

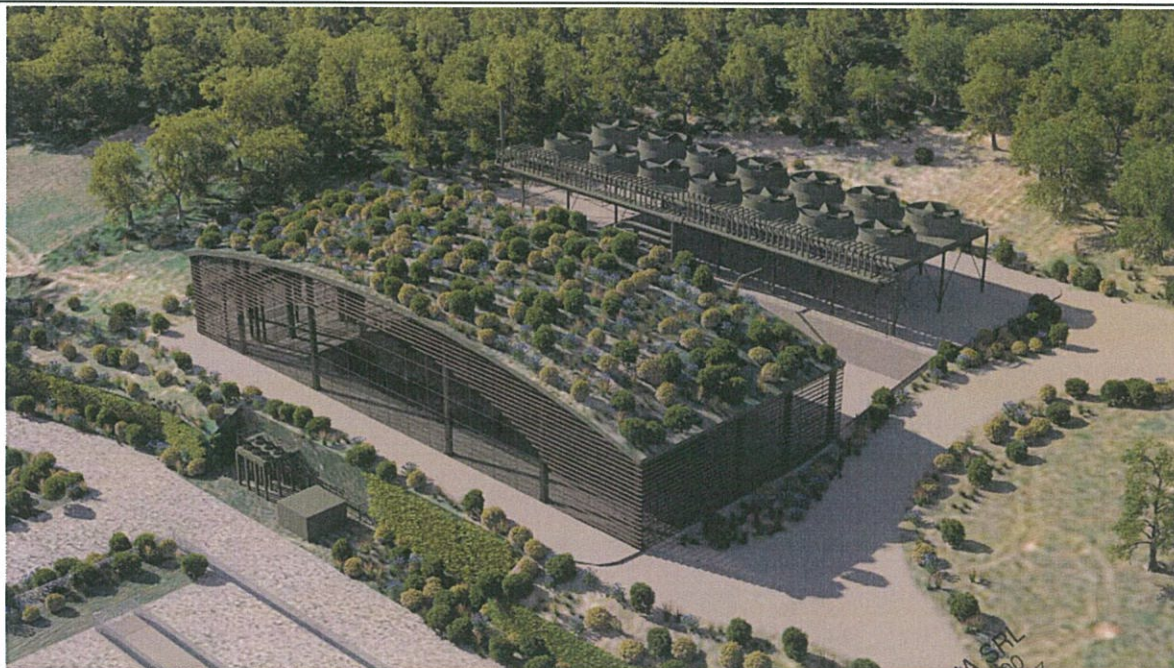
RETE GEOTERMICA TOSCANA

C/O TOSCOGEO S.R.L.

VIA ERNESTO ROSSI N° 9 - 52100, AREZZO

TEL. 0575 32641 - FAX. 0575 326464

Impianto Geotermico Pilota Castelnuovo PROGETTO DEFINITIVO



00	19/11/2015	Emissione	Sintecnica S.r.l.	Magma Energy Italia S.p.A.	Rete Geotermica Toscana
REV.	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

PROGETTISTA:



Dott. Ing. Luca MENINI
C.P.E. INGEGNERI PROV. LIVORNO
SECT. 3 Ing. Civile Ambientale
Ing. Industriale
Ing. dell'Informazione
N. 1597

TITOLO:

RELAZIONE SULLA STABILITÀ DEI PENDII

NOTE:

TOSCOGEO SRL
VIA E. ROSSI N.9 - AREZZO 52100
TEL 0575 32641 - FAX 0575 326464
C.F. e P.IVA 06142590485
Capitale sociale sottoscritto e versato € 12.000,00
Società soggetta a direzione e coordinamento di
GrazIELLA Green Power spa - via E. Rossi, 9 - Arezzo 52100
C.F. e P.IVA 02033840519

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

C	A	S	0	2	D	E	C	I	R	0	1	8
ARGOMENTO	PROGETTO	LIVELLO	AREA	TIPO	PROGRESSIVO							

Questo documento contiene informazioni di proprietà della RETE GEOTERMICA TOSCANA e può essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. È vietata qualunque forma di riproduzione o divulgazione senza l'esplicito consenso della RETE GEOTERMICA TOSCANA.

FOGLIO:

1 di 16

FORMATO:

A4

Sommario

1. INTRODUZIONE	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. GEOTECNICA	4
3.1 PARAMETRI MECCANICI	4
3.2 PRESENZA DI FALDA	5
4. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	5
4.1 VERIFICHE DI STABILITÀ IN CONDIZIONI STATICHE	5
4.2 VERIFICHE DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE	11

1. INTRODUZIONE

Il presente documento ha lo scopo di descrivere una valutazione preliminare rispetto alla stabilità dei pendii nell'ambito dell'Istanza per l'avvio della procedura di valutazione di impatto ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i. relativa al progetto "*Impianto Geotermico Pilota Castelnuovo*".

L'impianto *Geotermico Pilota Castelnuovo* è costituito da:

- **Campo pozzi**, costituito da due pozzi per la produzione dei fluidi geotermici (uno subverticale e l'altro direzionale) sino a profondità di circa 3.500 m, e di un pozzo per la reimmissione dei fluidi estratti, inclusi i gas incondensabili, all'interno delle stesse formazioni geologiche di provenienza, profondo anch'esso circa 3500 m. I tre pozzi saranno perforati da un'unica postazione.
- **Impianto geotermoelettrico**, costituito dalla rete di trasporto dei fluidi geotermici, da una centrale a ciclo binario, con potenza netta di 5MWe (come stabilito dal D.Lgs 03/03/2011 n. 28 e s.m.i.) e da una cabina elettrica di trasformazione.

Tali valutazioni preliminari consentiranno di inquadrare, in prima approssimazione, i livelli di sicurezza delle aree in condizioni ante e post operam rispetto a meccanismi di instabilità per scivolamenti a geometria roto-traslazionale ed escludere quindi possibili fenomeni di criticità per il sito industriale.

Il modello geotecnico e le relative caratteristiche meccaniche dei materiali sono state mutate da fonti bibliografiche da verificare successivamente nell'ambito di una specifica campagna geognostica.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche di sicurezza delle opere in oggetto sono state svolte in accordo ai seguenti riferimenti normativi:

- [1] D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 – "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" – pubblicato sul S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n.29
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [3] PrEN 1997-1 - Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules
- [4] PrEN 1998-5 - Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects

3. GEOTECNICA

3.1 PARAMETRI MECCANICI

Sulla base dei dati bibliografici raccolti, è possibile valutare i seguenti range dei parametri geotecnici entro i quali ci si aspetta verosimilmente che ricadano i terreni che saranno oggetto di indagine.

Litologia	Parametri caratteristici				
	γ	c'	ϕ'	c_u	E
	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[kPa]	[MPa]
Unità - S - Suoli vegetali e coltri di alterazione superficiali. Spessori variabili tra 0-1m.	18,5-19,5	0	17-21	40-60	6-8
Unità A - ArA - Argille della successione neogenica o dell'unità a palombini con blocchi e lenti ofioliti. Formazione argillitico-marnosa con livelli arenitici e calcarei. Formazione caotica ed alterata fino al limite della resistenza residua. Spessori variabili tra 1-5m.	19,0-20,0	0-10	18-23	50-90	8-12
Unità B - ArCm - Argille a palombini con blocchi e lenti ofioliti. Formazione argillitico-marnosa con livelli arenitici e calcarei. Formazione maggiormente compatta e dal basso livello di alterazione. Spessori variabili tra 10-35m.	19,0-20,0	5-25	19-26	120-180	10-25

Tabella 1: Parametri geotecnici

Vengono inoltre forniti come riferimento i parametri meccanici associabili verosimilmente ai materiali artificiali previsti per la realizzazione degli interventi di movimento terra e preparazione delle aree.

