

**CONSORZIO IRRIGUO DI MIGLIORAMENTO FONDIARIO  
CANALE DE FERRARI**


**REGIONE PIEMONTE  
DIREZIONE TERRITORIO RURALE  
SETTORE INFRASTRUTTURE RURALI E TERRITORIO**  
Legge 24/12/03 n° 350 art. 4 commi 31 e successivi

**RIVESTIMENTO E AMMODERNAMENTO  
DELL'ASTA PRINCIPALE DEL CANALE DE FERRARI  
IMPORTO PROGETTO GENERALE  
APPROVATO CON DELIBERA CIPE n° 74 DEL 27/05/2005  
€ 27.200.662,00**

**IV° INTERVENTO  
TRATTO DA PROGRESSIVA 6.687 (Sifone Rio Civario) A PROGRESSIVA 7.725  
(EX Stazione di sollevamento) E DA PROGRESSIVA 10.250 (località "cascina  
Genovesi") A PROGRESSIVA 12.805 (località "cascina Nuova")**

**PROGETTO ESECUTIVO**

Data: 06.09.2021

Il Tecnico	 <b>Ing. Gian Carlo Cermelli</b>		<b>Ing. Gian Carlo Cermelli</b> <b>Studio tecnico di Ingegneria</b> <b>Via Frugarolo 14</b> <b>15072 Casal Cermelli (AL)</b>
	00	06.09.2021	Emissione
	<b>Revisione</b>	<b>Data</b>	<b>Aggiornamento</b>
<b>R.5</b>			<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

### ***Premessa***

*La presente relazione riporta gli studi geotecnici necessari alla redazione del progetto di rivestimento ed ammodernamento dell'asta principale del Canale De Ferrari - Stralcio Esecutivo IV Intervento.*

*L'area in esame è ubicata nei Comuni di Solero e Alessandria lungo il tracciato del canale De Ferrari*

*La presente relazione è stata svolta ai sensi del D.M. 17/01/2018 "T.U. sulle Costruzioni", per quello che riguarda la produzione dei modelli geotecnici di intervento.*

*Essa deriva dalla propedeutica indagine geologica – geotecnica nella quale in esito a:*

- sopralluoghi preliminari necessari a prendere visione dello stato dei luoghi e raccogliere tutta la documentazione occorrente nel mese di febbraio 2018;*
- analisi di tutta la documentazione ed i dati pregressi prodotti dal Geologo incaricato sull'area, su aree contigue e/o assimilabili;*
- analisi delle foto satellitari disponibili così come delle risorse GIS e WMS disponibili on line, integrata dall'analisi della documentazione geologica idrogeologica ed idraulica esistente a supporto dei vigenti strumenti urbanistici comunali;*
- pianificazione ed esecuzione di una campagna di indagine sui sedimenti interessati costituita dal rilievo di dettaglio delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del tracciato, integrata dall'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche*

*è stata effettuata la caratterizzazione geologica dei siti interessati dai lavori e geotecniche del suolo.*

*In particolare la presente relazione valuta l'interazione con il suolo delle principali strutture presenti in progetto.*



## Inquadramento generale

*Geomorfologia, geologia ed idrogeologia*

### Inquadramento geografico

Il sito in esame si trova nella pianura alessandrina tra i comuni di Solero e Alessandria ed è costituito da due tratti del canale De Ferrari come rappresentato in Fig.1 e Fig.2.



Fig.1 – Ortofoto Ice 2009 su CTR F.176  
scala 1:10.000

Tracciato 1 è evidenziata dalla linea puntinata





**Fig.2** – Ortofoto Ice 2009 su CTR F.176  
scala 1:15.000

Tracciato 2 è evidenziata dalla linea puntinata

### Geomorfologia

Si tratta di una porzione di territorio completamente pianeggiante in cui il Fiume Tanaro scorre con andamento pseudo-meandreggiante con direzione di deflusso SW-NE; nell'area sono estremamente evidenti rami abbandonati e meandri morti evidenziati anche dalle coltivazioni di cui uno è evidentissimo dalla ripresa aerea immediatamente a monte della traversa in esame



e addirittura viene riportato come corso d'acqua ancora in qualche maniera attivo sulla carta geologica di Fig. 4

L'idrografia di superficie generale si esplica secondo una direzione preferenziale SW-NE, seguendo la valle principale del Tanaro con una serie di affluenti di prim'ordine che confluiscono ortogonalmente dopo cammini sostanzialmente brevi e solitamente ben incisi.

La valle nel suo intero è costituita da una ampia parte planiziale di fondo valle costituente l'alveo di piena ordinaria e straordinaria del Tanaro, posto a una quota di 96 m s.l.m., e da una prima serie di terrazze che si elevano debolmente ponendosi, ad una quota di ca. 100 m s.l.m.; esse sono poi seguite da una seconda serie di terrazze chiaramente relitte sui 110-112 m s.l.m. laddove si sono sviluppati i centri abitati esistenti.

### Analisi geomorfologica

I siti in esame si collocano al limitare delle zone di esondazione straordinaria di Tanaro così come confermato dalla loro classificazione ex P.S.F.F. al limitare della fascia B per il Tratto 1 e entro la fascia C per il Tratto 2 come qui rappresentato in cartografia PAI.

Non si segnalano fenomeni dissestivi cartografati in corrispondenza del sito così come rappresentato in dato SiFrP reg Piemonte e nella Carta di Sintesi del PRG Comunale.

Dal rilievo di campagna non si rilevano altre criticità geomorfologiche evidenziabili in prossimità del tracciato ad esclusione dei sopracitati gradini morfologici; non si rilevano quindi limitazioni e/o cautele per la realizzazione delle opere in progetto.

### Geologia

Il sito appare caratterizzato dalla presenza di depositi di chiara origine alluvionale attuali degli alvei del Fiume Tanaro ed alluvioni di tipo  $a^{1fl3}$ , che si presentano come alluvioni prevalentemente argillose, appartenenti in parte alle alluvioni postglaciali, in parte al Fluviale recente; ove è presente un terrazzo questo separa localmente le prime dal secondo; altrove la distinzione è difficile (cfr. Carta Geologica d'Italia – Foglio 69 “Asti”).

Alla base di queste coltri possono riscontrarsi livelli metrici o lenti di termini grossolani, ascrivibili alle terrazze relitte del Fiume Tanaro o eventualmente a depositi di conoide di fondo valle, al disotto di questo primo livello piuttosto superficiale, l'area è caratterizzata da un orizzonte di elevata potenza caratterizzato da depositi alluvionali fini compatti impermeabili.

Per quanto attiene alla compattezza delle coltri, essa è da ritenersi variabile sia in dipendenza della granulometria che dello stato di addensamento dei materiali; la potenza di queste coltri così come i loro parametri geomeccanici non sono stimabili da un esame di superficie.

Il substrato litoide di questi orizzonti di elevata potenza risulta essere la base della Sabbie di Asti di età Villafranchiano (cfr. Carta Geologica d'Italia in Fig.3) che si presenta prevalentemente in facies di alternanze sabbioso argillose.

