

# autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA (A1) : MILANO – NAPOLI

ADEGUAMENTO DEL TRATTO DI ATTRAVERSAMENTO  
APPENNINICO TRA SASSO MARCONI E BARBERINO DI MUGELLO



TRATTO : LA QUERCIA – BADIA NUOVA  
SUBTRATTA : LAGARO – VAL DI SAMBRO  
( Lotto 5B )

Contratto d'Appalto del 19.07.2005 Rep n. 19946

## PERIZIA DI VARIANTE N°03

VERSANTE SANTA MARIA MADDALENA DI RIPOLI

DRENAGGIO PROFONDO  
RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

<b>MANDATARIA:</b>  COOPERATIVA MURATORI E BRACCIANTI DI CARPI		<b>MANDANTE:</b> CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI	<b>MANDANTE:</b> C.F.M. SOCIETA' COOPERATIVA
--	---	---	---


Per l'impresa:	Verifica:
	Approvazione:

<b>PROGETTISTI SPECIALISTICI:</b>  S.p.A.				PROF. ING. RAFFAELE POLUZZI VIA CRISTONI, 14 - 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO) TEL. 051.972737	
---	---	---	---	--	---

<b>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE :</b>  S.p.A.	<b>IL PROGETTISTA :</b>  Ingegneria europea Ing. Marco D'ANGELO ANTONIO Ord. Ingg. Milano N. 20155	Verifica:
		Approvazione:

La Direzione dei Lavori :	<b>IL DIRETTORE DEI LAVORI</b> Ing. Stefano FRANZIA Ord. Ingg. GENOVA N. 5895	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Alberto SELLERI Ord. Ingg. LECCO N. 0727
---------------------------	---	---

<b>RIFERIMENTO</b>	DATA :	REVISIONE
DIRETTORIO	FILE	n. data
OPERA	REVISIONE	1 Gennaio 2014
CODICE PDP: 12745 F 7.3 08	SCALA :	
G E N I D R 0 4 0 0 R T 0 0 1 X R 0 1 V	-	

Visto della Committente :	 Società per azioni
---------------------------	--



# INDICE

1.	Premesse.....	5
2.	Considerazioni a carattere geotecnico.....	7
3.	Interventi profondi di drenaggio.....	10
4.	Dimensionamento dei pozzi con pali secanti.....	15
5.	Granulometria del materiale drenante .....	24
6.	Piano di monitoraggio .....	27



## 1. Premesse

La relazione ha per oggetto gli interventi di drenaggio profondo da realizzarsi in una porzione del versante dell'abitato Santa Maria Maddalena, nel Comune di San Benedetto Val di Sambro.

Si premette che le condizioni di stabilità del versante in condizioni statiche e sismiche, a seguito del passaggio dei fronti di scavo e della realizzazione degli interventi di drenaggio in galleria, sono state già oggetto di specifiche analisi e rapporti tecnici approvati dal Collegio dei Tecnici promosso dal Prefetto di Bologna.

In relazione alla vastità dell'area interessata e alla natura dei terreni di fondazione, caratterizzata da una modesta permeabilità, gli interventi di drenaggio oggetto della presente relazione, previsti ad integrazione degli interventi di drenaggio realizzati dalle nicchie in galleria, hanno la sola funzione di limitare quanto più possibile lo sviluppo di sovrappressioni interstiziali a seguito di periodi caratterizzati da intensa piovosità e, conseguentemente, controllare quanto più possibile le deformazioni del versante, in particolare quelle in corrispondenza del centro abitato e del viadotto Piazza.

Di fatto la presente relazione è una relazione "idraulica", intesa ad illustrare un intervento di drenaggio, e strutturale, per quanto riguarda il dimensionamento dei pozzi di grande diametro. Le verifiche di stabilità allegate alla presente relazione hanno pertanto un valore solo indicativo di un possibile beneficio, almeno in una parte del versante, rispetto a condizioni di stabilità del versante illustrate in altra documentazione tecnica e già ritenute adeguate dal Collegio dei Tecnici.

Le conclusioni raggiunte fanno riferimento all'analisi dei seguenti elementi:

- piovosità dell'area nel periodo 2010-2013, relativa alla stazione pluviometrica di Badia;
- dati di piovosità riportati nel sito ARPA Servizio IdroMeteo e relativi ai periodi 1961-1990 e 1991-2005;
- dati inclinometrici (da sito ftp: versante Santa Maria Maddalena);
- dati piezometrici (da sito ftp: versante Santa Maria Maddalena);
- letture topografiche (da sito ftp: versante Santa Maria Maddalena);
- AUTOSTRADE PER L'ITALIA – Autostrada A1 Milano-Napoli – Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del Mugello – Tratto La Quercia-Badia Nuova, sottratta Lagaro-Val di Sambro

(Lotto 5B). Progetto Esecutivo - Parte Generale - Relazione Geotecnica generale (doc. rif. GEN GE 001 00 R0 003 - R01E);

- verifiche di stabilità globale del versante - Relazione del Comitato Tecnico di Ripoli;
- Relazione Hydrodata: rif.: 2762-03-00300-DOC-AS-1 "Galleria Val di Sambro – Indagini idrogeologiche di approfondimento nell'area di Ripoli - Santa Maria Maddalena - RAPPORTO DI MISURA ED ANALISI DEI RISULTATI PERIODO GENNAIO - GIUGNO 2013 (Preliminare).

## 2. Considerazioni a carattere geotecnico

A partire dall'ottobre 2012 si è assistito ad una accelerazione dei movimenti di versante, che hanno iniziato a rallentare significativamente a partire dai primi di maggio 2013 (FIG. 1, FIG. 6 e FIG. 7).

In corrispondenza del viadotto Piazza la velocità dei movimenti ha avuto una punta massima nel periodo febbraio-marzo 2013; in particolare, nel periodo gennaio-aprile gli spostamenti planimetrici in prossimità dello spiccato elevazione sono aumentati di  $\cong 2.0$  cm (FIG. 2, S\_017 e S\_020), al netto degli spostamenti dovuti al sollevamento dell'impalcato, dell'ordine di 1.5 cm. Analoga entità degli spostamenti si è registrata per quasi tutti gli inclinometri del versante, con entità complessiva degli spostamenti nella fascia di deformazione dell'ordine di 1.0-3.0 cm (FIG. 3 e FIG. 4).

Il movimento del versante appare generalizzato (FIG. 3) e non "per settori", come osservato nei due anni precedenti, in cui i movimenti apparivano strettamente correlati all'avanzamento dei fronti di scavo delle gallerie. A tale osservazione fanno eccezione gli inclinometri "anomali" I27 e I19, interessati, nel periodo, dal passaggio dei fronti di scavo. Nello periodo ottobre 2012-marzo 2013 si è anche osservata una piovosità decisamente superiore rispetto a quanto osservato nei tre anni precedenti (FIG. 10 e seguente) sebbene, come si osserva dalla FIG. 12, i valori registrati nel mese di marzo 2013 non costituiscano valori assolutamente anomali per l'area.

Al fine di cercare di meglio comprendere la relazione che esiste tra piovosità, livelli piezometrici e spostamenti del versante, nelle FIG. 6 e FIG. 7 sono stati riportati i diagrammi della piovosità (giornaliera e cumulata), dei livelli piezometrici e dei movimenti orizzontali (inclinometrici e da topografia) che si riferiscono al periodo giugno 2012 - luglio 2013. Nelle FIG. 8 e FIG. 9 si riportano gli stessi diagrammi in cui gli spostamenti sono stati "normalizzati" rispetto ai valori massimi; quest'ultima rappresentazione è molto interessante in quanto meglio si notano le simili velocità di sviluppo degli spostamenti nel tempo fra punti diversi del versante, a conferma di un movimento generalizzato; fanno eccezione le curve relative al punto A2 e all'inclinometro 10ter posizionati nell'area attiva di Scaramuzza.

La stretta dipendenza fra piovosità, livelli piezometrici e movimenti è assolutamente evidente. In linea di massima si può pensare ad un ritardo di due mesi tra sommatoria di eventi meteorologici sfavorevoli e raggiungimento del massimo aumento dei livelli

piezometrici anche se tale ritardo nella risposta tra piovosità e livelli piezometrici e spostamenti di versante è forse più leggibile nella fase di “scarico” dei livelli piezometrici; in tale fase infatti si assiste ad una quasi stabilizzazione dei movimenti nel momento in cui i livelli piezometrici tornano ai livelli precedenti l’inizio del periodo di intensa piovosità, ovvero circa due mesi dopo aver raggiunto i massimi livelli (FIG. 8 e FIG. 9). Se vogliamo, la considerazione è un po’ “grezza” ma sicuramente aiuta a capire come le coltri superficiali siano caratterizzate da una permeabilità media capace di far risentire in tempi relativamente brevi sia gli effetti dei periodi di intensa piovosità sull’incremento dei livelli di falda sia il loro “smaltimento” al termine degli stessi periodi. Come vedremo nei capitoli successivi, da tale considerazione si è tentata, tramite back analysis dei processi di filtrazione, una valutazione della permeabilità media delle coltri, stimata in  $5 \times 10^{-7} \div 10^{-7}$  m/s.

Nelle FIG. 16 e FIG. 17 sono riportati i livelli piezometrici massimi registrati nel periodo gennaio-aprile 2013 (**falda “alta”**) e quelli medi registrati nel periodo 2010-2012 (**falda “bassa”**).

Come si osserva dalla FIG. 16, l’andamento delle linee isopieziche, in m slm, è relativamente uniforme; interessante inoltre osservare come, pur con tale andamento pseudo-regolare delle linee isopieziche, si osservino andamenti dei livelli di falda da p.c. ben differenti fra le varie aree del versante, essendo tali livelli prevalentemente dettati dalla diversa morfologia del versante stesso.

Al solo fine di acquisire sensibilità sugli effetti dell’aumento dei livelli di falda nei riguardi della stabilità del versante, sono state eseguite analisi di stabilità nelle due diverse condizioni:

- **falda “bassa”** (condizioni di falda riportate nello studio di stabilità del versante redatto dal Comitato Tecnico per la galleria Val di Sambro, ovvero relative al periodo 2010-2012);
- **falda “alta”**, relative ai livelli piezometrici nel periodo gennaio-aprile 2013.

Le analisi di stabilità con **falda “bassa”**, eseguite nell’ambito dello studio di stabilità del versante redatto da Comitato Tecnico, indicano un valore del coefficiente di sicurezza nei confronti della stabilità globale del versante **fissato convenzionalmente in  $FS \cong 1.0$**  (FIG. 18) mentre quelle che fanno riferimento alle condizioni di **falda “alta”** indicano un valore del coefficiente di sicurezza pari a



FS=0.93 (FIG. 19). Ripetiamo che il valore FS=1.0 è stato assunto convenzionalmente in origine dal Comitato Tecnico di Ripoli sostanzialmente per ottenere un **valore conservativo dei parametri di resistenza residui**, e quindi anche il valore di FS=0,93 in condizioni di falda alta non rispecchi un valore assoluto ma solo la riduzione rispetto al valore iniziale convenzionalmente fissato in FS=1.0.

Tali risultati testimoniano comunque l'influenza dei livelli di falda su:

- entità del coefficiente di sicurezza del pendio;
- movimenti del versante;
- spostamenti delle pile del viadotto Piazza, delle pile 2 e 5 in particolare.

Infatti, nei periodi caratterizzati da modeste precipitazioni (**falda "bassa"**), come negli ultimi due-tre anni, i movimenti del versante hanno risentito prevalentemente dell'onda di perturbazione rappresentata dal passaggio dei fronti di scavo delle gallerie (FIG. 15), tendendo poi i movimenti a stabilizzarsi. Nei primi giorni di maggio, passato il periodo di intense precipitazioni (**falda "alta"**) durante il quale si è avuta ripresa delle deformazioni, il versante, con la riduzione dei livelli piezometrici, tende di per se, per via naturale, a raggiungere condizioni di equilibrio.

### 3. Interventi profondi di drenaggio

E' opportuno ricordare che, come si osserva dalla FIG. 12, i valori di piovosità registrati nel mese di marzo 2013 non costituiscono valori particolarmente anomali per l'area; pertanto si ritiene utile un intervento di drenaggio del versante che, abbinato a gli interventi di drenaggio in galleria già eseguiti, tenda a ridurre nel tempo i livelli di falda almeno in una porzione del versante stesso e sia in grado di assorbire le punte di sovrappressione interstiziale conseguenti a periodi di intense precipitazioni.

Gli interventi di drenaggio profondo dovranno essere proporzionati al fatto che interessano un versante molto esteso; la scelta progettuale è comunque quella di optare per una soluzione "modulare" ovvero che consenta di poter eseguire gli interventi di drenaggio in più fasi e di essere anche eventualmente integrati in futuro, in relazione ai risultati acquisiti con le prime fasi.

In tal senso, il sistema prevede la realizzazione di pozzi di raccolta eseguiti con la tecnologia dei pali secanti, aventi diametro interno di 5.5 m circa e altezza di scavo fino a un massimo di 20 da p.c.; da ognuno di questi pozzi (in totale saranno 11) saranno eseguite delle condotte di fondo parzialmente microfessurate lunghe circa 50 m che attraverseranno una serie di allineamenti formati ognuno da 9 pali drenanti di diametro 1500 mm e lunghezza variabile (massimo 20 m).

Pianta e sezioni tipo dell'intervento (aste drenanti) sono riportate nella FIG. 23; per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati grafici allegati al progetto.

Per ogni allineamento di pali drenanti, tali condotte saranno due: la prima, "di lavoro", posizionata più in basso all'interno del palo drenante, sarà formata da due tubazioni concentriche (esterna metallica fissa, interna in polietilene HDPE ad alta densità removibile e sostituibile in caso di intasamento o rottura), aventi le seguenti caratteristiche:

- φ perforazione ≥ 170mm
- φ tubo metallico ext = 127mm
- φ tubazione polietilene = 90mm

La tubazione metallica consentirà in futuro un'eventuale estrazione della condotta in polietilene per pulizia o sostituzione.

La seconda tubazione ("di sicurezza") sarà formata da un'unica tubazione in polietilene HDPE ad alta densità, aventi le seguenti caratteristiche:

φ perforazione ≥ 130mm

φ tubazione polietilene = 90mm.

Le perforazioni di scarico tra pozzo e pozzo saranno in numero 3 o 4 a seconda della posizione all'interno dell'asta drenante, e avranno:

φ perforazione ≥ 240mm

φ tubazione polietilene = 160mm.

Questa tubazione potrà risultare utile nel caso che, col passare del tempo, si verifichi un intasamento della parte bassa del palo drenante.

Tutte le perforazioni saranno perforazioni guidate di precisione. L'idea di eseguire le perforazioni guidate di precisione da pozzo è quella di realizzare un sistema di drenaggio profondo del pendio che possa prevedere in futuro un'integrazione con più ordini di raggiere di dreni sub-orizzontali a diverse quote ed, eventualmente, la sostituzione delle condotte di fondo.

La distribuzione dei pozzi drenanti e dei pozzi di grande diametro è riportata nella FIG. 24. La filosofia seguita nella localizzazione planimetrica degli interventi è quella di ubicare gli allineamenti nelle fasce di versante ove si ha presenza di livelli di falda a pochi metri da piano campagna anche nei periodi di scarso apporto meteorico (FIG. 17) e dove morfologicamente sembra essere favorito l'accumulo di acque di filtrazione. Sono previsti allineamenti drenanti nell'area Scaramuzza sino a piede versante, nel versante a monte di casa Pellicciari, sotto la strada provinciale, e negli spazi non abitati a valle del viadotto Piazza e nell'area adiacente al campo sportivo.

Si è inoltre tenuto conto del fatto che a valle dell'abitato di Santa Maria Maddalena, tra l'area Scaramuzza e il Rio Piazza, sono stati già eseguiti oltre 8000 ml di dreni microfessurati. I dreni sono stati eseguiti da 11 nicchie presenti in entrambi le canne della Galleria Val di Sambro (vedere la FIG. 22).

Nella tabella seguente (ripresa dalla relazione di Hydrodata) sono riportate le principali caratteristiche dei dreni realizzati e lo spessore medio della copertura in corrispondenza della progressiva di realizzazione.

GALLERIA VAL DI SAMBRO - NICCHIE DI DRENAGGIO								
Canna	Denominazione	Progr. Km	data inizio lavorazioni	data completamento	nr. Dreni	lunghezza min e max dreni (m lineari)	lunghezza totale dreni (m lineari)	spessore ricoprimento (m)
Nord	Dreno nr. 2	7+392.60	09/10/2011	30/10/2011	32	40.50 - 76.50	1799.5	60
Nord	Dreno nr. 3	7+318.12	24/03/2012	29/03/2012	17	37.50 - 61.50	801.0	70
Nord	Dreno nr. 4	7+242.98	04/09/2012	13/09/2012	18	46.50 - 67.50	961.6	70
Nord	Dreno nr. 5	7+174.03	29/11/2012	12/12/2012	14	64.50 - 73.50	958.5	75
Nord	Dreno nr. 10	7+318.12	29/03/2012	04/04/2012	14	34.50 - 54.00	588.0	70
Sud	Dreno nr. 6	7+457.98	11/01/2012	14/01/2012	14	31.50 - 52.00	505.5	50
Sud	Dreno nr. 7	7+457.98	18/12/2011	11/01/2012	19	40.50 - 64.50	939.0	50
Sud	Dreno nr. 8	7+380.97	30/04/2012	05/05/2012	13	36.00 - 46.50	504.0	60
Sud	Dreno nr. 9	7+318.15	17/12/2012	09/01/2013	13	31.50 - 54.00	501.0	70

Le verifiche dell'efficacia degli interventi, ancorché complesse in un ambito di così difficile caratterizzazione della permeabilità dell'ammasso, sono state eseguite adottando tre diversi valori di permeabilità media delle coltri:

$10^{-6}$  m/s

$5 \times 10^{-7}$  m/s

$10^{-7}$  m/s.

Le analisi di filtrazione sono state condotte mediante il codice di calcolo SEEP/W della GEO-SLOPE International, Calgary (Canada); tale software permette, attraverso il metodo degli elementi finiti, di analizzare i problemi di filtrazione delle acque sotterranee e delle sovrappressioni interstiziali all'interno di materiali porosi.

Il programma permette di sviluppare sia semplici analisi di flussi stazionari in materiali saturi, sia analisi più complesse, ovvero prendendo in considerazione flussi transitori (quindi dipendenti dalla variabile tempo) in mezzi parzialmente saturi.

Nel caso in esame, si è sviluppata l'analisi di un flusso transitorio in una sezione piana (problema bidimensionale) all'interno di un mezzo completamente saturo. La mesh di calcolo è riportata nella FIG. 25.

Nella FIG. 26 e FIG. 27 sono riportati, in funzione del tempo, i valori degli abbassamenti a metà fra due allineamenti drenanti e i valori delle portate relativi ad ogni allineamento.

Dalle analisi eseguite risulta che con valori di permeabilità di  $5 \times 10^{-7}$  m/s si possano ottenere abbassamenti di  $5 \div 7$  m, nel punto di mezzo fra due allineamenti, nell'arco di

2÷3 mesi; se vogliamo simulerebbe quanto osservato nei mesi di maggio e giugno (FIG. 8) dove si assiste alla riduzione di 5÷7 m dei livelli piezometrici in circa due mesi dopo il "picco".

Per quanto riguarda i valori delle portate necessarie al dimensionamento delle condotte di fondo appare conservativo fare riferimento a valori di permeabilità più alti, ovvero  $10^{-6}$  m/s. In tal caso si otterrebbe un valore di portata di  $\cong 2$  mc/giorno per ogni metro lineare drenante di ogni allineamento, da cui per ogni allineamento una portata di  $\cong 2 \times 18 \times 1,5 \cong 50$  mc/giorno,  $\cong$  ovvero  $1 \div 1,5$  l/s.

Tale valore rappresenterebbe il doppio della portata emunta nei periodi di ricarica dalle nicchie drenanti più efficienti, ovvero le nicchie 6 e 7 che, come citato nella relazione di Hydrodata, sono le sole a risentire della presenza di circuiti di alimentazione piuttosto rapidi che si instaurano nelle coltri al margine meridionale dell'area Scaramuzza. Le altre 9 nicchie presentano invece valori di portata in periodo di ricarica dell'ordine di  $1/10 \div 1/20$  rispetto ai valori delle nicchie 6 e 7.

Le portate delle nicchie drenanti nei periodi di esaurimento sono state registrate nell'ordine di  $0,02 \div 0,03$  l/s.

Gli interventi previsti, che potrebbero anche essere eseguiti per fasi, potranno essere integrati da ulteriori fasi che prevedano opere di drenaggio anche ai piedi del versante direttamente sotto il paese, alla quota del piazzale della stazione o poco al di sopra.

Si è valutato infine il problema dei cedimenti in superficie indotti dall'abbassamento della falda; è noto infatti che in linea teorica l'emungimento dell'acqua dal sottosuolo può provocare un abbassamento del piano campagna (fenomeno della subsidenza), dovuto essenzialmente all'aumento delle tensioni efficaci sullo scheletro solido del terreno.

Nel caso in esame, i terreni interessati sono caratterizzati da moduli di deformazione (ricavati dai valori delle onde di taglio  $v_s$  delle prove sismiche) dell'ordine di  $40 \div 70$  MPa; i calcoli eseguiti considerando un abbassamento della falda da -5.0 m a -10.0 m da p.c., indicano cedimenti massimi dell'ordine di qualche millimetro, ovvero valori modesti e compatibili con i limiti per i quali è garantita la funzionalità di eventuali opere presenti in superficie.

Si tenga presente inoltre che le analisi eseguite sono conservative poiché, in realtà, i moduli di deformazione da adottare dovrebbero essere quelli di "scarico", dal momento che nella vita del versante sicuramente si avranno già avuti abbassamenti della falda come quelli considerati in questa fase.

#### 4. Dimensionamento dei pozzi con pali secanti

Si riportano qui di seguito il dimensionamento e le verifiche geotecniche dei pozzi di grande diametro verso cui confluiranno le condotte di scarico degli allineamenti dei pozzi drenanti diam. 1500mm.

Tali opere consistono essenzialmente in una coronella di diametro interno pari a 5.5 m, formata da pali secanti di grande diametro (1000 mm), irrigidita alla testa da una trave ad anello ed alla base da un solettone in c.a.; i pali hanno una lunghezza massima di circa 25 m, lo scavo raggiungerà la quota massima di -20 m da piano campagna.

I pozzi sono di tipo definitivo e dal momento che potranno essere riutilizzati in futuro per eseguire più ordini di raggiere di dreni microfessurati, saranno chiusi in testa tramite una griglia removibile di dimensioni tali per cui sia possibile eventualmente calare all'interno del pozzo stesso l'attrezzatura adatta per le perforazioni.

A favore di sicurezza, nei calcoli si sono adottati, per tutta l'altezza del pozzo, i parametri geotecnici caratteristici delle coltri superficiali; tali valori sono:

- peso di volume naturale  $\gamma_n = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione efficace  $c' = 10 \text{ kPa}$
- angolo d'attrito efficace  $\phi' = 24^\circ$

I parametri geotecnici delle coltri superficiali utilizzati nel dimensionamento dei pozzi drenanti sono stati desunti a partire dai valori esposti nel documento seguente: AUTOSTRADE PER L'ITALIA – Autostrada A1 Milano-Napoli – Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del Mugello – Tratto La Quercia-Badia Nuova, subtratta Lagaro-Val di Sambro (Lotto 5B). Progetto Esecutivo - Parte Generale - Relazione Geotecnica generale (doc. rif. GEN GE 001 00 R0 003 - R01E), emesso in Revisione 1 il 28/03/2006.

Come si osserva i valori dell'angolo di attrito utilizzato, prossimi ai parametri di resistenza di picco, non coincidono con quelli adottati nelle verifiche di stabilità (angolo di attrito residuo  $\phi_r=16^\circ$  e coesione nulla) in quanto le condizioni di resistenza residue si manifestano solo nelle fasce di deformazione.

Alla luce di quanto riportato nei paragrafi precedenti, la falda di calcolo è stata posta a circa 5 m da p.c..

Le analisi numeriche sono state svolte con il codice di calcolo ad elementi finiti Plaxis 2D (versione 2012), che permette di studiare la sezione in condizioni di assial-simmetria.

Il terreno è stato modellato con elementi triangolari a 6 nodi, mentre gli elementi strutturali (pali, travi di testa e solettone di base) attraverso elementi "plates". Nella FIG. 28 si riportata schematicamente il modello bidimensionale considerato nel calcolo.

Agli elementi di terreno è stato associato un legame costitutivo di tipo "Mohr-Coulomb" ovvero elastico-perfettamente plastico, mentre a quelli strutturali è stato assegnato un legame "elastico-lineare".

La mesh di calcolo è stata definita con un grado di infittimento generale di tipo "fine", con ulteriori raffinamenti locali in corrispondenza dei pali (FIG. 29).

Di seguito vengono riportate le fasi di calcolo analizzate.

Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	Pore pressure
✓ Initial phase	0	N/A	K0 procedure	Unassigned	Phreatic
✓ pali	1	0	Plastic	Staged construction	Phreatic
✓ scavo -1.5m	2	1	Plastic	Staged construction	Phreatic
✓ scavo -5m	4	2	Plastic	Staged construction	Phreatic
✓ scavo -10m	5	4	Plastic	Staged construction	Steady state groundwater flow
✓ scavo -15m	6	5	Plastic	Staged construction	Steady state groundwater flow
✓ scavo -20m	7	6	Plastic	Staged construction	Steady state groundwater flow
✓ solettone fondo	8	7	Plastic	Staged construction	Steady state groundwater flow
✓ SISMA	9	8	Plastic	Total multipliers	Steady state groundwater flow

### **Criteri di progettazione agli stati limite**

Tutte le verifiche sono state condotte ai sensi della Normativa vigente (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 - NTC 2008).

In accordo con quanto definito nel par. 6.2.3. di tale Normativa, devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese:

- Verifiche agli stati limite ultimi (SLU);
- Verifiche agli stati limite d'esercizio (SLE).

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione



$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 delle NTC 2008})$$

dove:  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, mentre  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione ( $E_d \leq R_d$ ) deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Per le paratie la normativa prevede di condurre le verifiche (ad esclusione delle verifiche di stabilità globale) adottando l'Approccio 1 (vedi par. 6.5.3.1.2 NTC 2008), dove sono previste:

1. la prima combinazione A1+M1+R1, per la quale si adottano i coefficienti parziali sulle azioni del gruppo A1, è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno,
2. la seconda combinazione A2+M2+R1 per la quale si adottano i coefficienti parziali sulle azioni del gruppo A2, è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Per ogni Stato Limite d'Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 delle NTC 2008})$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto dell'azione e  $C_d$  è il valore limite dell'effetto delle azioni.

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma sono suddivisi come riportato al par. 3.2.1 delle NTC 2008; con riferimento all'opera in oggetto, le verifiche geotecniche in presenza di evento sismico richiedono la verifica del seguente stato limite:

**SLV** – Stato Limite di Salvaguardia della Vita (cui corrisponde una probabilità di superamento  $P_{vr} = 10\%$ ).

La suddetta probabilità, valutata nel periodo di riferimento  $V_R$  per l'azione sismica, consentono di determinare il tempo di ritorno del terremoto di progetto corrispondente.

### Azione sismica di progetto

La caratterizzazione sismica dell'area e la scelta dei parametri sismici di riferimento è stata eseguita in accordo alla Normativa vigente:

Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30. (NTC 2008).

La valutazione del valore di accelerazione sismica è stata eseguita mediante il foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3.

Si ricorda che le opere ricadono nel territorio comunale di San Benedetto Val di Sambro, in provincia di Bologna. Nel caso in esame, si ha quindi:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

$$C_u = 1 \text{ (classe d'uso II)}$$

$$V_R = 50 \text{ anni}$$

$$T_R = 475 \text{ anni (SLV)}$$

$$a_g = 0.170$$

$$F_0 = 2.530$$

$$T_c^* = 0.298$$

} Categoria di  
sottosuolo A

Categoria di sottosuolo B  $\rightarrow S_S = 1.2$

Categoria topografica T2  $\rightarrow S_T = 1$

L'accelerazione massima attesa al sito  $a_{max}$  è definita attraverso la seguente relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.204$$

Come definito dalla normativa, a meno di specifiche analisi dinamiche, è possibile svolgere le verifiche di sicurezza per l'opera di sostegno mediante analisi pseudostatiche o analisi agli spostamenti. Nello specifico, la valutazione dell'impatto

dell'azione sismica sull'opera di sostegno è stata condotta mediante analisi pseudostatica come definito nel Paragrafo 7.11.6.3 delle NTC2008.

