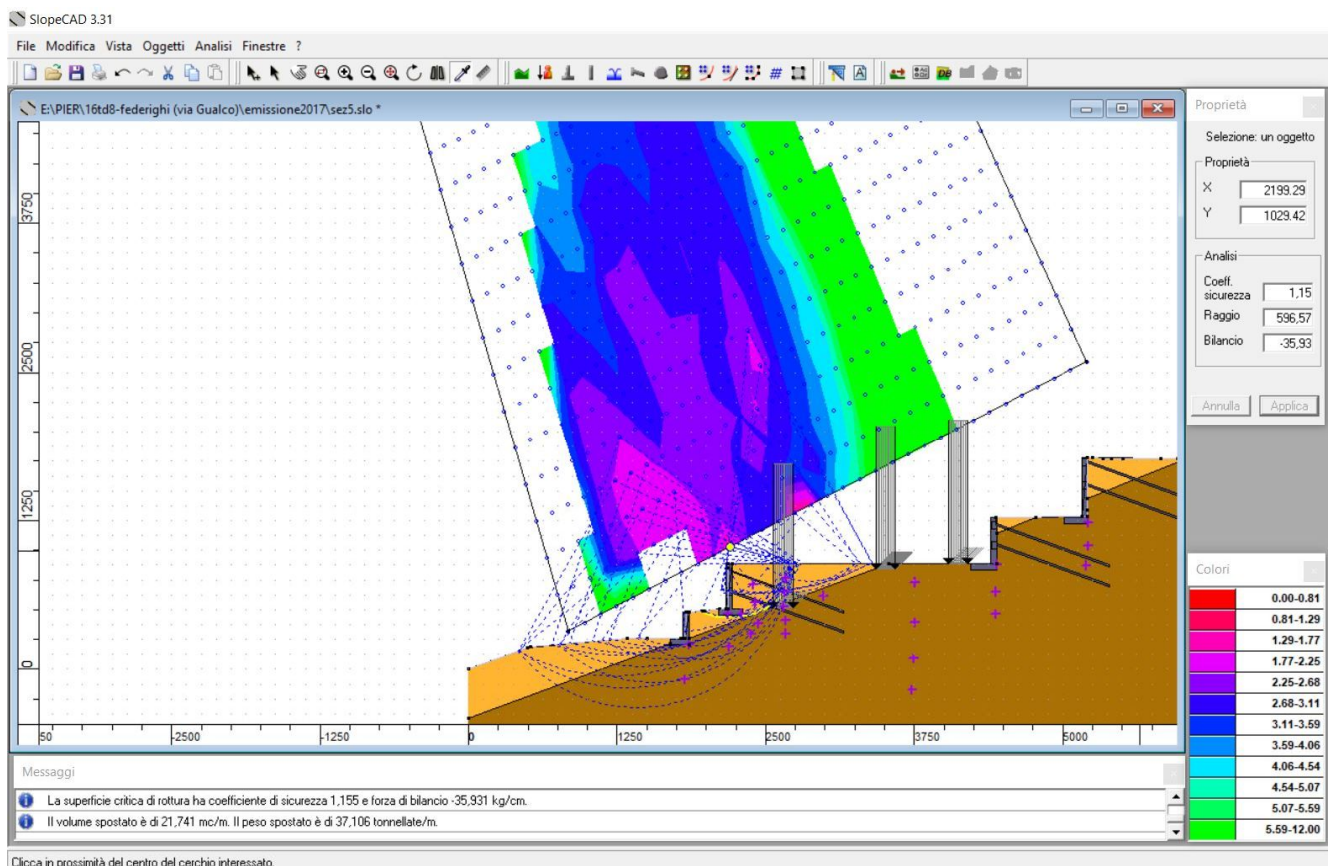
Accelerazione relativa A_g/g massima attesa al suolo: 0.12 g

Categoria del suolo di fondazione: B

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.2

Coefficiente di amplificazione topografica: 1.2

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (Beta s): 0.24



Il minor coefficiente di sicurezza riscontrato nel masso di riporto di progetto è determinato in corrispondenza della più critica superficie di rottura, indicata dall'arco di cerchio giallo, ed ammonta a **1,15** ovvero accettabile, tanto più se si considerano le modeste caratteristiche di resistenza del terreno di riempimento, assunte nelle verifiche, e pari a quelle della coltre naturale in situ. In realtà tale terreno presenterà caratteristiche assai migliori, soprattutto in termini attritivi, essendo costituito dalla roccia proveniente dagli scavi a monte. In effetti, incrementando l'angolo di attrito di circa 2° per volta (quindi 28° e 30°), il coefficiente minimo passa da 1,15 a 1,28 ($\phi=28^\circ$) e quindi 1,39 ($\phi=30^\circ$), con aumenti rispettivamente dell'11% e del 21%.

Simboli usati nella tabella dei risultati:

alfa = angolo alla base del concio in gradi

l = lunghezza della base del concio

C = coesione alla base del concio

fi = angolo d'attrito alla base del concio in gradi

Xg = ascissa del baricentro del concio

Yg = ordinata del baricentro del concio

b = braccio relativo al peso del concio

Peso = peso complessivo alla base

Psisma = peso complessivo alla base con sisma

Pvert = carico verticale complessivo agente sul concio

Press = pressione di falda

Mstab = momento stabilizzante complessivo

MstabS = momento instabilizzante complessivo

Unità di misura utilizzate nella tabella dei risultati: daN,cm

Minimo coefficiente di sicurezza calcolato FS = 1.155

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:

Ascissa del centro X = 2199.29

Ordinata del centro Y = 1029.42

Raggio del cerchio R = 597 cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:

Volume = 217413 cmc/cm

Peso = 371 daN/cm

Perimetro di scivolamento = 1043 cm

2.5.1 Assenza di sisma - coefficiente di sicurezza FS = 1.2562

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-23.2	20	0	0.48	1967	483	232	0	0	0	0	34	-30
2	-21.7	12	0	0.48	1979	483	220	0	0	0	0	68	-57
3	-15	127	0	0.48	2056	477	143	8	0	8	0	2307	-1292
4	-8.8	2	0	0.48	2108	476	91	0	0	0	0	67	-22
5	-5.9	59	0	0.48	2138	475	61	9	0	9	0	2530	-548
6	-3	2	0	0.48	2168	664	31	2	0	2	0	610	-67
7	-0.6	48	0	0.48	2193	664	6	51	0	51	0	14677	-323
8	1.8	1	0	0.48	2218	648	18	1	0	1	0	241	15
9	6.1	89	0	0.48	2262	653	63	67	0	67	0	19150	4275
10	15.5	106	0	0.48	2357	672	158	70	0	70	0	19342	11193
11	26.1	114	0	0.48	2459	691	260	64	0	64	0	16391	16728
12	37.7	129	0	0.48	2560	723	361	53	113	166	0	37552	-34891
13	51.9	166	0	0.48	2659	773	460	36	247	283	0	49938	118222
14	68	169	0	0.48	2736	835	537	8	27	35	0	3765	19475
		1043						371	387	758		166672	132678