Materiali artificiali					
Rilevato - R - Ricostituito - Riperto costituito da materiali provenienti da scavi opportunamente miscelato con materiali di cava selezionati e vagliati - gruppi A1-A2-A3 secondo CNR - UNI 10006/1963 compattati a strati ad umidificazione controllata fino ad ottenere valori di densità in sito pari almeno al 95% di quella di laboratorio Proctor Modificata secondo norme ASSHTO.	19,5-20,5	5	27	120	20-25
Gabbioni - Strutture scatolari in rete metallica a doppia torsione zincata maglia 8x10 spessore filo 2.7mm minimo intasate con pezzame grossolano selezionato e vagliato all'uopo.	19,0-19,5	20	45	-	-

Tabella 2: Parametri geotecnici materiali artificiali

3.2 PRESENZA DI FALDA

Seppur non si individuano acquiferi veri e propri, si riscontra la presenza di fenomeni di circolazione idrica superficiale localizzati all'interno dei livelli più alterati e disomogenei, caratterizzati da maggiore permeabilità macrostrutturale o per fratturazione. Tale circolazione interessa verosimilmente gli strati più superficiali con soggiacenze a carattere stagionale stimabili nell'ordine di qualche metro da piano campagna. Allo stato attuale, sulla base di dati disponibili, non è possibile caratterizzare in modo appropriato tali fenomeni. Un'accurata valutazione potrà essere effettuata rispetto ai dati relativi alle indagini geognostiche e monitoraggio geotecnico propedeutiche alla progettazione esecutiva.

4. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

4.1 VERIFICHE DI STABILITÀ IN CONDIZIONI STATICHE

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte secondo i criteri previsti per la stabilità dei pendii naturali e delle opere in materiali sciolti e fronti di scavo (par. 6.3-6.8 NTC 08) per quanto attiene l'analisi delle condizioni di sicurezza generali del versante sia in condizioni ante-operam che in condizioni post-operam.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1 Combinazione 2:

$$A2+M2+R2$$

dove:

A = combinazione delle azioni esterne ottenuta attraverso opportuni coefficienti parziali dei carichi γ_F/γ_G ;

M = l'insieme dei coefficienti parziali da applicare ai parametri geotecnici del terreno;

R = l'insieme dei coefficienti parziali γ_R da applicare alla resistenza caratteristica R_k per ottenere la resistenza geotecnica di progetto.

I coefficienti A, M e R sono definiti secondo i valori riportati nelle seguenti tabelle:

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
permanenti	favorevole	γ_{G1}	0.9	1	1
	sfavorevole		1.1	1.3	1
permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevole	γ_{G2}	0	0	0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
variabili	favorevole	γ_{Qi}	0	0	0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 3: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
resistenza non drenata	γ_{cu}	1.0	1.4
peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.0	1.0

Tabella 4: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici

Coefficiente	(R2)
γ_R	1.1

Tabella 5: Coefficienti parziali per la resistenza di progetto

Le analisi di stabilità sono state effettuate con i metodi di verifica basati sull'equilibrio limite. Si è utilizzato il codice di calcolo SLOPE/W® di Geoslope International v2012, secondo il metodo di Morgenstern & Price con superfici circolari. Come modello di calcolo adottato per le verifiche si è assunta una schematizzazione in strati, come riportato nelle sezioni stratigrafiche.

In particolare sono state condotte più verifiche lungo il pendio andando a variare i domini significativi di generazione numerica delle superfici di scivolamento andando a verificare la possibile sussistenza di fenomeni più localizzati o diffusi lungo il versante, considerando una elevata estensione del modello di studio per significativi tratti rispettivamente a monte e a valle dell'impianto.

Si riportano di seguito i risultati relativi alle superfici generiche per ciascuna sezione caratteristica dell'Intervento. I limiti del modello di calcolo e la taratura degli estremi delle superfici di scivolamento sono stati impostati ai fini di individuare possibili fenomeni di collasso all'interno di un volume significativo più esteso rispetto a quello strettamente interagente con le opere.

Le verifiche di stabilità sono state condotte rispetto a due sezioni rappresentative dell'intervento: una relativa all'area d'impianto, l'altra relativa alla vasca in terra per l'accumulo delle acque necessarie alla perforazione. Entrambe le sezioni sono state verificate rispetto alle condizioni ante e post operam. Per quanto attiene le verifiche post-operam dell'area d'impianto è stato tenuto conto dei carichi delle opere di progetto stimati in 20 kPa per il piazzale della centrale e 10 kPa per i restanti piazzali.

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità condotte, che mostrano le superfici di scivolamento critico e i rispettivi coefficienti di sicurezza.