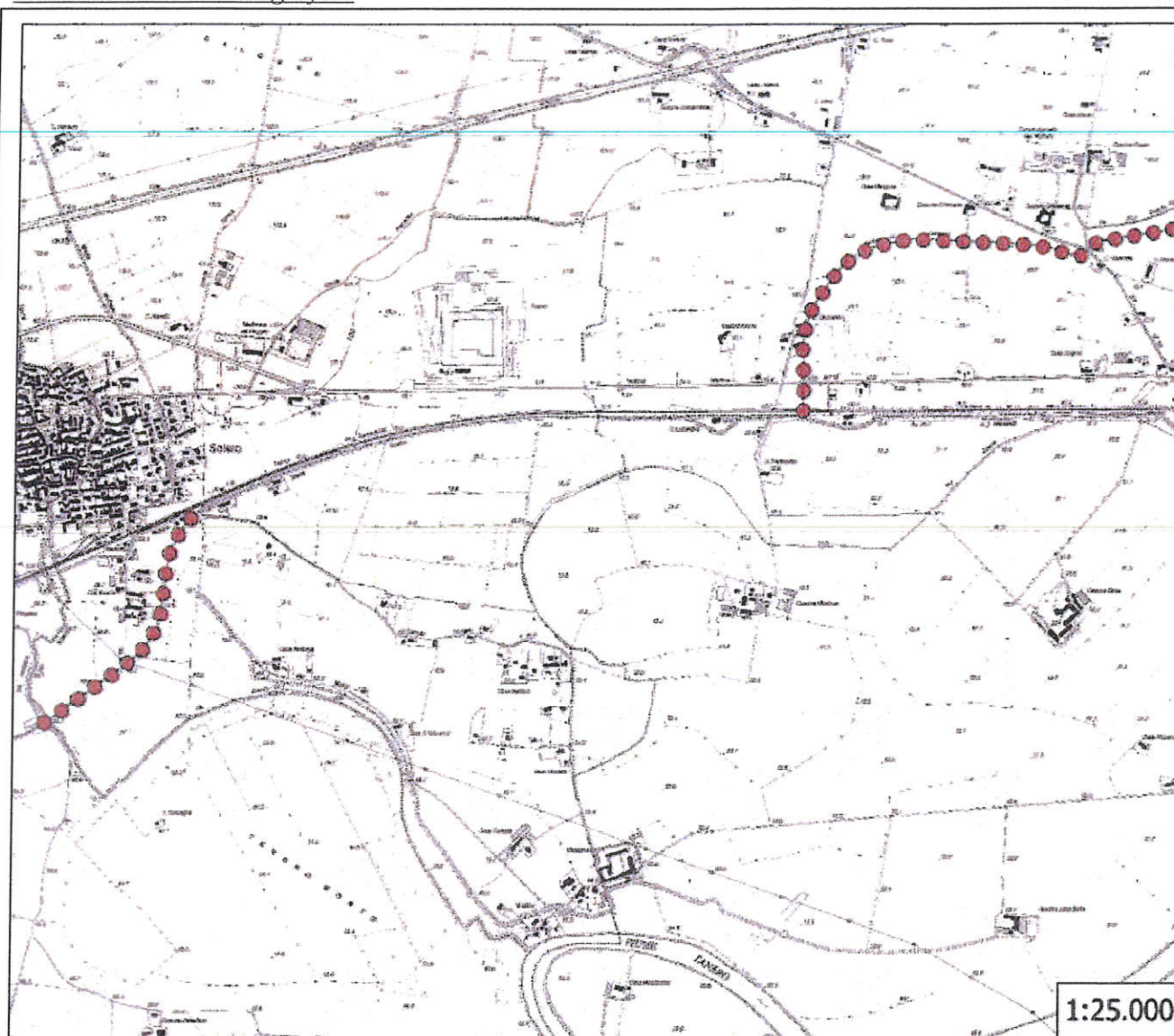
### Idrogeologia

Le successioni in oggetto sono sede di un sistema acquifero multilayer in cui i livelli a predominanza grossolana sono sede di scorrimento preferenziale mentre i livelli più francamente limo argillosi funzionano da isolamento tra due livelli consequenziali.

Solitamente la falda più superficiale si configura come a pelo libero e si trova compresa tra soggiacenze di alcuni m e alcune decine di m rispetto al locale p.c. mentre quelle più profonde si susseguono con intercalazioni tra i pochi m e le decine di m a seconda dello spessore dei livelli impermeabili che le dividono.

Inoltre per le coltri in esame restano possibili fenomeni di saturazione temporanea immediatamente dopo periodi di intense precipitazioni atmosferiche che portano ad un sensibile scadimento delle caratteristiche dei materiali.

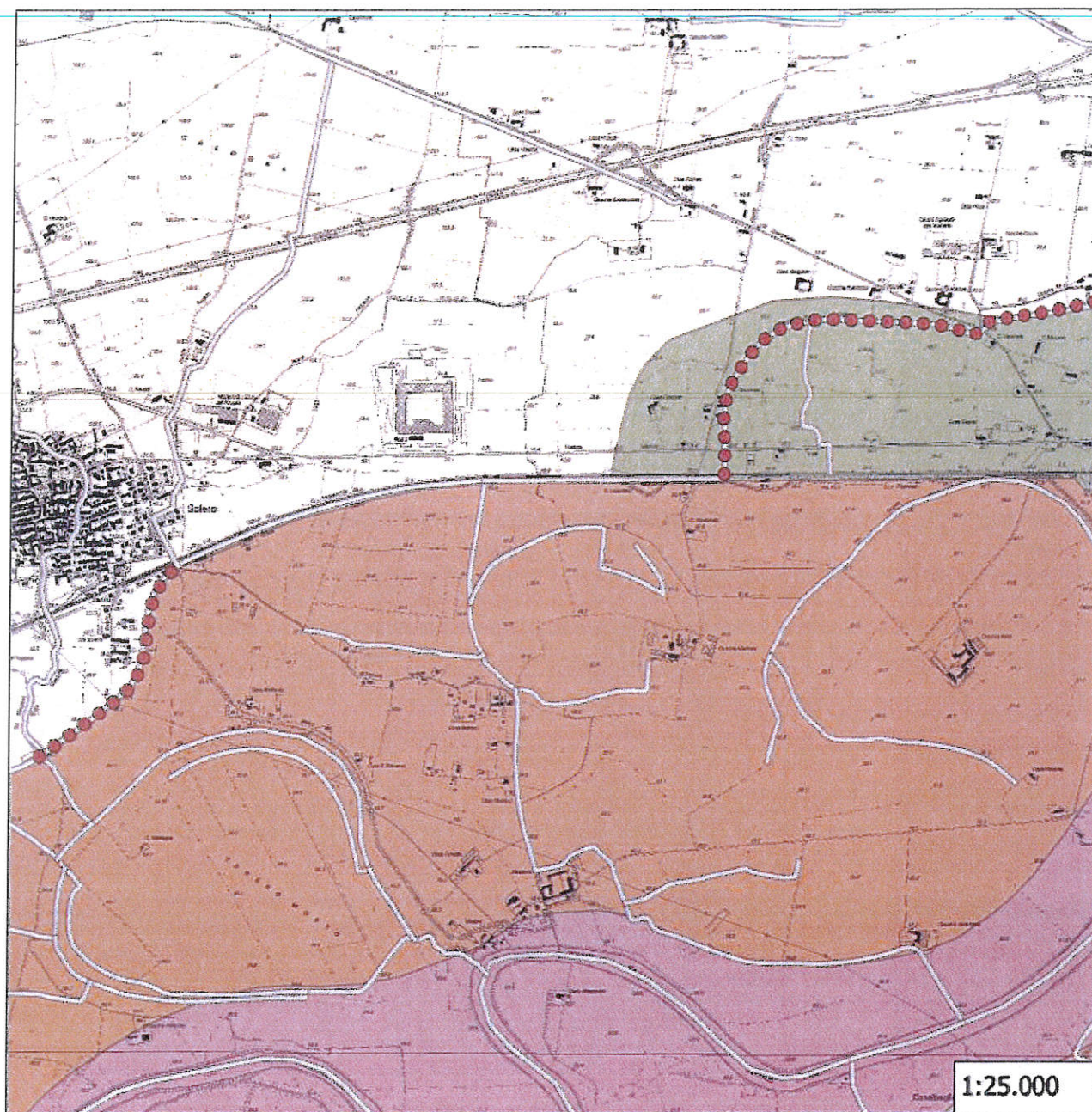




**Fig.3– Analisi geomorfologica**  
C.T.R. F.176;

Fasce altimetriche da DTM ICE2009 a 5 m di passo  
Reticolo Idrografico da dato DbPrior\_ElemIdr Reg  
Piemonte