2.5.2 Sisma orizzontale e verticale positivi - coefficiente di sicurezza FS = 1.1545

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-23.2	20	0	0.48	1967	483	232	0	0	0	0	34	-28
2	-21.7	12	0	0.48	1979	483	220	0	0	0	0	69	-52
3	-15	127	0	0.48	2056	477	143	8	0	9	0	2354	-1127
4	-8.8	2	0	0.48	2108	476	91	0	0	0	0	69	-17
5	-5.9	59	0	0.48	2138	475	61	9	0	9	0	2582	-354
6	-3	2	0	0.48	2168	664	31	2	0	2	0	623	-36
7	-0.6	48	0	0.48	2193	664	6	51	0	52	0	14981	448
8	1.8	1	0	0.48	2218	648	18	1	0	1	0	246	29
9	6.1	89	0	0.48	2262	653	63	67	0	69	0	19547	5416
10	15.5	106	0	0.48	2357	672	158	70	0	72	0	19743	12467
11	26.1	114	0	0.48	2459	691	260	64	0	65	0	16731	17970
12	37.7	129	0	0.48	2560	723	361	53	113	170	0	38330	-31520
13	51.9	166	0	0.48	2659	773	460	36	247	289	0	50974	123997
14	68	169	0	0.48	2736	835	537	8	27	36	0	3843	20163
		1043						371	387	774		170128	147356

2.5.3 Sisma orizzontale positivo e verticale negativo - coefficiente di sicurezza FS = 1.1889

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-23.2	20	0	0.48	1967	483	232	0	0	0	0	33	-27
2	-21.7	12	0	0.48	1979	483	220	0	0	0	0	67	-50
3	-15	127	0	0.48	2056	477	143	8	0	8	0	2259	-1074
4	-8.8	2	0	0.48	2108	476	91	0	0	0	0	66	-16
5	-5.9	59	0	0.48	2138	475	61	9	0	9	0	2477	-332
6	-3	2	0	0.48	2168	664	31	2	0	2	0	598	-33
7	-0.6	48	0	0.48	2193	664	6	51	0	50	0	14372	462

8	1.8	1	0	0.48	2218	648	18	1	0	1	0	236	28
9	6.1	89	0	0.48	2262	653	63	67	0	66	0	18753	5239
10	15.5	106	0	0.48	2357	672	158	70	0	69	0	18941	12003
11	26.1	114	0	0.48	2459	691	260	64	0	63	0	16051	17277
12	37.7	129	0	0.48	2560	723	361	53	113	163	0	36773	-34035
13	51.9	166	0	0.48	2659	773	460	36	247	277	0	48903	118480
14	68	169	0	0.48	2736	835	537	8	27	34	0	3687	19356
		1043						371	387	743		163215	137277

2.5.4 ***Sisma orizzontale negativo e verticale positivo - coefficiente di sicurezza FS = 1.3283***

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-23.2	20	0	0.48	1967	483	232	0	0	0	0	34	-34
2	-21.7	12	0	0.48	1979	483	220	0	0	0	0	69	-64
3	-15	127	0	0.48	2056	477	143	8	0	9	0	2354	-1510
4	-8.8	2	0	0.48	2108	476	91	0	0	0	0	69	-28
5	-5.9	59	0	0.48	2138	475	61	9	0	9	0	2582	-764
6	-3	2	0	0.48	2168	664	31	2	0	2	0	623	-101
7	-0.6	48	0	0.48	2193	664	6	51	0	52	0	14981	-1108
8	1.8	1	0	0.48	2218	648	18	1	0	1	0	246	2
9	6.1	89	0	0.48	2262	653	63	67	0	69	0	19547	3311
10	15.5	106	0	0.48	2357	672	158	70	0	72	0	19743	10383
11	26.1	114	0	0.48	2459	691	260	64	0	65	0	16731	16179
12	37.7	129	0	0.48	2560	723	361	53	113	170	0	38330	-35746
13	51.9	166	0	0.48	2659	773	460	36	247	289	0	50974	117964
14	68	169	0	0.48	2736	835	537	8	27	36	0	3843	19594
		1043						371	387	774		170128	128080

2.5.5 ***Sisma orizzontale e verticale negativi - coefficiente di sicurezza FS = 1.3832***

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-23.2	20	0	0.48	1967	483	232	0	0	0	0	33	-32
2	-21.7	12	0	0.48	1979	483	220	0	0	0	0	67	-61
3	-15	127	0	0.48	2056	477	143	8	0	8	0	2259	-1457
4	-8.8	2	0	0.48	2108	476	91	0	0	0	0	66	-27
5	-5.9	59	0	0.48	2138	475	61	9	0	9	0	2477	-741
6	-3	2	0	0.48	2168	664	31	2	0	2	0	598	-98
7	-0.6	48	0	0.48	2193	664	6	51	0	50	0	14372	-1095
8	1.8	1	0	0.48	2218	648	18	1	0	1	0	236	2
9	6.1	89	0	0.48	2262	653	63	67	0	66	0	18753	3134
10	15.5	106	0	0.48	2357	672	158	70	0	69	0	18941	9919
11	26.1	114	0	0.48	2459	691	260	64	0	63	0	16051	15485
12	37.7	129	0	0.48	2560	723	361	53	113	163	0	36773	-38261
13	51.9	166	0	0.48	2659	773	460	36	247	277	0	48903	112447
14	68	169	0	0.48	2736	835	537	8	27	34	0	3687	18786
		1043						371	387	743		163215	118001