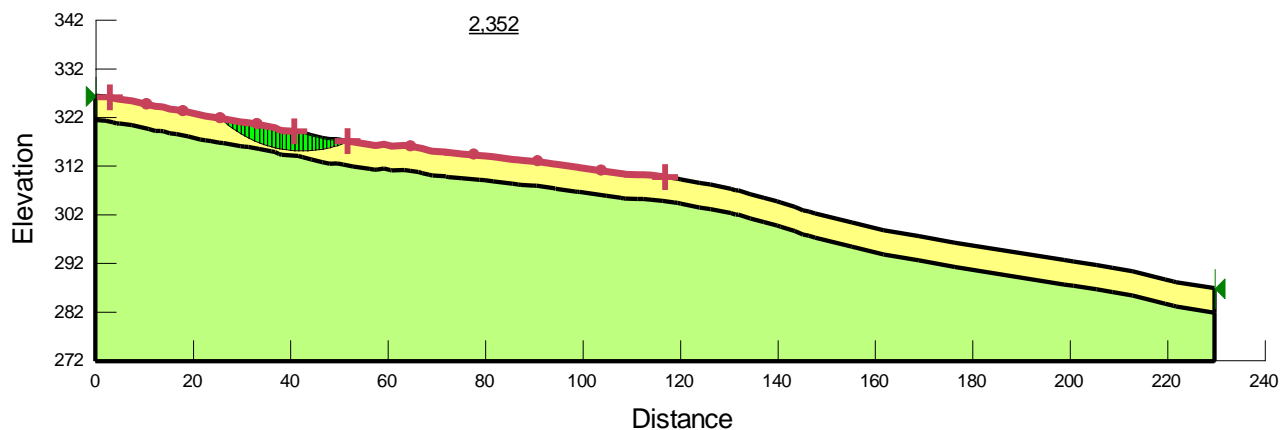


Figura 1: Area impianto – Ante operam - Monte

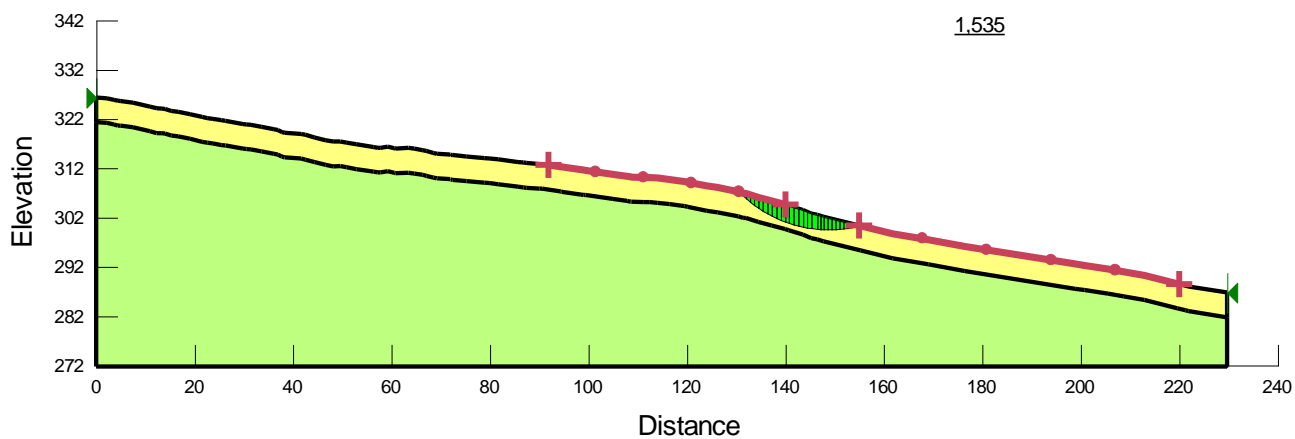


Figura 2: Area impianto – Ante operam - Valle

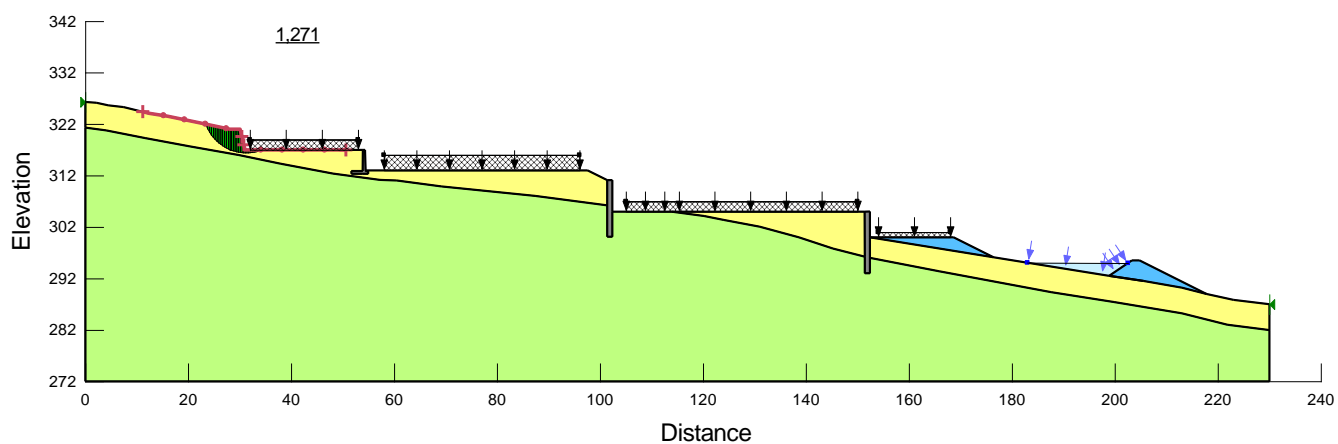


Figura 3: Area impianto – Post operam – Controripa piazzale air-cooler

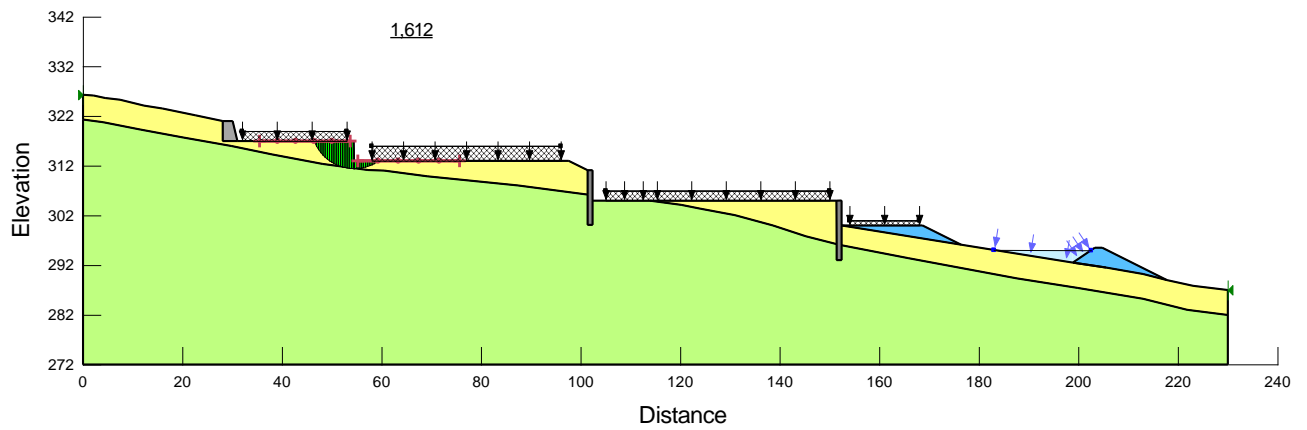


Figura 4: Area impianto – Post operam – Sottoscarpa piazzale air-cooler