Le componenti dell'accelerazione equivalente  $a_h$  (orizzontale) e  $a_v$  (verticale), come definito al Par. 7.11.6.3.1 delle NTC2008, sono valutate come:

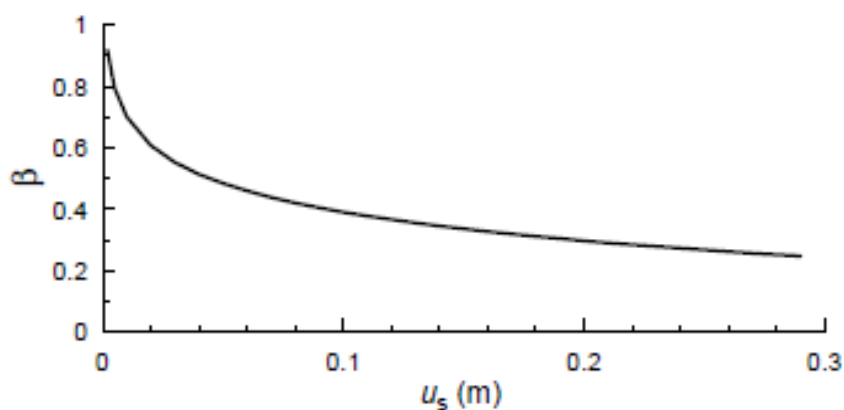
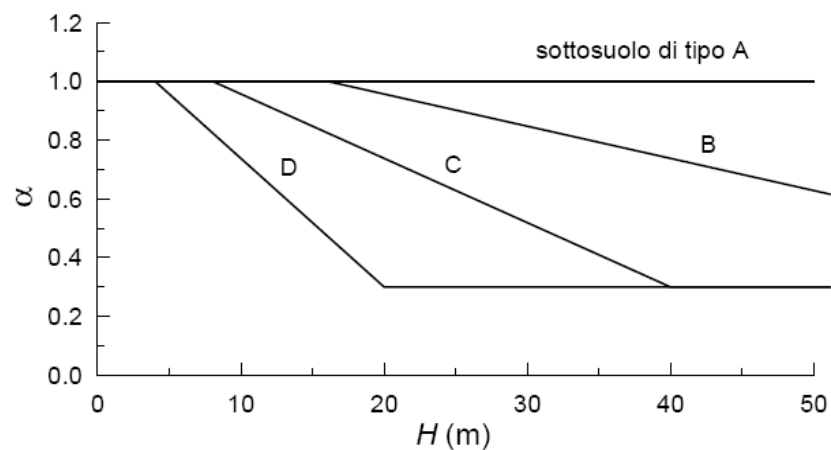
$$a_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\max}$$

$$a_v = 0$$

essendo, con riferimento alle figure seguenti:

$\alpha$  = coeff. di deformabilità  $\approx 0.95$  (per terreno di tipo B e H di 20 m);

$\beta$  = coeff. di spostamento = 0.48 (per uno spostamento medio di circa 5 cm).



Sulla base di quanto sopra si ottengono le seguenti accelerazioni sismiche di progetto:

$$a_h = 0.093 \quad \text{e} \quad a_v = 0$$

## **Risultati delle verifiche**

Si riportano nel seguito i risultati delle verifiche sviluppate agli Stati Limite ultimi (sia di tipo geotecnico che strutturale) e di esercizio, in condizioni statiche e sismiche.

Le verifiche di sicurezza considerate pertinenti sono le seguenti:

- Stabilità dell'opera (resistenza del terreno a valle) – SLU GEO;
- Verifica degli spostamenti massimi – SLE;
- Verifica della resistenza strutturale della paratia – SLU STR;
- Stabilità del fondo scavo – SLU HYD.

La verifica della resistenza del terreno a valle è stata condotta, in accordo alla normativa (NTC 2008 par.6.5.3.1.2), secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2, ovvero:

**A2 + M2 + R1**

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in precedenza.

La convergenza raggiunta dal programma di calcolo PLAXIS con limitati spostamenti (dell'ordine di qualche centimetro, vedere la FIG. 30), assicura l'equilibrio dell'opera anche in presenza di parametri di resistenza al taglio dei terreni fattorizzati; tale verifica è pertanto soddisfatta.

Al fine di valutare la compatibilità degli spostamenti massimi dell'opera e del terreno circostante è stata condotta l'analisi secondo gli Stati Limite d'Esercizio (SLE), in cui sono stati posti pari all'unità tutti i coefficienti parziali, sia sui carichi che sui parametri geotecnici. L'analisi pertanto è stata condotta adottando per le strutture e per i terreni i parametri caratteristici.

Per la sezione in esame, il valore massimo di spostamento è circa pari a 20 mm (vedere la FIG. 31). Tale valore è contenuto ed è senza dubbio compatibile con i requisiti prestazionali dell'opera.

Si riporta ora la verifica strutturale dell'opera; come detto, questa è stata condotta in accordo alla normativa NTC 2008, secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2, ovvero:

**A1 + M1 + R1**

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in precedenza.

Data la particolare geometria del pozzo (condizione di simmetria assiale), per valutare l'azione di compressione agente sulla paratia di pali ( $\sigma$ ), si è utilizzata la formula di Mariotte, di seguito riportata:

$$\sigma = p_{\max} D / 2 s$$

dove:

$p_{\max}$  è la pressione massima del terreno agente sull'anello,

D è il diametro medio dell'anello,

s è lo spessore della paratia.

Nel caso in esame si ha:

$p_{\max} = 319.8$  kPa (valutata tramite il programma PLAXIS, FIG. 33),

D = 6.6 m,

s = 0.879 m (pali secanti diam. 1000mm ad interasse di  $1.73/2=0.86$ m).

Alla luce di tali valori, si ricava quindi una azione massima di compressione di 1.20 MPa, valore pienamente compatibile con la resistenza del calcestruzzo.

Si ritiene comunque utile armare i pali "primari" con il minimo di acciaio definito da Normativa; nel caso si considerano ferri longitudinali n.12  $\phi$ 20 e spirale  $\phi$ 12/passi 20 cm.

Le verifiche in campo sismico sono state anch'esse eseguite ma non sono risultate dimensionanti.

Si riporta infine la verifica di stabilità del fondo scavo. Assumendo:

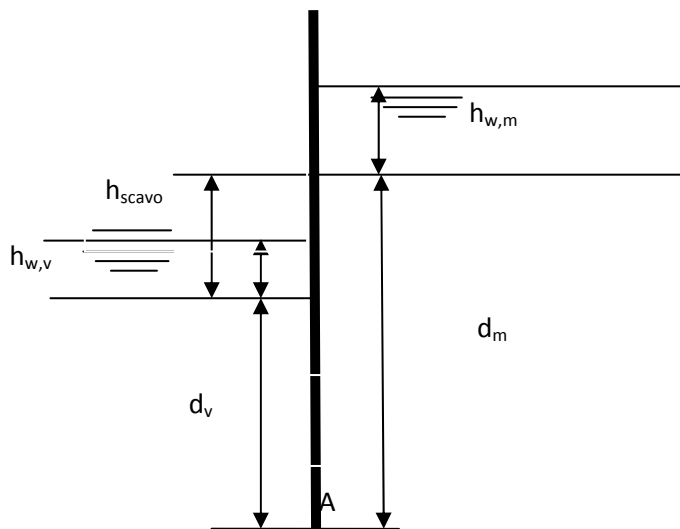
$u_{inst,d}$   $\Rightarrow$  valore di progetto della pressione instabilizzante

$\sigma_{sta,d}$   $\Rightarrow$  valore di progetto della tensione geostatica stabilizzante

dovrà risultare, in accordo al par. 6.2.3.2 delle NTC 2008:

$$u_{inst,d} \leq \sigma_{sta,d}$$

Assumendo il seguente schema di calcolo:



$h_{w,m}$   $\Rightarrow$  battente idrico a monte (positivo se sopra il piano campagna)

$h_{w,v}$   $\Rightarrow$  battente idrico a valle (positivo se sopra il piano campagna)

$h_{scavo}$   $\Rightarrow$  altezza scavo

$d_m$   $\Rightarrow$  lunghezza paratia

Con riferimento al punto A avremo:

perdita di carico:  $\Delta h = (d_{w,m} + h_{w,m}) - (d_{w,v} + h_{w,v})$

lunghezza di filtrazione:  $L = (d_{w,m} + d_{w,v})$

Gradiente idraulico:  $i = \Delta h / L$

pressione interstiziale in stabilizzante caratteristica:  $u_{inst,k} = \gamma_w [h_{w,v} + d_v(1+i)]$

valore caratteristico della tensione totale geostatica stabilizzante:  $\sigma_{stab,k} = \gamma_{sat} (d_v)$

I valori di progetto utilizzati nella verifica sono poi fattorizzati secondo la tabella 6.2.IV delle NTC 2008. La verifica è riportata in forma tabellare nel seguito.

Si fa notare che nel calcolo, a favore di sicurezza, si è trascurato l'attrito della zavorra di fondo sulle pareti del pozzo.

$\gamma_w =$	9.81	kN/mc	
$\gamma_{sat} =$	20	kN/mc	
$h_{w,m} =$	-5	m (positiva se sopra il p.c.)	
$d_m =$	24	m	
$h_{w,v} =$	0	m (positiva se sopra il f.s.)	
$d_v =$	4	m	
$h_{scavo} =$	20		
$\Delta h =$	15	m	perdita di carico
$L =$	23	m	lunghezza di filtrazione minima
$i =$	0.652		gradiente idraulico

$u_{inst,k} =$	65	kPa	valore caratteristico della pressione instabilizzante
$\sigma_{st,k} =$	80	kPa	valore stabilizzante della tensione geostatica stabilizzante
$p_{st,k} =$	25	kPa	zavorra di fondo
$u_{inst,d} =$	84	kPa	valore di progetto della pressione instabilizzante
$s_{st,d} =$	95	kPa	valore di progetto della tensione geostatica stabilizzante

**Verifica soddisfatta: SI**

$\gamma_{G1,sfav} =$	1.3	Coefficiente parziale permanenti sfavorevoli (tab. 6.2.IV NTC2008)
$\gamma_{G1,fav} =$	0.9	Coefficiente parziale permanenti favorevoli (tab. 6.2.IV NTC2008)

## 5. Granulometria del materiale drenante

Nel presente paragrafo viene trattato l'argomento inerente alla definizione della curva granulometrica del materiale di riempimento dei pali drenanti, dei filtri delle condotte di fondo.

Per la determinazione del materiale drenante sono state considerate le granulometrie eseguite su campioni, rimaneggiati e non, prelevati nell'area in esame durante l'esecuzione delle verticali di indagini necessarie all'installazione della strumentazione per il monitoraggio geotecnico tra il 2011 e 2012. I campioni considerati si riferiscono alle coltri sino ad una profondità di 20÷25m.

Nella tabella seguente si riportano le analisi granulometriche considerate.

<b>Sondaggio</b>	<b>Campione</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione (-)</b>
I-17	001	5÷5.5	Ghiaia con sabbia deb. limosa
SI-18	001	14.4÷15.0	Ghiaia limosa, sabb. deb. argillosa
SI-10bis	001	8.4÷9.0	Limo con sabbia, ghiaioso, deb. arg.
SI-21	001	26÷26.30	Limo sabbioso, ghiaioso, deb. arg.
SP-13	001	16÷16.70	Limo sabb., ghiaioso, deb. arg.
SP-15	001	13.6÷14.0	Limo con ghiaia, argilloso
SP-15	002	26÷26.3	Limo con ghiaia, sabbioso
PZ-12	002	9.5÷10	Ghiaia con sabbia e limo deb. arg.

### Riepilogo analisi granulometriche considerate

Nella successiva FIG. 34 sono riportate le curve granulometriche dei campioni considerati, mentre nella tabella seguente sono riassunti i valori del  $D_{60}$ ,  $D_{10}$  corrispondenti, rispettivamente, al diametro del 60% e 10% di materiale passante ed il conseguente coefficiente di uniformità (U).



Sondaggio	Campione	Profondità (m)	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	U (-)
I-17	001	5÷5.5	0.4	0.009	444
SI-18	001	14.4÷15.0	5	0.01	500
SI-10bis	001	8.4÷9.0	0.3	0.003	100
SI-21	001	26÷26.30	0.1	0.003	33
SP-13	001	16÷16.70	0.09	0.0035	26
SP-15	001	13.6÷14.0	0.4	0.005	80
SP-15	002	26÷26.3	0.15	0.002	75
PZ-12	002	9.5÷10	2	0.004	500

### Riepilogo delle caratteristiche granulometriche

Alla luce delle descrizioni dei campioni, delle curve granulometriche e del valore del coefficiente (U) stimato, l'acquifero delle coltri interessato dagli interventi di drenaggio è costituito, generalmente, da materiale fine fortemente eterogeneo ( $U \gg 5$ ). Fatta eccezione per i campioni prelevati nei sondaggi I-17, SI-18 e PZ-12, si è in presenza di limo sabbioso deb. argilloso con passante al setaccio UNI-200 tra 40÷60%. I campioni più grossolani, hanno un passante al setaccio UNI-200 tra il 20÷30%. La scelta della distribuzione della curva granulometrica del materiale di riempimento dei pali drenanti è stata condotta escludendo questi ultimi campioni, in modo da tarare la distribuzione rispetto alla parte più fine dell'acquifero.

Il D<sub>60</sub> medio risulta pari a 0.208mm e il D<sub>10</sub> medio è pari a 0.0033mm da cui deriva un coefficiente di uniformità medio  $(U) \cong 63$ .

I criteri di scelta per il fuso granulometrico del materiale di riempimento in presenza di un acquifero caratterizzato da terreni coesivi eterogenei e non uniformi ( $U > 5$ ) suggeriscono di assumere le seguenti caratteristiche:

$D_{15}$  del dreno  $\geq (4 \div 6) \times D_{15}$  dell'acquifero  $> 2$ mm

$D_{85}$  del dreno  $\geq (3 \div 4) \times D_{85}$  dell'acquifero

Con una distribuzione caratterizzata da un coefficiente di uniformità simile a quello dell'acquifero ( $U > 5$ ).

Pertanto si prevede un fuso granulometrico per il materiale di riempimento con le seguenti caratteristiche:

$D_{15}$  dreno 2÷4 mm

$D_{85}$  dreno 36÷50mm

$$U=16\div 20$$

Costituito da materiale arido di natura silicea ( $\phi$  1÷60mm) esente da materiale organico.

Nella FIG. 35 è mostrato il fuso granulometrico del materiale di riempimento rispetto alle curve granulometriche dei campioni considerati.

I pali drenanti verranno eseguiti adottando le tradizionali tecniche di perforazione con tuboforma (evitando l'impiego di fanghi). Il materiale di riempimento verrà posto in opera con l'ausilio di un getto di acqua per caduta o a bassa pressione. Il recupero del rivestimento provvisorio avverrà di pari passo con l'immissione del materiale di riempimento, in modo tale da avere sempre una colonna di materiale pari a 1÷2m all'interno del rivestimento stesso.

Il materiale arido drenante di riempimento dei pali dovrà essere messo in opera al termine del processo di presa del conglomerato cementizio che costituisce il tappo di fondo.

La scelta delle attrezzature di perforazione e i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di pali drenati di prova prima dell'inizio dei lavori.

Le condotte di fondo che collegano i pali drenanti e i pozzi fra loro saranno caratterizzate da un tratto finestrato e protetti mediante una calza in geotessile con funzione di filtro anti-intasamento.

La calza dovrà soddisfare, anche, il criterio di permeabilità, evitando l'insorgere di sovrappressioni.

Nel caso in esame l'acquifero è caratterizzato da un valore di  $D_{50} < 0.06\text{mm}$ , pertanto si prevede di adottare una calza in geotessile con apertura caratteristica dei pori

$$O_{95} < (18xD_{50})/U \text{ e } O_{90} < 2xD_{90}$$

Con

$$D_{50}\cong 0.4\div 0.5\text{mm}$$

$$D_{90}\cong 10\text{mm}$$

$$U=63$$

$$O_{95} < 0.11\div 0.14\text{mm}$$

Alla luce delle incertezze riguardo al valore di permeabilità dei materiali soggetti all'intervento ed alla loro eterogeneità la permeabilità del geotessile tessuto non tessuto dovrà essere  $k > 10^{-4}$  m/sec.

## **6. Piano di monitoraggio**

### **Monitoraggio Geotecnico dell'area**

Ad integrazione del monitoraggio del versante di Ripoli esistente è prevista la posa di altre n. 6 verticali piezometriche, ognuna strumentata con n.2 celle Casagrande alla profondità di 10 e 20 m dalla testa.

L'ubicazione delle verticali è riportata nell'elaborato grafico allegato al progetto.

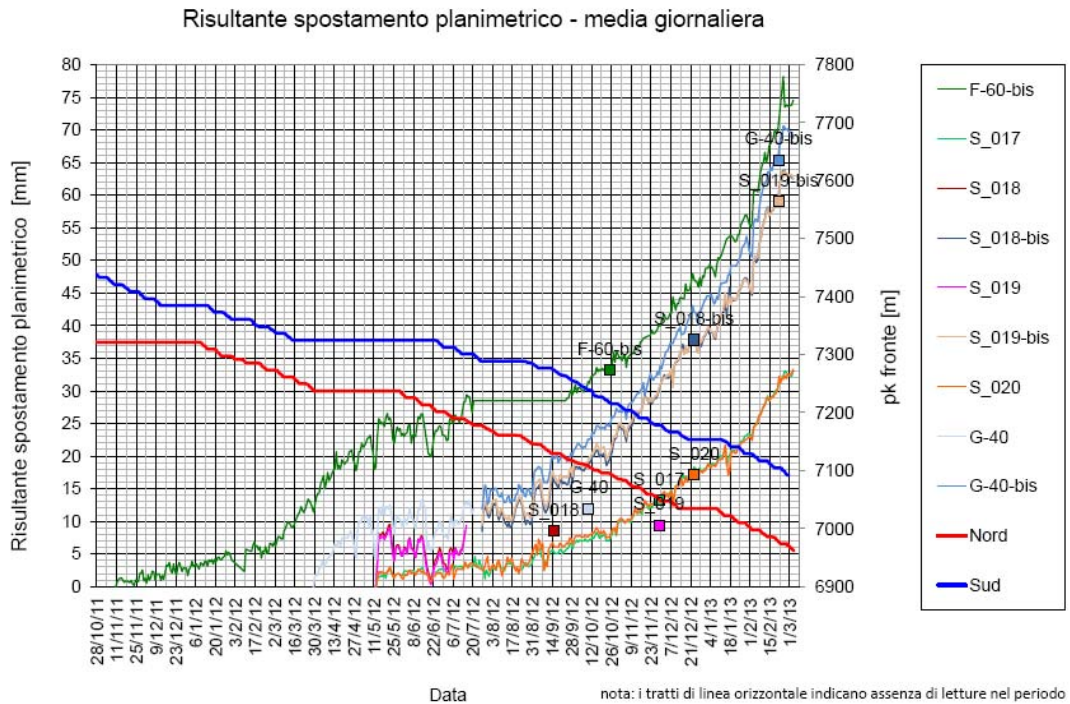
### **Monitoraggio Geotecnico durante l'esecuzione dei pozzi**

Si prevede di monitorare le fasi costruttive di due pozzi, al fine di verificare la validità delle ipotesi assunte e l'idoneità delle tecnologie adottate.

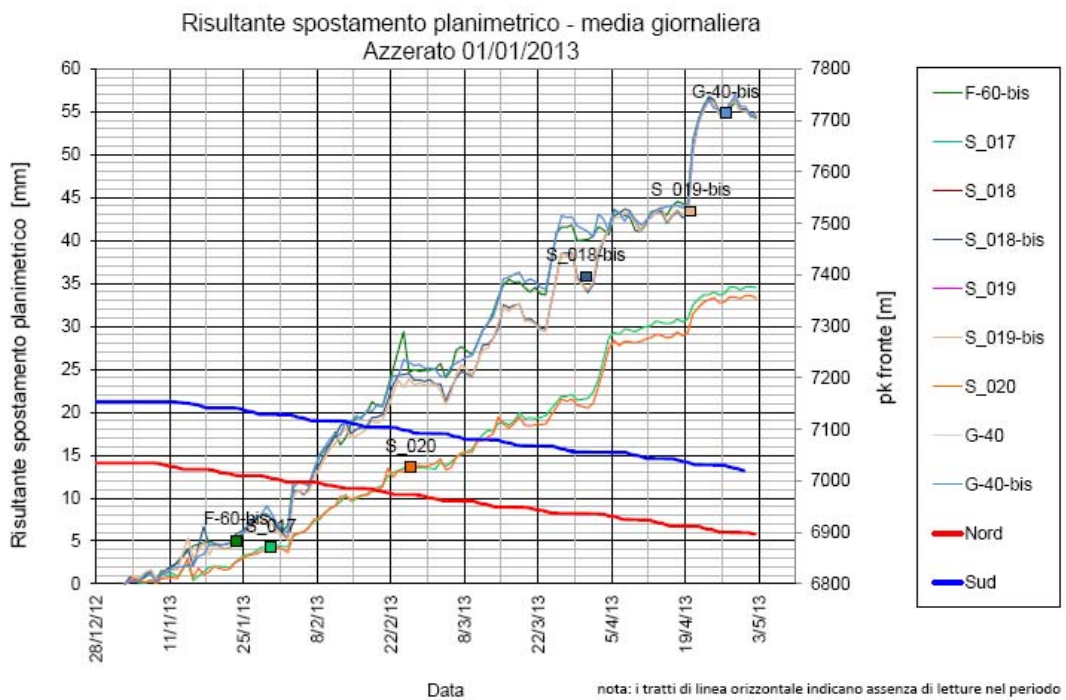
Il monitoraggio strutturale e geotecnico previsto interessa 1 palo strutturale per ogni pozzo, prevedendo:

- posa di 1 tubo inclinometrico in asse palo di lunghezza pari a quella del palo stesso; la posa in opera del tubo inclinometrico nel palo dovrà avvenire con le medesime modalità esecutive adottate per l'installazione prevista nel foro di sondaggio geognostico, prevedendo di solidarizzare il tubo inclinometrico, precedentemente assemblato, alla gabbia di armatura verticale per l'intera lunghezza; si dovrà garantire, durante l'operazione di getto, l'integrità dello strumento; il tubo dovrà essere parzialmente inglobato nel getto del cordolo di testa pozzo e la testa foro dovrà essere protetta mediante l'installazione di un chiusino in acciaio verniciato;
- 3 sezioni di monitoraggio strutturale del palo mediante barrette estensimetriche (strain meters) a corda vibrante da saldare alle barre d'armatura; si prevede la strumentazione di 3 sezioni lungo il palo (distribuite ad ogni terzo di lunghezza), ognuna delle quali costituita da n.4 barrette saldate alle barre dell'armatura principale;
- 3÷4 misure di convergenza della sezione ogni 4÷5m di scavo mediante opportuni target topografici.

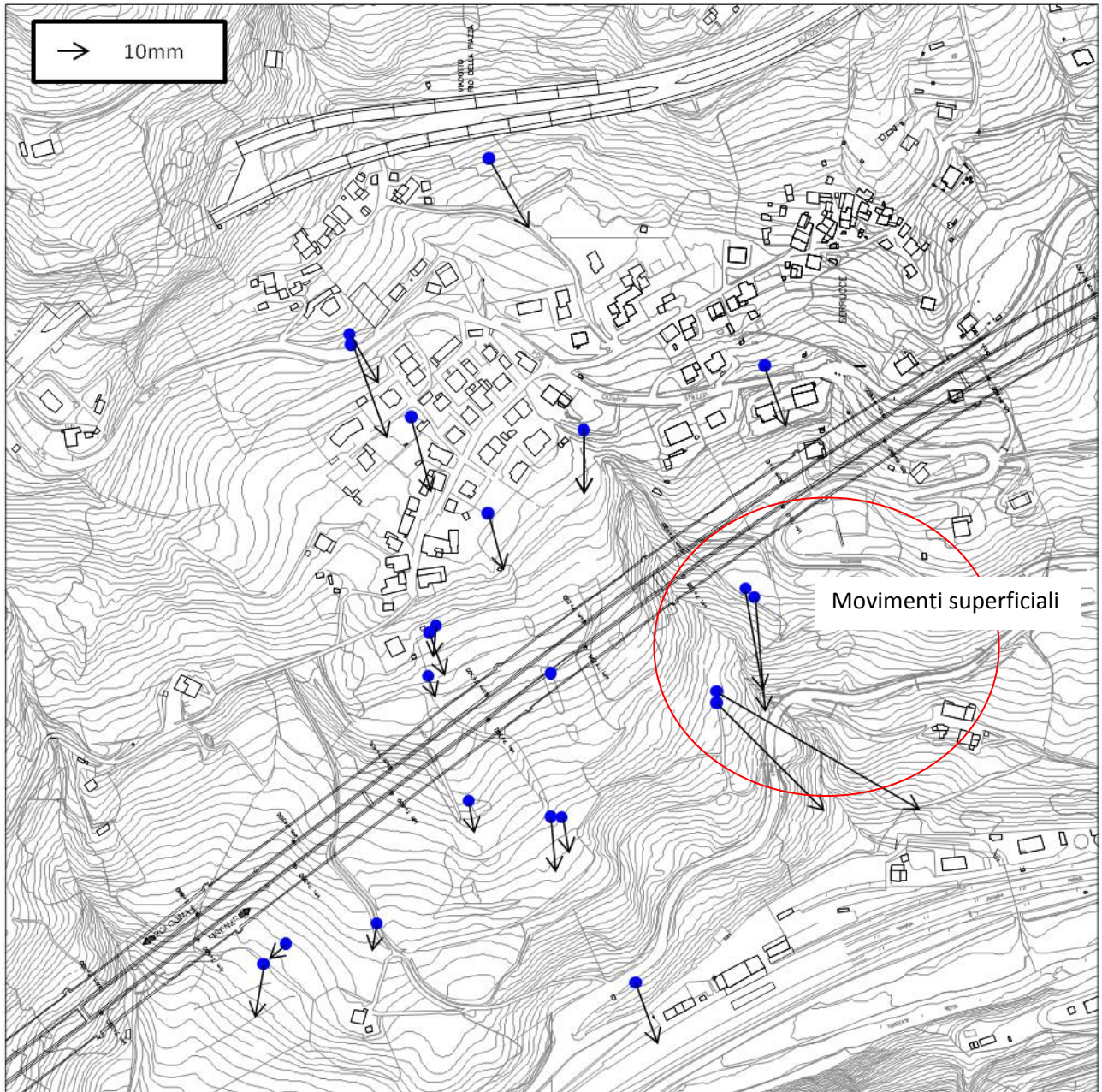
## FIGURE



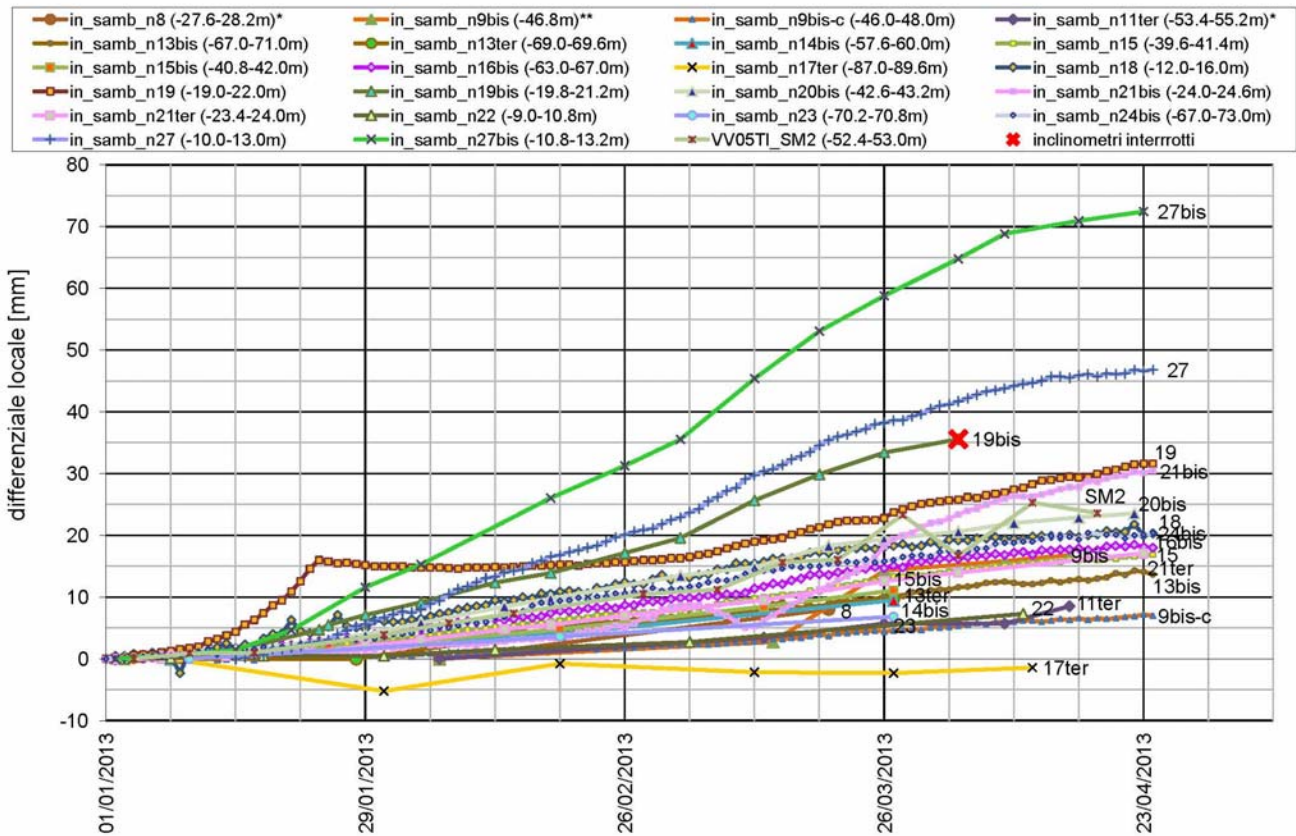
**FIG. 1 - PILA n.5**  
**Spostamenti planimetrici a partire dal nov. 2010**