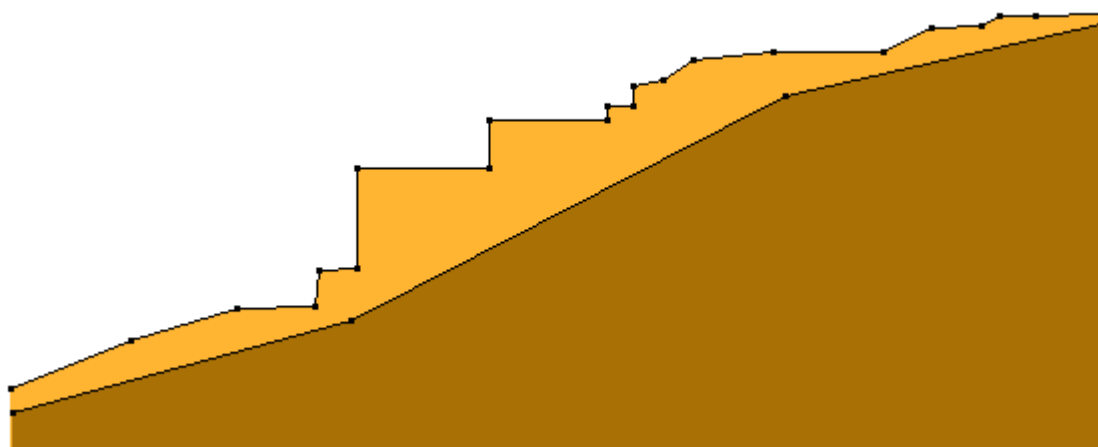
3 PROGETTO – sezione 8 ad est del fabbricato

Vengono assunti i seguenti valori di calcolo dei parametri geotecnici dei terreni interessati, utilizzando un coefficiente riduttivo $\gamma_{M2} = 1,25$ per i corrispondenti valori indicati alle pagine 13 e 14 della “Relazione geologica e geotecnica” del 20-12-2012 a firma Dr. Geol. Fantini e considerati come caratteristici.

N	Denominazione	Gamma sat daN/m ³	Gamma nat daN/m ³	Ang.attrito gradi	Coesione daN/cm ²
1	Ghiaia sabbiosa con limo	1800	1600	25,60	0,000
2	argilliti di Montoggio	2650	2600	28,00	0,512

3.1 Geometria degli strati

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligonali di separazione degli strati di terreno.



3.1.1 Strato n.1, materiale sottostante: Ghiaia sabbiosa con limo

N.	X [cm]	Y [cm]
1	0	-190
2	746	102
3	1424	312
4	1915	319
5	1939	542
6	2177	564
7	2179	1182
8	3001	1182
9	3004	1487
10	3740	1487
11	3742	1577
12	3910	1577
13	3913	1706
14	4101	1744
15	4290	1871
16	4782	1912
17	5480	1915
18	5786	2063
19	6098	2083
20	6214	2139
21	6434	2141
22	6846	2156

3.1.2 Strato n.2, materiale sottostante: argilliti di Montoggio

N.	X [cm]	Y [cm]
23	5	-348
24	2133	228
25	4868	1637
26	6847	2086

3.2 Geometria degli interventi

3.2.1 Muro n. 1

Punto di inserimento:
 X: 3694 cm
 Y: 1437 cm
 Gamma: 2400 daN/m³
 Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²
 Altezza muro: 140 cm
 Spessore muro: 50 cm
 Larghezza suola: 100 cm
 Altezza suola: 50 cm
 Piede sinistro: 50 cm
 Piede destro: 0 cm
 Disassamento: 25 cm

3.2.2 Muro n. 2

Punto di inserimento:
 X: 2898 cm
 Y: 1131 cm
 Gamma: 2400 daN/m³
 Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²
 Altezza muro: 360 cm
 Spessore muro: 50 cm
 Larghezza suola: 220 cm
 Altezza suola: 50 cm
 Piede sinistro: 170 cm
 Piede destro: 0 cm
 Disassamento: 85 cm

3.2.3 Muro n. 3

Punto di inserimento:
 X: 1884 cm
 Y: 247 cm
 Gamma: 2400 daN/m³
 Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²

Altezza muro: 300 cm
 Spessore muro: 50 cm
 Larghezza suola: 160 cm
 Altezza suola: 50 cm
 Piede sinistro: 110 cm
 Piede destro: 0 cm
 Disassamento: 55 cm

3.2.4 Muro n. 4

Punto di inserimento:
 X: 2169 cm
 Y: 520 cm
 Gamma: 2400 daN/m³
 Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²
 Altezza muro: 670 cm
 Spessore muro: 50 cm
 Larghezza suola: 200 cm
 Altezza suola: 50 cm
 Piede sinistro: 60 cm
 Piede destro: 90 cm
 Disassamento: -15 cm

3.2.5 Muro n. 5

Punto di inserimento:
 X: 3867 cm
 Y: 1528 cm
 Gamma: 2400 daN/m³
 Resistenza al taglio: 6,00 daN/cm²
 Altezza muro: 180 cm
 Spessore muro: 50 cm
 Larghezza suola: 100 cm
 Altezza suola: 50 cm
 Piede sinistro: 50 cm
 Piede destro: 0 cm
 Disassamento: 25 cm

3.2.6 Tirante n.1

Punto di inserimento:
 X: 2179 cm
 Y: 960 cm
 Larghezza: 50 cm
 Altezza: 60 cm
 Angolo: 20,00 gradi
 Diametro: 15 cm
 Lunghezza: 1300 cm
 Ancoraggio: 400 cm
 Tiro: 150 daN

3.2.7 Tirante n.2

Punto di inserimento:
 X: 2179 cm
 Y: 760 cm
 Larghezza: 50 cm
 Altezza: 60 cm
 Angolo: 20,00 gradi
 Diametro: 15 cm
 Lunghezza: 1000 cm
 Ancoraggio: 400 cm
 Tiro: 300 daN

3.2.8 Tirante n.3

Punto di inserimento:
 X: 1964 cm
 Y: 394 cm
 Larghezza: 50 cm
 Altezza: 60 cm
 Angolo: 20,00 gradi
 Diametro: 15 cm
 Lunghezza: 700 cm
 Ancoraggio: 300 cm
 Tiro: 300 daN

Ai fini dei calcoli di stabilità del pendio, senza entrare nel merito del progetto strutturale delle opere di sostegno (paratia e relativi tiranti) il programma fa riferimento al tiro, espresso in daN, agente su un concio di profondità unitaria in direzione Z locale (pari a 1 centimetro), essendo X e Y gli assi locali della sezione verticale sopra riportata; il tiro effettivo con il quale saranno caricati i tiranti dipenderà dall'interasse scelto per gli stessi e si otterrà moltiplicando il tiro unitario per i centimetri d'interasse (p.es.: se il Tirante 1 viene realizzato con interasse di 200 cm sulla paratia, il tiro sarà: $300 \times 200 = 60.000$ daN = 60 ton).

3.3 Analisi di stabilità del pendio (metodo di Fellenius)

Normativa adottata per il sisma: D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni NTC 2008.