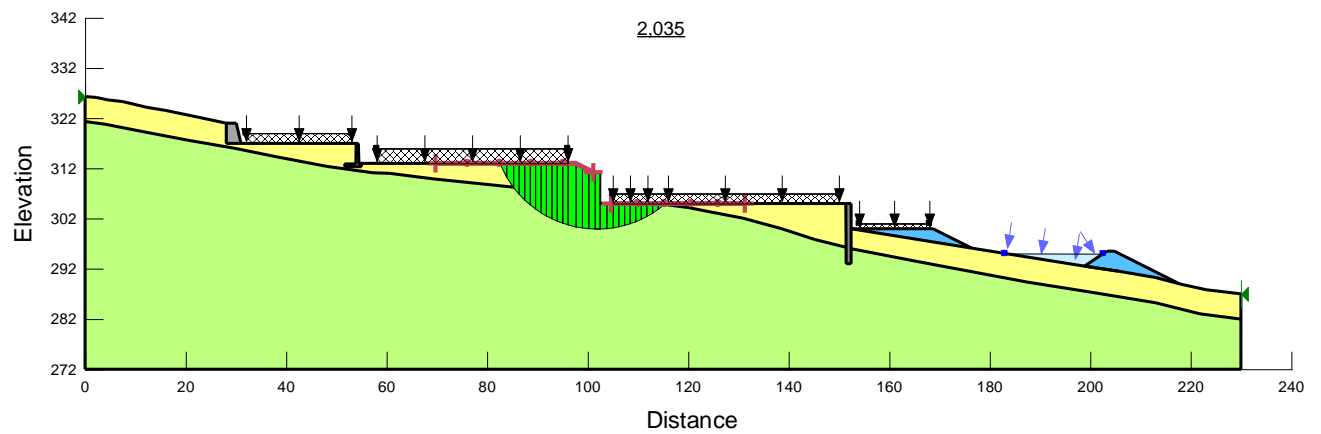


Figura 5: Area impianto – Post operam – Sottoscarpa piazzale centrale

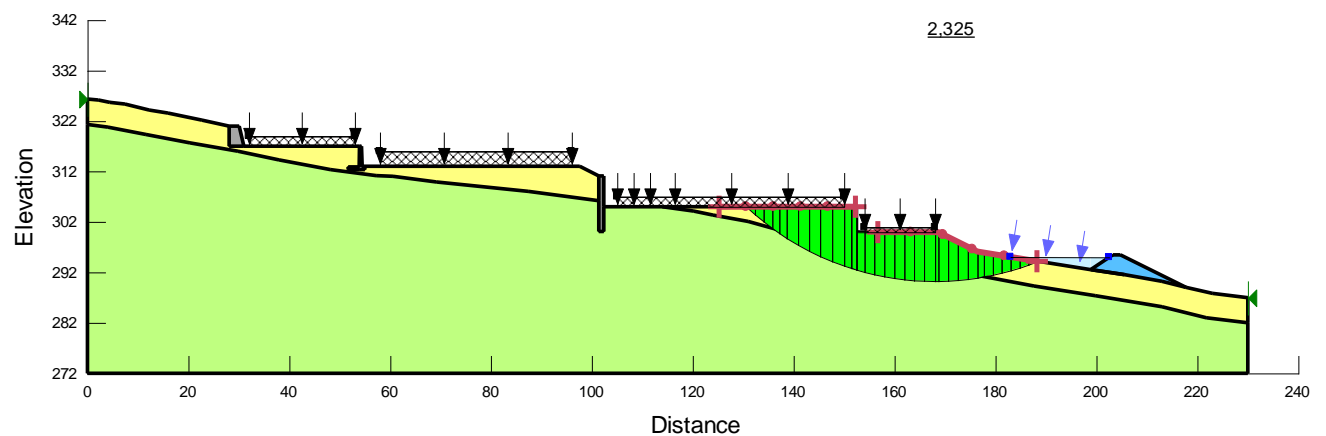


Figura 6: Area impianto – Post operam – Sottoscarpa piazzale perforazione superiore

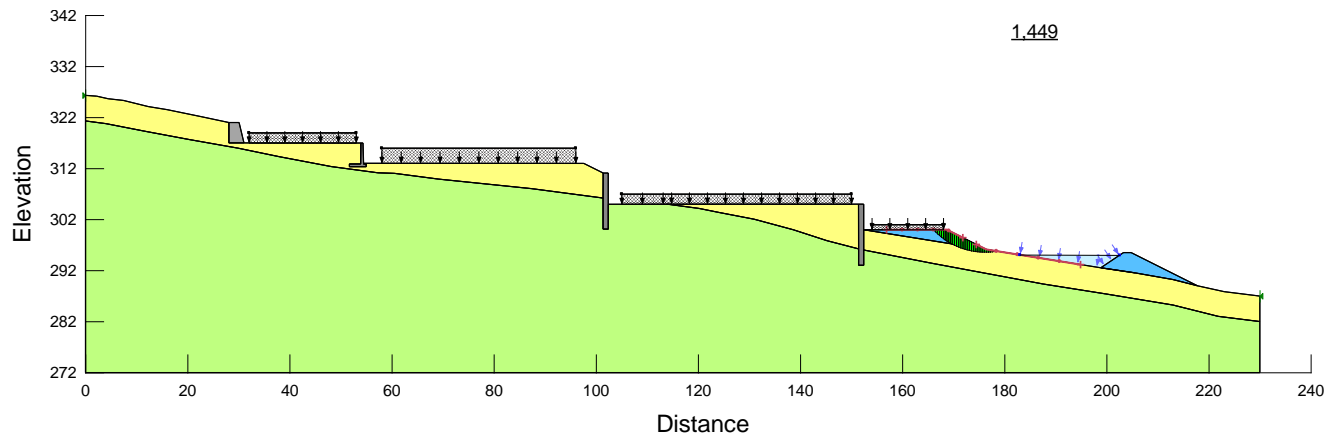


Figura 7: Area impianto – Post operam – Sottoscarpa piazzale perforazione inferiore