**FIG. 2 - PILA n.5**  
**Spostamenti planimetrici nel periodo gennaio-aprile 2013**



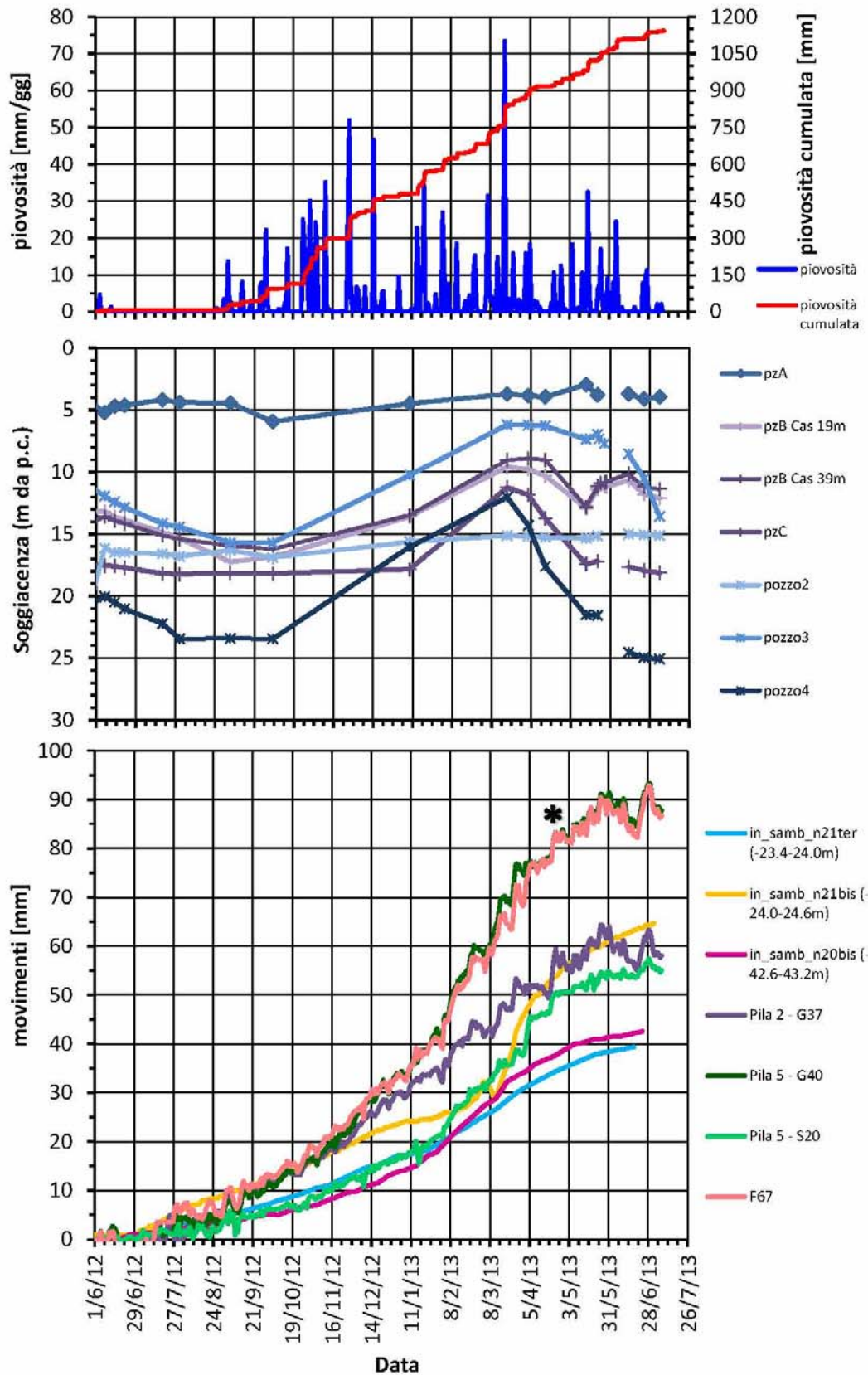
**FIG. 3 - Inclinometri - vettori spostamento, relativi alle fasce di deformazione, nel periodo gennaio-aprile 2013**



**FIG. 4 - Inclinometri  
Entità degli spostamenti nelle fasce di deformazione**

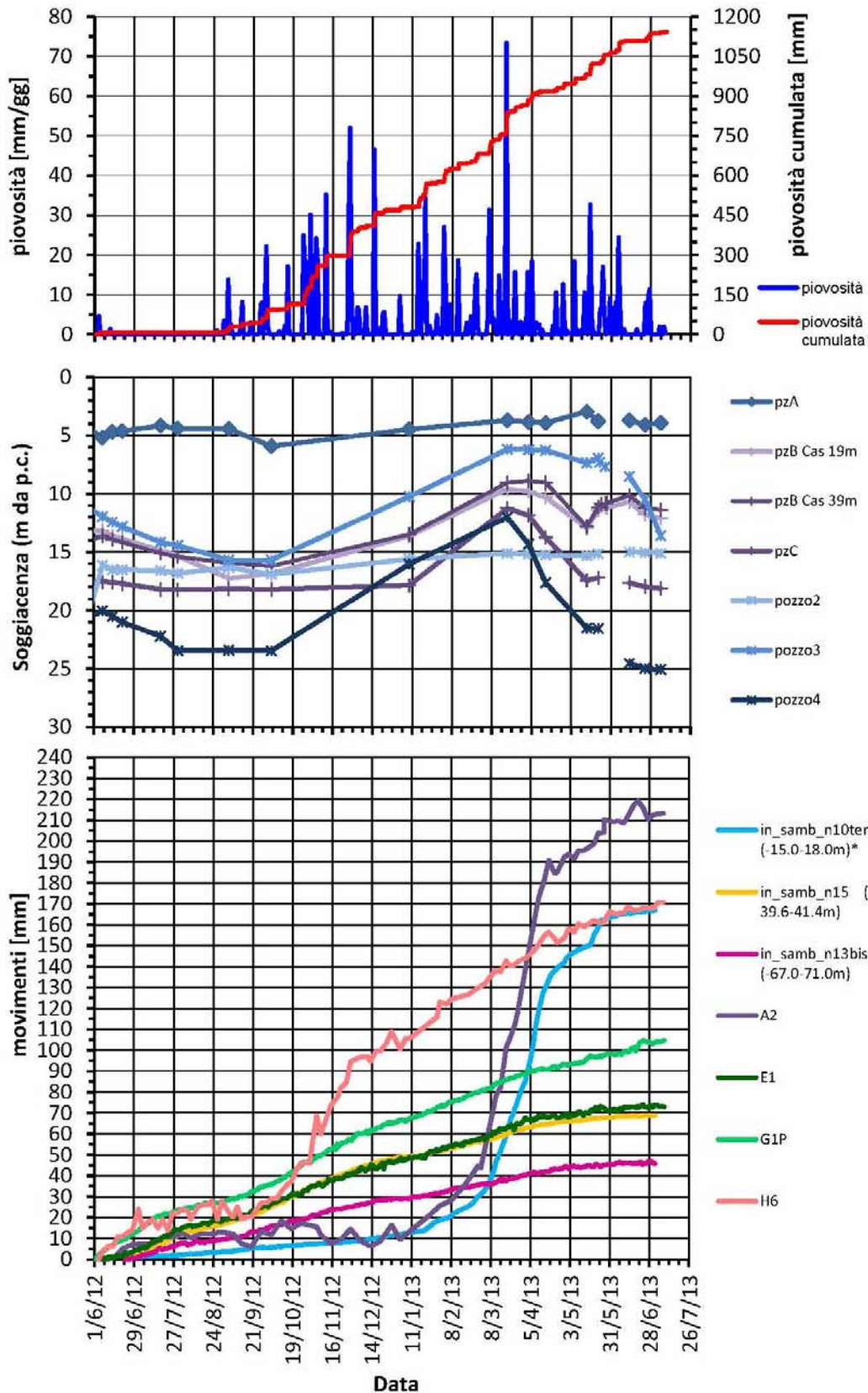




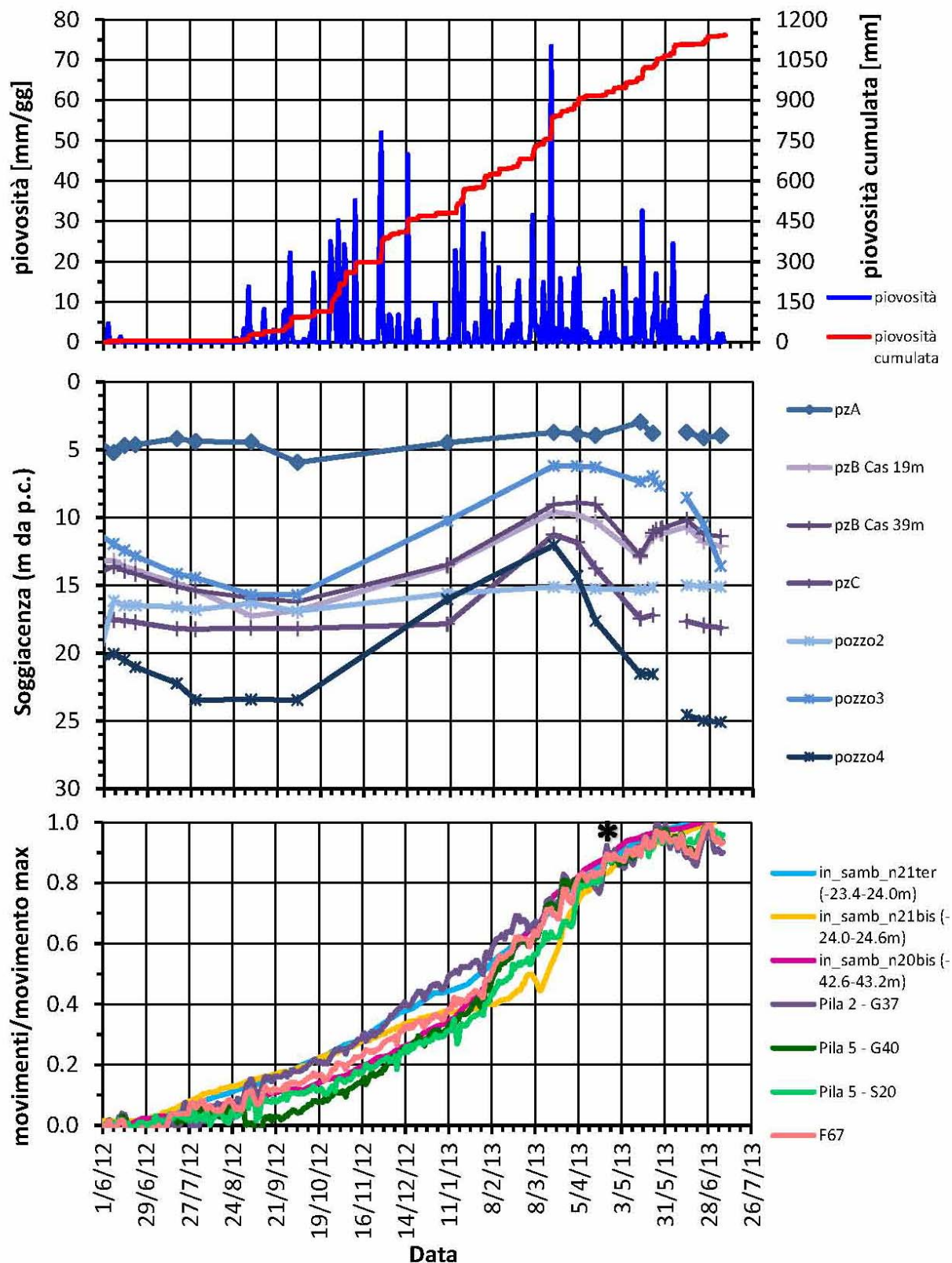


**FIG. 6 - VIADOTTO PIAZZA**  
**Dati riassuntivi piovosità, livelli piezometrici,**  
**spostamenti inclinometrici e topografici**

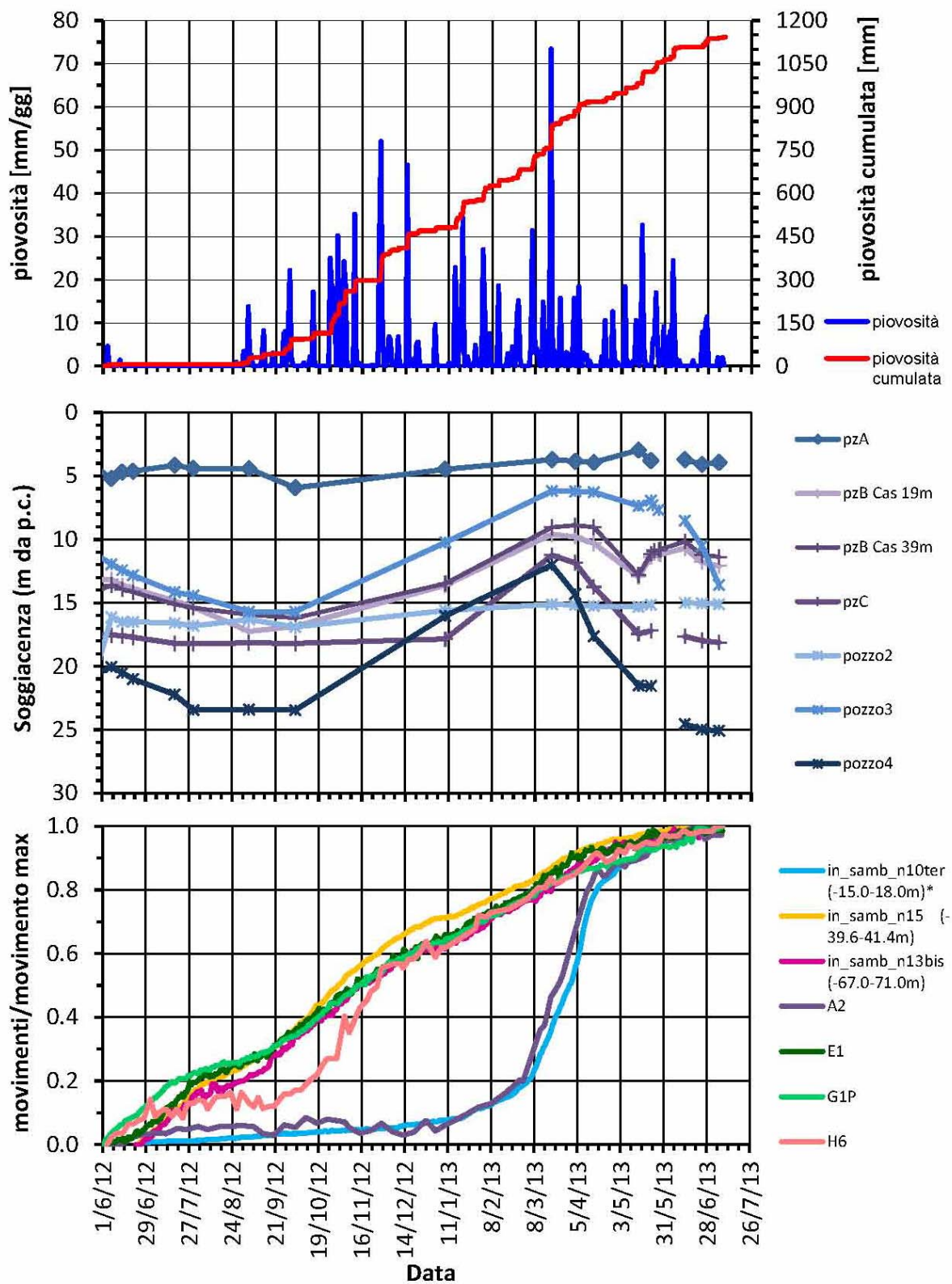
(\* il grafico è stato corretto eliminando i valori di spostamento dovuti al sollevamento dell'impalcato)



**FIG. 7 - VERSANTE**  
**Dati riassuntivi piovosità, livelli piezometrici, spostamenti inclinometrici e topografici**



**FIG. 8 - viadotto PIAZZA**  
**Dati riassuntivi piovosità, livelli piezometrici,**  
**spostamenti inclinometrici e topografici NORMALIZZATI**



**FIG. 9 - VERSANTE**  
**Dati riassuntivi piovosità, livelli piezometrici, spostamenti inclinometrici e topografici NORMALIZZATI**

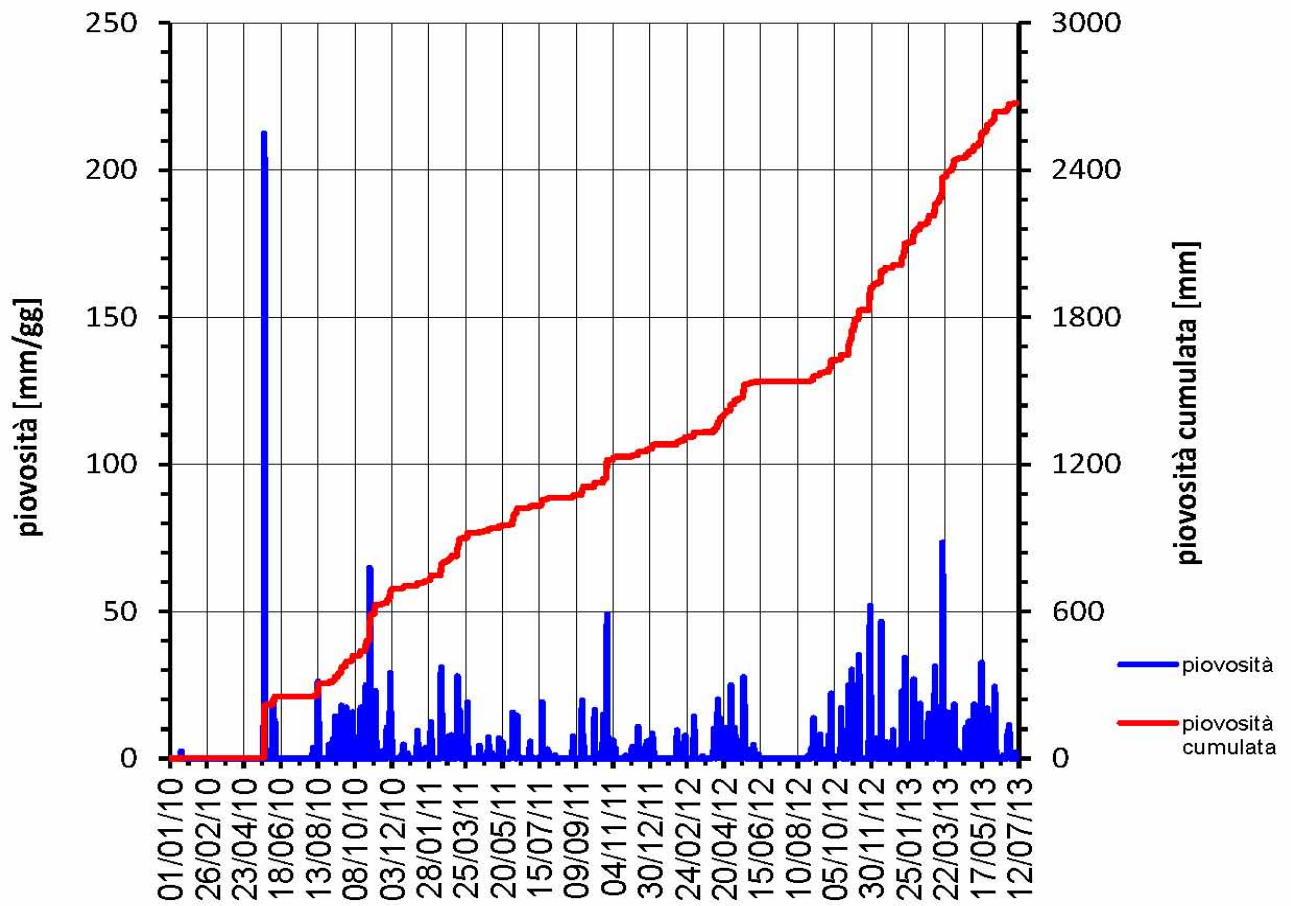
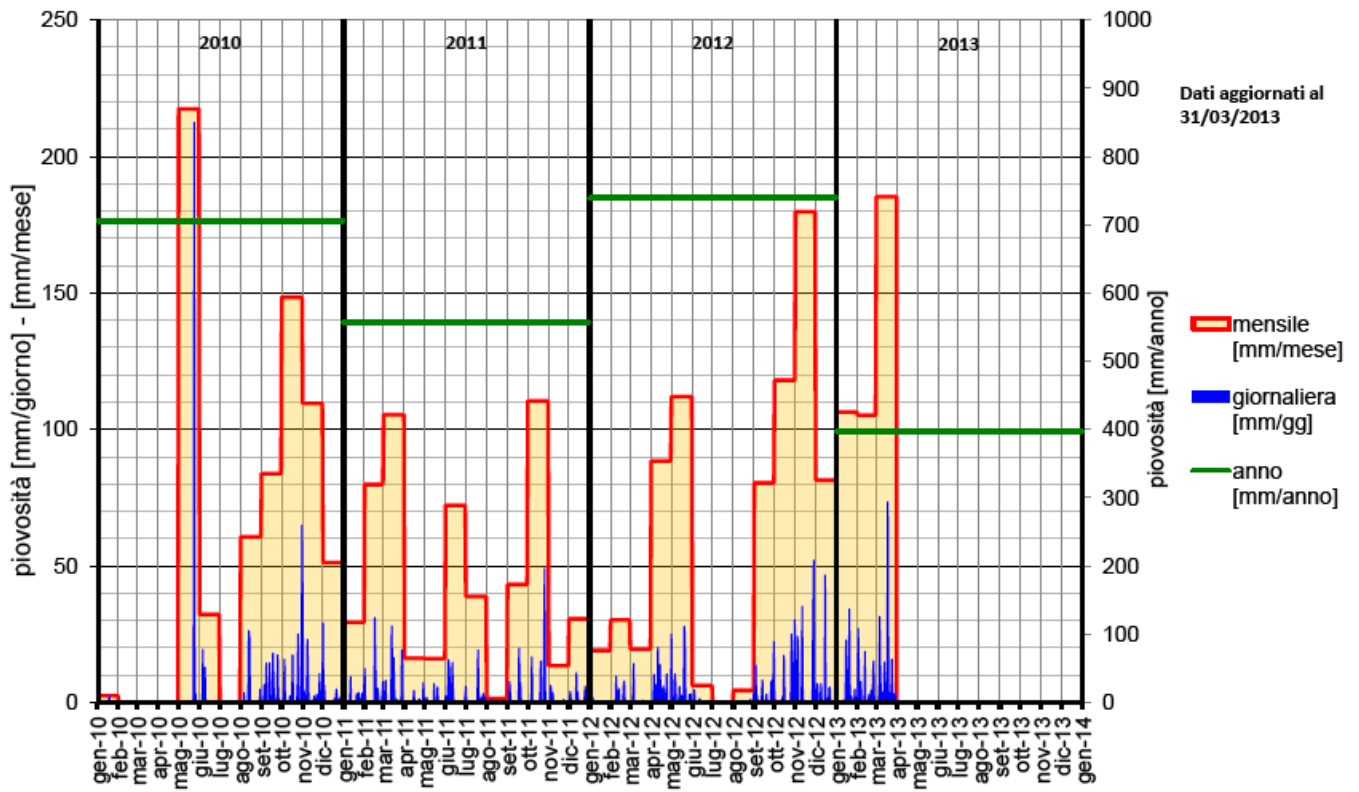
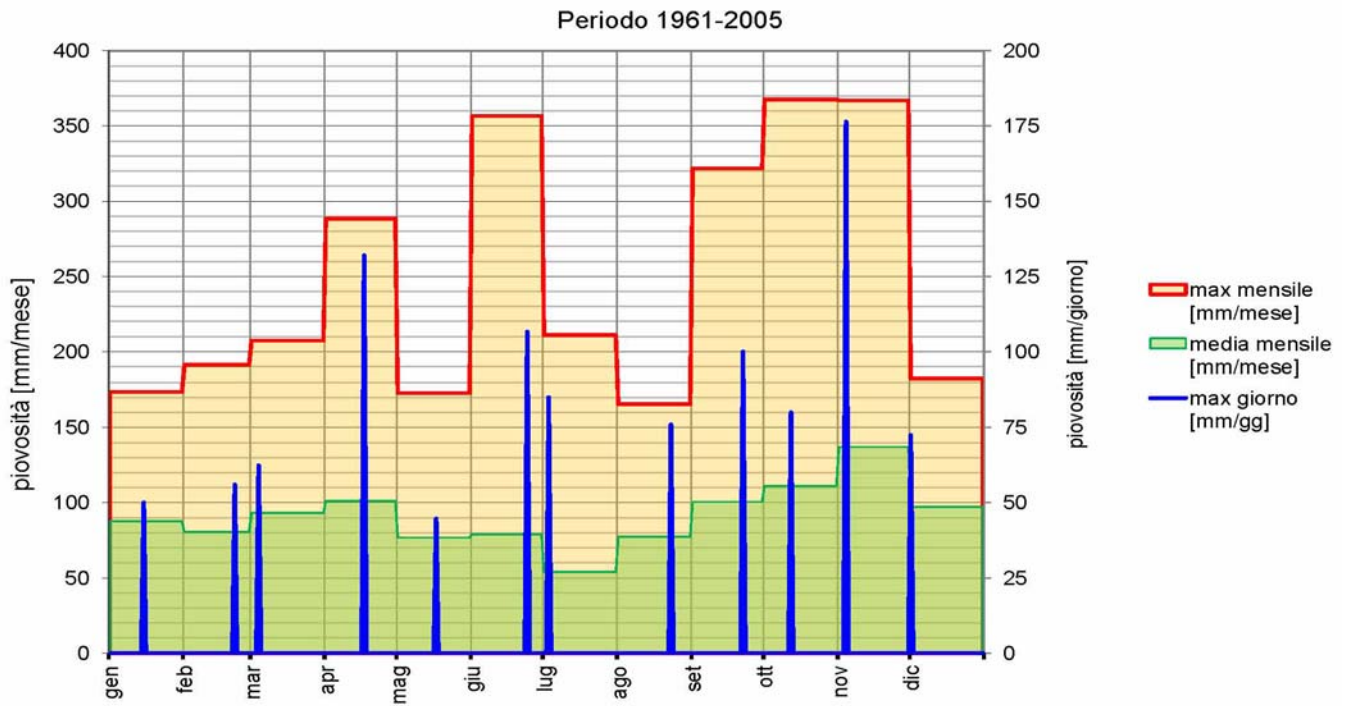