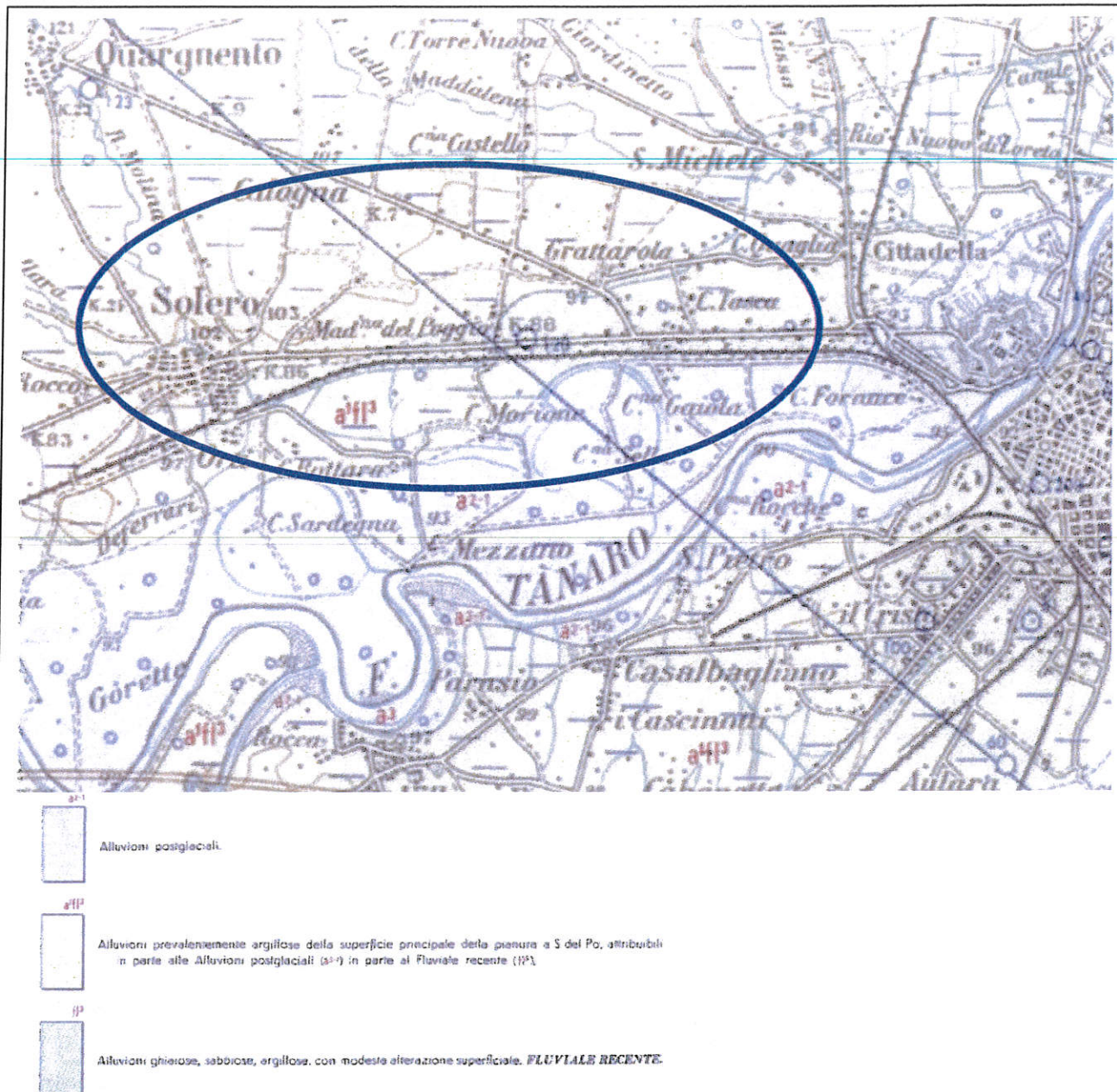




**Fig.4– Analisi geomorfologica**  
C.T.R. F.176;

Fasce altimetriche da DTM ICE2009 a 5 m di passo  
Reticolo Idrografico da dato DbPrior\_ElemIdr Reg  
Piemonte  
Fasce PAI da shape file Reg Piemonte





*L'intervento in questione si colloca entro il circoletto **BLU***

**Fig.5**– Estratto dalla Carta Geologica d'Italia.  
Foglio 70 "Alessandria"  
ingrandito da originale in scala 1:100.000.

## Caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica ed idrogeologica dei terreni

Zona Rio Civario

Suddivisione litostratigrafica

MODELLO GEOLOGICO ex T.U. 14/01/2008

	0.00 m	
<b>Unità Litostratigrafica 1</b> <i>Coltri alluvionali fini a scarsa consistenza eventualmente frammisti a scarsi riporti antropici in superficie orizzonte basale più grossolano e sede di falda</i>		
	- 6.00 m	
<b>Unità Litostratigrafica 2</b> <i>Coltri alluvionali medio grossolane addensate Sede di falda</i>		
	> 30 m	

Tab.1 Modello Geologico

### Situazione piezometrica dei luoghi

Dalle osservazioni effettuate è stata riscontrata la presenza una falda acquifera freatica di tipo permanente a ca – 4.50 m dal locale p.c., quota potenzialmente interferente con la realizzazione delle opere fondazionali in progetto.

Per le coltri in esame restano inoltre possibili fenomeni di saturazione temporanea immediatamente dopo periodi di intense precipitazioni atmosferiche che possono portare a sensibili scadimenti delle condizioni di compattezza dei materiali.



Caratterizzazione geotecnica degli orizzonti attraversatiMODELLO GEOTECNICO ex T.U. 14/01/2008 in termini di parametri caratteristici Fk

Da questi valori di prova, in base alle formule di uso comune disponibili in letteratura, si possono assegnare alle coltri in esame, i seguenti parametri meccanici, relativi a terreni di tipo granulare, così come desunti da Meyerhof, ed i corrispondenti valori dei fattori di capacità portante di Terzaghi ( $N_c$ ,  $N_q$ , ed  $N_\gamma$ ) così come calcolati da Vesic (1975) e ripresi da Lancellotta (1987); la densità relativa del materiale  $D_r$  calcolata sulla base dei valori di  $N_{spt}$  e delle pressione geostatica verticale efficace  $\sigma'_{v0}$  ed il Coef. di sottofondo  $k$  Winkler (NAVFAC-DM1 1986) per una fondazione standard larga 1 m; in ultimo si noti bene che nei terreni granulari la coesione efficace  $c'$  viene sempre posta cautelativamente pari a 5 kPa quale 5° percentile inferiore delle coesioni efficaci misurate dallo Scrivente in laboratorio, per terreni analoghi a quello qui esaminato.

**Unità litostratigrafica 1** - coltri alluvionali fini a medio bassa consistenza $\langle N_{spt} \rangle \cong 3,57$        $\langle R_{pd} \rangle \cong 12,72$  da cui: $\gamma \cong 17 \text{ kNt/m}^3$  $\Phi = 22.83^\circ$  $c' = 0 \text{ kPa}$  $D_r =$ 

50%

0,70  $\text{kg/cm}^2$  $N_c = K \text{ Winkler} = 17.84$  $N_q = 8.51$  $N_\gamma = 8.01$ **Unità Litostratigrafica 2** - Coltri alluvionali medio grossolane addensate, sede di falda $\langle N_{spt} \rangle = 15$        $\langle R_{pd} \rangle = 50 \text{ kg/cm}^2$ da cui in condizioni drenate: $\gamma \cong 20 \text{ kNt/m}^3$  $\Phi = 27^\circ$  $c' =$ 

5

45 %

 $D_r =$ 

3

2  $\text{kg/cm}^2$  $N_c = K \text{ Winkler} =$ 

23,94

 $N_q =$ 

13,20

 $N_\gamma =$ 

14,47

**Sismicità dell'area Opcom**

3274/03

Il Comune di Solero ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/2003 viene classificato **sismico in Zona 4**.