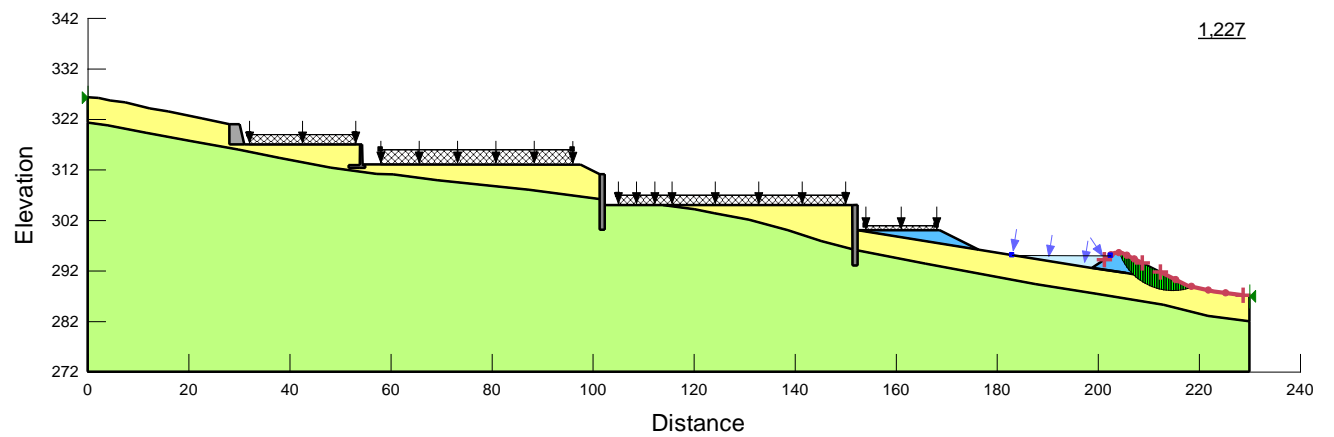


Figura 8: Area impianto – Post operam – Rilevato vasca acqua di perforazione

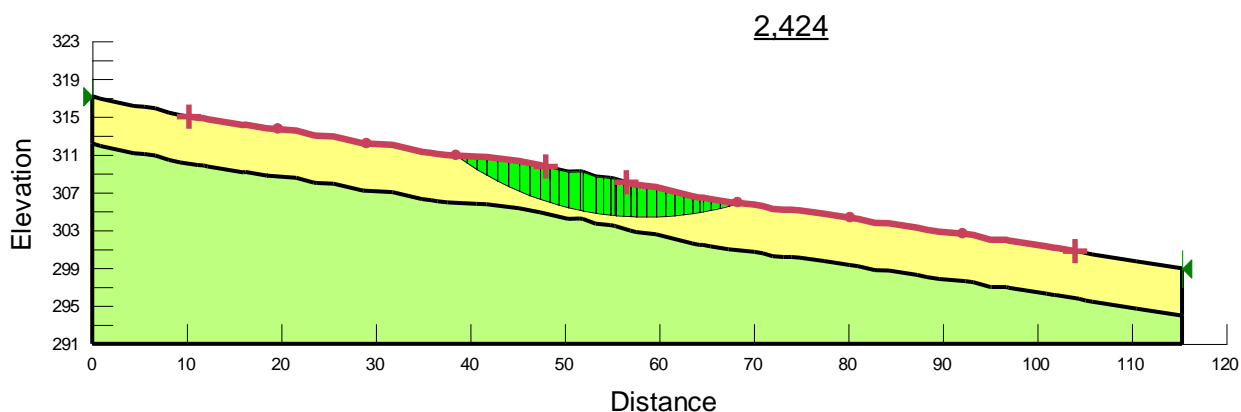


Figura 9: Area vasca di accumulo – ante operam

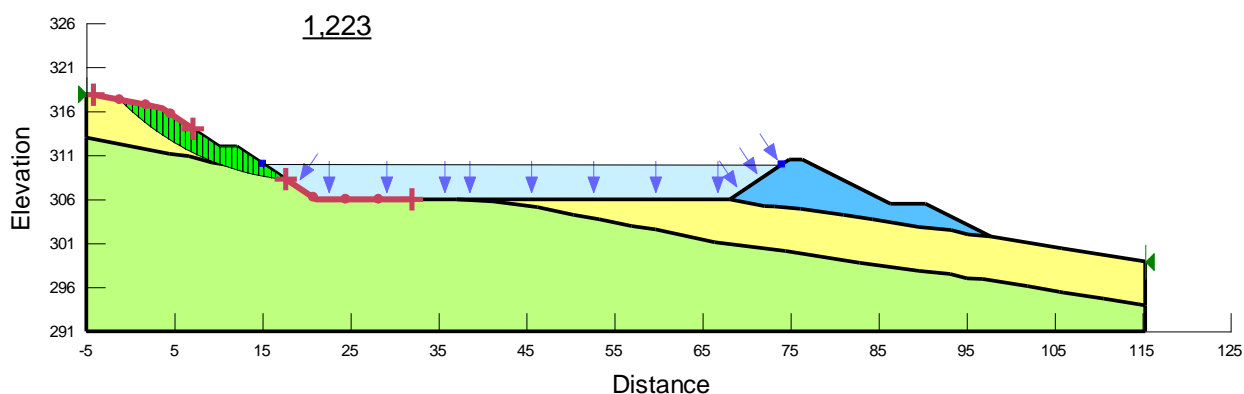


Figura 10: Area vasca di accumulo – Post operam - monte

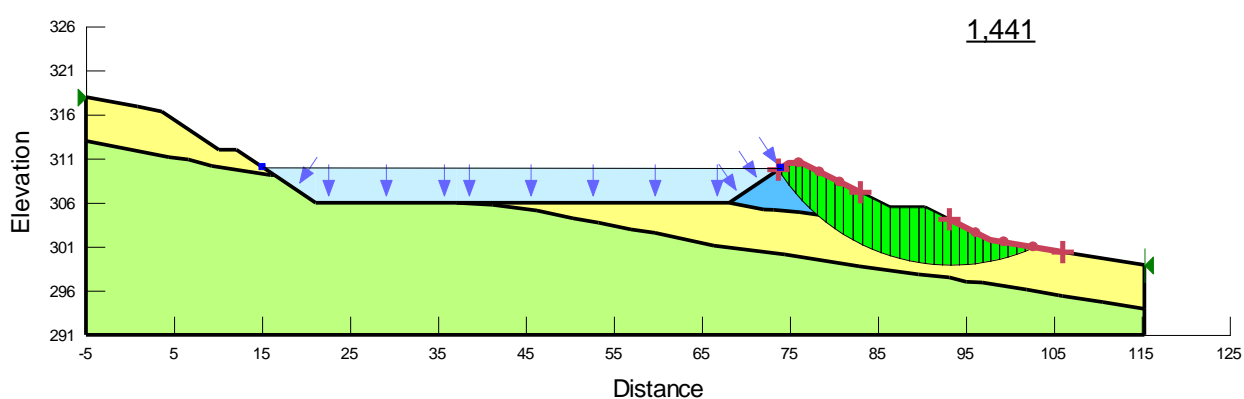


Figura 11: Area vasca di accumulo – Post operam - valle

Come si evince dai valori di FS ottenuti, sia le configurazioni ante che post operam soddisfano i requisiti generali di stabilità globale.

4.2 VERIFICHE DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE

In base al D.M. 14/01/2008, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava moltiplicando la vita nominale VN per un coefficiente d'uso CU funzione della classe d'uso.

Nel caso in esame, assumendo VN=50anni e CU=2 è possibile determinare un periodo di riferimento dell'azione sismica VR=100anni

L'azione sismica di riferimento è valutata a partire dai parametri spettrali a_g , F_0 , T_c^* individuati nell'allegato B alle NTC in funzione dei punti del reticolo di riferimento in cui è stata suddivisa l'Italia e del periodo di ritorno dell'azione sismica TR. Per l'area d'intervento, di coordinate indicative lat. 43,256357e long. 10,965300 si ricavano i seguenti valori:

Azione sismica di progetto				
V_N	=	50	anni	vita nominale
CU	=	IV		classe d'uso
C_U	=	2,0		coefficiente uso
S_L	=	SLV		stato limite
C_S	=	C		categoria di sottosuolo
C_T	=	T2		categoria topografica
LAT	=	43,256357	°	latitudine
LONG	=	10,965300	°	longitudine
a_g	=	0,174	g	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
F_0	=	2,517		valore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T_c^*	=	0,280	s	periodo di inizio del tratto a velocità costante
C_c	=	1,598		coefficiente modificativo del periodo T_c
S_s	=	1,438		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	=	1,200		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1,726		coefficiente di amplificazione
a_{max}	=	0,300	g	accelerazione di picco

Tabella 6: Parametri sismici dello spettro di risposta elastico

Utilizzando l'approccio previsto dai metodi pseudostatici, l'azione sismica viene rappresentata da un'azione statica equivalente. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come proporzionali alle masse in ragione di coefficienti sismici dipendenti dalle accelerazioni attese. Pertanto possono esprimersi come segue:

$F_h = k_h \times W$, componente orizzontale

$F_v = k_v \times W$, componente verticale

I valori di k_h e k_v possono esprimersi come segue:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

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

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, i valori di β_s sono riportati nella Tab. 7.11.1.;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Coefficienti sismici – metodo pseudostatico				
a_g	=	0,174	g	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
S_S	=	1,438		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	=	1,200		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1,726		coefficiente di amplificazione
a_{max}	=	0,300	g	accelerazione di picco
β_s	=	0,24		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tab. 7.11.1 § 7.11.3.5.2 NTC)
a_h	=	0,072	g	accelerazione orizzontale massima
k_h	=	0,072		coefficiente sismico in direzione orizzontale
k_v	=	0,036		coefficiente sismico in direzione verticale (trascurabile per paratia)

Tabella 7: Coefficienti sismici – Metodo pseudostatico

In ragione delle caratteristiche di medio-bassa permeabilità per i litotipi caratterizzati e, in relazione alle velocità di applicazione dei carichi sismici, generalmente variabili nell'ordine di alcune decine di secondi, possono ritenersi generalmente rappresentative del comportamento meccanico dei terreni le condizioni di resistenza non drenate ($\tau_{lim}=C_u$) sotto azioni sismiche. Nel caso in esame, viste le grosse incertezze circa il modello geotecnico assunto, sono state considerate, a vantaggio di sicurezza, anche per le verifiche sismiche le condizioni di resistenza drenate, assumibili presumibilmente come le più gravose.