Accelerazione relativa Ag/g massima attesa al suolo: 0.12 g

Categoria del suolo di fondazione: B

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.2

Coefficiente di amplificazione topografica: 1.2

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (Beta s): 0.24

Simboli usati nella tabella dei risultati:

alfa = angolo alla base del concio in gradi

l = lunghezza della base del concio

C = coesione alla base del concio

fi = angolo d'attrito alla base del concio in gradi

Xg = ascissa del baricentro del concio

Yg = ordinata del baricentro del concio

b = braccio relativo al peso del concio

Peso = peso complessivo alla base

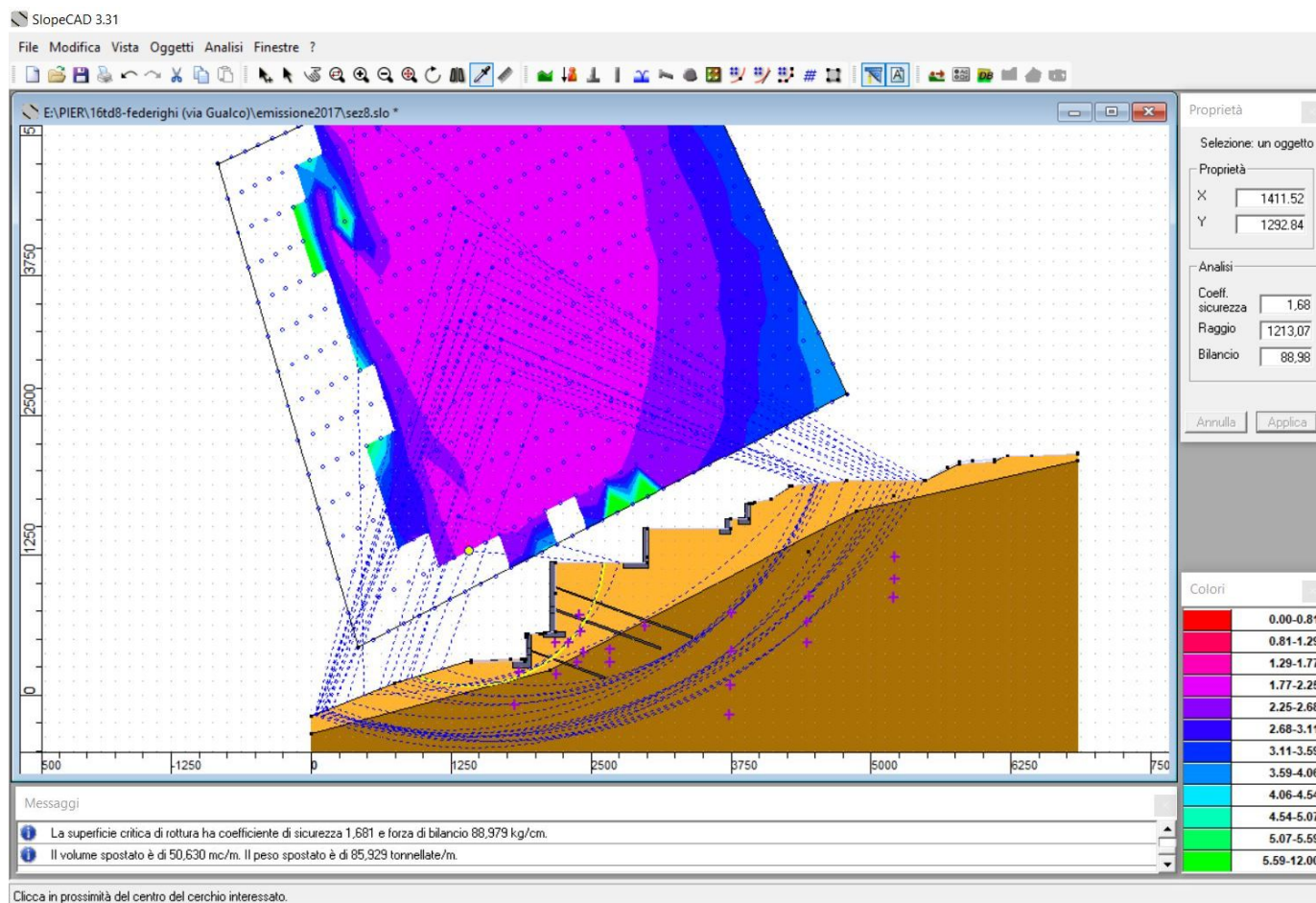
Psisma = peso complessivo alla base con sisma

Pvert = carico verticale complessivo agente sul concio

Press = pressione di falda

Mstab = momento stabilizzante complessivo

MstabS = momento instabilizzante complessivo



N.B.: La superficie di rottura con minor coefficiente di sicurezza, causata dall'intervento in progetto, è indicata in giallo e ammonta a **1,68**; pertanto **l'intervento in progetto incide sulla stabilità globale del versante con un ampio margine di sicurezza.**

Unità di misura utilizzate nella tabella dei risultati: daN,cm

Minimo coefficiente di sicurezza calcolato FS = 1.681

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:

Ascissa del centro X = 1411.52

Ordinata del centro Y = 1292.84

Raggio del cerchio R = 1213 cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:

Volume = 506305 cm³/cm

Peso = 859 daN/cm

Perimetro di scivolamento = 2258 cm

3.3.1 Assenza di sisma - coefficiente di sicurezza FS = 1.8859

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-20	83	0	0.58	1010	166	401	3	0	3	0	2182	-1374
2	-15.6	101	0	0.58	1091	166	321	13	0	13	0	8503	-4121
3	-10.9	99	0	0.58	1185	170	227	21	0	21	0	14306	-4784
4	-6.3	97	0	0.58	1280	178	131	28	0	28	0	19303	-3690
5	-1.7	97	0	0.58	1377	189	35	33	0	33	0	23402	-1208
6	2.8	95	0	0.58	1471	197	60	35	0	35	0	24527	2099
7	7.3	96	0	0.58	1566	202	154	34	0	34	0	23607	5267
8	11.9	97	0	0.58	1661	211	249	32	0	32	0	21754	7939
9	16.5	99	0	0.58	1755	224	344	28	0	28	0	18991	9765
10	21.7	118	0	0.58	1857	246	445	31	0	31	0	20220	13919
11	24.5	1	0	0.58	1914	377	503	1	0	1	0	382	301
12	25.1	27	0	0.58	1927	379	515	20	0	20	0	12520	10181
13	26.4	28	0	0.58	1952	383	540	19	0	19	0	12142	10459
14	30	121	0	0.58	2015	396	604	51	0	51	0	31190	31135