Il 21 maggio 2014 la Giunta Regionale ha approvato una delibera di aggiornamento ed adeguamento delle zone sismiche del Piemonte. La nuova mappatura sismica conferma per il **Comune in esame comunque la Zona Sismica 4** mentre per il limitrofo comune di **Alessandria** ove termina il presente intervento si passa alla **zona Sismica 3**

Opcm 3519/06

la seguente dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 24/04/2006 individua i valori di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale su di apposita cartografia prodotta dall'INGV griglia di riferimento pari a 0.05° poi infittita a 0.02°- espressi in termini di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.

Tale cartografia per il sito in esame fornisce il seguente valore:

Accelerazione del suolo, riferita a suoli rigidi **0.025-0.050 g** con probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni

Classificazione sismica di sito  $V_{s30}$

Dalle indagini eseguite si è potuta stimare una

$V_{s30} \approx 350 \text{ m/s} \pm 15$

$V_s$  media delle coltri presenti

Dalle indagini eseguite si è potuta misurare una  $V_s$  media riferita al primo livello stratigrafico di Unità Litrostratigrafica 1

$\langle V_s \rangle = 120 \text{ m/s}$

Frequenza di risonanza specifica dei terreni

L'analisi del tracciato della curva H/V non mostra chiaramente serie di strutture di risonanza dei terreni investigati

Controllo Stratigrafico e Topografico ex NTC08

Nelle NTC08 la definizione dell'azione sismica è valutata in primis in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (cat. A) e superficie orizzontale (Cat. T1) così come ricavabile dalla Opcm 3519/06.

Viene poi introdotta la necessità di valutare sia la categoria stratigrafica di sottosuolo che le condizioni stratigrafiche di sito (Tab. 3.2.II, III e IV NTC08) intesi come modificatori della risposta sismica orizzontale mentre per le Zone 3 e 4 quali quelle in esame si esclude esplicitamente l'esame delle componenti verticali.

Controllo Stratigrafico e Topografico ex NTC08

Nelle NTC08 la definizione dell'azione sismica è valutata in primis in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (cat. A) e superficie orizzontale (Cat. T1) così come ricavabile dalla Opcm 3519/06.

Viene poi introdotta la necessità di valutare sia la categoria stratigrafica di sottosuolo che le condizioni stratigrafiche di sito (Tab. 3.2.II, III e IV NTC08) intesi come modificatori della risposta sismica orizzontale mentre per le Zone 3 e 4 quali quelle in esame si esclude esplicitamente l'esame delle componenti verticali.

In rapporto a tali classificazioni la zona oggetto di intervento può essere classificata come **categoria C**

NTC08 - Tabella 3.2.II e V – Categorie di sottosuolo e massimo valore corrispondente di  $S_s$

Categoria	Descrizione	Max coef. di Amplificazione Stratigrafica $S_s$
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.0



<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	1.20
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	1.50
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	1.80
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	1.60

Mentre considerate le caratteristiche topografiche l'area può essere classificata **Categoria T1**

NTC08 - Tabella 3.2.IV e VI – *Categorie topografiche e Valore del coef. di amplificazione*

Categoria	Descrizione	Coef. di Amplificazione Topografica St
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4
<b>Note applicative</b>		
a)	le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m	
b)	le suesposte categorie topografiche si riferiscono a ubicazioni in prossimità della sommità o della cresta mentre il coef. di amplificazione topografica decresce linearmente con l'altezza del pendio fino a diventare pari all'unità alla base dello stesso	

# Prove Penetrometriche – Schede di Prova

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...

DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data

07/03/2018

Profondità prova

7,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	1	0	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	2	0	0,855	5,71	6,68	0,29	0,33
0,30	2	0	0,853	5,70	6,68	0,28	0,33
0,40	9	0	0,851	25,57	30,06	1,28	1,50
0,50	8	0	0,849	22,68	26,72	1,13	1,34
0,60	6	0	0,847	16,97	20,04	0,85	1,00
0,70	4	0	0,845	11,29	13,36	0,56	0,67
0,80	3	0	0,843	8,45	10,02	0,42	0,50
0,90	4	0	0,842	10,67	12,68	0,53	0,63
1,00	6	0	0,840	15,97	19,01	0,80	0,95
1,10	6	0	0,838	15,93	19,01	0,80	0,95
1,20	4	0	0,836	10,60	12,68	0,53	0,63
1,30	1	0	0,835	2,64	3,17	0,13	0,16
1,40	1	0	0,833	2,64	3,17	0,13	0,16
1,50	1	0	0,831	2,63	3,17	0,13	0,16
1,60	1	0	0,830	2,63	3,17	0,13	0,16
1,70	10	0	0,828	26,24	31,69	1,31	1,58
1,80	15	0	0,776	36,90	47,54	1,85	2,38
1,90	14	0	0,775	32,70	42,21	1,64	2,11
2,00	9	0	0,823	22,34	27,14	1,12	1,36
2,10	18	0	0,772	41,88	54,27	2,09	2,71
2,20	19	0	0,770	44,12	57,29	2,21	2,86
2,30	20	0	0,769	46,35	60,30	2,32	3,02
2,40	18	0	0,767	41,63	54,27	2,08	2,71
2,50	10	0	0,816	24,59	30,15	1,23	1,51
2,60	6	0	0,814	14,73	18,09	0,74	0,90
2,70	8	0	0,813	19,61	24,12	0,98	1,21
2,80	15	0	0,761	34,44	45,23	1,72	2,26
2,90	18	0	0,760	39,34	51,76	1,97	2,59
3,00	17	0	0,759	37,09	48,88	1,85	2,44
3,10	8	0	0,807	18,57	23,00	0,93	1,15
3,20	6	0	0,806	13,91	17,25	0,70	0,86
3,30	7	0	0,805	16,20	20,13	0,81	1,01
3,40	6	0	0,803	13,86	17,25	0,69	0,86
3,50	6	0	0,802	13,84	17,25	0,69	0,86
3,60	5	0	0,801	11,51	14,38	0,58	0,72
3,70	5	0	0,800	11,50	14,38	0,57	0,72



*M18H*

3,80	4	0	0,798	9,18	11,50	0,46	0,58
3,90	4	0	0,797	8,76	10,99	0,44	0,55
4,00	4	0	0,796	8,75	10,99	0,44	0,55
4,10	5	0	0,795	10,92	13,74	0,55	0,69
4,20	5	0	0,794	10,91	13,74	0,55	0,69
4,30	6	0	0,793	13,07	16,49	0,65	0,82
4,40	6	0	0,791	13,05	16,49	0,65	0,82
4,50	7	0	0,790	15,20	19,24	0,76	0,96
4,60	7	0	0,789	15,18	19,24	0,76	0,96