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità condotte, che mostrano le superfici di scivolamento critico e rispettivi i coefficienti di sicurezza.

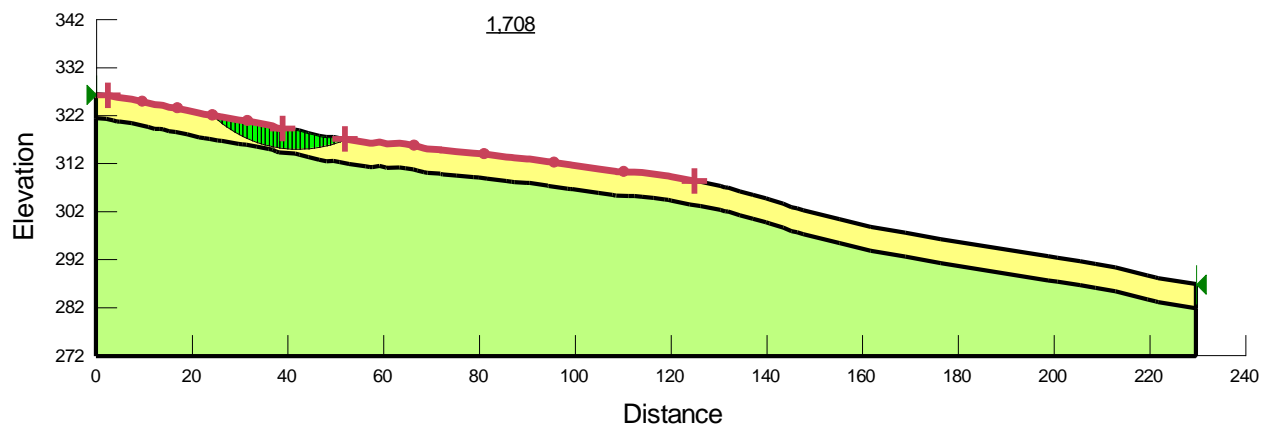


Figura 12: Area impianto – Ante operam - Monte

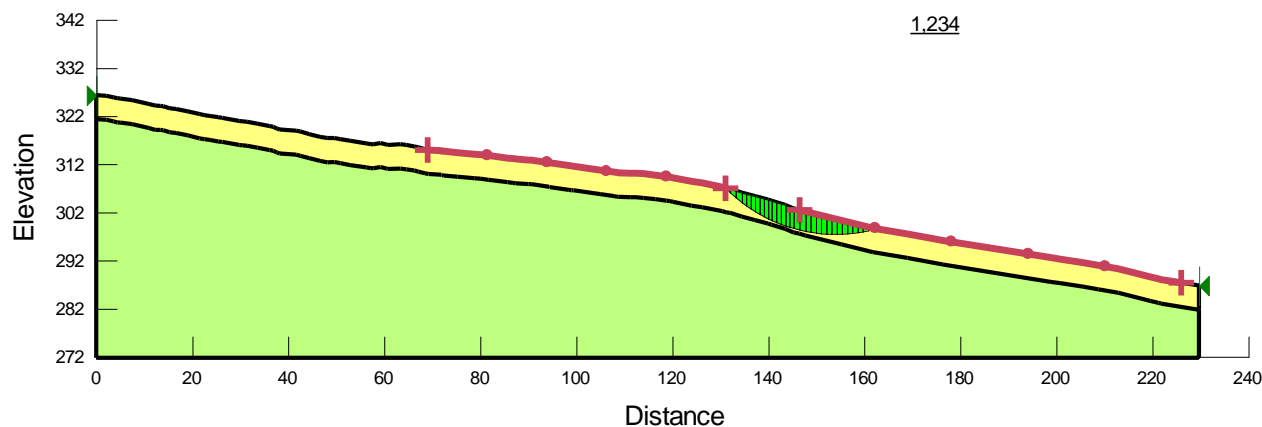


Figura 13: Area impianto – Ante operam - Valle

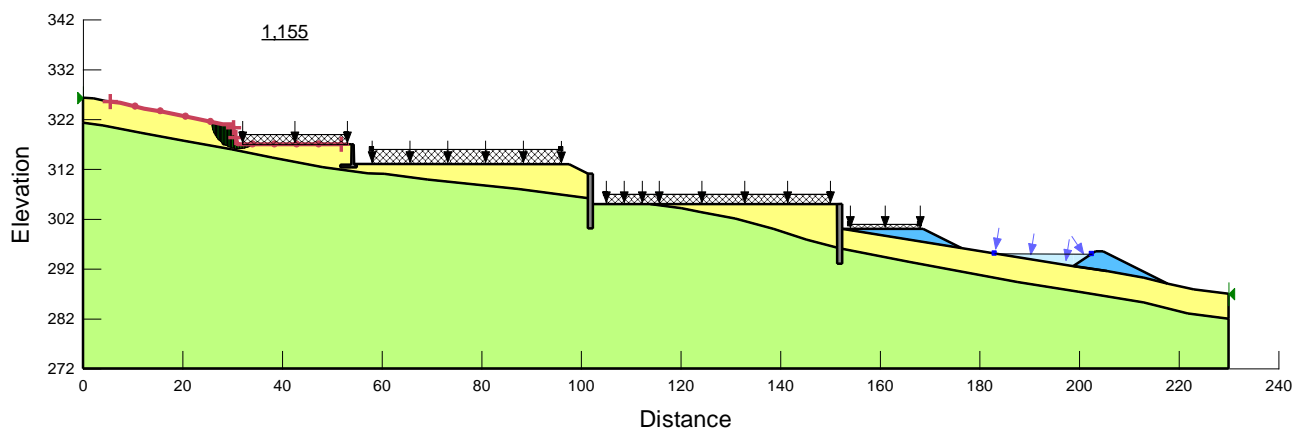


Figura 14: Area impianto – Post operam – Controripa piazzale air-cooler