15	34.5	73	0	0.58	2098	441	687	29	0	29	0	16668	19871
16	36.4	5	0	0.58	2131	781	719	8	0	8	0	4362	5566
17	37.8	55	0	0.58	2155	788	743	83	0	83	0	46150	-131891
18	39.2	2	0	0.58	2178	795	766	3	0	3	0	1811	2555
19	39.2	1	0	0.58	2179	795	767	1	0	1	0	442	625
20	42.1	121	0	0.58	2223	780	812	117	0	117	0	60810	95217
21	48.7	157	0	0.58	2319	837	908	114	0	114	0	52826	104139
22	56.9	190	0	0.58	2422	905	1011	91	0	91	0	34888	10292
23	67.9	276	0	0.58	2522	1003	1110	57	0	57	0	14921	57264
24	79.6	217	0	0.58	2593	1111	1182	7	0	7	0	843	7971
		2258						859	0	859		466750	247498

3.3.2 Sisma orizzontale e verticale positivi - coefficiente di sicurezza FS = 1.6808

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-20	83	0	0.58	1010	166	401	3	0	3	0	2227	-1248
2	-15.6	101	0	0.58	1091	166	321	13	0	13	0	8680	-3618
3	-10.9	99	0	0.58	1185	170	227	21	0	21	0	14603	-3915
4	-6.3	97	0	0.58	1280	178	131	28	0	28	0	19703	-2484
5	-1.7	97	0	0.58	1377	189	35	33	0	34	0	23887	296
6	2.8	95	0	0.58	1471	197	60	35	0	36	0	25035	3735
7	7.3	96	0	0.58	1566	202	154	34	0	35	0	24097	6913
8	11.9	97	0	0.58	1661	211	249	32	0	32	0	22205	9528
9	16.5	99	0	0.58	1755	224	344	28	0	29	0	19384	11222
10	21.7	118	0	0.58	1857	246	445	31	0	32	0	20640	15556
11	24.5	1	0	0.58	1914	377	503	1	0	1	0	390	330
12	25.1	27	0	0.58	1927	379	515	20	0	20	0	12779	11141
13	26.4	28	0	0.58	1952	383	540	19	0	20	0	12394	11407
14	30	121	0	0.58	2015	396	604	51	0	52	0	31837	33693
15	34.5	73	0	0.58	2098	441	687	29	0	29	0	17013	21304
16	36.4	5	0	0.58	2131	781	719	8	0	8	0	4453	5846
17	37.8	55	0	0.58	2155	788	743	83	0	85	0	47107	-128860
18	39.2	2	0	0.58	2178	795	766	3	0	3	0	1848	2677
19	39.2	1	0	0.58	2179	795	767	1	0	1	0	451	655
20	42.1	121	0	0.58	2223	780	812	117	0	119	0	62071	99680
21	48.7	157	0	0.58	2319	837	908	114	0	117	0	53921	108458
22	56.9	190	0	0.58	2422	905	1011	91	0	93	0	35612	13681
23	67.9	276	0	0.58	2522	1003	1110	57	0	58	0	15230	59268
24	79.6	217	0	0.58	2593	1111	1182	7	0	7	0	860	8187
		2258						859	0	877		476428	283454

3.3.3 Sisma orizzontale positivo e verticale negativo - coefficiente di sicurezza FS = 1.7482

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-20	83	0	0.58	1010	166	401	3	0	3	0	2137	-1191
2	-15.6	101	0	0.58	1091	166	321	13	0	12	0	8327	-3447
3	-10.9	99	0	0.58	1185	170	227	21	0	20	0	14009	-3716
4	-6.3	97	0	0.58	1280	178	131	28	0	27	0	18903	-2331
5	-1.7	97	0	0.58	1377	189	35	33	0	33	0	22917	347
6	2.8	95	0	0.58	1471	197	60	35	0	34	0	24018	3648
7	7.3	96	0	0.58	1566	202	154	34	0	33	0	23118	6695
8	11.9	97	0	0.58	1661	211	249	32	0	31	0	21303	9199
9	16.5	99	0	0.58	1755	224	344	28	0	28	0	18597	10817
10	21.7	118	0	0.58	1857	246	445	31	0	30	0	19801	14979
11	24.5	1	0	0.58	1914	377	503	1	0	1	0	374	318
12	25.1	27	0	0.58	1927	379	515	20	0	19	0	12260	10719
13	26.4	28	0	0.58	1952	383	540	19	0	19	0	11890	10973
14	30	121	0	0.58	2015	396	604	51	0	50	0	30543	32402
15	34.5	73	0	0.58	2098	441	687	29	0	28	0	16322	20479
16	36.4	5	0	0.58	2131	781	719	8	0	8	0	4272	5615
17	37.8	55	0	0.58	2155	788	743	83	0	82	0	45193	-131432
18	39.2	2	0	0.58	2178	795	766	3	0	3	0	1773	2571
19	39.2	1	0	0.58	2179	795	767	1	0	1	0	433	629
20	42.1	121	0	0.58	2223	780	812	117	0	115	0	59549	95731
21	48.7	157	0	0.58	2319	837	908	114	0	112	0	51730	104139
22	56.9	190	0	0.58	2422	905	1011	91	0	89	0	34165	9836
23	67.9	276	0	0.58	2522	1003	1110	57	0	56	0	14611	56623
24	79.6	217	0	0.58	2593	1111	1182	7	0	7	0	825	7856
		2258						859	0	841		457071	261459

3.3.4 Sisma orizzontale negativo e verticale positivo - coefficiente di sicurezza FS = 2.0400

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-20	83	0	0.58	1010	166	401	3	0	3	0	2227	-1557
2	-15.6	101	0	0.58	1091	166	321	13	0	13	0	8680	-4796
3	-10.9	99	0	0.58	1185	170	227	21	0	21	0	14603	-5852
4	-6.3	97	0	0.58	1280	178	131	28	0	28	0	19703	-5048
5	-1.7	97	0	0.58	1377	189	35	33	0	34	0	23887	-2763
6	2.8	95	0	0.58	1471	197	60	35	0	36	0	25035	550
7	7.3	96	0	0.58	1566	202	154	34	0	35	0	24097	3840