4,70	6	0	0,788	13,00	16,49	0,65	0,82
4,80	6	0	0,787	12,98	16,49	0,65	0,82
4,90	5	0	0,786	10,34	13,16	0,52	0,66
5,00	4	0	0,785	8,26	10,53	0,41	0,53
5,10	5	0	0,784	10,32	13,16	0,52	0,66
5,20	5	0	0,783	10,30	13,16	0,52	0,66
5,30	5	0	0,782	10,29	13,16	0,51	0,66
5,40	5	0	0,781	10,28	13,16	0,51	0,66
5,50	5	0	0,780	10,26	13,16	0,51	0,66
5,60	4	0	0,779	8,20	10,53	0,41	0,53
5,70	5	0	0,778	10,24	13,16	0,51	0,66
5,80	6	0	0,777	12,27	15,79	0,61	0,79
5,90	7	0	0,776	13,72	17,67	0,69	0,88
6,00	8	0	0,775	15,66	20,20	0,78	1,01
6,10	10	0	0,775	19,55	25,25	0,98	1,26
6,20	13	0	0,724	23,75	32,82	1,19	1,64
6,30	13	0	0,723	23,72	32,82	1,19	1,64
6,40	16	0	0,722	29,16	40,39	1,46	2,02
6,50	17	0	0,721	30,95	42,92	1,55	2,15
6,60	20	0	0,720	36,37	50,49	1,82	2,52
6,70	28	0	0,670	47,33	70,69	2,37	3,53
6,80	30	0	0,669	50,65	75,74	2,53	3,79
6,90	29	0	0,668	46,99	70,35	2,35	3,52
7,00	30	0	0,667	48,55	72,78	2,43	3,64
7,10	30	0	0,666	48,50	72,78	2,42	3,64
7,20	31	0	0,616	46,30	75,20	2,31	3,76
7,30	28	0	0,665	45,16	67,92	2,26	3,40
7,40	26	0	0,664	41,89	63,07	2,09	3,15
7,50	34	0	0,613	50,60	82,48	2,53	4,12
7,60	34	0	0,613	50,54	82,48	2,53	4,12
7,70	28	0	0,662	44,97	67,92	2,25	3,40
7,80	34	0	0,611	50,42	82,48	2,52	4,12

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,5	3,87	12,65	Incoerente - coesivo	0	1,84	1,89	0,14	0,76	2,95	Unità Litostratigrafica 1
6	8,11	23,38	Incoerente - coesivo	0	1,71	1,87	0,66	0,76	6,17	Unità Litostratigrafica 2
7,8	25,06	61,59	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	1,23	0,76	19,07	Unità Litostratigrafica 3

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1



**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Terzaghi-Peck	0,18
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Terzaghi-Peck	0,39
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Terzaghi-Peck	1,29

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Robertson (1983)	5,90
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Robertson (1983)	12,34
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Robertson (1983)	38,14

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Stroud e Butler (1975)	13,54
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Stroud e Butler (1975)	28,31
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Stroud e Butler (1975)	87,49

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Apollonia	29,50
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Apollonia	61,70
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Apollonia	190,70

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
------------------------------------	-------	------	---------------	----------------------

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Meyerhof ed altri	1,63
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Meyerhof ed altri	1,82
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Meyerhof ed altri	2,10

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Meyerhof ed altri	1,86
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Meyerhof ed altri	1,89
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Meyerhof ed altri	2,31

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	78,03
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	120,96
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	165,39

#### TERRENI INCOERENT I

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Gibbs & Holtz 1957	14,84
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Gibbs & Holtz 1957	19,93
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Gibbs & Holtz 1957	35,18



Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Sowers (1961)	28,83
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Sowers (1961)	29,73
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Sowers (1961)	33,34

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Bowles (1982) Sabbia Media	170,35

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	33,52
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	40,14

[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	66,63
---------------------------------	-------	------	-------	--------------------------------------	-------

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Meyerhof ed altri	1,45
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Meyerhof ed altri	1,59
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Meyerhof ed altri	1,97

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	(A.G.I.)	0,35
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	(A.G.I.)	0,34
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	(A.G.I.)	0,32

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico



Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Ohsaki (Sabbie pulite)	179,70
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Ohsaki (Sabbie pulite)	359,57
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Ohsaki (Sabbie pulite)	1038,59

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Ohta & Goto (1978) Limi	78,03
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Ohta & Goto (1978) Limi	120,96
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Ohta & Goto (1978) Limi	165,39

#### Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Navfac 1971-1982	0,50
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Navfac 1971-1982	1,26
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Navfac 1971-1982	3,89

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Robertson 1983	5,90
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Robertson 1983	12,34
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Robertson 1983	38,14

#### PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 07/03/2018  
Profondità prova 8,00 mt  
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	1	0	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	2	0	0,855	5,71	6,68	0,29	0,33
0,30	2	0	0,853	5,70	6,68	0,28	0,33
0,40	2	0	0,851	5,68	6,68	0,28	0,33
0,50	8	0	0,849	22,68	26,72	1,13	1,34
0,60	6	0	0,847	16,97	20,04	0,85	1,00
0,70	9	0	0,845	25,40	30,06	1,27	1,50
0,80	3	0	0,843	8,45	10,02	0,42	0,50
0,90	4	0	0,842	10,67	12,68	0,53	0,63
1,00	6	0	0,840	15,97	19,01	0,80	0,95
1,10	6	0	0,838	15,93	19,01	0,80	0,95
1,20	4	0	0,836	10,60	12,68	0,53	0,63

1,30	2	0	0,835	5,29	6,34	0,26	0,32
1,40	1	0	0,833	2,64	3,17	0,13	0,16
1,50	2	0	0,831	5,27	6,34	0,26	0,32
1,60	1	0	0,830	2,63	3,17	0,13	0,16
1,70	10	0	0,828	26,24	31,69	1,31	1,58
1,80	14	0	0,776	34,44	44,37	1,72	2,22
1,90	16	0	0,775	37,37	48,24	1,87	2,41
2,00	9	0	0,823	22,34	27,14	1,12	1,36
2,10	18	0	0,772	41,88	54,27	2,09	2,71
2,20	21	0	0,720	45,60	63,32	2,28	3,17
2,30	18	0	0,769	41,71	54,27	2,09	2,71
2,40	18	0	0,767	41,63	54,27	2,08	2,71
2,50	10	0	0,816	24,59	30,15	1,23	1,51
2,60	6	0	0,814	14,73	18,09	0,74	0,90
2,70	8	0	0,813	19,61	24,12	0,98	1,21
2,80	15	0	0,761	34,44	45,23	1,72	2,26
2,90	17	0	0,760	37,15	48,88	1,86	2,44
3,00	16	0	0,759	34,90	46,01	1,75	2,30
3,10	9	0	0,807	20,89	25,88	1,04	1,29
3,20	6	0	0,806	13,91	17,25	0,70	0,86
3,30	7	0	0,805	16,20	20,13	0,81	1,01
3,40	6	0	0,803	13,86	17,25	0,69	0,86
3,50	6	0	0,802	13,84	17,25	0,69	0,86
3,60	5	0	0,801	11,51	14,38	0,58	0,72
3,70	5	0	0,800	11,50	14,38	0,57	0,72
3,80	5	0	0,798	11,48	14,38	0,57	0,72