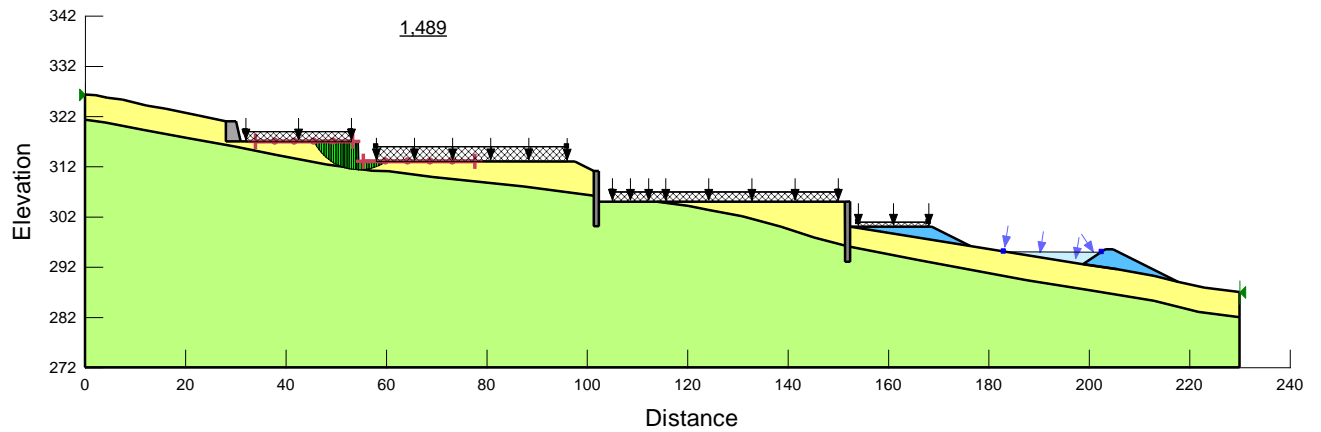


Figura 15: Area impianto – Post operam – Sottoscarpa piazzale air-cooler

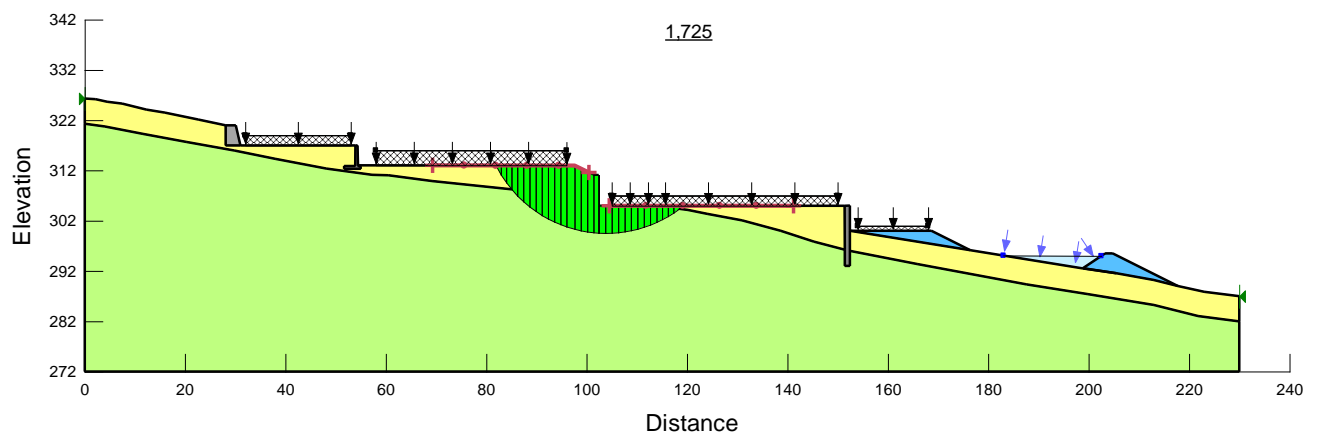


Figura 16: Area impianto – Post operam – Sottoscarpa piazzale centrale

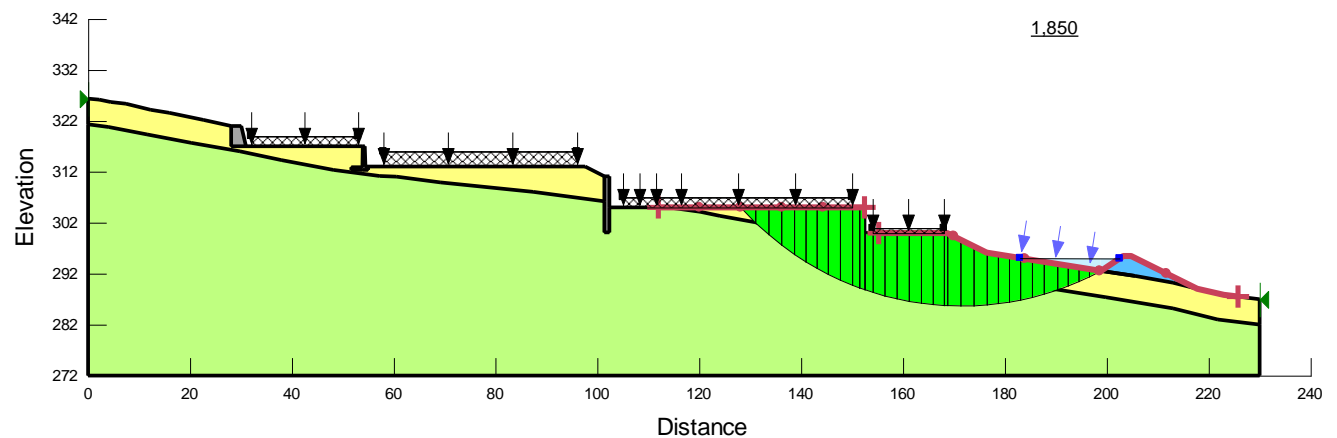


Figura 17: Area impianto – Post operam – Sottoscarpa piazzale perforazione superiore

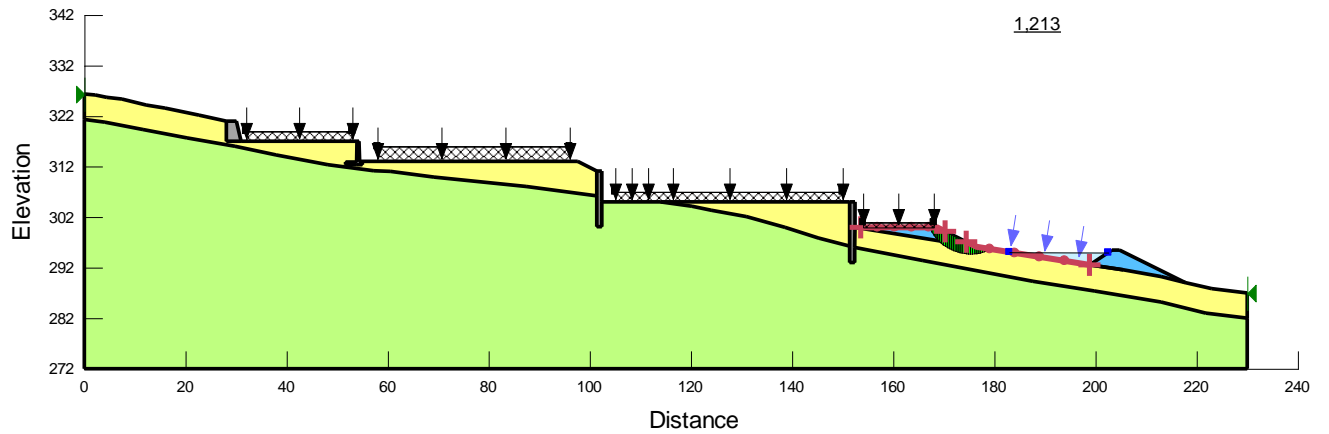


Figura 18: Area impianto – Post operam – Sottoscarpa piazzale perforazione inferiore