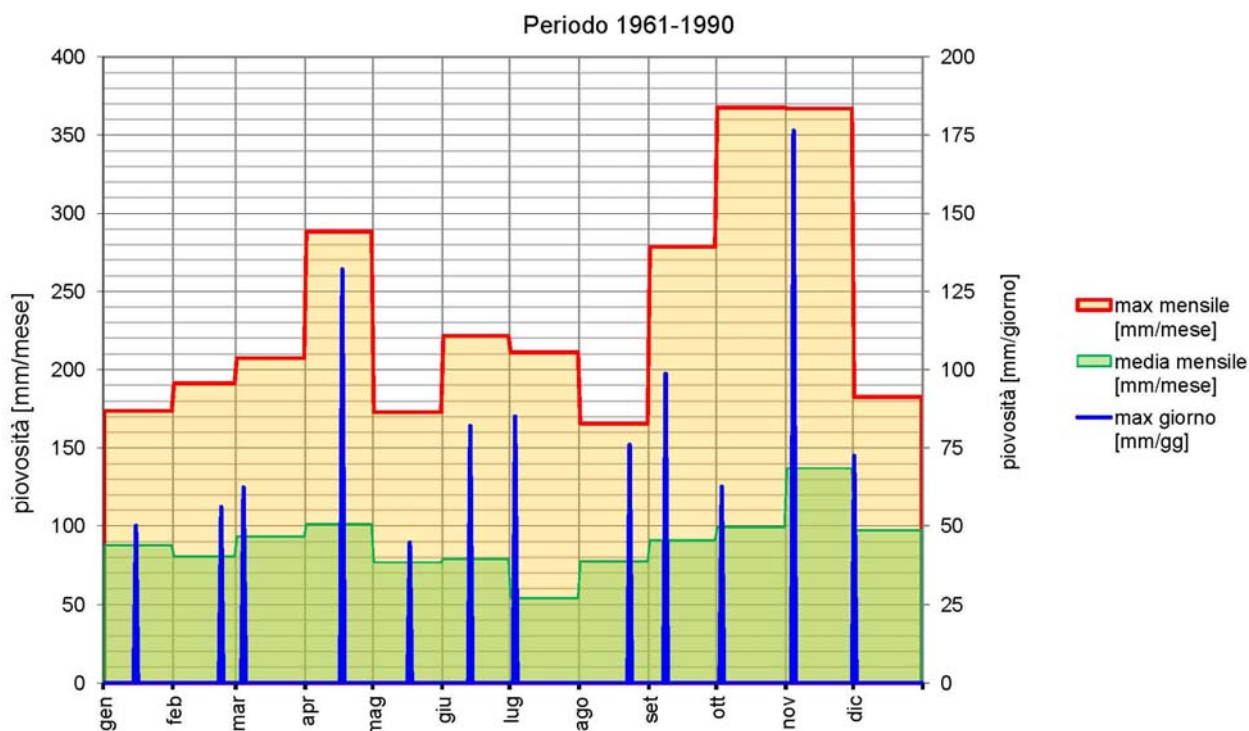
FIG. 10 - Dati riassuntivi piovosità



**FIG. 11 - Piovosità giornaliera e mensile a partire dal gennaio 2010**



**FIG. 12 - Piovosità giornaliera e mensile nel periodo 1961-2005**



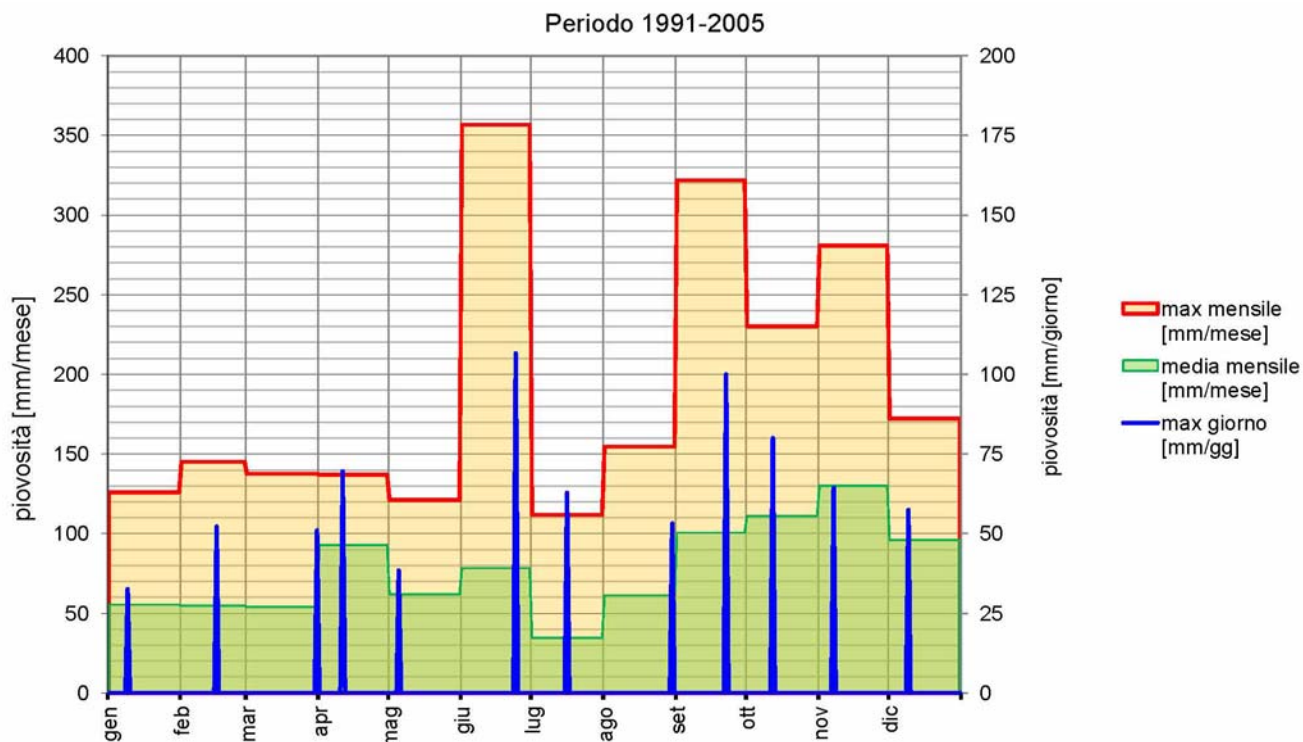
**comune di SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO - (BO)**  
 latitudine: 44.23; longitudine 11.20; altezza: 747;

**trentennio 1961-1990**

mese	Precipitazione cumulata			massima assoluta	
	media (mm)	min (mm)	max (mm)	mm	giorno
GENNAIO	87.6	2.5	173.6	50.0	15/01/69
FEBBRAIO	80.6	6.8	191.2	56.0	22/02/68
MARZO	93.1	7.1	207.4	62.4	04/03/84
APRILE	101.2	24.8	288.4	132.0	17/04/72
MAGGIO	76.8	13.4	172.9	44.7	17/05/67
GIUGNO	79.1	13.0	221.7	82.0	13/06/67
LUGLIO	53.9	7.7	211.0	85.0	03/07/89
AGOSTO	77.4	1.4	165.6	76.0	23/08/65
SETTEMBRE	90.9	1.0	278.6	98.7	08/09/63
OTTOBRE	99.1	8.6	367.7	62.6	03/10/64
NOVEMBRE	137.0	17.8	367.0	176.4	04/11/66
DICEMBRE	97.2	1.4	182.6	72.4	01/12/72

**FIG. 13 - Piovosità giornaliera e mensile nel periodo 1961-1990**

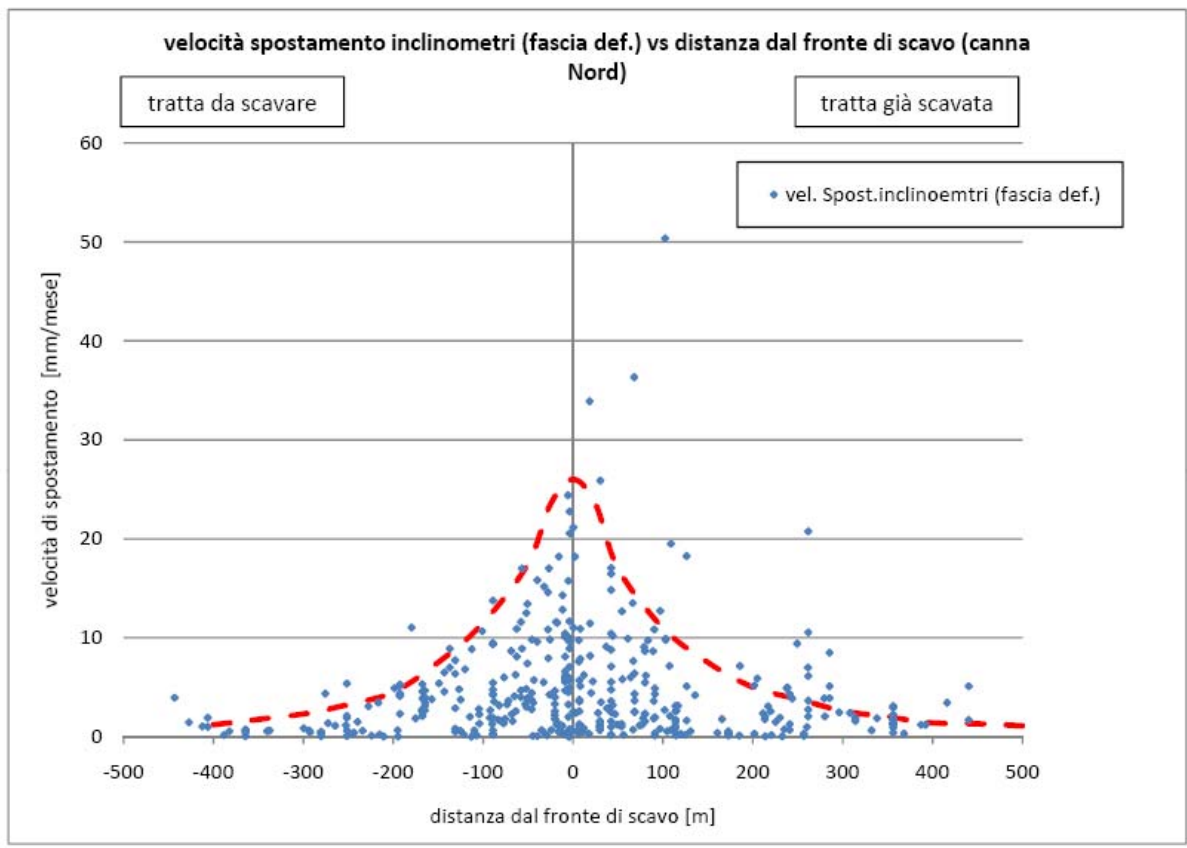




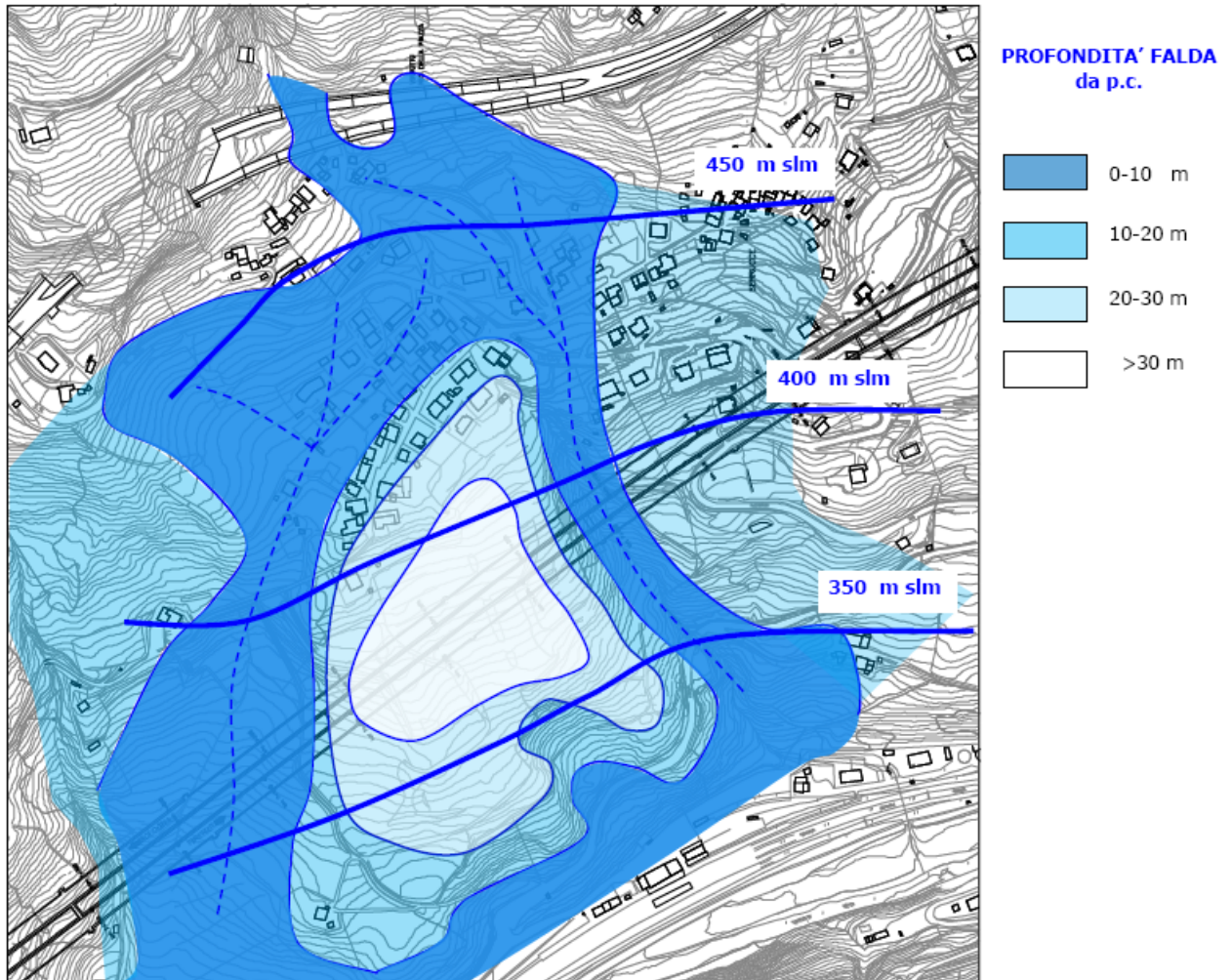
comune di **SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO - (BO)**  
 latitudine: 44.23; longitudine 11.20; altezza: 747;  
**quindicennio 1991-2005**

mese	Precipitazione cumulata			massima assoluta	
	media (mm)	min (mm)	max (mm)	mm	giorno
GENNAIO	55.4	23.6	126.0	32.6	09/01/03
FEBBRAIO	54.7	21.2	145.2	52.2	16/02/02
MARZO	53.9	2.2	137.6	51.0	31/03/01
APRILE	92.9	24.6	137.0	69.6	11/04/05
MAGGIO	61.8	13.0	121.2	38.4	05/05/98
GIUGNO	78.4	9.6	356.8	106.6	24/06/95
LUGLIO	34.6	6.8	111.8	62.8	16/07/02
AGOSTO	61.3	9.2	154.6	53.2	30/08/99
SETTEMBRE	100.6	8.8	321.8	100.0	22/09/94
OTTOBRE	111.2	37.0	230.2	80.0	12/10/91
NOVEMBRE	130.2	40.8	280.8	64.4	07/11/99
DICEMBRE	95.9	21.0	172.2	57.4	09/12/92

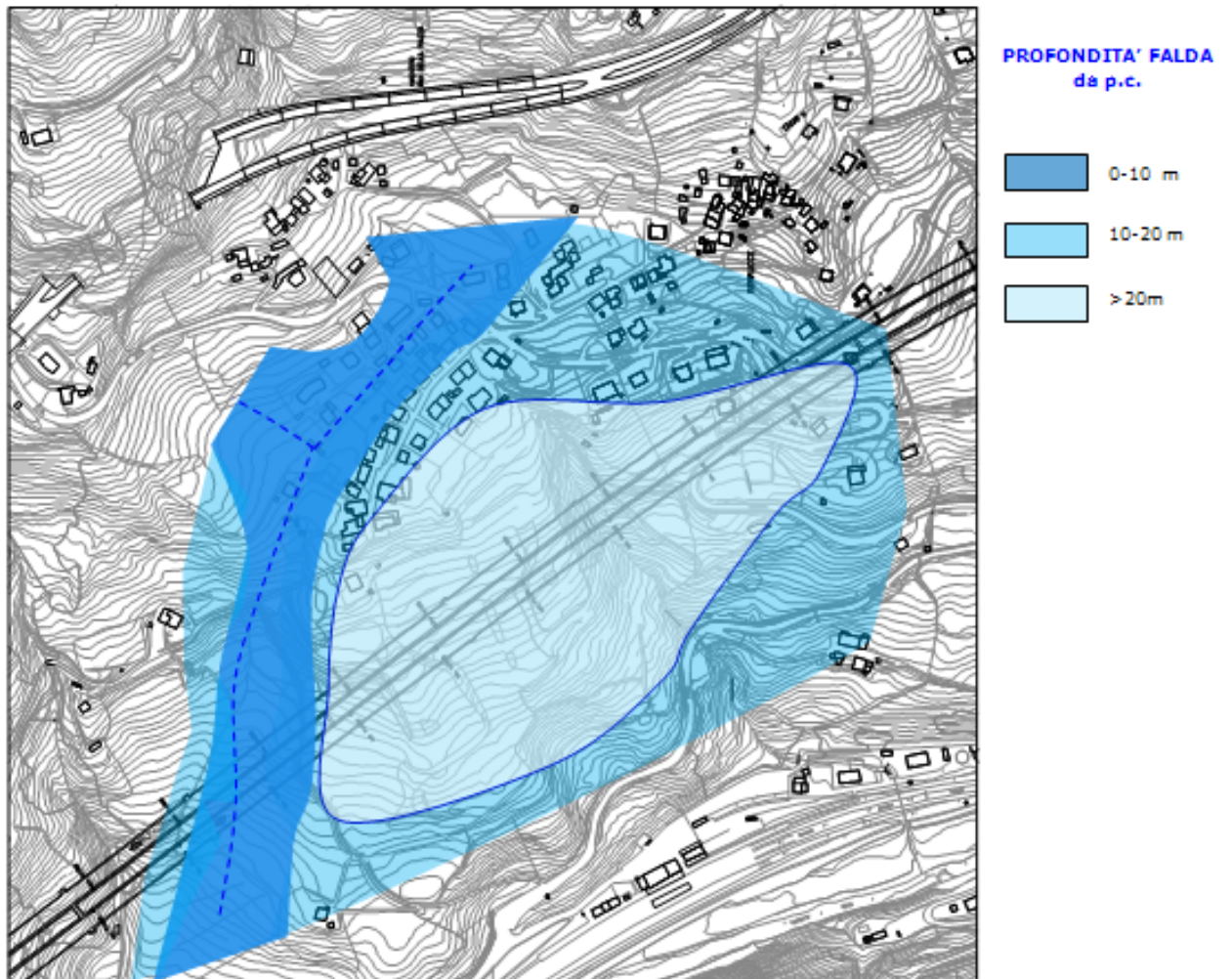
**FIG. 14 - Piovosità giornaliera e mensile nel periodo 1991-2005**



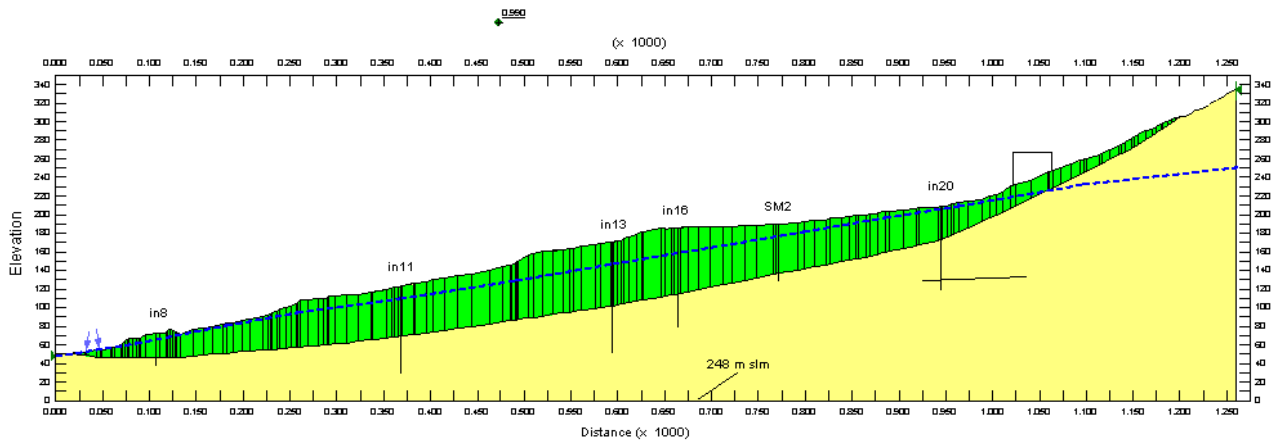
**FIG. 15 - Onda di perturbazione del passaggio dei fronti di scavo**



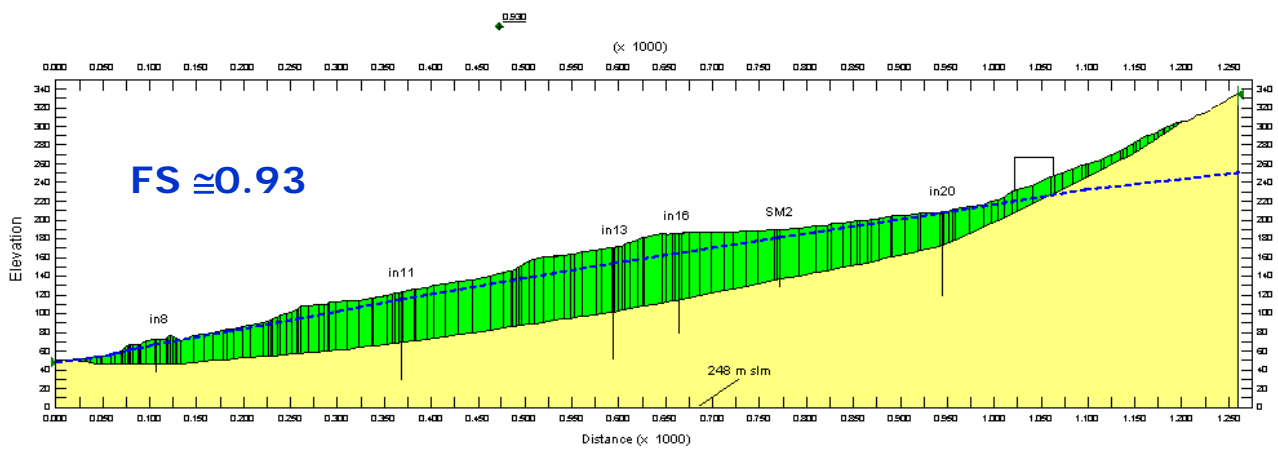
**FIG. 16 - Livelli massimi di falda da p.c., nel periodo gennaio-aprile 2013**



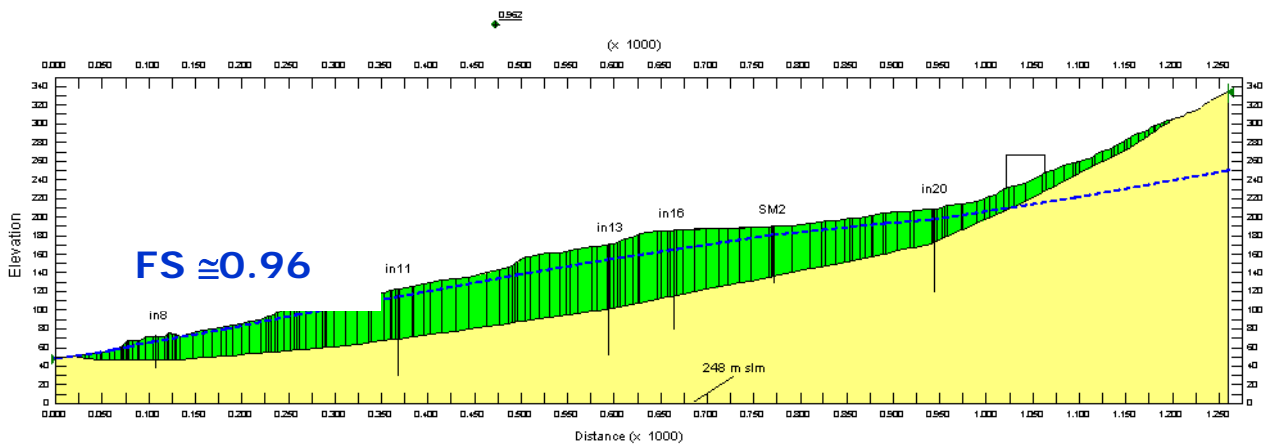
**FIG. 17 - Livelli medi di falda, da p.c., nel periodo 2010-2012**



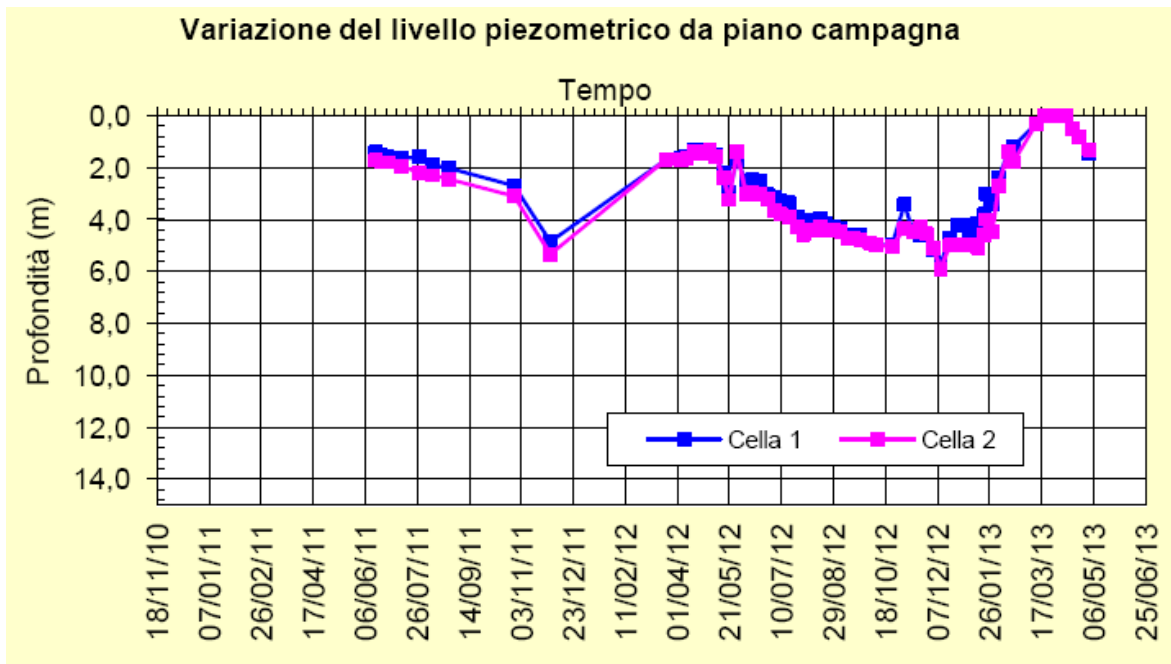
**FIG. 18 - Verifica di stabilità come da studio del Comitato Tecnico, ovvero con falda di riferimento relativa agli ultimi tre anni, escluso il periodo dal settembre 2012 ad oggi**



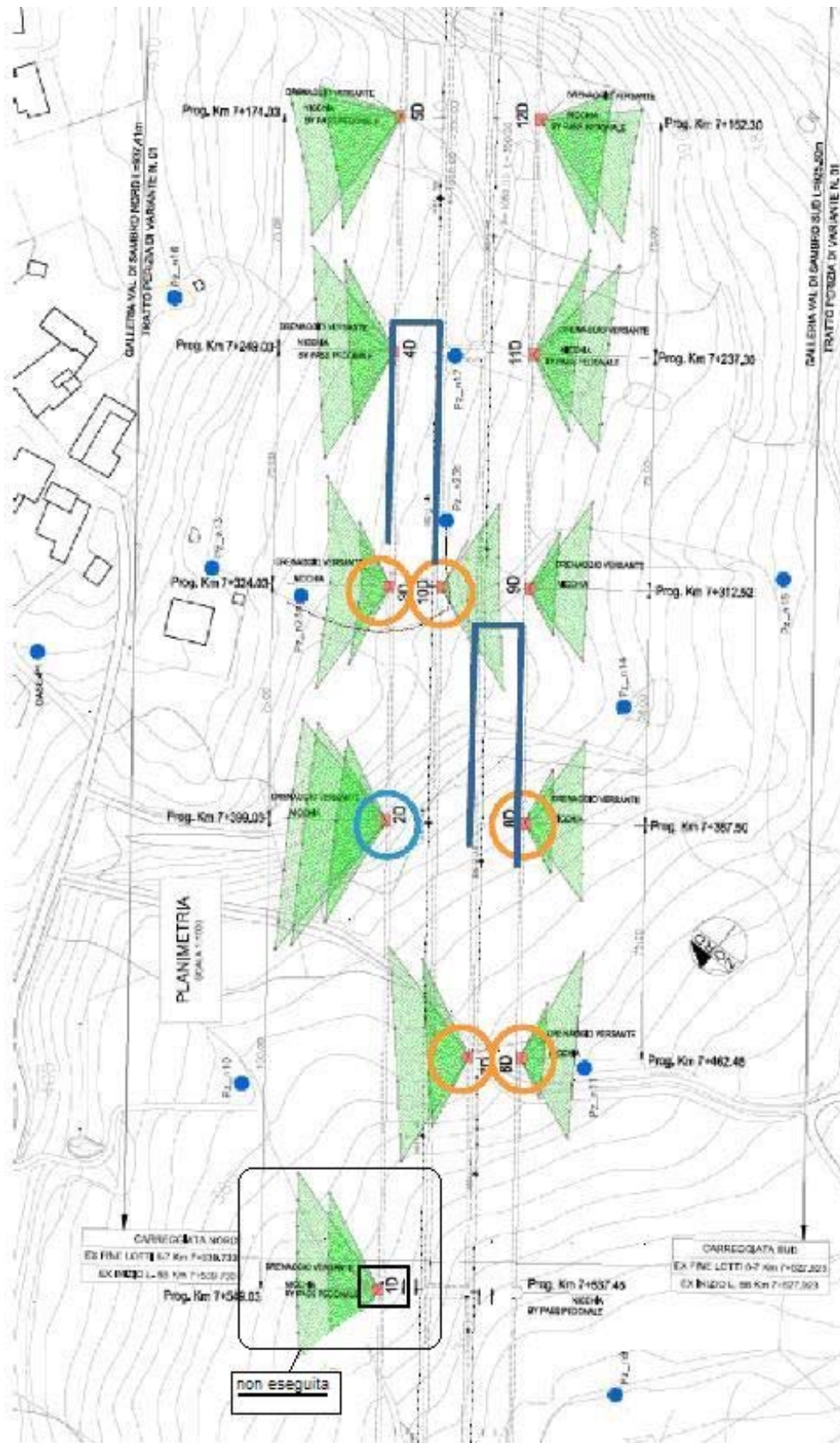
**FIG. 19 - Verifica di stabilità con falda "alta", a seguito del periodo di intense precipitazioni**