8	11.9	97	0	0.58	1661	211	249	32	0	32	0	22205	6680
9	16.5	99	0	0.58	1755	224	344	28	0	29	0	19384	8714
10	21.7	118	0	0.58	1857	246	445	31	0	32	0	20640	12859
11	24.5	1	0	0.58	1914	377	503	1	0	1	0	390	285
12	25.1	27	0	0.58	1927	379	515	20	0	20	0	12779	9643
13	26.4	28	0	0.58	1952	383	540	19	0	20	0	12394	9945
14	30	121	0	0.58	2015	396	604	51	0	52	0	31837	29868
15	34.5	73	0	0.58	2098	441	687	29	0	29	0	17013	19263
16	36.4	5	0	0.58	2131	781	719	8	0	8	0	4453	5518
17	37.8	55	0	0.58	2155	788	743	83	0	85	0	47107	-132350
18	39.2	2	0	0.58	2178	795	766	3	0	3	0	1848	2539
19	39.2	1	0	0.58	2179	795	767	1	0	1	0	451	622
20	42.1	121	0	0.58	2223	780	812	117	0	119	0	62071	94703
21	48.7	157	0	0.58	2319	837	908	114	0	117	0	53921	104138
22	56.9	190	0	0.58	2422	905	1011	91	0	93	0	35612	10749
23	67.9	276	0	0.58	2522	1003	1110	57	0	58	0	15230	57905
24	79.6	217	0	0.58	2593	1111	1182	7	0	7	0	860	8086
		2258						859	0	877		476428	233538

3.3.5 *Sisma orizzontale e verticale negativi - coefficiente di sicurezza FS = 2.1607*

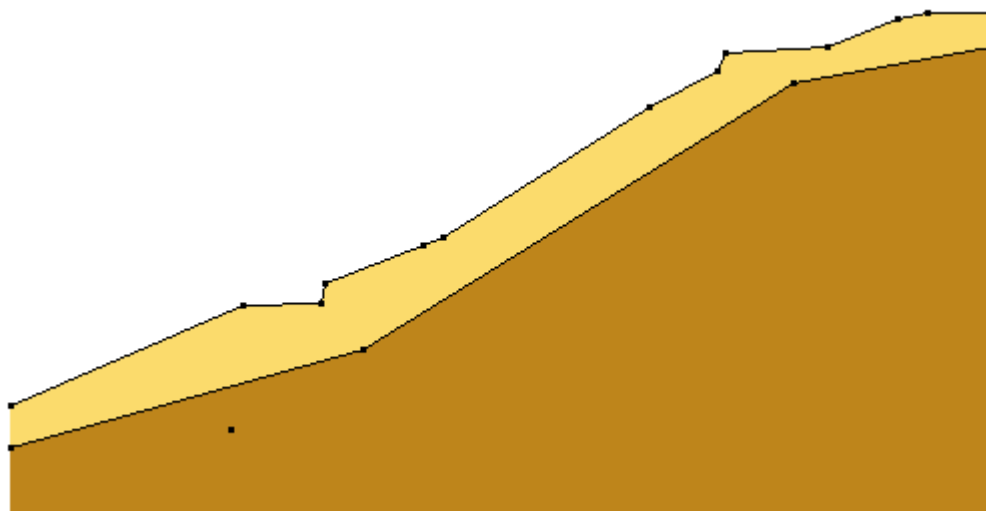
Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minstab
1	-20	83	0	0.58	1010	166	401	3	0	3	0	2137	-1500
2	-15.6	101	0	0.58	1091	166	321	13	0	12	0	8327	-4625
3	-10.9	99	0	0.58	1185	170	227	21	0	20	0	14009	-5654
4	-6.3	97	0	0.58	1280	178	131	28	0	27	0	18903	-4895
5	-1.7	97	0	0.58	1377	189	35	33	0	33	0	22917	-2713
6	2.8	95	0	0.58	1471	197	60	35	0	34	0	24018	463
7	7.3	96	0	0.58	1566	202	154	34	0	33	0	23118	3621
8	11.9	97	0	0.58	1661	211	249	32	0	31	0	21303	6350
9	16.5	99	0	0.58	1755	224	344	28	0	28	0	18597	8309
10	21.7	118	0	0.58	1857	246	445	31	0	30	0	19801	12282
11	24.5	1	0	0.58	1914	377	503	1	0	1	0	374	272
12	25.1	27	0	0.58	1927	379	515	20	0	19	0	12260	9221
13	26.4	28	0	0.58	1952	383	540	19	0	19	0	11890	9512
14	30	121	0	0.58	2015	396	604	51	0	50	0	30543	28577
15	34.5	73	0	0.58	2098	441	687	29	0	28	0	16322	18439
16	36.4	5	0	0.58	2131	781	719	8	0	8	0	4272	5287
17	37.8	55	0	0.58	2155	788	743	83	0	82	0	45193	-134922
18	39.2	2	0	0.58	2178	795	766	3	0	3	0	1773	2433
19	39.2	1	0	0.58	2179	795	767	1	0	1	0	433	596
20	42.1	121	0	0.58	2223	780	812	117	0	115	0	59549	90754
21	48.7	157	0	0.58	2319	837	908	114	0	112	0	51730	99819
22	56.9	190	0	0.58	2422	905	1011	91	0	89	0	34165	6903
23	67.9	276	0	0.58	2522	1003	1110	57	0	56	0	14611	55259
24	79.6	217	0	0.58	2593	1111	1182	7	0	7	0	825	7755
		2258						859	0	841		457071	211543

4 STATO ATTUALE – Pendio ad est del fabbricato

Per confronto viene esaminato il pendio nella stessa sezione di cui al § precedente, nelle condizioni attuali ovvero ante progetto. Partendo dalle medesime ipotesi (cfr. §3), si ottengono i risultati sotto riportati.

4.1 *Geometria degli strati*

Sezione di pendio di cui al §3, nello stato attuale ovvero senza le opere di sostegno previste dal progetto.



4.2 Analisi di stabilità del pendio (metodo di Fellenius)

Normativa adottata per il sisma: D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni NTC 2008.