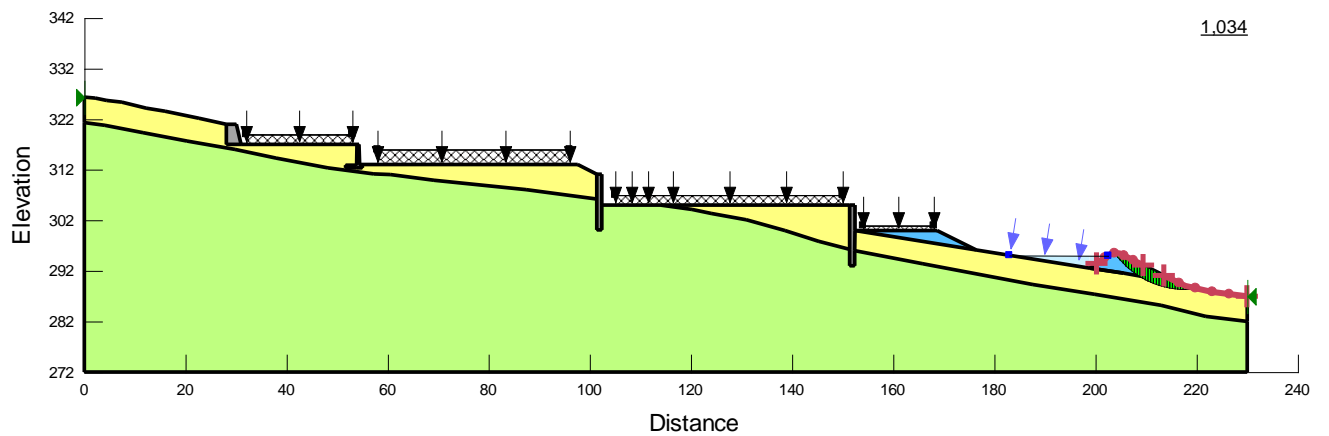


Figura 19: Area impianto – Post operam – Rilevato vasca acqua di perforazione

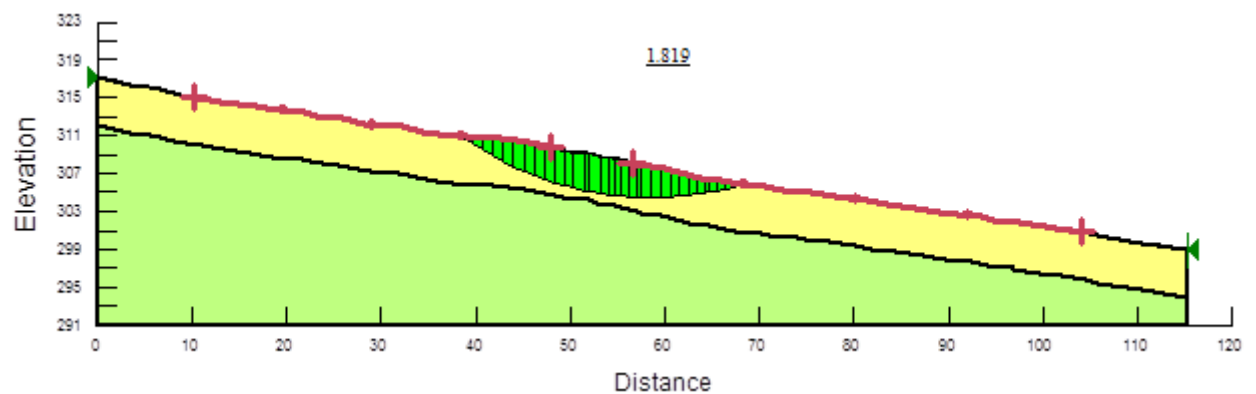


Figura 20: Area vasca di accumulo – ante operam

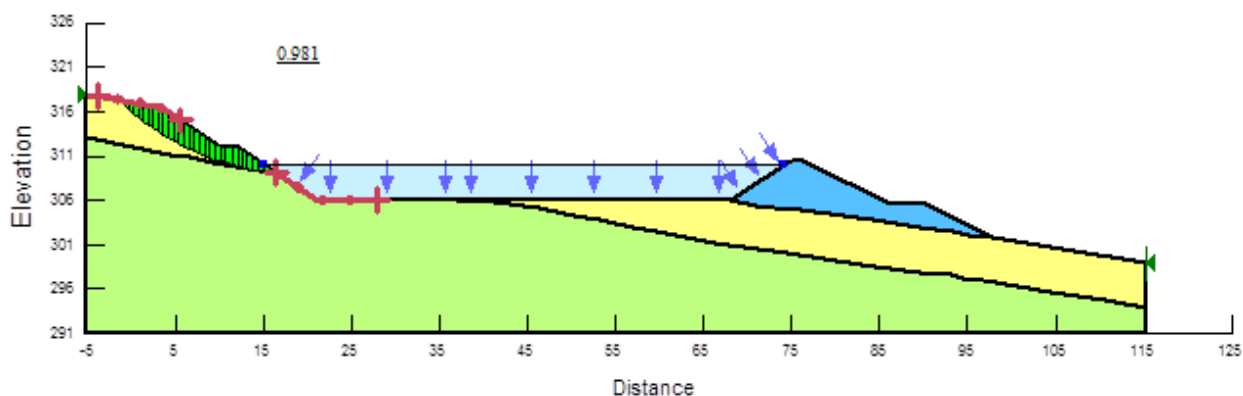


Figura 21: Area vasca di accumulo – Post operam - monte

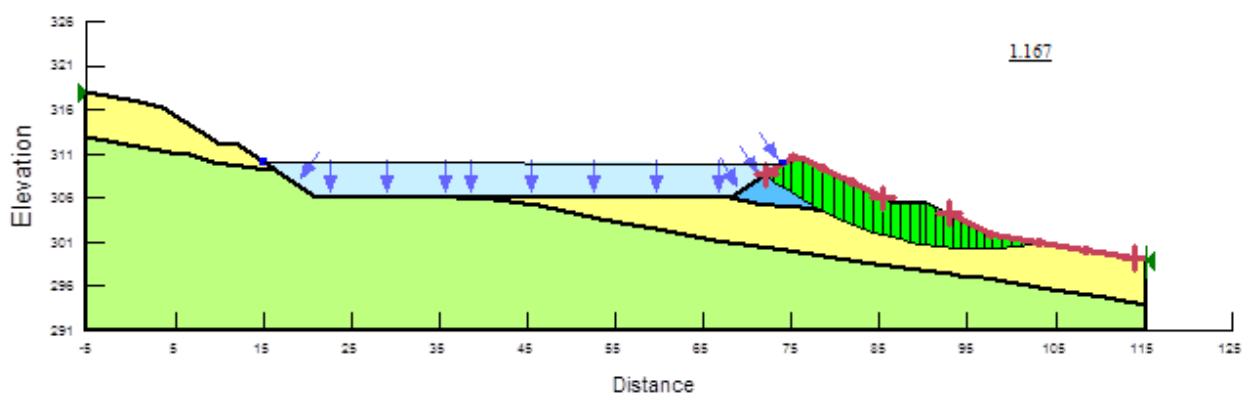


Figura 22: Area vasca di accumulo – Post operam - valle

Come si evince dai valori di FS ottenuti, sia le configurazioni ante che post operam soddisfano in generale i requisiti generali di stabilità globale anche in condizioni sismiche. Alcune criticità, relative a superfici di scorrimento piuttosto corticali, si rilevano rispetto alla scarpata a monte del bacino di accumulo (Figura 21). Tale potenziale criticità, dovrà essere rivalutata necessariamente rispetto al modello geotecnico di Progetto basato su specifiche indagini geognostiche. Qualora tale deficit dovesse confermarsi, dovranno valutarsi specifici interventi correttivi, molto verosimilmente relativi alla lieve riduzione dell'acclività delle scarpe di scavo.