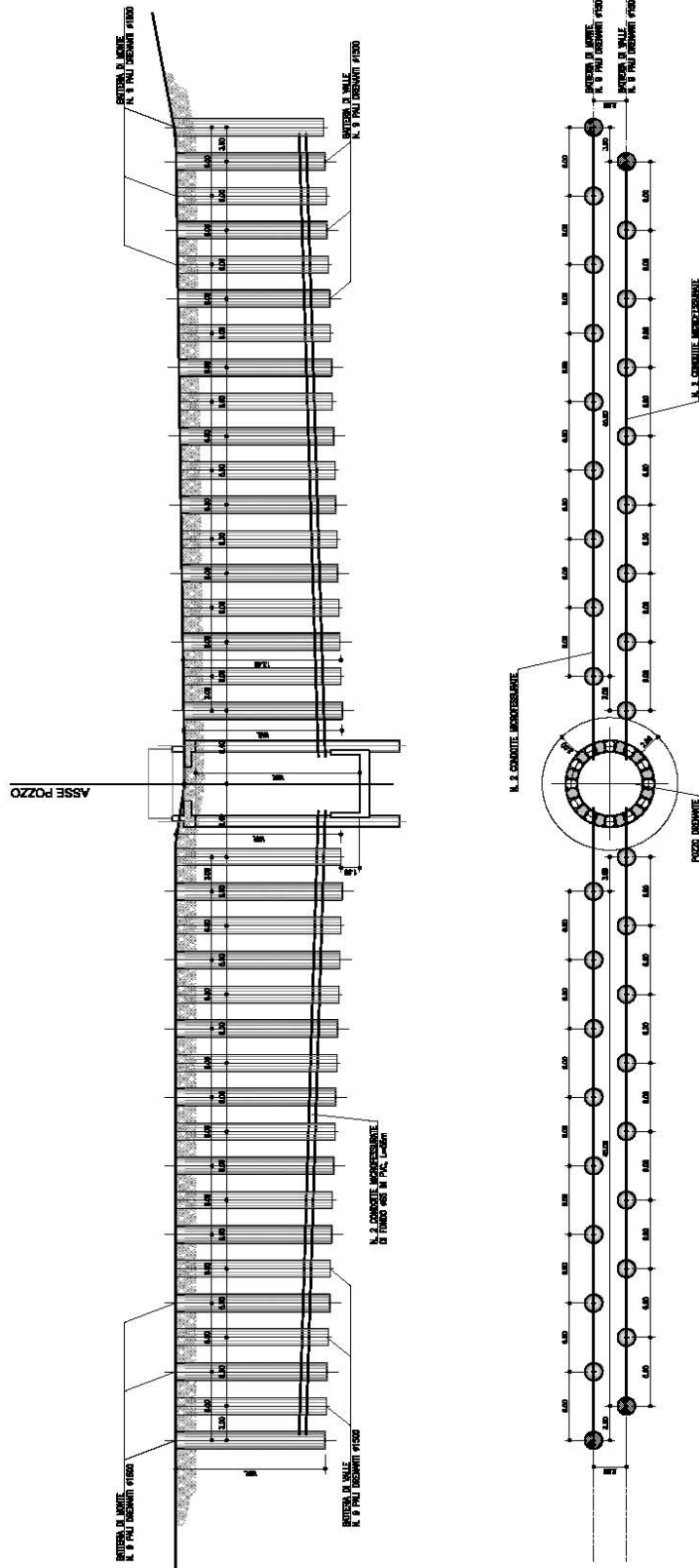
**FIG. 20 - Verifica di stabilità con falda "alta" lungo il versante e abbassamento di 10 m della falda in area viadotto Piazza**



**FIG. 21 - Livelli di falda relativi al piezometro Pz n.20**

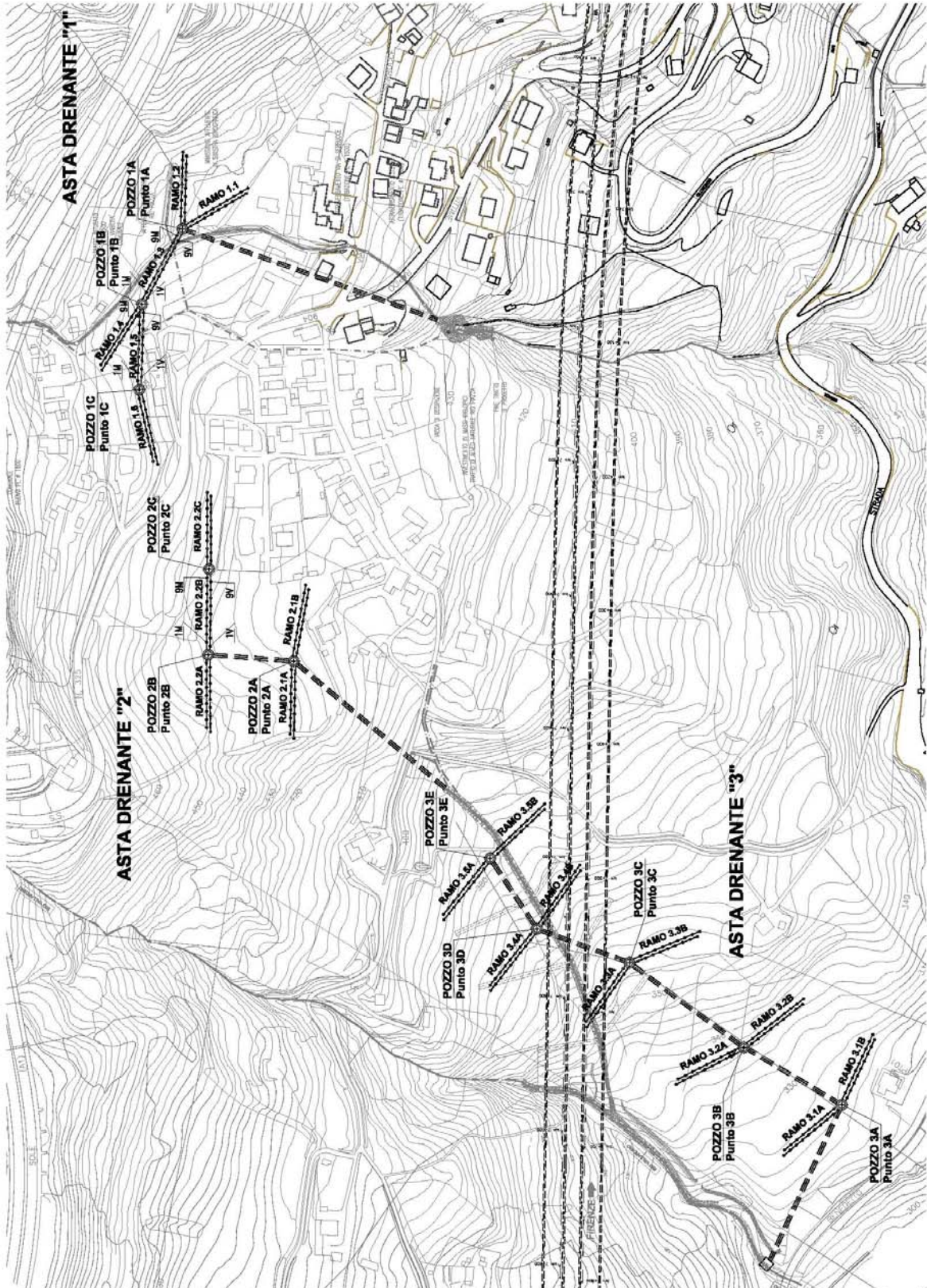


**FIG. 22 - Intervento dreni da nicchie Galleria Val di Sambro**

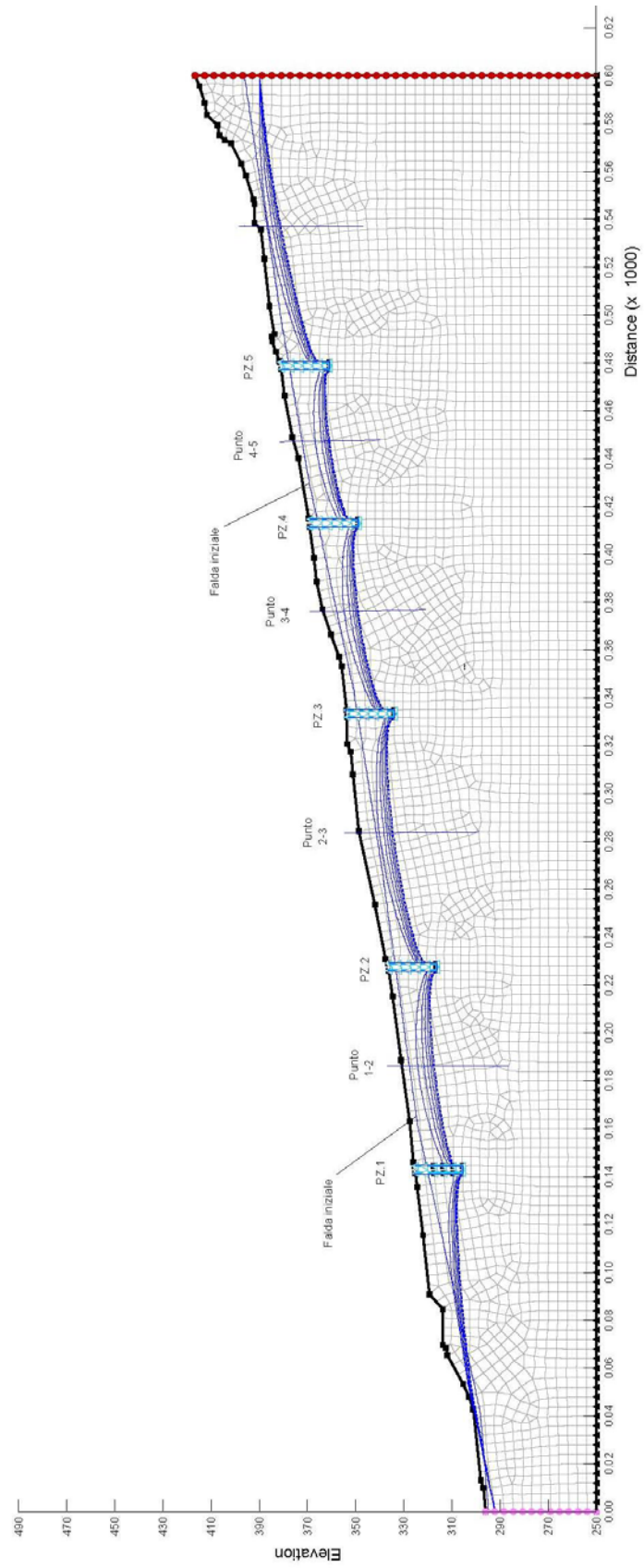


**FIG. 23 - Pianta e sezione tipo delle aste drenanti**

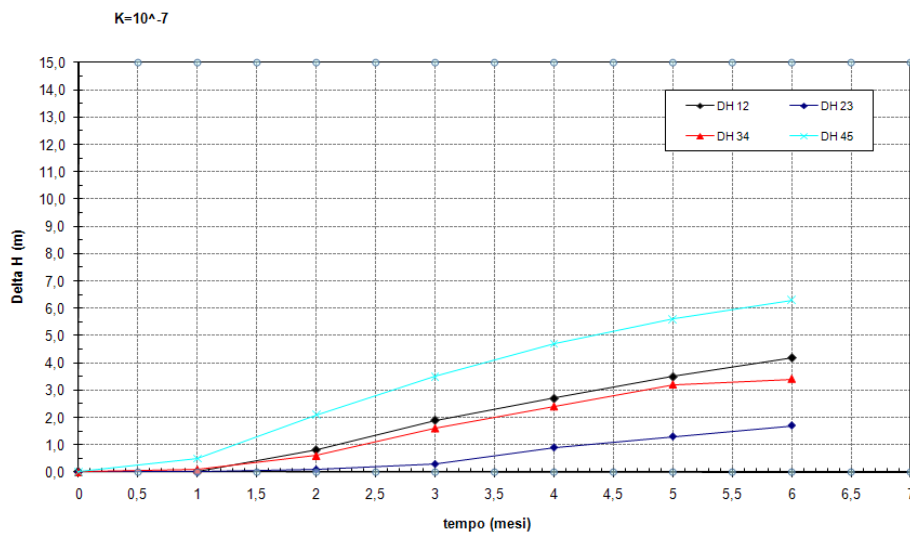
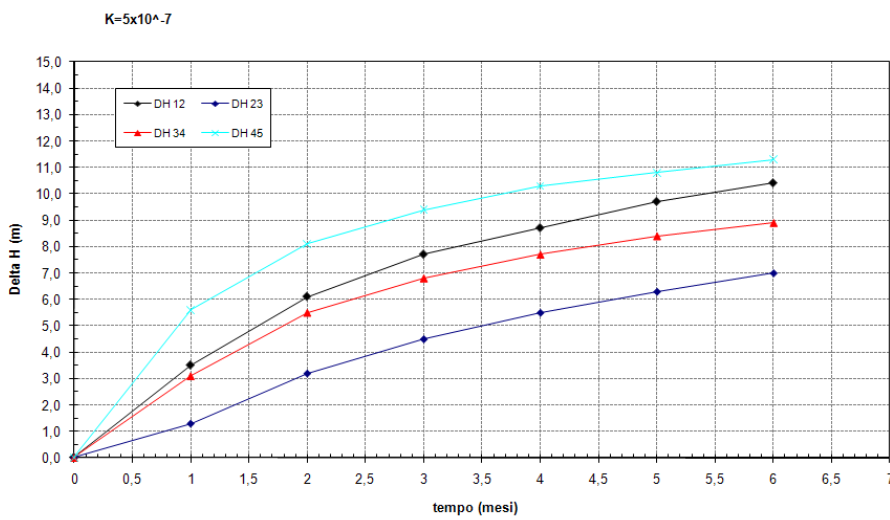
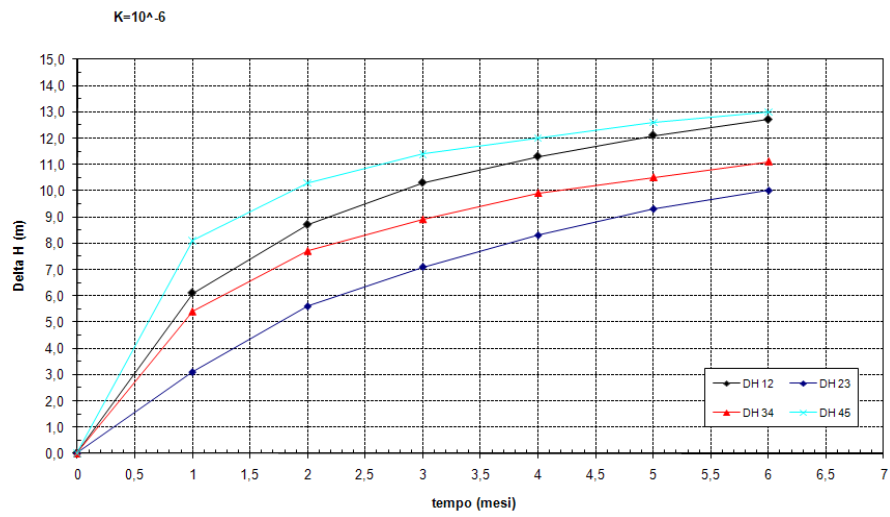




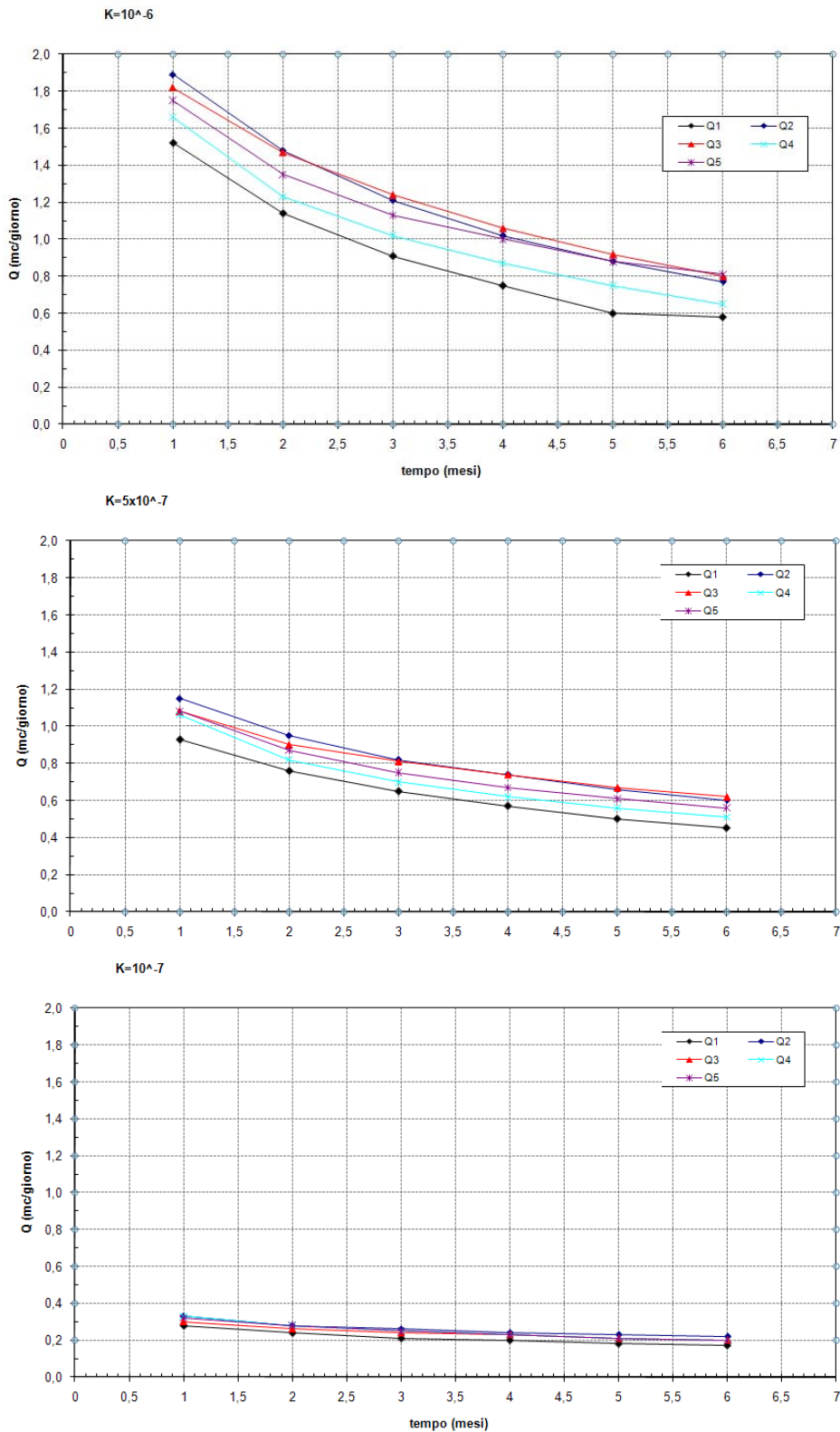
**FIG. 24 - Distribuzione planimetrica degli interventi**



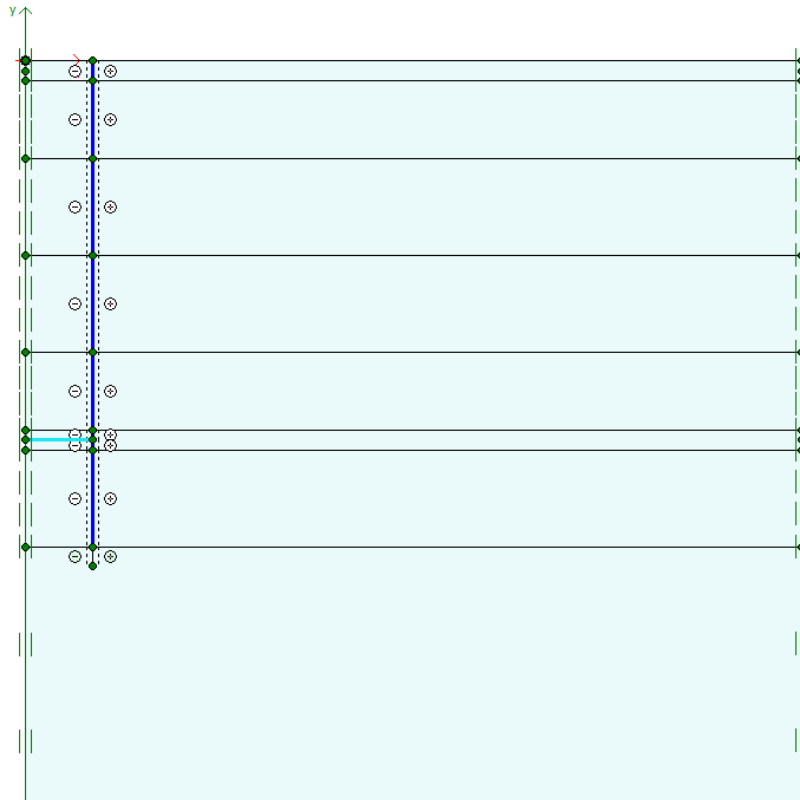
**FIG. 25 - Analisi di filtrazione. Mesh di calcolo (asta 1)**



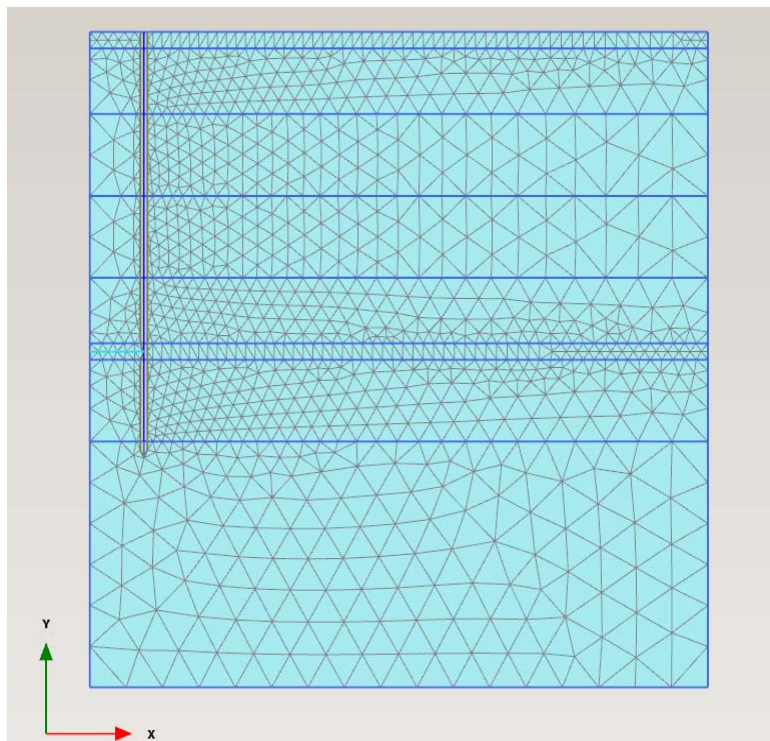
**FIG. 26 - Abbattimento dei livelli di falda, nella mezzeria tra due allineamenti drenanti, in funzione del tempo**



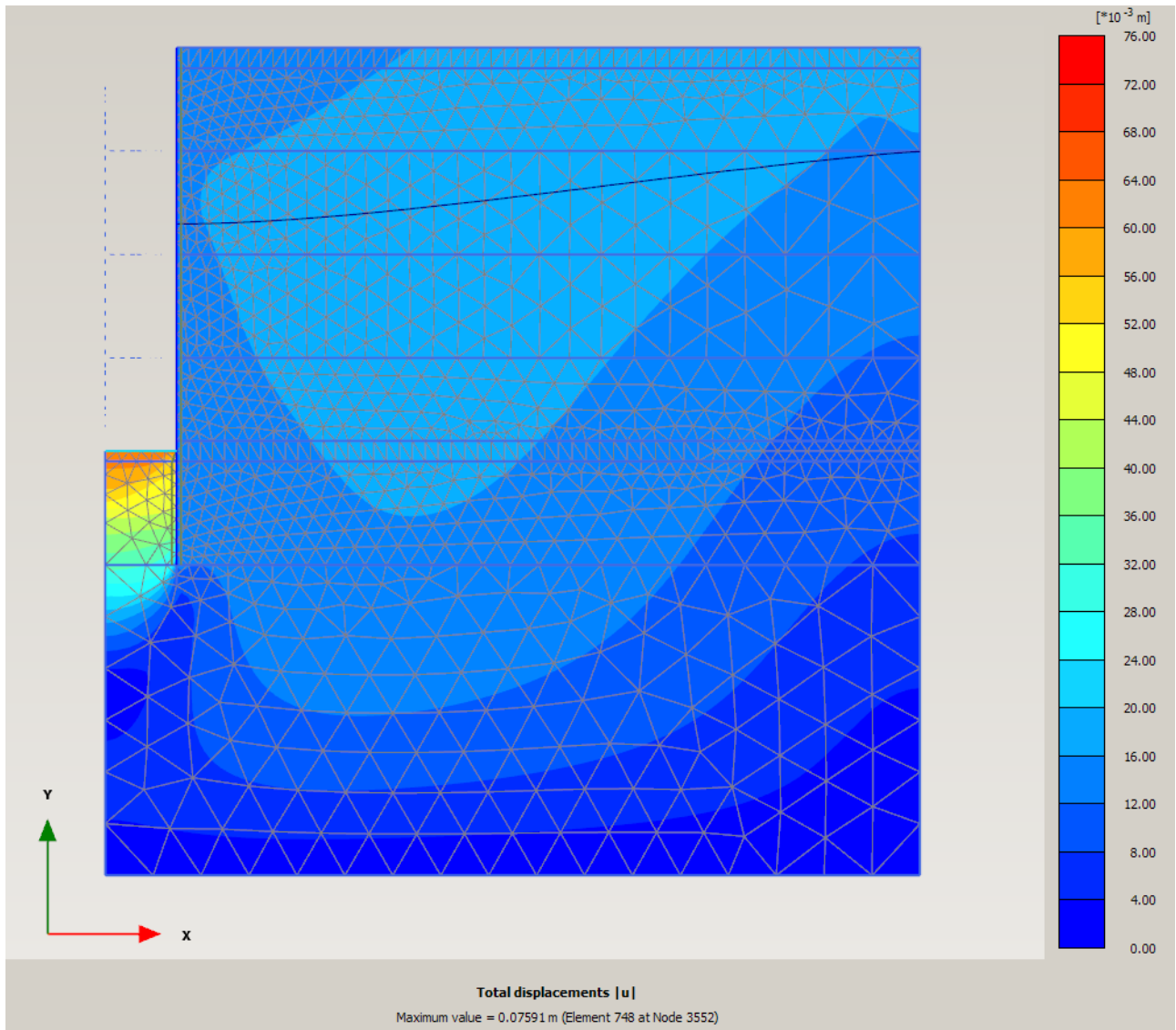
**FIG. 27 - Portate in funzione del tempo**