3,90	4	0	0,797	8,76	10,99	0,44	0,55
4,00	4	0	0,796	8,75	10,99	0,44	0,55
4,10	5	0	0,795	10,92	13,74	0,55	0,69
4,20	6	0	0,794	13,09	16,49	0,65	0,82
4,30	7	0	0,793	15,25	19,24	0,76	0,96
4,40	6	0	0,791	13,05	16,49	0,65	0,82
4,50	7	0	0,790	15,20	19,24	0,76	0,96
4,60	7	0	0,789	15,18	19,24	0,76	0,96
4,70	8	0	0,788	17,33	21,98	0,87	1,10
4,80	9	0	0,787	19,47	24,73	0,97	1,24
4,90	7	0	0,786	14,48	18,42	0,72	0,92
5,00	5	0	0,785	10,33	13,16	0,52	0,66
5,10	5	0	0,784	10,32	13,16	0,52	0,66
5,20	5	0	0,783	10,30	13,16	0,52	0,66
5,30	4	0	0,782	8,23	10,53	0,41	0,53
5,40	6	0	0,781	12,33	15,79	0,62	0,79
5,50	5	0	0,780	10,26	13,16	0,51	0,66
5,60	4	0	0,779	8,20	10,53	0,41	0,53
5,70	4	0	0,778	8,19	10,53	0,41	0,53
5,80	6	0	0,777	12,27	15,79	0,61	0,79
5,90	7	0	0,776	13,72	17,67	0,69	0,88
6,00	8	0	0,775	15,66	20,20	0,78	1,01
6,10	8	0	0,775	15,64	20,20	0,78	1,01
6,20	7	0	0,774	13,67	17,67	0,68	0,88
6,30	13	0	0,723	23,72	32,82	1,19	1,64
6,40	16	0	0,722	29,16	40,39	1,46	2,02
6,50	17	0	0,721	30,95	42,92	1,55	2,15
6,60	20	0	0,720	36,37	50,49	1,82	2,52
6,70	27	0	0,670	45,64	68,16	2,28	3,41
6,80	31	0	0,619	48,42	78,26	2,42	3,91
6,90	28	0	0,668	45,37	67,92	2,27	3,40
7,00	31	0	0,617	46,41	75,20	2,32	3,76
7,10	30	0	0,666	48,50	72,78	2,42	3,64
7,20	32	0	0,616	47,79	77,63	2,39	3,88
7,30	28	0	0,665	45,16	67,92	2,26	3,40
7,40	26	0	0,664	41,89	63,07	2,09	3,15
7,50	34	0	0,613	50,60	82,48	2,53	4,12
7,60	34	0	0,613	50,54	82,48	2,53	4,12
7,70	28	0	0,662	44,97	67,92	2,25	3,40
7,80	32	0	0,611	47,45	77,63	2,37	3,88
7,90	40	0	0,561	52,35	93,39	2,62	4,67
8,00	0	0	0,760	0,00	0,00	0,00	0,00

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,6	3,69	6,62	Incoerente - coesivo	0	1,62	1,86	0,13	0,76	2,81	Unità Litostratigrafica 1
6,2	8,46	24,22	Incoerente - coesivo	0	1,83	1,89	0,68	0,76	6,44	Unità Litostratigrafia 2
8	25,94	63,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	1,29	0,76	19,74	Unità Litostratigrafica 3

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		--
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		--
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		--

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		---

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		---

Modulo di Young



Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		---

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		--
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		--
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		--

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		--
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		--
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		--

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		0
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		0
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		0

**TERRENI INCOERENT I**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		0
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		0
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		0

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		



[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		
---------------------------------	-------	------	-------	--	--

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---

[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---
---------------------------------	-------	------	-------	--	-----

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		0
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		0
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		0

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Unità	2,81	1,60	2,81		0

Litostratigrafica 1					
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		0
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		0

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

## INTERAZIONE DELLE STRUTTURE IN PROGETTO CON IL SUOLO DI FONDAZIONE

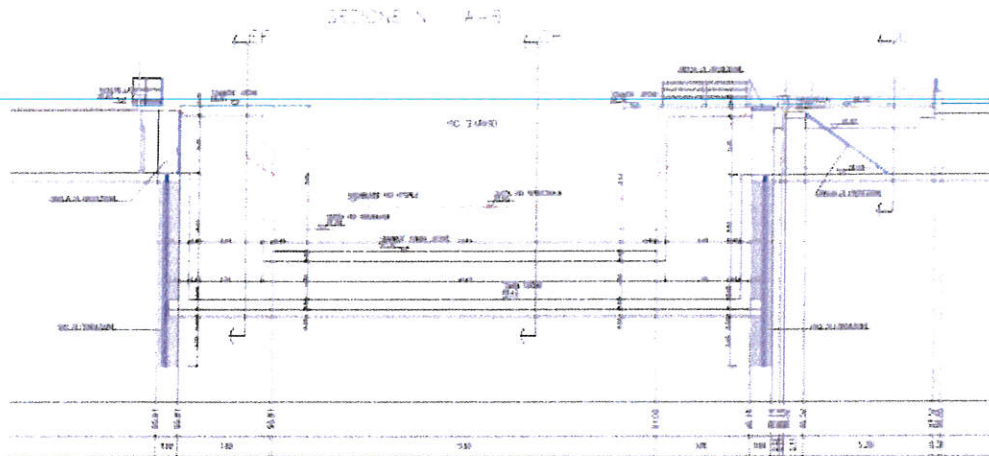
### - **Manufatto 1 - Sifone di attraversamento del rio Civario.**

Il sifone di attraversamento del rio Civario sostituisce l'attuale ponte canale, struttura limitante il deflusso del canale sia perché con intradosso della struttura a quota inferiore del piano di campagna che per l'ostruzione provocata dalla presenza di un pilone centrale.

La nuova struttura raccoglie le acque del Canale de Ferrari in sponda destra del rio e le convoglia nel manufatto scatolare al di sotto dell'alveo del rio in sponda sinistra dove riprende la corrente sede del canale.

La struttura scatolare, in calcestruzzo armato ed a sezione rettangolare idraulicamente idonea alle caratteristiche di portata (costante e regimata) del canale è impostata su platea in calcestruzzo armato con quota di posa a quota 88,40 (-4,40 dal piano di scorrimento del rio) con il piano di campagna circostante a quota 96,81. La figura seguente ne indica le principali caratteristiche dimensionali ed il posizionamento relativo al rio.

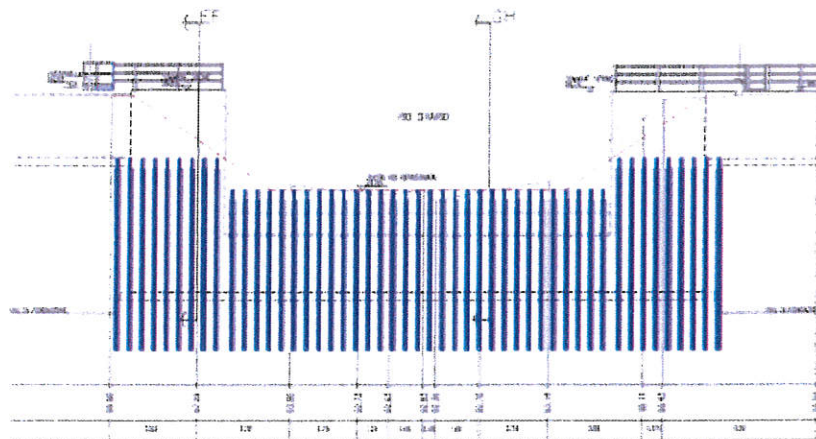




L'elevata profondità di posa determina, al fine di mantenere l'integrità dell'alveo e di limitare e stabilizzare i fronti di scavo, la necessità di realizzare strutture provvisorie finalizzate al loro contenimento.

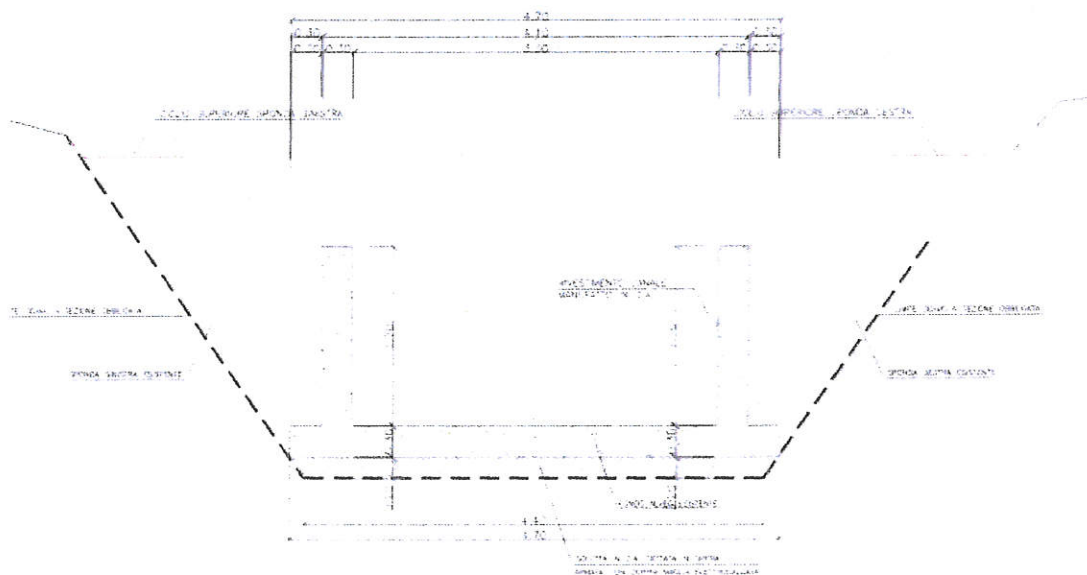
Si è quindi effettuata la scelta di realizzare paratie di contenimento in micropali infissi nel suolo con geometria tale da formare un "cassone" in grado di permettere l'inserimento degli elementi scatolari prefabbricati formanti il canale - sifone.