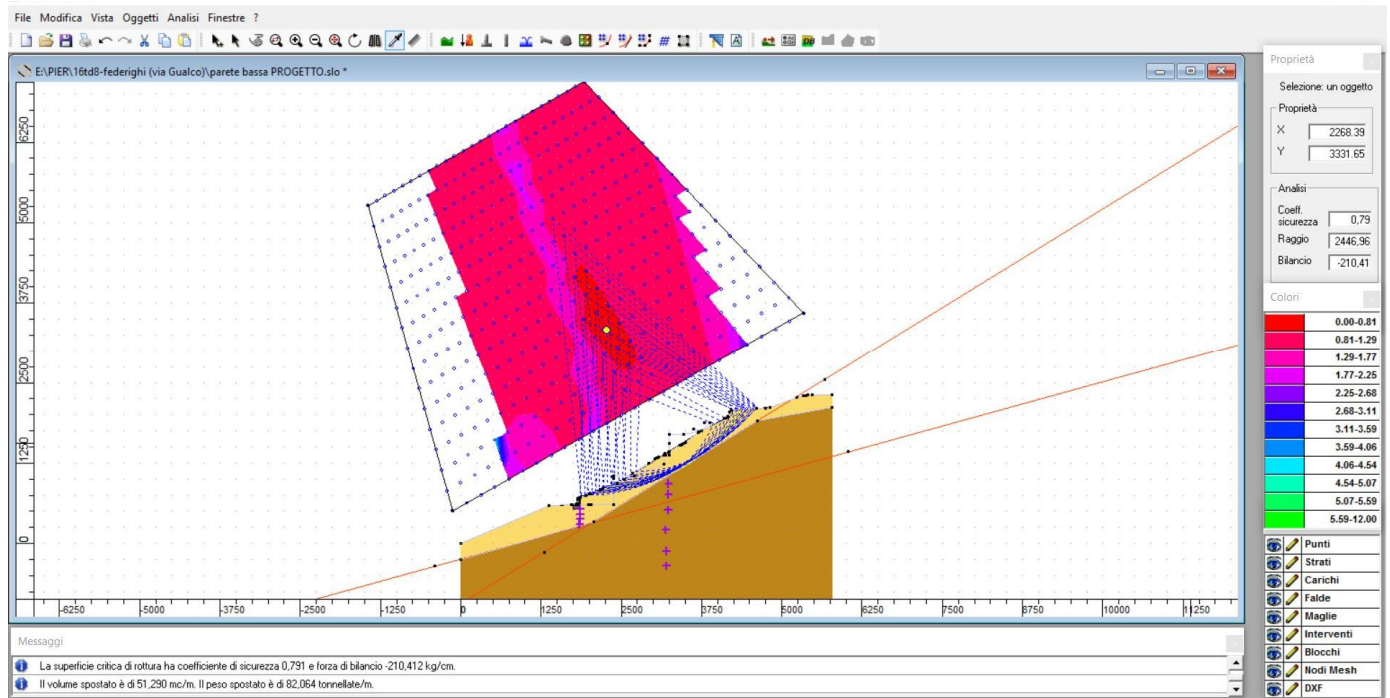
Accelerazione relativa A_g/g massima attesa al suolo: 0.12 g

Categoria del suolo di fondazione: B

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.2

Coefficiente di amplificazione topografica: 1.2

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (β_s): 0.24



Simboli usati nella tabella dei risultati:

α = angolo alla base del concio in gradi

l = lunghezza della base del concio

C = coesione alla base del concio

ϕ = angolo d'attrito alla base del concio in gradi

X_g = ascissa del baricentro del concio

Y_g = ordinata del baricentro del concio

b = braccio relativo al peso del concio

Peso = peso complessivo alla base

P_{sisma} = peso complessivo alla base con sisma

P_{vert} = carico verticale complessivo agente sul concio

P_{ress} = pressione di falda

M_{stab} = momento stabilizzante complessivo

M_{stabS} = momento instabilizzante complessivo

Unità di misura utilizzate nella tabella dei risultati: daN,cm

Caratteristiche del cerchio che comporta il minimo coefficiente di sicurezza:

Ascissa del centro $X = 2268.39$

Ordinata del centro $Y = 3331.65$

Raggio del cerchio $R = 2447$ cm

Caratteristiche della massa interessata dallo scivolamento:

Volume = 512898 cmc/cm

Peso = 821 daN/cm

Perimetro di scivolamento = 2528 cm

Si riporta di seguito la sola condizione di analisi con minor coefficiente di sicurezza, considerato che tutte le altre condizioni presentano coefficiente di sicurezza comunque minore di 1.

4.2.1 Sisma orizzontale e verticale positivi – coefficiente di sicurezza $FS = 0.7928$

Concio	α	l	C	$Tg\phi$	X_g	Y_g	b	Peso	P_{vert}	P_{tot}	P_{ress}	M_{stab}	M_{instab}
1	1	66	0	0.48	2321	894	52	1	0	1	0	1555	186
2	2.8	89	0	0.48	2393	909	124	6	0	6	0	6805	1262

3	5.2	118	0	0.48	2495	934	227	14	0	14	0	16656	4556
4	7.8	102	0	0.48	2603	968	335	19	0	19	0	22510	8279
5	10.2	102	0	0.48	2703	1007	434	27	0	27	0	31375	14311
6	12.6	103	0	0.48	2803	1049	534	34	0	34	0	39227	21441
7	15	104	0	0.48	2903	1093	635	40	0	41	0	46022	29440
8	17.5	106	0	0.48	3003	1139	735	45	0	46	0	51715	38069
9	20	107	0	0.48	3104	1188	835	50	0	51	0	56264	47075
10	22.5	109	0	0.48	3204	1239	936	54	0	55	0	59631	56187
11	25.1	111	0	0.48	3305	1293	1037	57	0	58	0	61780	65111
12	27.7	114	0	0.48	3406	1349	1137	59	0	60	0	62676	73524
13	30.4	117	0	0.48	3506	1409	1238	60	0	62	0	62291	81067
14	33.2	120	0	0.48	3607	1472	1338	60	0	62	0	60599	87334
15	36	125	0	0.48	3707	1538	1439	60	0	61	0	57580	91856
16	39	129	0	0.48	3807	1606	1539	56	0	58	0	52388	92606
17	42.1	136	0	0.48	3908	1675	1639	51	0	52	0	45309	88990
18	45.4	143	0	0.48	4008	1749	1739	44	0	45	0	37067	81278
19	48.8	153	0	0.48	4107	1829	1839	35	0	36	0	27731	68403
20	51.7	88	0	0.48	4188	1919	1920	18	0	18	0	13418	36462
21	54.7	174	0	0.48	4257	1994	1989	26	0	26	0	17784	53880
22	58.1	113	0	0.48	4335	2053	2066	4	0	5	0	2809	9648
		2528						821	0	838		833192	1050967

Le superfici di scivolamento circolari a più basso coefficiente di sicurezza riguardano la coltre superficiale del pendio e **appaiono tutte in apparente equilibrio instabile**, con coefficiente di sicurezza inferiore a 1: dal momento che, invece, il pendio risulta attualmente stabile e non manifesta affatto segni di instabilità (cfr. Relazione Geologica e Geotecnica allegata al progetto), **si deduce che i parametri geotecnici caratteristici assunti** (ridotti col fattore di sicurezza $\gamma_{M2}=1,25$) **risultano eccessivamente cautelativi e comportano una sensibile sottostima della reale stabilità del pendio**. Di conseguenza i coefficienti di sicurezza FS determinati nelle analisi di stabilità di cui ai §§ 2 e 3 per le varie condizioni, sismiche e non, risultano anch'essi sottostimati ancorché comunque accettabili.