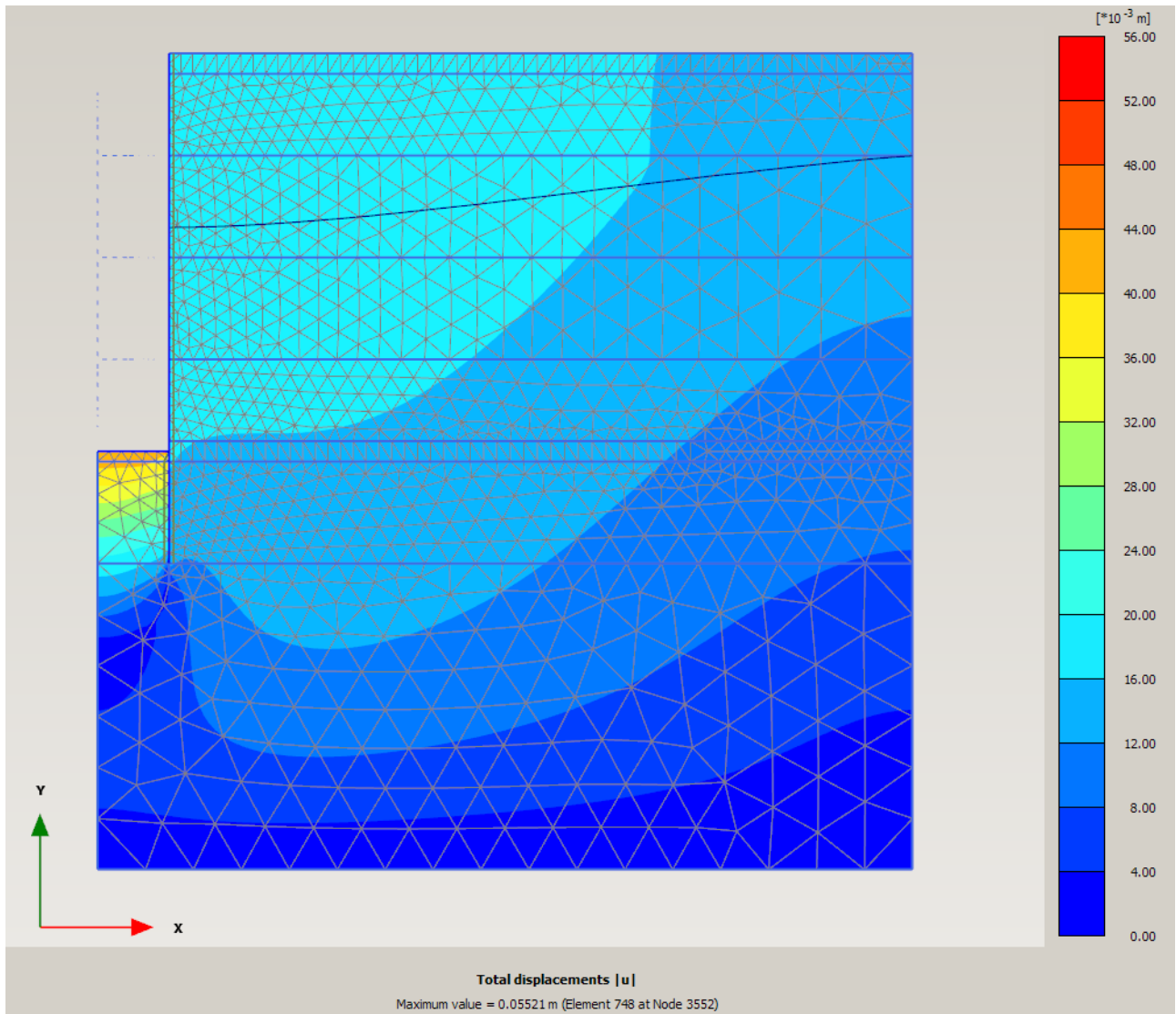
**FIG. 28 - Modello pozzo PLAXIS 2D**



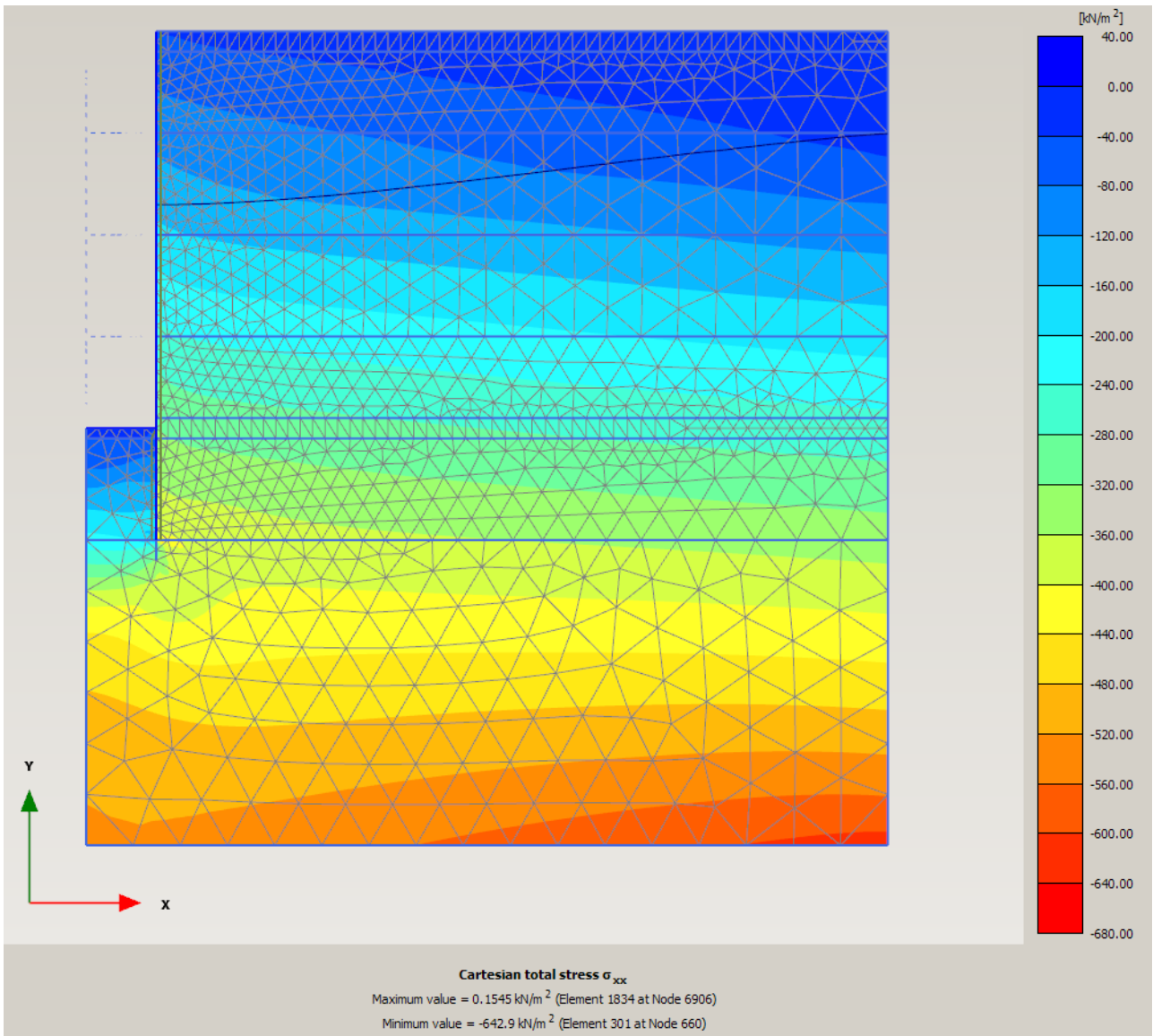
**FIG. 29 - Mesh di calcolo del pozzo PLAXIS 2D**



**FIG. 30 - Spostamenti massimi dell'opera (SLU A2-M2)**

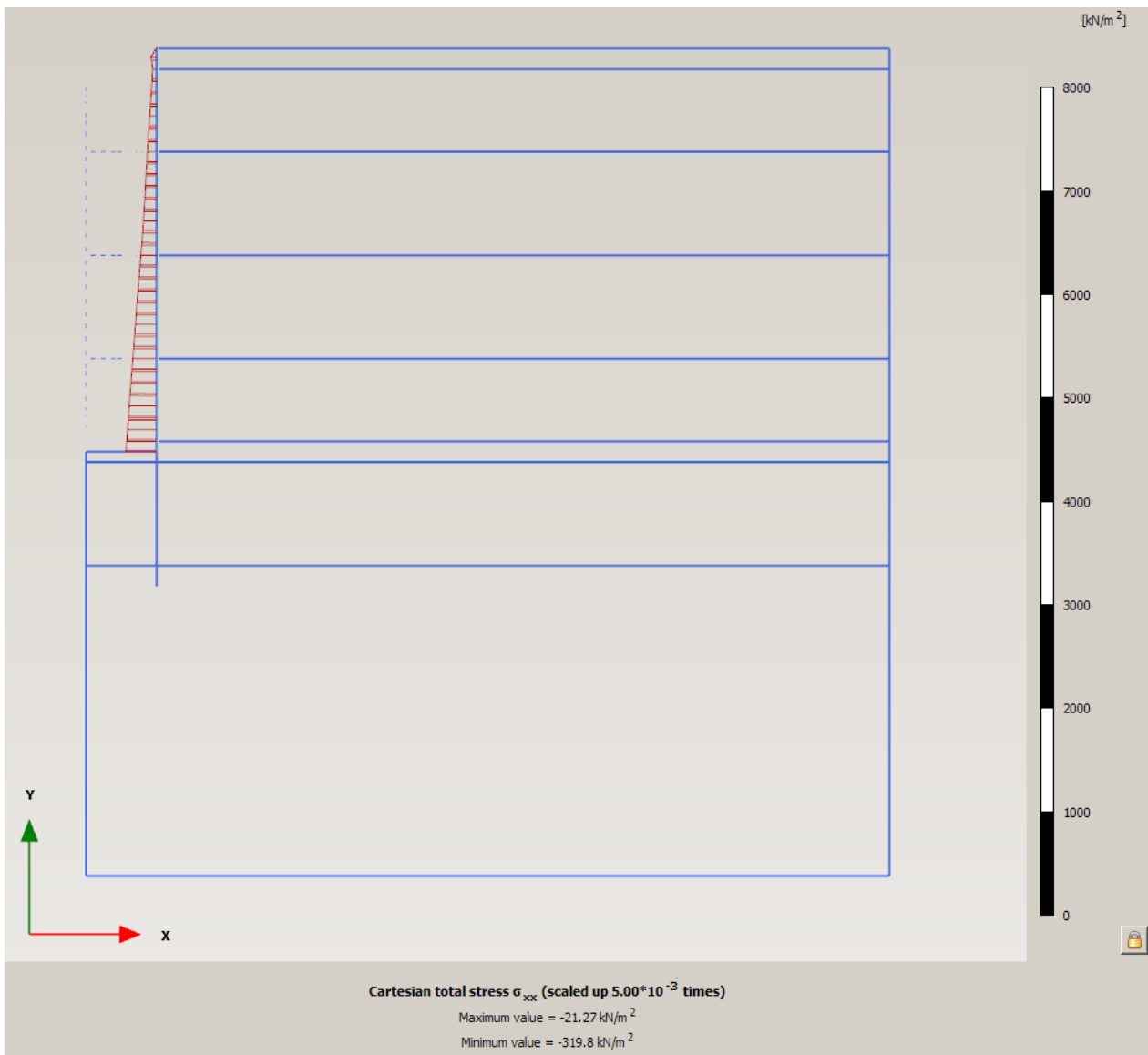


**FIG. 31 - Spostamenti massimi dell'opera (SLE)**

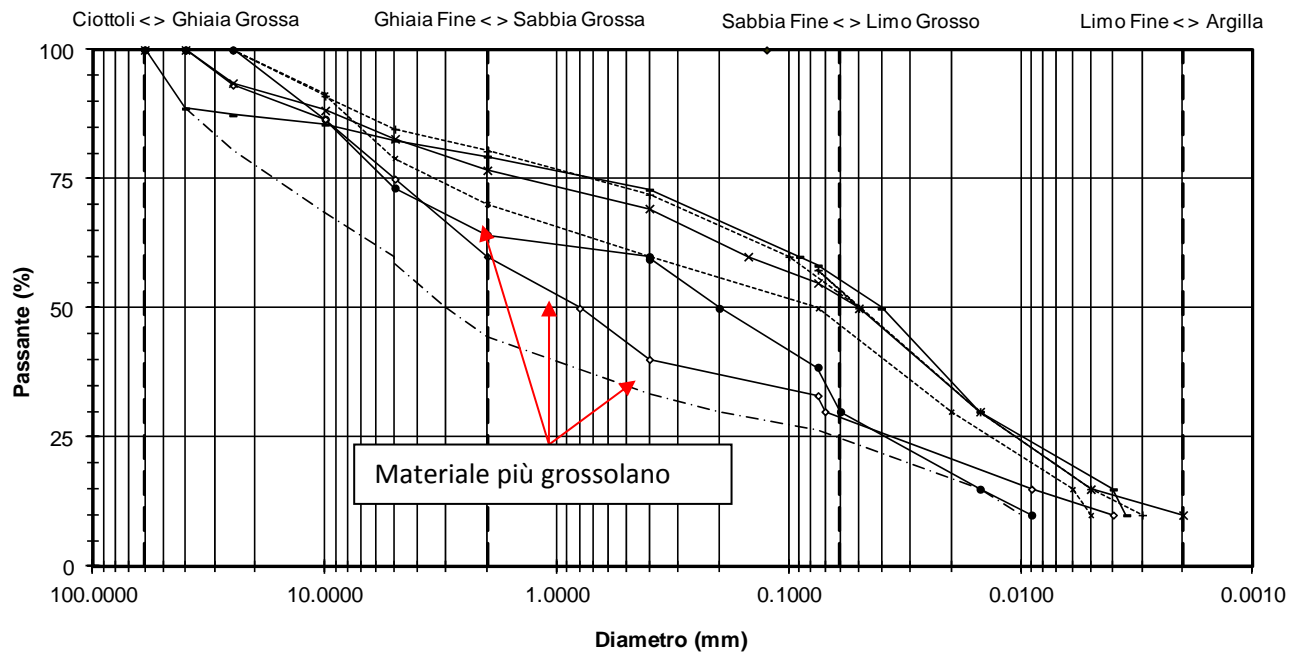


**FIG. 32 - Pressioni max orizzontali nel terreno (SLU A1-M1)**

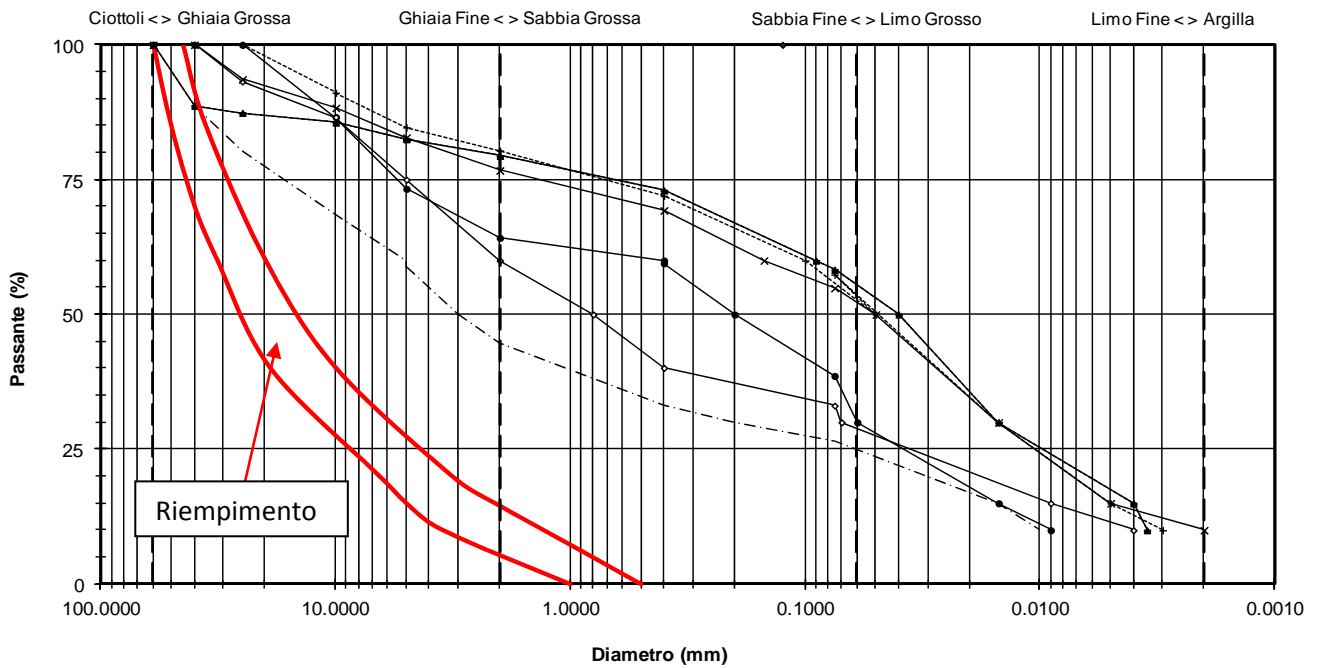




**FIG. 33 - Pressioni massime a tergo dell'opera (SLU A1-M1)**



**FIG. 34 - Curve granulometriche**



**FIG. 35 – Fuso granulometrico del materiale di riempimento**

**ALLEGATO**  
**REPORT DI SLOPE/W 2007**

## SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.19. Copyright © 1991-2012 GEO-SLOPE International Ltd.

### File Information

Created By:  
Revision Number: 55  
Last Edited By:  
Date: 24/04/2013  
Time: 13.49.08  
File Name: 10COT.gsz  
Directory: K:\GEI\APE\LAVORO\310116-D.L. AREA.FRANA.RIPOLI\WORK\2.UTENTI\COLLOTTA\PIAZZA -  
drenaggio RIPOLI\STABILITA' VERSANTE\  
Last Solved Date: 22/07/2013  
Last Solved Time: 9.07.54

### Project Settings

Length(L) Units: meters  
Time(t) Units: Seconds  
Force(F) Units: kN  
Pressure(p) Units: kPa  
Strength Units: kPa  
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>  
View: 2D

### Analysis Settings

#### SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W  
Method: Morgenstern-Price

#### Settings

Apply Phreatic Correction: No  
Side Function  
Interslice force function option: Half-Sine  
PWP Conditions Source: Piezometric Line  
Use Staged Rapid Drawdown: No

#### Slip Surface

Direction of movement: Right to Left  
Use Passive Mode: No  
Slip Surface Option: Fully-Specified  
Critical slip surfaces saved: 1  
Optimize Critical Slip Surface Location: No  
Tension Crack  
Tension Crack Option: (none)

#### FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

#### Advanced

Number of Slices: 80  
Optimization Tolerance: 0.1  
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m  
Optimization Maximum Iterations: 2000  
Optimization Convergence Tolerance: 1e-005  
Starting Optimization Points: 8  
Ending Optimization Points: 16  
Complete Passes per Insertion: 1  
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °  
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

### Materials

#### New Material

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 16 °  
 Phi-B: 0 °  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 48.11703) m  
 Right Coordinate: (1260.4837, 334.06704) m

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

X (m)	Y (m)
2.2715	52.1374
47.7887	46.44774
77.4439	45.9305
125.05	46.4
251.86	56.68
298.6	60.86
338.36	65.43
382.45	71.16
594.8156	101.68508
667.0114	115.83413
768.4486	136.08633
856.2648	152.80215
942.179	171.86253
1024.1537	208.6077
1150.7067	272.15568
1255.7298	341.04128

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

X (m)	Y (m)
0.5759	47.50003
86.0441	60.78303
182.6036	80.47757
258.2306	94.88271

	368.301	109.18126
	492.4457	128.55239
	594.7731	147.28955
	798.574	182.12521
	885.8838	196.58174
	964.2533	209.70674
	1097.2153	232.91326
	1260.4806	249.88376

#### Regions

	M a t e r i a l	Points	Area (m <sup>2</sup> )
R e g i o n 1	N e w M a t e r i a l	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126,127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,164,165	215434.62

#### Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	1260.4837	334.06704
Point 2	1254.4742	332.06704
Point 3	1251.0487	330.06704
Point 4	1246.1142	326.78137
Point 5	1239.7881	324.06704
Point 6	1232.95	320.07705
Point 7	1231.5229	318.07705
Point 8	1224.4954	314.07705
Point 9	1218.6819	312.83903
Point 10	1217.4346	312.72633
Point 11	1214.7644	311.27463
Point 12	1211.3483	308.06704
Point 13	1205.1226	306.06704
Point 14	1196.8306	304.06704
Point 15	1195.6205	303.48702
Point 16	1190.3963	302.06704
Point 17	1187.4569	300.06704
Point 18	1180.8297	298.3343
Point 19	1180.0452	298.06704

Point 20	1174.2864	294.06704
Point 21	1169.7996	292.06704
Point 22	1163.2657	290.06704
Point 23	1155.3068	286.07705
Point 24	1147.6761	282.06704
Point 25	1141.8251	278.06704
Point 26	1136.8378	276.06704
Point 27	1134.1017	274.06704
Point 28	1125.5228	270.06704
Point 29	1116.7643	266.06704
Point 30	1113.4684	264.06704
Point 31	1099.8432	260.06704
Point 32	1093.4426	258.06704
Point 33	1083.9752	255.09987
Point 34	1072.1054	250.06704
Point 35	1064.1872	248.07705
Point 36	1059.8062	246.06704
Point 37	1041.6328	236.42966
Point 38	1018.6794	230.60952
Point 39	1010.8471	224.33
Point 40	1004.0155	222.06704
Point 41	997.5565	220.06704
Point 42	989.0207	216.06704
Point 43	974.2572	214.06704
Point 44	973.0074	214.81704
Point 45	957.8854	212.06704
Point 46	955.3118	211.4755
Point 47	952.0308	209.27878
Point 48	946.244	208.95216
Point 49	944.8219	208.86377
Point 50	941.8057	207.69911
Point 51	921.3438	207.08457
Point 52	918.5026	206.06704
Point 53	904.446	205.68916
Point 54	889.3186	204.06704
Point 55	877.4028	202.06704
Point 56	876.9104	201.30117
Point 57	869.874	200.06704
Point 58	864.6041	199.17851
Point 59	853.2263	198.94704
Point 60	847.8352	197.46013

Point 61	838.1115	195.90703
Point 62	826.9495	195.93968
Point 63	821.9983	194.38738
Point 64	810.5508	193.55928
Point 65	791.2438	190.98029
Point 66	770.7324	189.88733
Point 67	766.4106	189.32715
Point 68	747.4814	188.59904
Point 69	722.4827	187.65375
Point 70	712.522	187.76027
Point 71	698.6773	187.07949
Point 72	674.6995	186.75604
Point 73	659.5664	185.15703
Point 74	656.9648	185.02185
Point 75	650.3024	184.67477
Point 76	650.2714	185.29355
Point 77	645.4793	185.20705
Point 78	626.7802	182.08703
Point 79	626.0384	181.30687
Point 80	620.2966	178.32805
Point 81	611.7513	176.05703
Point 82	606.8697	174.06704
Point 83	604.0747	172.07705
Point 84	599.5131	171.67075
Point 85	593.9849	170.59704
Point 86	592.0112	170.06704
Point 87	580.8073	168.56635
Point 88	575.5961	168.06704
Point 89	561.0981	166.05703
Point 90	552.2284	164.07705
Point 91	548.6692	163.17702
Point 92	541.6768	162.06704
Point 93	518.9338	160.06704
Point 94	509.872	158.06704
Point 95	504.8598	156.68638
Point 96	493.8918	150.06704
Point 97	490.7385	148.07705
Point 98	486.0882	146.07705
Point 99	486.0336	146.19025
Point 100	476.3396	144.07705
Point 101	462.5084	140.06704



Point 102	443.1789	136.06704
Point 103	414.8321	132.07705
Point 104	402.3771	130.06704
Point 105	396.0641	128.07705
Point 106	383.8677	126.06704
Point 107	369.3906	123.47397
Point 108	367.4264	122.50681
Point 109	365.3515	122.22365
Point 110	361.3976	121.69181
Point 111	358.9851	121.22583
Point 112	352.808	118.97222
Point 113	336.1236	116.07705
Point 114	323.2293	114.07705
Point 115	291.0937	112.0787
Point 116	289.7294	110.04705
Point 117	285.975	110.06704
Point 118	279.7526	109.75704
Point 119	269.0622	109.03685
Point 120	261.5727	108.06704
Point 121	258.6014	106.06704
Point 122	256.0441	104.05703
Point 123	251.7046	102.06704
Point 124	245.6434	100.06704
Point 125	238.7286	98.06704
Point 126	235.6409	96.07705
Point 127	230.9518	94.05703
Point 128	229.2175	93.14881
Point 129	226.3068	92.07705
Point 130	220.4662	90.05703
Point 131	207.9028	88.06704
Point 132	199.0447	86.06704
Point 133	189.6187	84.06704
Point 134	177.8763	82.05703
Point 135	167.4249	80.06704
Point 136	158.3763	78.06704
Point 137	147.1416	76.06704
Point 138	133.026	71.62629
Point 139	129.4547	74.09489
Point 140	127.4718	74.39732
Point 141	121.4502	76.04705
Point 142	119.0096	75.14702

Point 143	117.1828	72.05703
Point 144	110.3863	71.89842
Point 145	95.4422	71.67129
Point 146	89.8103	66.83499
Point 147	88.9865	67.07553
Point 148	88.4752	67.11085
Point 149	82.4232	67.16915
Point 150	78.4143	67.20233
Point 151	76.0403	66.03158
Point 152	73.4502	64.06704
Point 153	71.6545	62.06704
Point 154	69.9643	60.06704
Point 155	63.0513	58.06704
Point 156	58.1201	56.06704
Point 157	48.8167	54.88507
Point 158	43.7125	54.06704
Point 159	31.8157	52.06704
Point 160	31.1584	52.18912
Point 161	26.3994	51.95093
Point 162	10.5314	50.06704
Point 163	0	48.11703
Point 164	0	0.09203
Point 165	1260.4837	0.09203
Point 166	466.44	71.79
Point 167	466.13	70.28
Point 168	464.81	70.18
Point 169	462.76	69.26
Point 170	459.91	68.65
Point 171	457.76	68.64
Point 172	455.75	68.85
Point 173	453.65	69.46
Point 174	452.1	70.18
Point 175	450.81	70.18
Point 176	450.33	73.79
Point 177	450.43	76
Point 178	451.52	78.64
Point 179	453.44	80.74
Point 180	455.38	81.75
Point 181	456.74	82.17
Point 182	459.16	82.43
Point 183	461.82	81.62

Point 184	464.1	80.17
Point 185	465.66	78.17
Point 186	466.47	75.9
Point 187	466.61	73.88
Point 188	502.28	72.2
Point 189	501.97	70.69
Point 190	500.65	70.59
Point 191	498.6	69.67
Point 192	495.75	69.06
Point 193	493.6	69.05
Point 194	491.59	69.26
Point 195	489.49	69.87
Point 196	487.94	70.59
Point 197	486.65	70.59
Point 198	486.3	72.49
Point 199	486.17	74.2
Point 200	486.28	76.41
Point 201	487.37	79.05
Point 202	489.28	81.15
Point 203	491.22	82.16
Point 204	492.59	82.58
Point 205	495	82.84
Point 206	497.66	82.03
Point 207	499.94	80.58
Point 208	501.5	78.58
Point 209	502.31	76.31
Point 210	502.46	74.29
Point 211	106.46	72.98
Point 212	106.46	36.98
Point 213	106.46	45
Point 214	368.31	122.98
Point 215	368.31	28.98
Point 216	368.5826	69.18413
Point 217	594.31	166.38
Point 218	594.31	50.38
Point 219	594.31	101.38
Point 220	944.41	207.98
Point 221	944.21	117.98
Point 222	770.7664	128.53091
Point 223	771.0135	139.40149
Point 224	664.301	117.71966

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	1	0.990	(566.865, 368.646)	514.72	(1200.83, 305.031)	(14.7898, 50.5726)

Slices of Slip Surface: 1

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	1	16.32955	50.38014	-4.2343267	7.3979078	2.1213159	0
2	1	22.134345	49.65454	11.729195	34.846748	6.6288517	0
3	1	28.475785	48.86186	29.167845	61.850551	9.3716151	0
4	1	30.855285	48.56442	35.71176	70.140267	9.8722155	0
5	1	31.48705	48.48545	37.449316	72.193381	9.9627002	0
6	1	37.7641	47.70082	54.710919	105.89372	14.676431	0
7	1	45.7506	46.702505	76.673802	150.03449	21.03584	0
8	1	48.3027	46.438775	83.150806	160.43285	22.16027	0
9	1	53.4684	46.348675	91.907254	176.24209	24.182624	0
10	1	58.87199	46.254425	101.07001	194.55362	26.805993	0
11	1	61.33759	46.21142	105.24679	212.59397	30.781307	0
12	1	66.5078	46.121245	114.01131	246.64267	38.031431	0
13	1	70.8094	46.04622	121.30448	286.23029	47.291717	0
14	1	72.55235	46.01582	124.26133	324.98818	57.557498	0
15	1	74.74525	45.97757	127.97559	363.55228	67.550529	0
16	1	76.7421	45.94274	131.36365	389.56756	74.038779	0
17	1	77.9291	45.935285	133.24785	398.76461	76.135707	0
18	1	80.41875	45.95984	136.79646	402.53474	76.199225	0
19	1	84.23365	45.997465	142.24225	401.1791	74.248946	0
20	1	87.25965	46.027305	147.14024	400.08753	72.531468	0
21	1	88.73085	46.041815	149.94185	399.25691	71.489944	0
22	1	89.3984	46.0484	151.20653	396.53326	70.346309	0
23	1	92.62625	46.08023	157.35664	439.47506	80.896154	0
24	1	102.91425	46.18169	176.93744	485.57929	88.501627	0
25	1	113.78455	46.288895	197.63622	487.25649	83.047275	0
26	1	118.0962	46.33142	205.84173	517.25091	89.295145	0
27	1	120.2299	46.352465	209.90126	554.67262	98.861596	0
28	1	123.2501	46.38225	215.6515	553.3094	96.821845	0
29	1	126.2609	46.498165	220.53755	529.15018	88.493248	0
30	1	128.46325	46.6767	223.19236	516.93848	84.230345	0
31	1	131.24035	46.901825	226.5382	487.1036	74.715926	0
32	1	140.0838	47.61873	237.19258	492.34178	73.162856	0

33	1	152.75895	48.64626	252.47614	533.40443	80.554889	0
34	1	162.9006	49.468405	264.6976	555.54552	83.399298	0
35	1	172.6506	50.2588	276.44342	578.17845	86.521128	0
36	1	180.23995	50.87404	285.59031	592.96096	88.137117	0
37	1	186.11115	51.349995	292.20901	602.91729	89.094166	0
38	1	194.3317	52.016405	301.02818	620.46615	91.597365	0
39	1	203.47375	52.757515	310.83049	644.06409	95.553198	0
40	1	214.1845	53.625795	322.32651	665.24073	98.32907	0
41	1	223.3865	54.371765	332.19791	688.83367	102.26366	0
42	1	227.76215	54.72648	336.89604	711.06974	107.29258	0
43	1	230.08465	54.914755	339.3872	725.9816	110.85416	0
44	1	233.29635	55.175115	342.8432	748.43506	116.30159	0
45	1	237.18475	55.490335	347.01722	779.90102	124.12743	0
46	1	242.186	55.895765	352.37559	809.52979	131.08686	0
47	1	248.674	56.42172	359.32738	837.05471	136.98611	0
48	1	251.7823	56.6737	362.67124	851.64627	140.21134	0
49	1	253.95205	56.867095	364.83536	865.4306	143.54338	0
50	1	257.13735	57.15196	367.98489	893.8943	150.8021	0
51	1	258.416	57.26631	369.13086	910.444	155.21904	0
52	1	260.08705	57.415755	369.80944	928.91493	160.32092	0
53	1	265.31745	57.883515	371.87857	947.78965	165.13984	0
54	1	274.4074	58.696435	375.48437	948.47047	164.30112	0
55	1	282.8638	59.452695	378.83972	944.09797	162.0852	0
56	1	287.8522	59.89881	380.83146	938.56184	159.92662	0
57	1	290.41155	60.127695	381.8375	952.9511	163.76419	0
58	1	294.84685	60.52435	383.59891	968.80985	167.80654	0
59	1	304.75735	61.56772	385.99582	956.86176	163.69317	0
60	1	317.072	62.98316	387.8029	945.00284	159.77451	0
61	1	329.67645	64.431915	389.64681	943.81853	158.90618	0
62	1	337.2418	65.301475	390.76035	949.83661	160.31254	0
63	1	345.584	66.36884	390.91939	954.45966	161.59257	0
64	1	355.89655	67.709075	390.91052	973.4876	167.05129	0
65	1	360.19135	68.267235	390.91363	988.16666	171.25955	0
66	1	363.37455	68.680925	390.90569	989.72926	171.7099	0
67	1	366.38895	69.07268	390.90993	990.0356	171.79652	0
68	1	367.8637	69.264345	390.90425	993.04375	172.66072	0
69	1	368.8458	69.39198	391.04884	999.57862	174.4931	0
70	1	375.9203	70.31139	392.85546	1009.0955	176.70397	0
71	1	383.15885	71.26189	394.61135	1013.147	177.36223	0
72	1	389.9659	72.240325	395.43084	1016.0083	177.94772	0
73	1	399.2206	73.57058	396.5423	1028.241	181.1367	0