La paratia è costituita da pali con diametro di perforazione a rotazione di 190 mm con armatura di 114x10 in acciaio S275 della lunghezza di 6 m collegati in testa da trave HEA 200 con travi di contrasto della stessa dimensione.





In fase di intervento le attuali sponde saranno risagomate con pendenze tali da consentire l'operatività nelle fasi di lavoro. Ad opera conclusa si procederà con il ritombamento come indicato nella sezione.



## Verifica geotecnico – strutturale dei manufatti

### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009  
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Aggiornamento alla Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 17 Gennaio 2018)



### Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adatterà la seguente notazione:

$K_{am}$	diagramma della spinta attiva agente da monte
$K_{av}$	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
$K_{pm}$	diagramma della spinta passiva agente da monte
$K_{pv}$	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad e \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione

### Calcolo della spinte

#### Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

### Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).



## Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta  $L$  la lunghezza libera del tirante,  $A_f$  l'area di armatura nel tirante ed  $E_s$  il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad  $L$ , area  $A_f$ , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico  $E_s$ . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

### Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se ( $m$  è l'interasse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) occorre ricavare l'area equivalente,  $A_m$ , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con  $E_m$  il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in  $Kg/cm^2$ ), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliente nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliente ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

### Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$ . Tale pressione  $p_{max}$  può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione.



Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale ( $K$  matrice di rigidezza,  $u$  vettore degli spostamenti nodali,  $p$  vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

### Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con  $u$  ed  $u_0$  gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con  $s$  ed  $s_0$  gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con  $K$  la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

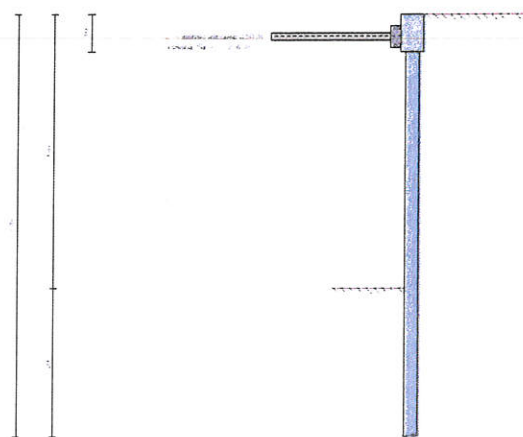
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	3,70	[m]
Profondità di infissione	2,00	[m]
Altezza totale della paratia	5,70	[m]
Lunghezza paratia	23,20	[m]

Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,50	[m]
Diametro dei micropali	19,00	[cm]
Numero totale di micropali	47	
Numero di micropali per metro lineare	2,03	
Diametro esterno del tubolare	114,00	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]



## Geometria cordoli

Il cordolo di collegamento testa palo sarà realizzato con profilo in acciaio HEA 200 saldato ai tubi d'armatura.

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

### Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

### Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0,00	Acciaio	--	--	1000,00	600,00



## Geometria profilo terreno

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

#### Profilo di monte

N	X	Y	A
2	5,00	0,00	0,00

#### Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-3,70	0,00
2	-4,60	-3,70	0,00
3	0,00	-3,70	0,00

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]

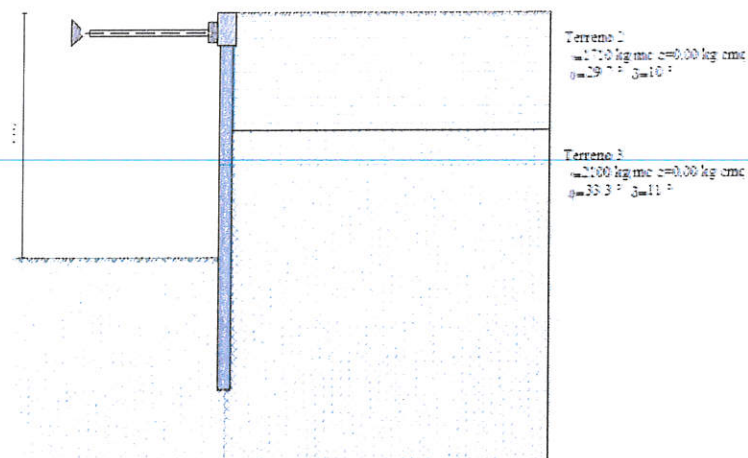
n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
2	Terreno 2	1710,00	1870,00	29,73	10,00	0,000
3	Terreno 3	2100,00	2310,00	33,34	11,00	0,000

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	1,78	0,00	0,27	Terreno 2
2	5,00	0,00	1,74	Terreno 3



## Caratteristiche materiali utilizzati

### Calcestruzzo

Peso specifico	2500	[kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	306	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione di progetto a compressione $\sigma_c$	99	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	6,1	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	18,5	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### Acciaio

Tipo	Fe 510	
Tensione di snervamento $f_{yk}$	3600	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	FeB44K	
Tensione di snervamento $f_{yk}$	4400	[kg/cm <sup>2</sup> ]

## Descrizione puntoni

Numero di file di puntoni 1

Franco laterale 0,20 [m]

### Simbologia adottata - Geometria puntoni

$n^\circ$	numero d'ordine della fila
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
Int	interasse della fila espresso in [m]
X	ascissa appoggio espresso in [m]
Y	ordinata appoggio espresso in [m]
L	lunghezza puntone espressa in [m]
alfa	inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in $^\circ$
ALL	allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)
np	numero di puntoni della fila

### Simbologia adottata - Caratteristiche e materiali

A	Area espressa in [cm <sup>2</sup> ]
I	Inerzia espressa in [cm <sup>4</sup> ]

Wr	Modulo di resistenza espresso in [cm <sup>3</sup> ]
Vinc	Tipo vincolo appoggio
E	Modulo Elastico espresso in [kg/cmq]
$\sigma_{amm}$	Tensione ammissibile espressa in [kg/cmq]

#### Geometria puntoni

n°	Y	Int	X	Y	L	Alfa	ALL	np
1	-0,30	2,50	-2,00	-0,30	2,00	0,00	Centrati	9

#### Rigidezza, vincolo e materiale puntone

N	A	I	Wr	Vinc	E	$\sigma_{amm}$
1	28,48	142,40	28,47	Rigido	2100000,00	2600,00

### Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

#### Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

#### Combinazione n° 2 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

#### Combinazione n° 3

Spinta terreno

#### Combinazione n° 4

Spinta terreno

#### Combinazione n° 5

Spinta terreno

### Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

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

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40



Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gs fav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qs fav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan \phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

### Impostazioni di analisi

#### Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

### Analisi della spinta

#### Pressioni terreno

##### *Simbologia adottata*

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

$Y$  ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

$\sigma_{am}$	sigma attiva da monte
$\sigma_{av}$	sigma attiva da valle
$\sigma_{pm}$	sigma passiva da monte
$\sigma_{pv}$	sigma passiva da valle
$\delta_a$	inclinazione spinta attiva espressa in [°]
$\delta_p$	inclinazione spinta passiva espressa in [°]