Si dimostra infine che **le opere previste aumentano il coefficiente di sicurezza del versante**, il quale passa da 0,79 a 1,68 (condizione di sisma orizzontale e verticale positivi - §§ 3 e 4), con un incremento pari al 112%, ovvero più che un raddoppio; ciò si giustifica considerando che le nuove opere creano un confinamento efficace del pendio, riducendo gli effetti negativi della notevole acclività del sito sull'equilibrio della massa terrosa.

5 FONDAZIONI DEL FABBRICATO

La costruzione della struttura in oggetto è prevista su un'area pianeggiante da ricavare mediante le opere di sostegno di cui ai § precedenti; in base alle risultanze della relazione della dr. Fantini di Genova riguardante la zona interessata dal progetto, si considerano i seguenti parametri geotecnici medi, assunti come caratteristici, afferenti al piano di posa delle fondazioni (Argilliti di Montoggio):

$$\begin{aligned}\phi &= 35^\circ \\ c &= 64 \text{ kPa} \\ \gamma_n &= 26 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

Da cui, secondo l'approccio di cui alle NTC2008, si desumono i parametri di calcolo:

$$\begin{aligned}\phi &= 29,2^\circ \\ c &= 51 \text{ kPa} \\ \gamma_n &= 26 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

La valutazione della capacità portante del terreno di fondazione viene fatta con la formula di Terzaghi:

$$q_r = k_1 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot w' + k_2 \cdot c \cdot N_c + k_3 \cdot D \cdot \gamma \cdot N_q \cdot w''$$

dove:

q_r = capacità portante o carico di rottura.

k_i = coefficienti correttivi relativi alla forma planimetrica della fondazione (nel nostro caso assunta nastriforme, cioè relativa a fondazione continua).

γ = peso specifico apparente del terreno.

B = larghezza della fondazione.

N_γ, N_c, N_q = coefficienti di Terzaghi

w', w'' = coefficienti riduttivi che tengono conto dell'eventuale presenza di falda acquifera (in questo caso assente).

c = coesione del terreno.

D = profondità della fondazione rispetto al piano campagna.

angolo di attrito efficace:	$\phi =$	29,2 [°]
coesione del terreno di fondazione:	$c =$	5,10 [t/m ²]
peso di volume del terreno:	$\gamma =$	2,60 [t/m ³]
larghezza della fondazione:	$B =$	1,40 [m]
profondità della fondazione:	$D =$	0,70 [m]
sovraccarico sul p.c.:	$g =$	0,00 [t/m ²]

coefficienti ridotti di Terzaghi:	$N_c =$	17,02
	$N_q =$	7,01
	$N_\gamma =$	4,64

FONDAZIONE A STRISCIA:	capacità portante o carico di rottura:	$q_r =$	106,1 [t/m ²]
------------------------	--	---------	---------------------------

Il **carico di rottura** q_r è pertanto assunto pari a 106 t/m² ~ **1,0 MPa**; essendo lo schema delle fondazioni assimilabile a un graticcio di travi rovesce sui cui nodi sorgono i pilastri della struttura, la superficie complessiva delle suole di dette travi ammonta a 355 m² circa, con un peso proprio della struttura pari a $G = 5.572$ t (cfr. § 2.4) e un carico totale (comprensivo dunque dei sovraccarichi di legge) pari a $T = 8.596$ t; la **pressione di contatto** p dell'edificio ammonta pertanto a:

$$p_G = 5.572 / (355 \times 10.000) = 1,57 \text{ daN/m}^2 = \mathbf{0,16 \text{ Mpa}}$$

$$p_T = 8.596 / (355 \times 10.000) = 2,42 \text{ daN/m}^2 = \mathbf{0,24 \text{ Mpa}}$$

con un **coefficiente di sicurezza** min pari a $q_r/p_T = 1,06/0,24 \sim \mathbf{4,4}$ rispetto al carico di rottura sopra determinato e dunque ampiamente accettabile.

Le fondazioni del fabbricato in corrispondenza della facciata a valle, per la parte che non insiste direttamente sul muro di contenimento, saranno da realizzare necessariamente su palificazioni, in modo da mantenere pari rigidità del piano di posa dell'edificio su tutta la superficie di appoggio: a monte, infatti, le fondazioni insisteranno direttamente su roccia, mentre a valle sul riporto effettuato per la sistemazione dell'area.



6 VOLUMI DI SCAVO E RIPORTO

I volumi di scavo e riporto sono determinati in sede di modellazione 3D del terreno eseguita con AutoCAD 2015 implementando su un foglio di calcolo il metodo delle sezioni ragguagliate (n. 9 sezioni verticali ad interasse di circa 10 metri).

CALCOLO VOLUMI SCAVI-RIPORTI										
					passo sezioni: 10,31 [m]					
SEZIONI	SCAVO					RIPORTO				
	Aree [m ²]				Volumi [m ³]	Aree [m ²]				Volumi [m ³]
	S1	S2	S3	S _{TOT}		R1	R2	R3	S _{TOT}	
1	50,9675			50,9675	1035,6	0,1879			0,1879	9,2
2	149,918			149,9182	1447,6	1,6012			1,6012	27,7
3	0,2294	130,661		130,8906	1145,5	1,5559	1,6012	0,6172	3,7743	60,5
4	0,3041	91,0176		91,3217	827,0	1,2334	6,3512	0,3711	7,9557	122,1
5	0,0445	69,0547		69,0992	635,3	2,0322	13,6985		15,7307	226,8
6	54,1364			54,1364	398,2	28,2726			28,2726	350,5
7	23,1182			23,1182	120,3	37,6286	2,0919		39,7205	459,4
8	0,217			0,217	1,2	49,3993			49,3993	255,4
9	0,0249			0,0249	0,1	0,1431			0,1431	0,7
10				0					0	
					5610,8					1512,4
DIFFERENZA RIPORTO - SCAVO:						-4098,4 [m]				

L'intervento in progetto richiede lo smaltimento a discarica di un volume di terra/roccia scavata pari a circa 4100 m³.