74	1	408.6046	74.91942	397.67909	1040.1327	184.2206	0
75	1	421.9188	76.83318	399.28571	1041.8274	184.24588	0
76	1	436.0922	78.87044	400.99671	1041.1291	183.555	0
77	1	452.84365	81.278265	403.018	1051.968	186.08343	0
78	1	469.424	83.6615	405.01383	1081.6304	194.01668	0
79	1	481.1866	85.35224	406.43765	1106.7398	200.80841	0
80	1	486.0609	86.05286	407.0256	1112.1958	202.20431	0
81	1	488.41335	86.390995	407.31412	1123.2427	205.28923	0
82	1	491.5921	86.847905	407.68902	1143.0089	210.84958	0
83	1	493.16875	87.07453	408.07358	1157.0458	214.76434	0
84	1	499.3758	87.96672	410.46972	1209.5784	229.14074	0
85	1	507.3659	89.115205	413.55029	1261.6829	243.19811	0
86	1	514.4029	90.126695	416.26738	1274.1764	246.00147	0
87	1	524.61955	91.59522	420.21627	1274.9415	245.08852	0
88	1	535.99105	93.22974	424.60332	1263.5387	240.56085	0
89	1	545.173	94.549535	428.15495	1258.8146	238.18783	0
90	1	550.4488	95.30787	430.19873	1263.3976	238.91594	0
91	1	556.66325	96.201125	432.59246	1273.427	241.10543	0
92	1	568.3471	97.88054	437.09975	1279.3746	241.51843	0
93	1	578.2017	99.297025	440.91295	1276.6019	239.62995	0
94	1	586.40925	100.47678	444.07437	1273.4284	237.81345	0
95	1	592.99805	101.42385	446.6182	1274.7839	237.4727	0
96	1	594.379	101.62235	447.15515	1277.4067	238.07081	0
97	1	594.79435	101.68205	447.3086	1277.8083	238.14196	0
98	1	597.16435	102.1454	446.74351	1265.8394	234.87198	0
99	1	601.7939	103.0527	445.59639	1261.322	233.90554	0
100	1	605.4722	103.7736	444.70644	1269.8676	236.61115	0
101	1	609.3105	104.52585	443.74621	1292.0585	243.24965	0
102	1	616.02395	105.84155	442.10628	1306.6355	247.89976	0
103	1	623.1675	107.24155	440.34989	1328.5526	254.68804	0
104	1	626.4093	107.8769	439.54875	1350.8193	261.30263	0
105	1	636.12975	109.7819	437.16498	1351.574	262.20258	0
106	1	647.87535	112.0838	434.27938	1338.8387	259.3782	0
107	1	650.2869	112.55645	433.68525	1325.5257	255.73114	0
108	1	653.6336	113.21235	432.86766	1311.2555	251.87367	0
109	1	658.2656	114.1201	431.70906	1299.201	248.7493	0
110	1	663.2889	115.10455	430.49417	1289.7163	246.37797	0
111	1	670.85545	116.6016	428.49138	1276.1755	243.0695	0
112	1	680.69395	118.5659	425.72457	1249.5184	236.21909	0
113	1	692.68285	120.9595	422.34639	1209.2747	225.64806	0
114	1	705.59965	123.53835	418.7084	1170.284	215.51085	0

115	1	717.50235	125.91475	415.35726	1132.5867	205.66223	0
116	1	728.7324	128.15685	412.19077	1095.4775	195.92932	0
117	1	741.23175	130.6524	408.6681	1058.9171	186.45591	0
118	1	756.946	133.7898	404.24229	1013.1183	174.59239	0
119	1	767.4296	135.88285	401.29014	984.25481	167.16243	0
120	1	769.5905	136.3037	400.78613	983.17881	166.99841	0
121	1	780.9881	138.47325	398.61703	956.52761	159.97829	0
122	1	794.9089	141.12305	395.96254	927.30765	152.36076	0
123	1	804.5624	142.9606	393.81226	917.33412	150.11748	0
124	1	816.27455	145.19	390.96236	898.90707	145.6508	0
125	1	824.4739	146.75075	388.9803	892.12498	144.27442	0
126	1	832.5305	148.28435	387.01263	878.07879	140.81096	0
127	1	842.97335	150.27215	384.48044	855.84454	135.16148	0
128	1	850.53075	151.7107	382.64188	857.2133	136.08116	0
129	1	854.74555	152.513	381.62892	856.66058	136.21314	0
130	1	860.43445	153.72725	378.94836	832.80838	130.14227	0
131	1	867.23905	155.23685	375.19229	815.07483	126.13429	0
132	1	873.3922	156.60195	371.79415	809.4504	125.49591	0
133	1	877.1566	157.4371	369.72696	812.27712	126.89922	0
134	1	881.6433	158.43245	367.24116	813.89795	128.07677	0
135	1	887.6012	159.75425	363.98116	807.9438	127.30424	0
136	1	896.8823	161.8133	359.03999	790.50236	123.71984	0
137	1	911.4743	165.05055	351.25504	750.08491	114.36262	0
138	1	919.9232	166.925	346.73628	728.82997	109.5636	0
139	1	931.57475	169.50995	340.53917	696.87076	102.17644	0
140	1	941.99235	171.8211	334.98406	662.044	93.782927	0
141	1	943.50045	172.45485	331.24317	641.79077	89.048091	0
142	1	945.53295	173.36595	325.6472	635.13717	88.744821	0
143	1	949.1374	174.98165	315.72608	610.32176	84.473951	0
144	1	953.6713	177.01395	303.23637	595.93191	83.929097	0
145	1	956.5986	178.3261	295.17843	596.38453	86.36946	0
146	1	961.06935	180.3301	282.87359	575.96446	84.042452	0
147	1	968.63035	183.71935	262.34856	539.7388	79.540372	0
148	1	973.6323	185.9615	248.9236	507.56525	74.1643	0
149	1	981.63895	189.55045	227.43259	455.25457	65.326903	0
150	1	993.2886	194.7724	196.15964	414.28821	62.547363	0
151	1	1000.7863	198.1331	176.03306	405.90736	65.915397	0
152	1	1007.4315	201.11185	158.19063	389.61939	66.36113	0
153	1	1014.763	204.3984	138.51522	403.91827	76.103099	0
154	1	1021.4165	207.38075	120.65448	416.17812	84.74004	0
155	1	1032.8935	212.9962	85.229175	362.78384	79.587519	0

156	1	1050.5265	221.8507	28.574701	323.70862	84.62829	0
157	1	1059.613	226.41355	-0.6196341	324.33194	93.000687	0
158	1	1061.9965	227.61035	-8.2771065	322.84734	92.574985	0
159	1	1068.146	230.69835	-28.034769	304.79347	87.398122	0
160	1	1078.04	235.6666	-59.823449	280.63016	80.469405	0
161	1	1088.709	241.0238	-94.099757	258.10909	74.011592	0
162	1	1095.329	244.348	-115.37007	237.34897	68.058721	0
163	1	1098.529	245.955	-126.5623	227.28641	65.173329	0
164	1	1106.6555	250.0357	-158.29831	199.57984	57.228598	0
165	1	1115.116	254.28415	-191.33721	178.87278	51.290946	0
166	1	1121.1435	257.3107	-214.87201	178.43591	51.165673	0
167	1	1129.8125	261.66365	-248.72533	172.57748	49.485797	0
168	1	1135.47	264.50455	-270.81846	175.21741	50.242785	0
169	1	1139.3315	266.44365	-285.89276	176.22677	50.532212	0
170	1	1144.7505	269.16485	-307.06069	180.85483	51.859289	0
171	1	1149.1915	271.3948	-324.39596	190.24683	54.552401	0
172	1	1153.007	273.6643	-342.77128	178.90563	51.300365	0
173	1	1159.2865	277.78305	-376.76317	164.2961	47.111148	0
174	1	1166.533	282.53605	-415.98413	136.21705	39.059609	0
175	1	1172.043	286.15035	-445.82031	110.44498	31.669589	0
176	1	1177.1655	289.51045	-473.54126	104.69512	30.020842	0
177	1	1180.4375	291.65635	-491.26164	104.49942	29.964726	0
178	1	1184.1435	294.08705	-511.31911	81.654602	23.41408	0
179	1	1188.9265	297.22445	-537.19806	61.357896	17.594094	0
180	1	1193.0085	299.9017	-559.30911	45.912837	13.165294	0
181	1	1196.226	302.0119	-576.72202	28.18518	8.0819702	0
182	1	1198.83	303.72015	-590.81813	13.239613	3.7963978	0



## SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.19. Copyright © 1991-2012 GEO-SLOPE International Ltd.

### File Information

Created By:  
Revision Number: 62  
Last Edited By:  
Date: 24/04/2013  
Time: 14.28.54  
File Name: 10COTpiogge.gsz  
Directory: K:\GEI\APE\LAVORO\310116-D.L. AREA.FRANA.RIPOLI\WORK\2.UTENTI\COLLOTTA\PIAZZA - drenaggio RIPOLI\STABILITA' VERSANTE\  
Last Solved Date: 16/07/2013  
Last Solved Time: 13.09.34

### Project Settings

Length(L) Units: meters  
Time(t) Units: Seconds  
Force(F) Units: kN  
Pressure(p) Units: kPa  
Strength Units: kPa  
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>  
View: 2D

### Analysis Settings

#### SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W  
Method: Morgenstern-Price

#### Settings

Apply Phreatic Correction: No  
Side Function  
Interslice force function option: Half-Sine  
PWP Conditions Source: Piezometric Line  
Use Staged Rapid Drawdown: No

#### Slip Surface

Direction of movement: Right to Left  
Use Passive Mode: No  
Slip Surface Option: Fully-Specified  
Critical slip surfaces saved: 1  
Optimize Critical Slip Surface Location: No  
Tension Crack  
Tension Crack Option: (none)

#### FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

#### Advanced

Number of Slices: 80  
Optimization Tolerance: 0.1  
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m  
Optimization Maximum Iterations: 2000  
Optimization Convergence Tolerance: 1e-005  
Starting Optimization Points: 8  
Ending Optimization Points: 16  
Complete Passes per Insertion: 1  
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °  
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

### Materials

#### New Material

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 0 kPa

Phi: 16 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

#### Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 48.11703) m

Right Coordinate: (1260.4837, 334.06704) m

#### Fully Specified Slip Surfaces

##### Fully Specified Slip Surface 1

X (m)	Y (m)
2.2715	52.1374
47.7887	46.44774
77.4439	45.9305
125.05	46.4
251.86	56.68
298.6	60.86
338.36	65.43
382.45	71.16
594.8156	101.68508
667.0114	115.83413
768.4486	136.08633
856.2648	152.80215
942.179	171.86253
1024.1537	208.6077
1150.7067	272.15568
1255.7298	341.04128

#### Piezometric Lines

##### Piezometric Line 1

##### Coordinates

X (m)	Y (m)
0.5759	47.50003
58.1201	56.06704
63.0513	58.06704
78.97	60.93551
88.0056	62.80495
104.9343	66.56459
182.6036	80.47757
258.2306	94.88271
367.955	114.90044
495.9507	137.39564

	593.5703	154.02864
	770.9037	180.95172
	891.4001	199.20674
	944.1283	207.50021
	1097.2153	232.91326
	1260.4806	249.88376

#### Regions

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	Neromat	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126,127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,164,165	215434.62

#### Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	1260.4837	334.06704
Point 2	1254.4742	332.06704
Point 3	1251.0487	330.06704
Point 4	1246.1142	326.78137
Point 5	1239.7881	324.06704
Point 6	1232.95	320.07705
Point 7	1231.5229	318.07705
Point 8	1224.4954	314.07705
Point 9	1218.6819	312.83903
Point 10	1217.4346	312.72633
Point 11	1214.7644	311.27463
Point 12	1211.3483	308.06704
Point 13	1205.1226	306.06704
Point 14	1196.8306	304.06704
Point 15	1195.6205	303.48702
Point 16	1190.3963	302.06704
Point 17	1187.4569	300.06704
Point 18	1180.8297	298.3343
Point 19	1180.0452	298.06704
Point 20	1174.2864	294.06704

Point 21	1169.7996	292.06704
Point 22	1163.2657	290.06704
Point 23	1155.3068	286.07705
Point 24	1147.6761	282.06704
Point 25	1141.8251	278.06704
Point 26	1136.8378	276.06704
Point 27	1134.1017	274.06704
Point 28	1125.5228	270.06704
Point 29	1116.7643	266.06704
Point 30	1113.4684	264.06704
Point 31	1099.8432	260.06704
Point 32	1093.4426	258.06704
Point 33	1083.9752	255.09987
Point 34	1072.1054	250.06704
Point 35	1064.1872	248.07705
Point 36	1059.8062	246.06704
Point 37	1041.6328	236.42966
Point 38	1018.6794	230.60952
Point 39	1010.8471	224.33
Point 40	1004.0155	222.06704
Point 41	997.5565	220.06704
Point 42	989.0207	216.06704
Point 43	974.2572	214.06704
Point 44	973.0074	214.81704
Point 45	957.8854	212.06704
Point 46	955.3118	211.4755
Point 47	952.0308	209.27878
Point 48	946.244	208.95216
Point 49	944.8219	208.86377
Point 50	941.8057	207.69911
Point 51	921.3438	207.08457
Point 52	918.5026	206.06704
Point 53	904.446	205.68916
Point 54	889.3186	204.06704
Point 55	877.4028	202.06704
Point 56	876.9104	201.30117
Point 57	869.874	200.06704
Point 58	864.6041	199.17851
Point 59	853.2263	198.94704
Point 60	847.8352	197.46013
Point 61	838.1115	195.90703

Point 62	826.9495	195.93968
Point 63	821.9983	194.38738
Point 64	810.5508	193.55928
Point 65	791.2438	190.98029
Point 66	770.7324	189.88733
Point 67	766.4106	189.32715
Point 68	747.4814	188.59904
Point 69	722.4827	187.65375
Point 70	712.522	187.76027
Point 71	698.6773	187.07949
Point 72	674.6995	186.75604
Point 73	659.5664	185.15703
Point 74	656.9648	185.02185
Point 75	650.3024	184.67477
Point 76	650.2714	185.29355
Point 77	645.4793	185.20705
Point 78	626.7802	182.08703
Point 79	626.0384	181.30687
Point 80	620.2966	178.32805
Point 81	611.7513	176.05703
Point 82	606.8697	174.06704
Point 83	604.0747	172.07705
Point 84	599.5131	171.67075
Point 85	593.9849	170.59704
Point 86	592.0112	170.06704
Point 87	580.8073	168.56635
Point 88	575.5961	168.06704
Point 89	561.0981	166.05703
Point 90	552.2284	164.07705
Point 91	548.6692	163.17702
Point 92	541.6768	162.06704
Point 93	518.9338	160.06704
Point 94	509.872	158.06704
Point 95	504.8598	156.68638
Point 96	493.8918	150.06704
Point 97	490.7385	148.07705
Point 98	486.0882	146.07705
Point 99	486.0336	146.19025
Point 100	476.3396	144.07705
Point 101	462.5084	140.06704
Point 102	443.1789	136.06704

Point 103	414.8321	132.07705
Point 104	402.3771	130.06704
Point 105	396.0641	128.07705
Point 106	383.8677	126.06704
Point 107	369.3906	123.47397
Point 108	367.4264	122.50681
Point 109	365.3515	122.22365
Point 110	361.3976	121.69181
Point 111	358.9851	121.22583
Point 112	352.808	118.97222
Point 113	336.1236	116.07705
Point 114	323.2293	114.07705
Point 115	291.0937	112.0787
Point 116	289.7294	110.04705
Point 117	285.975	110.06704
Point 118	279.7526	109.75704
Point 119	269.0622	109.03685
Point 120	261.5727	108.06704
Point 121	258.6014	106.06704
Point 122	256.0441	104.05703
Point 123	251.7046	102.06704
Point 124	245.6434	100.06704
Point 125	238.7286	98.06704
Point 126	235.6409	96.07705
Point 127	230.9518	94.05703
Point 128	229.2175	93.14881
Point 129	226.3068	92.07705
Point 130	220.4662	90.05703
Point 131	207.9028	88.06704
Point 132	199.0447	86.06704
Point 133	189.6187	84.06704
Point 134	177.8763	82.05703
Point 135	167.4249	80.06704
Point 136	158.3763	78.06704
Point 137	147.1416	76.06704
Point 138	133.026	71.62629
Point 139	129.4547	74.09489
Point 140	127.4718	74.39732
Point 141	121.4502	76.04705
Point 142	119.0096	75.14702
Point 143	117.1828	72.05703

Point 144	110.3863	71.89842
Point 145	95.4422	71.67129
Point 146	89.8103	66.83499
Point 147	88.9865	67.07553
Point 148	88.4752	67.11085
Point 149	82.4232	67.16915
Point 150	78.4143	67.20233
Point 151	76.0403	66.03158
Point 152	73.4502	64.06704
Point 153	71.6545	62.06704
Point 154	69.9643	60.06704
Point 155	63.0513	58.06704
Point 156	58.1201	56.06704
Point 157	48.8167	54.88507
Point 158	43.7125	54.06704
Point 159	31.8157	52.06704
Point 160	31.1584	52.18912
Point 161	26.3994	51.95093
Point 162	10.5314	50.06704
Point 163	0	48.11703
Point 164	0	0.09203
Point 165	1260.4837	0.09203
Point 166	466.44	71.79
Point 167	466.13	70.28
Point 168	464.81	70.18
Point 169	462.76	69.26
Point 170	459.91	68.65
Point 171	457.76	68.64
Point 172	455.75	68.85
Point 173	453.65	69.46
Point 174	452.1	70.18
Point 175	450.81	70.18
Point 176	450.33	73.79
Point 177	450.43	76
Point 178	451.52	78.64
Point 179	453.44	80.74
Point 180	455.38	81.75
Point 181	456.74	82.17
Point 182	459.16	82.43
Point 183	461.82	81.62
Point 184	464.1	80.17

Point 185	465.66	78.17
Point 186	466.47	75.9
Point 187	466.61	73.88
Point 188	502.28	72.2
Point 189	501.97	70.69
Point 190	500.65	70.59
Point 191	498.6	69.67
Point 192	495.75	69.06
Point 193	493.6	69.05
Point 194	491.59	69.26
Point 195	489.49	69.87
Point 196	487.94	70.59
Point 197	486.65	70.59
Point 198	486.3	72.49
Point 199	486.17	74.2
Point 200	486.28	76.41
Point 201	487.37	79.05
Point 202	489.28	81.15
Point 203	491.22	82.16
Point 204	492.59	82.58
Point 205	495	82.84
Point 206	497.66	82.03
Point 207	499.94	80.58
Point 208	501.5	78.58
Point 209	502.31	76.31
Point 210	502.46	74.29
Point 211	106.46	72.98
Point 212	106.46	36.98
Point 213	106.46	45
Point 214	368.31	122.98
Point 215	368.31	28.98
Point 216	368.5826	69.18413
Point 217	594.31	166.38
Point 218	594.31	50.38
Point 219	594.31	101.38
Point 220	944.41	207.98
Point 221	944.21	117.98
Point 222	770.7664	128.53091
Point 223	771.0135	139.40149
Point 224	664.301	117.71966
Point 225	106.4507	67.04234



Point 226	78.97	60.93551
-----------	-------	----------

### Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	1	0.930	(566.865, 368.646)	515.388	(1200.83, 305.031)	(14.7898, 50.5726)

### Slices of Slip Surface: 1

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	1	16.535945	50.35434	-4.6899334	8.4095455	2.4113984	0
2	1	22.34074	49.62874	10.901181	35.929388	7.176723	0
3	1	28.7789	48.82397	28.194117	63.01454	9.9845955	0
4	1	31.36171	48.501115	35.130592	70.724841	10.206487	0
5	1	31.69036	48.460035	36.013552	70.724012	9.9530642	0
6	1	33.996025	48.17183	42.206469	82.95205	11.683607	0
7	1	39.944425	47.42828	58.183261	116.33887	16.675853	0
8	1	45.7506	46.702505	73.776961	149.02912	21.578209	0
9	1	48.3027	46.438775	80.090959	159.34352	22.725307	0
10	1	53.4684	46.348675	88.516537	173.87772	24.476925	0
11	1	60.5857	46.224535	106.33319	206.55116	28.737039	0
12	1	66.5078	46.121245	123.26059	246.62821	35.375095	0
13	1	70.8094	46.04622	131.59755	286.22438	44.338529	0
14	1	72.55235	46.01582	134.97419	324.99375	54.487232	0
15	1	74.74525	45.97757	139.22827	363.56772	64.328302	0
16	1	76.7421	45.94274	143.09598	389.58893	70.680714	0
17	1	77.9291	45.935285	145.26293	398.75431	72.687484	0
18	1	78.69215	45.94281	146.54318	403.1116	73.569811	0
19	1	80.6966	45.96258	150.34309	402.41874	72.281531	0
20	1	85.2144	46.007135	159.0726	400.82964	69.322715	0
21	1	88.2404	46.036975	164.95579	399.72506	67.319004	0
22	1	88.73085	46.041815	165.97471	399.27647	66.898204	0
23	1	89.3984	46.0484	167.36257	396.53326	65.713636	0
24	1	92.62625	46.08023	174.08376	439.47506	76.099732	0
25	1	100.18825	46.15481	189.82231	485.28522	84.722626	0
26	1	107.6603	46.2285	204.22705	486.09156	80.823348	0
27	1	113.78455	46.288895	214.39403	487.25649	78.24205	0
28	1	118.0962	46.33142	221.54603	517.24544	84.790441	0
29	1	120.2299	46.352465	225.08941	554.63165	94.494716	0

30	1	123.2501	46.38225	230.10438	553.28162	92.669584	0
31	1	126.2609	46.498165	234.25503	529.02671	84.524417	0
32	1	128.46325	46.6767	236.37721	516.83795	80.420823	0
33	1	131.24035	46.901825	239.04443	487.01987	71.105816	0
34	1	140.0838	47.61873	247.55135	492.22174	70.158104	0
35	1	152.75895	48.64626	259.74222	533.17376	78.405232	0
36	1	162.9006	49.468405	269.48926	555.24811	81.940032	0
37	1	172.6506	50.2588	278.87531	577.79698	85.714411	0
38	1	180.23995	50.87404	286.15959	592.51819	87.846914	0
39	1	186.11115	51.349995	292.20901	602.47683	88.967867	0
40	1	194.3317	52.016405	301.02818	620.00088	91.463952	0
41	1	203.47375	52.757515	310.83049	643.58025	95.414458	0
42	1	214.1845	53.625795	322.32651	664.74092	98.18575	0
43	1	223.3865	54.371765	332.19791	688.32171	102.11686	0
44	1	227.76215	54.72648	336.89604	710.52185	107.13547	0
45	1	230.08465	54.914755	339.3872	725.46436	110.70584	0
46	1	233.29635	55.175115	342.8432	747.83988	116.13093	0
47	1	237.18475	55.490335	347.01722	779.25541	123.94231	0
48	1	242.186	55.895765	352.37559	808.86673	130.89673	0
49	1	248.674	56.42172	359.32738	836.36404	136.78806	0
50	1	251.7823	56.6737	362.67124	850.94074	140.00903	0
51	1	253.95205	56.867095	364.83536	864.62123	143.31129	0
52	1	257.13735	57.15196	367.98489	893.07433	150.56698	0
53	1	258.416	57.26631	369.23831	909.55757	154.93405	0
54	1	260.08705	57.415755	370.74805	928.04337	159.80186	0
55	1	265.31745	57.883515	375.53578	946.96511	163.85472	0
56	1	274.4074	58.696435	383.82308	947.81828	161.72302	0
57	1	282.8638	59.452695	391.53334	943.53772	158.28471	0
58	1	287.8522	59.89881	396.08594	938.08431	155.41553	0
59	1	290.41155	60.127695	398.41722	952.51306	158.88442	0
60	1	294.84685	60.52435	402.4677	968.38523	162.27424	0
61	1	304.75735	61.56772	409.96375	956.53907	156.72795	0
62	1	317.072	62.98316	418.11172	944.84149	151.03733	0
63	1	329.67645	64.431915	426.45959	943.97262	148.39447	0
64	1	337.2418	65.301475	431.46446	950.05873	148.70451	0
65	1	345.584	66.36884	435.92436	954.87148	148.80569	0
66	1	355.89655	67.709075	441.23925	974.08159	152.79008	0
67	1	360.19135	68.267235	443.44185	988.82434	156.38592	0
68	1	363.37455	68.680925	445.07971	990.43151	156.37711	0
69	1	366.38895	69.07268	446.63199	990.80029	156.03775	0
70	1	367.6907	69.24186	447.29782	992.69237	156.38937	0

71	1	368.6728	69.369495	447.75996	999.18973	158.11994	0
72	1	375.9203	70.31139	451.0138	1009.9307	160.26685	0
73	1	383.15885	71.26189	454.16716	1014.1244	160.56516	0
74	1	389.9659	72.240325	456.30694	1016.9822	160.77103	0
75	1	399.2206	73.57058	459.21201	1029.3072	163.47217	0
76	1	408.6046	74.91942	462.15492	1041.2453	166.05149	0
77	1	421.9188	76.83318	466.33615	1043.0845	165.37993	0
78	1	436.0922	78.87044	470.78476	1042.456	163.92408	0
79	1	452.84365	81.278265	476.04587	1053.4531	165.56885	0
80	1	469.424	83.6615	481.25181	1083.1333	172.58673	0
81	1	481.1866	85.35224	484.93766	1108.2714	178.73807	0
82	1	486.0609	86.05286	486.46556	1113.773	179.87751	0
83	1	488.41335	86.390995	487.21886	1124.8179	182.82857	0
84	1	492.31515	86.951835	488.43146	1150.9529	189.97498	0
85	1	494.92125	87.32643	489.26473	1173.5719	196.22193	0
86	1	500.40525	88.11469	490.74157	1219.5767	208.99011	0
87	1	507.3659	89.115205	492.56346	1262.8875	220.88687	0
88	1	514.4029	90.126695	494.40012	1275.2688	223.91048	0
89	1	524.61955	91.59522	497.0679	1275.9861	223.35119	0
90	1	535.99105	93.22974	500.04483	1264.5832	219.22786	0
91	1	545.173	94.549535	502.44434	1259.8621	217.18606	0
92	1	550.4488	95.30787	503.8128	1264.3988	218.09453	0
93	1	556.66325	96.201125	505.44261	1274.4314	220.50398	0
94	1	568.3471	97.88054	508.50003	1280.2622	221.29923	0
95	1	578.2017	99.297025	511.07762	1277.4566	219.75564	0
96	1	586.40925	100.47678	513.21445	1274.3119	218.24118	0
97	1	592.79075	101.39405	514.88645	1275.1377	217.99854	0
98	1	593.7776	101.5359	515.1111	1277.3686	218.57381	0
99	1	594.40025	101.6254	515.15804	1278.1839	218.79415	0
100	1	597.16435	102.1454	514.17807	1266.9049	215.84093	0
101	1	601.7939	103.0527	512.15725	1262.3331	215.10945	0
102	1	605.4722	103.7736	510.57328	1270.8156	217.99596	0
103	1	609.3105	104.52585	508.91905	1292.8828	224.79797	0
104	1	616.02395	105.84155	506.00256	1307.3245	229.77537	0
105	1	623.1675	107.24155	502.90299	1329.0995	236.90805	0
106	1	626.4093	107.8769	501.50044	1351.3485	243.69001	0
107	1	636.12975	109.7819	497.29675	1351.8889	245.05036	0
108	1	647.87535	112.0838	492.21197	1339.0639	242.83089	0
109	1	650.2869	112.55645	491.17229	1325.779	239.31962	0
110	1	653.6336	113.21235	489.70842	1311.5059	235.64664	0
111	1	658.2656	114.1201	487.72373	1299.4273	232.75225	0

112	1	663.2889	115.10455	485.53837	1289.9403	230.65855	0
113	1	670.85545	116.6016	482.11498	1276.4306	227.76633	0
114	1	680.69395	118.5659	477.50155	1249.682	221.41919	0
115	1	692.68285	120.9595	471.88215	1209.4383	211.49082	0
116	1	705.59965	123.53835	465.81867	1170.4257	202.04282	0
117	1	717.50235	125.91475	460.24132	1132.6851	192.82016	0
118	1	728.7324	128.15685	454.97268	1095.556	183.6843	0
119	1	741.23175	130.6524	449.10419	1058.9956	174.88354	0
120	1	756.946	133.7898	441.7343	1013.1701	163.85659	0
121	1	767.4296	135.88285	436.8157	984.30293	156.98944	0
122	1	769.5905	136.3037	435.90734	983.22183	156.9399	0
123	1	770.81805	136.5374	435.4446	981.73026	156.64489	0
124	1	781.07375	138.48955	431.53664	956.27643	150.46671	0
125	1	800.8973	142.26295	423.9821	920.99894	142.51729	0
126	1	816.27455	145.19	418.12265	898.73544	137.8135	0
127	1	824.4739	146.75075	414.99168	891.88689	136.7475	0
128	1	832.5305	148.28435	411.92809	877.84116	133.59842	0
129	1	842.97335	150.27215	407.94913	855.58187	128.35662	0
130	1	850.53075	151.7107	405.07305	856.8853	129.55508	0
131	1	854.74555	152.513	403.45199	856.30494	129.8535	0
132	1	860.43445	153.72725	400.00885	832.43377	123.99585	0
133	1	867.23905	155.23685	395.31074	814.6858	120.25386	0
134	1	873.3922	156.60195	391.06579	809.02029	119.84653	0
135	1	877.1566	157.4371	388.46312	811.78146	121.38458	0
136	1	883.3607	158.8135	384.19502	811.62458	122.56345	0
137	1	890.35935	160.36615	379.36147	803.47675	121.6131	0
138	1	897.92305	162.04415	374.51639	787.76631	118.49751	0
139	1	911.4743	165.05055	365.93726	749.52929	109.99325	0
140	1	919.9232	166.925	360.58374	728.24583	105.42541	0
141	1	931.57475	169.50995	353.20651	696.29823	98.379967	0
142	1	941.99235	171.8211	346.62181	661.5471	90.303375	0
143	1	943.15365	172.2994	343.71215	641.37944	85.354719	0
144	1	944.4751	172.89175	339.97089	639.57837	85.911063	0
145	1	945.53295	173.36595	337.04325	634.27734	85.230502	0
146	1	949.1374	174.98165	327.06396	609.56485	81.005826	0
147	1	953.6713	177.01395	314.52812	595.18098	80.475914	0
148	1	956.5986	178.3261	306.41117	595.56903	82.914681	0
149	1	965.4464	182.29215	281.91987	554.26319	78.093191	0
150	1	973.6323	185.9615	259.26226	506.95194	71.023874	0
151	1	981.63895	189.55045	237.09952	454.77864	62.418483	0
152	1	993.2886	194.7724	204.851	413.76438	59.904948	0

153	1	1000.7863	198.1331	184.10006	405.22923	63.407768	0
154	1	1007.4315	201.11185	165.7108	388.85803	63.986439	0
155	1	1014.763	204.3984	145.41244	402.83476	73.814661	0
156	1	1021.4165	207.38075	126.99709	414.81125	82.529384	0
157	1	1032.8935	212.9962	90.607765	361.28581	77.61568	0
158	1	1050.7195	221.94755	31.845098	321.87841	83.165713	0
159	1	1060.093	226.6544	0.94524283	321.74534	91.987947	0
160	1	1062.2835	227.75435	-6.2758796	320.04897	91.772565	0
161	1	1068.146	230.69835	-25.602606	302.35567	86.699092	0
162	1	1078.04	235.6666	-58.219052	278.38657	79.826064	0
163	1	1088.709	241.0238	-93.388031	256.05132	73.421534	0
164	1	1095.329	244.348	-115.21137	235.46107	67.517376	0
165	1	1098.529	245.955	-126.5623	225.47046	64.652613	0
166	1	1106.6555	250.0357	-158.29831	197.98603	56.771582	0
167	1	1115.116	254.28415	-191.33721	177.44386	50.881209	0
168	1	1121.1435	257.3107	-214.87201	177.00744	50.756067	0
169	1	1129.8125	261.66365	-248.72533	171.20245	49.091512	0
170	1	1135.47	264.50455	-270.81846	173.81622	49.841	0
171	1	1139.3315	266.44365	-285.89276	174.81836	50.128358	0
172	1	1144.7505	269.16485	-307.06069	179.40384	51.443223	0
173	1	1149.1915	271.3948	-324.39596	188.72821	54.116942	0
174	1	1153.007	273.6643	-342.77128	177.11334	50.786433	0
175	1	1159.2865	277.78305	-376.76317	162.64662	46.638169	0
176	1	1166.533	282.53605	-415.98413	134.86051	38.670628	0
177	1	1172.043	286.15035	-445.82031	109.33798	31.352161	0
178	1	1177.1655	289.51045	-473.54126	103.64677	29.720234	0
179	1	1180.4375	291.65635	-491.26164	103.45273	29.664593	0
180	1	1184.1435	294.08705	-511.31911	80.835735	23.179274	0
181	1	1188.9265	297.22445	-537.19806	60.743435	17.4179	0
182	1	1193.0085	299.9017	-559.30911	45.451868	13.033113	0
183	1	1196.226	302.0119	-576.72202	27.903252	8.0011287	0
184	1	1198.83	303.72015	-590.81813	13.107033	3.7583811	0

## SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.19. Copyright © 1991-2012 GEO-SLOPE International Ltd.

### File Information

Created By:  
Revision Number: 66  
Last Edited By:  
Date: 07/05/2013  
Time: 9.02.26  
File Name: 10COTpiogge dreno Piazza.gsz  
Directory: K:\GEI\APE\LAVORO\310116-D.L. AREA.FRANA.RIPOLI\WORK\2.UTENTI\COLLOTTA\PIAZZA -  
drenaggio RIPOLI\STABILITA' VERSANTE\  
Last Solved Date: 16/07/2013  
Last Solved Time: 13.10.04

### Project Settings

Length(L) Units: meters  
Time(t) Units: Seconds  
Force(F) Units: kN  
Pressure(p) Units: kPa  
Strength Units: kPa  
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>  
View: 2D

### Analysis Settings

#### SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W  
Method: Morgenstern-Price

#### Settings

Apply Phreatic Correction: No  
Side Function  
Interslice force function option: Half-Sine  
PWP Conditions Source: Piezometric Line  
Use Staged Rapid Drawdown: No

#### Slip Surface

Direction of movement: Right to Left  
Use Passive Mode: No  
Slip Surface Option: Fully-Specified  
Critical slip surfaces saved: 1  
Optimize Critical Slip Surface Location: No  
Tension Crack  
Tension Crack Option: (none)

#### FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

#### Advanced

Number of Slices: 80  
Optimization Tolerance: 0.1  
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m  
Optimization Maximum Iterations: 2000  
Optimization Convergence Tolerance: 1e-005  
Starting Optimization Points: 8  
Ending Optimization Points: 16  
Complete Passes per Insertion: 1  
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °  
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

### Materials

#### New Material

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 0 kPa

Phi: 16 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 48.11703) m

Right Coordinate: (1260.4837, 334.06704) m

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X (m)	Y (m)
	2.2715	52.1374
	47.7887	46.44774
	77.4439	45.9305
	125.05	46.4
	251.86	56.68
	298.6	60.86
	338.36	65.43
	382.45	71.16
	594.8156	101.68508
	667.0114	115.83413
	768.4486	136.08633
	856.2648	152.80215
	942.179	171.86253
	1024.1537	208.6077
	1150.7067	272.15568
	1255.7298	341.04128

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0.5759	47.50003
	58.1201	56.06704
	63.0513	58.06704
	78.97	60.93551
	88.0056	62.80495
	104.9343	66.56459
	182.6036	80.47757
	258.2306	94.88271
	367.955	114.90044
	495.9507	137.39564

	593.5703	154.02864
	770.9037	180.95172
	892.1351	193.49578
	943.3133	197.76495
	1095.4743	221.34546
	1260.4806	249.88376

#### Regions

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	Material	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126,127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,164,165	215434.62

#### Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	1260.4837	334.06704
Point 2	1254.4742	332.06704
Point 3	1251.0487	330.06704
Point 4	1246.1142	326.78137
Point 5	1239.7881	324.06704
Point 6	1232.95	320.07705
Point 7	1231.5229	318.07705
Point 8	1224.4954	314.07705
Point 9	1218.6819	312.83903
Point 10	1217.4346	312.72633
Point 11	1214.7644	311.27463
Point 12	1211.3483	308.06704
Point 13	1205.1226	306.06704
Point 14	1196.8306	304.06704
Point 15	1195.6205	303.48702
Point 16	1190.3963	302.06704
Point 17	1187.4569	300.06704
Point 18	1180.8297	298.3343
Point 19	1180.0452	298.06704



Point 20	1174.2864	294.06704
Point 21	1169.7996	292.06704
Point 22	1163.2657	290.06704
Point 23	1155.3068	286.07705
Point 24	1147.6761	282.06704
Point 25	1141.8251	278.06704
Point 26	1136.8378	276.06704
Point 27	1134.1017	274.06704
Point 28	1125.5228	270.06704
Point 29	1116.7643	266.06704
Point 30	1113.4684	264.06704
Point 31	1099.8432	260.06704
Point 32	1093.4426	258.06704
Point 33	1083.9752	255.09987
Point 34	1072.1054	250.06704
Point 35	1064.1872	248.07705
Point 36	1059.8062	246.06704
Point 37	1041.6328	236.42966
Point 38	1018.6794	230.60952
Point 39	1010.8471	224.33
Point 40	1004.0155	222.06704
Point 41	997.5565	220.06704
Point 42	989.0207	216.06704
Point 43	974.2572	214.06704
Point 44	973.0074	214.81704
Point 45	957.8854	212.06704
Point 46	955.3118	211.4755
Point 47	952.0308	209.27878
Point 48	946.244	208.95216
Point 49	944.8219	208.86377
Point 50	941.8057	207.69911
Point 51	921.3438	207.08457
Point 52	918.5026	206.06704
Point 53	904.446	205.68916
Point 54	889.3186	204.06704
Point 55	877.4028	202.06704
Point 56	876.9104	201.30117
Point 57	869.874	200.06704
Point 58	864.6041	199.17851
Point 59	853.2263	198.94704
Point 60	847.8352	197.46013

Point 61	838.1115	195.90703
Point 62	826.9495	195.93968
Point 63	821.9983	194.38738
Point 64	810.5508	193.55928
Point 65	791.2438	190.98029
Point 66	770.7324	189.88733
Point 67	766.4106	189.32715
Point 68	747.4814	188.59904
Point 69	722.4827	187.65375
Point 70	712.522	187.76027
Point 71	698.6773	187.07949
Point 72	674.6995	186.75604
Point 73	659.5664	185.15703
Point 74	656.9648	185.02185
Point 75	650.3024	184.67477
Point 76	650.2714	185.29355
Point 77	645.4793	185.20705
Point 78	626.7802	182.08703
Point 79	626.0384	181.30687
Point 80	620.2966	178.32805
Point 81	611.7513	176.05703
Point 82	606.8697	174.06704
Point 83	604.0747	172.07705
Point 84	599.5131	171.67075
Point 85	593.9849	170.59704
Point 86	592.0112	170.06704
Point 87	580.8073	168.56635
Point 88	575.5961	168.06704
Point 89	561.0981	166.05703
Point 90	552.2284	164.07705
Point 91	548.6692	163.17702
Point 92	541.6768	162.06704
Point 93	518.9338	160.06704
Point 94	509.872	158.06704
Point 95	504.8598	156.68638
Point 96	493.8918	150.06704
Point 97	490.7385	148.07705
Point 98	486.0882	146.07705
Point 99	486.0336	146.19025
Point 100	476.3396	144.07705
Point 101	462.5084	140.06704

Point 102	443.1789	136.06704
Point 103	414.8321	132.07705
Point 104	402.3771	130.06704
Point 105	396.0641	128.07705
Point 106	383.8677	126.06704
Point 107	369.3906	123.47397
Point 108	367.4264	122.50681
Point 109	365.3515	122.22365
Point 110	361.3976	121.69181
Point 111	358.9851	121.22583
Point 112	352.808	118.97222
Point 113	336.1236	116.07705
Point 114	323.2293	114.07705
Point 115	291.0937	112.0787
Point 116	289.7294	110.04705
Point 117	285.975	110.06704
Point 118	279.7526	109.75704
Point 119	269.0622	109.03685
Point 120	261.5727	108.06704
Point 121	258.6014	106.06704
Point 122	256.0441	104.05703
Point 123	251.7046	102.06704
Point 124	245.6434	100.06704
Point 125	238.7286	98.06704
Point 126	235.6409	96.07705
Point 127	230.9518	94.05703
Point 128	229.2175	93.14881
Point 129	226.3068	92.07705
Point 130	220.4662	90.05703
Point 131	207.9028	88.06704
Point 132	199.0447	86.06704
Point 133	189.6187	84.06704
Point 134	177.8763	82.05703
Point 135	167.4249	80.06704
Point 136	158.3763	78.06704
Point 137	147.1416	76.06704
Point 138	133.026	71.62629
Point 139	129.4547	74.09489
Point 140	127.4718	74.39732
Point 141	121.4502	76.04705
Point 142	119.0096	75.14702

Point 143	117.1828	72.05703
Point 144	110.3863	71.89842
Point 145	95.4422	71.67129
Point 146	89.8103	66.83499
Point 147	88.9865	67.07553
Point 148	88.4752	67.11085
Point 149	82.4232	67.16915
Point 150	78.4143	67.20233
Point 151	76.0403	66.03158
Point 152	73.4502	64.06704
Point 153	71.6545	62.06704
Point 154	69.9643	60.06704
Point 155	63.0513	58.06704
Point 156	58.1201	56.06704
Point 157	48.8167	54.88507
Point 158	43.7125	54.06704
Point 159	31.8157	52.06704
Point 160	31.1584	52.18912
Point 161	26.3994	51.95093
Point 162	10.5314	50.06704
Point 163	0	48.11703
Point 164	0	0.09203
Point 165	1260.4837	0.09203
Point 166	466.44	71.79
Point 167	466.13	70.28
Point 168	464.81	70.18
Point 169	462.76	69.26
Point 170	459.91	68.65
Point 171	457.76	68.64
Point 172	455.75	68.85
Point 173	453.65	69.46
Point 174	452.1	70.18
Point 175	450.81	70.18
Point 176	450.33	73.79
Point 177	450.43	76
Point 178	451.52	78.64
Point 179	453.44	80.74
Point 180	455.38	81.75
Point 181	456.74	82.17
Point 182	459.16	82.43
Point 183	461.82	81.62

Point 184	464.1	80.17
Point 185	465.66	78.17
Point 186	466.47	75.9
Point 187	466.61	73.88
Point 188	502.28	72.2
Point 189	501.97	70.69
Point 190	500.65	70.59
Point 191	498.6	69.67
Point 192	495.75	69.06
Point 193	493.6	69.05
Point 194	491.59	69.26
Point 195	489.49	69.87
Point 196	487.94	70.59
Point 197	486.65	70.59
Point 198	486.3	72.49
Point 199	486.17	74.2
Point 200	486.28	76.41
Point 201	487.37	79.05
Point 202	489.28	81.15
Point 203	491.22	82.16
Point 204	492.59	82.58
Point 205	495	82.84
Point 206	497.66	82.03
Point 207	499.94	80.58
Point 208	501.5	78.58
Point 209	502.31	76.31
Point 210	502.46	74.29
Point 211	106.46	72.98
Point 212	106.46	36.98
Point 213	106.46	45
Point 214	368.31	122.98
Point 215	368.31	28.98
Point 216	368.5826	69.18413
Point 217	594.31	166.38
Point 218	594.31	50.38
Point 219	594.31	101.38
Point 220	912.0209	252.19292
Point 221	944.21	117.98
Point 222	770.7664	128.53091
Point 223	771.0135	139.40149
Point 224	664.301	117.71966

Point 225	106.4507	67.04234
Point 226	78.97	60.93551

### Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	1	0.962	(566.865, 368.646)	515.388	(1200.83, 305.031)	(14.7898, 50.5726)

### Slices of Slip Surface: 1

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	1	16.535945	50.35434	-4.6899334	8.3984642	2.4082209	0
2	1	22.34074	49.62874	10.901181	35.897605	7.1676094	0
3	1	28.7789	48.82397	28.194117	62.970753	9.97204	0
4	1	31.36171	48.501115	35.130592	70.678475	10.193191	0
5	1	31.69036	48.460035	36.013552	70.676511	9.9394437	0
6	1	33.996025	48.17183	42.206469	82.899713	11.6686	0
7	1	39.944425	47.42828	58.183261	116.26382	16.654332	0
8	1	45.7506	46.702505	73.776961	148.92931	21.54959	0
9	1	48.3027	46.438775	80.090959	159.32407	22.719729	0
10	1	53.4684	46.348675	88.516537	173.86697	24.473843	0
11	1	60.5857	46.224535	106.33319	206.53089	28.731225	0
12	1	66.5078	46.121245	123.26059	246.61374	35.370948	0
13	1	70.8094	46.04622	131.59755	286.20071	44.331744	0
14	1	72.55235	46.01582	134.97419	324.96034	54.477653	0
15	1	74.74525	45.97757	139.22827	363.52912	64.317233	0
16	1	76.7421	45.94274	143.09598	389.54619	70.668459	0
17	1	77.9291	45.935285	145.26293	398.78522	72.696348	0
18	1	78.69215	45.94281	146.54318	403.12959	73.574971	0
19	1	80.6966	45.96258	150.34309	402.4477	72.289834	0
20	1	85.2144	46.007135	159.0726	400.86546	69.332988	0
21	1	88.2404	46.036975	164.95579	399.74635	67.32511	0
22	1	88.73085	46.041815	165.97471	399.29602	66.903812	0
23	1	89.3984	46.0484	167.36257	396.55754	65.720598	0
24	1	92.62625	46.08023	174.08376	439.51057	76.109914	0
25	1	100.18825	46.15481	189.82231	485.31682	84.731689	0
26	1	107.6603	46.2285	204.22705	486.1099	80.828607	0
27	1	113.78455	46.288895	214.39403	487.28591	78.250488	0

28	1	118.0962	46.33142	221.54603	517.27281	84.798289	0
29	1	120.2299	46.352465	225.08941	554.67262	94.506464	0
30	1	123.2501	46.38225	230.10438	553.3094	92.677549	0
31	1	126.2609	46.498165	234.25503	529.27365	84.595226	0
32	1	128.46325	46.6767	236.37721	517.03901	80.478478	0
33	1	131.24035	46.901825	239.04443	487.21524	71.161836	0
34	1	140.0838	47.61873	247.55135	492.41945	70.214798	0
35	1	152.75895	48.64626	259.74222	533.38668	78.466288	0
36	1	162.9006	49.468405	269.48926	555.46841	82.003204	0
37	1	172.6506	50.2588	278.87531	578.0354	85.782776	0
38	1	180.23995	50.87404	286.15959	592.7712	87.919465	0
39	1	186.11115	51.349995	292.20901	602.71837	89.037128	0
40	1	194.3317	52.016405	301.02818	620.25467	91.536723	0
41	1	203.47375	52.757515	310.83049	643.83905	95.488667	0
42	1	214.1845	53.625795	322.32651	665.01066	98.263097	0
43	1	223.3865	54.371765	332.19791	688.61182	102.20005	0
44	1	227.76215	54.72648	336.89604	710.83004	107.22385	0
45	1	230.08465	54.914755	339.3872	725.75171	110.78824	0
46	1	233.29635	55.175115	342.8432	748.15872	116.22236	0
47	1	237.18475	55.490335	347.01722	779.61049	124.04413	0
48	1	242.186	55.895765	352.37559	809.22709	131.00006	0
49	1	248.674	56.42172	359.32738	836.72582	136.8918	0
50	1	251.7823	56.6737	362.67124	851.32557	140.11938	0
51	1	253.95205	56.867095	364.83536	865.04972	143.43416	0
52	1	257.13735	57.15196	367.98489	893.52987	150.6976	0
53	1	258.416	57.26631	369.23831	910.04107	155.0727	0
54	1	260.08705	57.415755	370.74805	928.51267	159.93643	0
55	1	265.31745	57.883515	375.53578	947.47047	163.99963	0
56	1	274.4074	58.696435	383.82308	948.28413	161.8566	0
57	1	282.8638	59.452695	391.53334	944.01794	158.42241	0
58	1	287.8522	59.89881	396.08594	938.56184	155.55246	0
59	1	290.41155	60.127695	398.41722	953.0241	159.03096	0
60	1	294.84685	60.52435	402.4677	968.87619	162.41502	0
61	1	304.75735	61.56772	409.96375	957.10378	156.88988	0
62	1	317.072	62.98316	418.11172	945.48687	151.22239	0
63	1	329.67645	64.431915	426.45959	944.51195	148.54912	0
64	1	337.2418	65.301475	431.46446	950.63622	148.87011	0
65	1	345.584	66.36884	435.92436	955.55784	149.0025	0
66	1	355.89655	67.709075	441.23925	974.75585	152.98342	0
67	1	360.19135	68.267235	443.44185	989.48203	156.5745	0
68	1	363.37455	68.680925	445.07971	991.13377	156.57848	0

69	1	366.38895	69.07268	446.63199	991.4694	156.22961	0
70	1	367.6907	69.24186	447.29782	993.36773	156.58303	0
71	1	368.6728	69.369495	447.75996	999.8805	158.31802	0
72	1	375.9203	70.31139	451.0138	1010.6141	160.46282	0
73	1	383.15885	71.26189	454.16716	1014.8924	160.78539	0
74	1	389.9659	72.240325	456.30694	1017.7937	161.00375	0
75	1	399.2206	73.57058	459.21201	1030.0912	163.69697	0
76	1	408.6046	74.91942	462.15492	1042.04	166.27938	0
77	1	421.9188	76.83318	466.33615	1043.8527	165.60021	0
78	1	436.0922	78.87044	470.78476	1043.294	164.16439	0
79	1	452.84365	81.278265	476.04587	1054.2212	165.7891	0
80	1	469.424	83.6615	481.25181	1083.992	172.83298	0
81	1	481.1866	85.35224	484.93766	1109.0883	178.9723	0
82	1	486.0609	86.05286	486.46556	1114.6432	180.12703	0
83	1	488.41335	86.390995	487.21886	1125.6905	183.07881	0
84	1	492.31515	86.951835	488.43146	1151.8946	190.24501	0
85	1	494.92125	87.32643	489.26473	1174.5334	196.49764	0
86	1	500.40525	88.11469	490.74157	1220.5766	209.27683	0
87	1	507.3659	89.115205	492.56346	1263.9342	221.187	0
88	1	514.4029	90.126695	494.40012	1276.3611	224.22369	0
89	1	524.61955	91.59522	497.0679	1277.0306	223.6507	0
90	1	535.99105	93.22974	500.04483	1265.6278	219.52737	0
91	1	545.173	94.549535	502.44434	1260.9097	217.48643	0
92	1	550.4488	95.30787	503.8128	1265.4556	218.39756	0
93	1	556.66325	96.201125	505.44261	1275.4358	220.79198	0
94	1	568.3471	97.88054	508.50003	1281.3545	221.61246	0
95	1	578.2017	99.297025	511.07762	1278.5203	220.06065	0
96	1	586.40925	100.47678	513.21445	1275.372	218.54518	0
97	1	592.79075	101.39405	514.88645	1276.1535	218.28981	0
98	1	593.7776	101.5359	515.1111	1278.419	218.87503	0
99	1	594.40025	101.6254	515.15804	1279.2563	219.10165	0
100	1	597.16435	102.1454	514.17807	1268.2836	216.23629	0
101	1	601.7939	103.0527	512.15725	1263.7314	215.51042	0
102	1	605.4722	103.7736	510.57328	1272.22	218.39867	0
103	1	609.3105	104.52585	508.91905	1294.3301	225.21301	0
104	1	616.02395	105.84155	506.00256	1308.8174	230.20345	0
105	1	623.1675	107.24155	502.90299	1330.6206	237.34422	0
106	1	626.4093	107.8769	501.50044	1352.936	244.14521	0
107	1	636.12975	109.7819	497.29675	1353.4633	245.50182	0
108	1	647.87535	112.0838	492.21197	1340.6407	243.28304	0
109	1	650.2869	112.55645	491.17229	1327.3301	239.7644	0



110	1	653.6336	113.21235	489.70842	1313.0231	236.08167	0
111	1	658.2656	114.1201	487.72373	1300.9361	233.1849	0
112	1	663.2889	115.10455	485.53837	1291.4298	231.08565	0
113	1	670.85545	116.6016	482.11498	1277.8337	228.16866	0
114	1	680.69395	118.5659	477.50155	1251.1543	221.84137	0
115	1	692.68285	120.9595	471.88215	1210.8288	211.88955	0
116	1	705.59965	123.53835	465.81867	1171.7715	202.42872	0
117	1	717.50235	125.91475	460.24132	1133.965	193.18715	0
118	1	728.7324	128.15685	454.97268	1096.7328	184.02175	0
119	1	741.23175	130.6524	449.10419	1060.1724	175.22099	0
120	1	756.946	133.7898	441.7343	1014.258	164.16854	0
121	1	767.4296	135.88285	436.8157	985.31341	157.27919	0
122	1	769.5905	136.3037	435.90734	984.21116	157.22359	0
123	1	770.81805	136.5374	435.4446	982.70517	156.92444	0
124	1	781.07375	138.48955	426.7456	956.95259	152.03441	0
125	1	800.8973	142.26295	409.8575	921.15158	146.61122	0
126	1	816.27455	145.19	396.75484	898.47799	143.8668	0
127	1	824.4739	146.75075	389.77394	891.41071	143.84203	0
128	1	832.5305	148.28435	382.90259	877.11949	141.71442	0
129	1	842.97335	150.27215	374.00388	854.57159	137.80057	0
130	1	850.53075	151.7107	367.57236	855.68266	139.96337	0
131	1	854.74555	152.513	363.97648	854.97939	140.79282	0
132	1	860.43445	153.72725	357.84104	830.71287	135.59381	0
133	1	867.23905	155.23685	349.94235	812.75917	132.71059	0
134	1	873.3922	156.60195	342.79651	806.8975	133.07882	0
135	1	877.1566	157.4371	338.42071	809.56088	135.09727	0
136	1	883.3607	158.8135	331.22718	809.23222	137.06574	0
137	1	890.72685	160.4477	322.67468	800.07487	136.8923	0
138	1	898.29055	162.1257	312.68264	784.01425	135.15216	0
139	1	911.4743	165.05055	294.78337	745.91777	129.36071	0
140	1	919.9232	166.925	283.31285	724.2256	126.4297	0
141	1	931.57475	169.50995	267.49322	691.71794	121.64448	0
142	1	941.99235	171.8211	253.34984	656.42126	115.57887	0
143	1	942.74615	172.11675	251.06915	632.09347	109.25697	0
144	1	944.0676	172.7091	246.86855	630.2216	109.92472	0
145	1	945.53295	173.36595	242.65369	624.33788	109.44618	0
146	1	949.1374	174.98165	232.29252	599.52002	105.30079	0
147	1	953.6713	177.01395	219.24632	585.05734	104.89462	0
148	1	956.5986	178.3261	210.82654	585.42836	107.41534	0
149	1	965.4464	182.29215	185.38197	543.96855	102.82305	0
150	1	973.6323	185.9615	161.83356	496.45266	95.950481	0

151	1	981.63895	189.55045	138.80459	444.06095	87.530854	0
152	1	993.2886	194.7724	105.30017	402.87078	85.326999	0
153	1	1000.7863	198.1331	83.735789	394.28014	89.04716	0
154	1	1007.4315	201.11185	64.622669	377.82489	89.809291	0
155	1	1014.763	204.3984	43.535187	391.84814	99.877133	0
156	1	1021.4165	207.38075	24.398603	403.85964	108.8087	0
157	1	1026.581	209.8264	8.2631071	377.68628	105.93039	0
158	1	1035.3205	214.2149	-21.492787	340.71066	97.697208	0
159	1	1050.7195	221.94755	-73.92331	319.00173	91.472274	0
160	1	1061.9965	227.61035	-112.31832	321.66423	92.235732	0
161	1	1068.146	230.69835	-133.25544	303.67614	87.077733	0
162	1	1078.04	235.6666	-166.94461	279.59871	80.173641	0
163	1	1088.709	241.0238	-203.26658	257.16516	73.740923	0
164	1	1094.4585	243.9109	-222.84516	239.21667	68.594275	0
165	1	1097.6585	245.5179	-233.3508	229.17797	65.715726	0
166	1	1106.6555	250.0357	-262.40069	198.8518	57.019837	0
167	1	1115.116	254.28415	-289.71589	178.21933	51.103571	0
168	1	1121.1435	257.3107	-309.17123	177.78289	50.978424	0
169	1	1129.8125	261.66365	-337.15475	171.94205	49.303589	0
170	1	1135.47	264.50455	-355.42555	174.57724	50.059219	0
171	1	1139.3315	266.44365	-367.8887	175.58349	50.347755	0
172	1	1144.7505	269.16485	-385.38376	180.19807	51.670965	0
173	1	1149.1915	271.3948	-399.70795	189.55092	54.352851	0
174	1	1153.007	273.6643	-415.49907	178.08401	51.064769	0
175	1	1159.2865	277.78305	-445.25314	163.53965	46.89424	0
176	1	1166.533	282.53605	-479.57512	135.60276	38.883467	0
177	1	1172.043	286.15035	-505.66184	109.93807	31.524235	0
178	1	1177.1655	289.51045	-529.937	104.21451	29.883029	0
179	1	1180.4375	291.65635	-545.42939	104.01978	29.827191	0
180	1	1184.1435	294.08705	-562.98726	81.279866	23.306627	0
181	1	1188.9265	297.22445	-585.64375	61.076268	17.513338	0
182	1	1193.0085	299.9017	-604.97386	45.70156	13.104711	0
183	1	1196.226	302.0119	-620.20662	28.055963	8.0449178	0
184	1	1198.83	303.72015	-632.53697	13.178969	3.7790085	0