#### Combinazione n° 1

n°	$Y(m)$	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
----	--------	---------------	---------------	---------------	---------------	------------	------------

1	0,00	1	0	7	0	10,0	0,0
11	1,00	693	0	6597	0	10,0	0,0
21	1,90	1153	0	14741	0	11,0	0,0
31	2,90	1887	0	24134	0	11,0	0,0
41	3,90	2622	147	33527	1879	11,0	0,0
51	4,90	3357	881	42919	11271	11,0	0,0

#### Combinazione n° 2

n°	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	1	0	4	0	8,0	0,0
11	1,00	656	0	4142	0	8,0	0,0
21	1,90	1116	0	9042	0	8,8	0,0
31	2,90	1826	0	14803	0	8,8	0,0
41	3,90	2537	142	20565	1152	8,8	0,0
51	4,90	3248	853	26326	6914	8,8	0,0

#### Combinazione n° 3

n°	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	1	0	5	0	10,0	0,0
11	1,00	533	0	5075	0	10,0	0,0
21	1,90	887	0	11339	0	11,0	0,0
31	2,90	1452	0	18565	0	11,0	0,0
41	3,90	2017	113	25790	1445	11,0	0,0
51	4,90	2582	678	33015	8670	11,0	0,0

#### Combinazione n° 4

n°	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	1	0	5	0	10,0	0,0
11	1,00	533	0	5075	0	10,0	0,0
21	1,90	887	0	11339	0	11,0	0,0
31	2,90	1452	0	18565	0	11,0	0,0
41	3,90	2017	113	25790	1445	11,0	0,0
51	4,90	2582	678	33015	8670	11,0	0,0

#### Combinazione n° 5

n°	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0,00	1	0	5	0	10,0	0,0
11	1,00	533	0	5075	0	10,0	0,0
21	1,90	887	0	11339	0	11,0	0,0
31	2,90	1452	0	18565	0	11,0	0,0
41	3,90	2017	113	25790	1445	11,0	0,0
51	4,90	2582	678	33015	8670	11,0	0,0

### Analisi della paratia

**L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico**  
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 74 elementi fuori terra e 40 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3,70	[m]
Profondità di infissione	2,00	[m]
Altezza totale della paratia	5,70	[m]

### Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

#### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y <sub>Pa</sub>	Is	Y <sub>Is</sub>	Pw	Y <sub>Pw</sub>	Pp	Y <sub>Pp</sub>	Pc	Y <sub>Pc</sub>
1	[A1-M1]	4793	2,53	--	--	--	--	-3215	4,60	598	5,56
2	[A2-M2]	4874	2,60	--	--	--	--	-2770	4,88	277	5,62
3	[SLEQ]	3687	2,53	--	--	--	--	-2473	4,60	460	5,56
4	[SLEF]	3687	2,53	--	--	--	--	-2473	4,60	460	5,56
5	[SLER]	3687	2,53	--	--	--	--	-2473	4,60	460	5,56

#### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y <sub>Rc</sub>	Rt	Y <sub>Rt</sub>	Rv	Y <sub>Rv</sub>	Rp	Y <sub>Rp</sub>
1	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	-2176	0,30
2	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	-2382	0,30
3	[SLEQ]	0	0,00	--	--	--	--	-1674	0,30
4	[SLEF]	0	0,00	--	--	--	--	-1674	0,30
5	[SLER]	0	0,00	--	--	--	--	-1674	0,30

#### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P <sub>NUL</sub>	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P <sub>INV</sub>	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C <sub>ROT</sub>	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R <sub>MAX</sub>	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp	Portanza di punta, espressa in [kg]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub>	P <sub>INV</sub>	C <sub>ROT</sub>	MP	R/R <sub>MAX</sub>	Pp
1	[A1-M1]	3,98	4,55	5,28	43.90	13,96	4199



2	[A2-M2]	4,17	5,00	5,46	65.85	28,11	2137
3	[SLEQ]	3,98	4,55	5,28	43.90	13,96	4199
4	[SLEF]	3,98	4,55	5,28	43.90	13,96	4199
5	[SLER]	3,98	4,55	5,28	43.90	13,96	4199

## Risultati puntoni

### Caratteristiche dei puntoni utilizzati

#### Simbologia adottata

n°	Identificativo della fila di puntoni
Y	ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
np	numero puntoni della fila
N	reazione del puntone della fila espresso in [kg]
Rt/ml	reazione a metro lineare del puntone della fila espresso in [kg]
A <sub>f</sub>	area di armatura in ogni puntone espressa in [cmq]
σ <sub>f</sub>	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

Carico critico puntone n° 1  $N_{cr} = 73785,16$  [kg]

#### Combinazione n° 1

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	9	-5609,30	-2176,02	28,48	196,96	0,01876

#### Combinazione n° 2

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	9	-6139,89	-2381,85	28,48	215,59	0,02053

#### Combinazione n° 3

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	9	-4314,85	-1673,86	28,48	151,50	0,01443

#### Combinazione n° 4

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	9	-4314,85	-1673,86	28,48	151,50	0,01443

#### Combinazione n° 5

n°	Y	np	N	Rt/ml	A <sub>f</sub>	σ <sub>f</sub>	u
1	-0,30	9	-4314,85	-1673,86	28,48	151,50	0,01443

## Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

#### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
----	--------------------------------

Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	
1	[A1-M1]	337	4,85	2617	3,95	819	5,70	MAX
--	--	-2958	2,59	-2105	0,30	0	0,00	MIN
2	[A2-M2]	89	5,20	2493	4,15	819	5,70	MAX
--	--	-3527	2,74	-2310	0,30	0	0,00	MIN
3	[SLEQ]	259	4,85	2013	3,95	819	5,70	MAX
--	--	-2275	2,59	-1619	0,30	0	0,00	MIN
4	[SLEF]	259	4,85	2013	3,95	819	5,70	MAX
--	--	-2275	2,59	-1619	0,30	0	0,00	MIN
5	[SLER]	259	4,85	2013	3,95	819	5,70	MAX
--	--	-2275	2,59	-1619	0,30	0	0,00	MIN

## Spostamenti massimi e minimi della paratia

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y <sub>U</sub>	V	Y <sub>V</sub>	
1	[A1-M1]	0,8129	2,64	0,0013	0,00	MAX
--	--	-0,1616	5,70	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	1,0811	2,79	0,0013	0,00	MAX
--	--	-0,1818	0,00	0,0000	0,00	MIN
3	[SLEQ]	0,6253	2,64	0,0013	0,00	MAX
--	--	-0,1243	5,70	0,0000	0,00	MIN
4	[SLEF]	0,6253	2,64	0,0013	0,00	MAX
--	--	-0,1243	5,70	0,0000	0,00	MIN
5	[SLER]	0,6253	2,64	0,0013	0,00	MAX
--	--	-0,1243	5,70	0,0000	0,00	MIN

## Stabilità globale

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 100

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X <sub>C</sub> ; Y <sub>C</sub> )	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X <sub>V</sub> ; Y <sub>V</sub> )	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X <sub>M</sub> ; Y <sub>M</sub> )	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X <sub>C</sub> , Y <sub>C</sub> )	R	(X <sub>V</sub> , Y <sub>V</sub> )	(X <sub>M</sub> , Y <sub>M</sub> )	FS
2	[A2-M2]	(-1,14; 0,00)	5,81	(-5,63; -3,69)	(4,67; 0,00)	1,54

## Combinazione n° 2

Numero di strisce 50

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N° numero d'ordine della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

### Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	47,54	-49,05	-35,90	0,32	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
2	147,52	-46,00	-106,12	0,30	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
3	237,62	-43,11	-162,39	0,29	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
4	319,23	-40,35	-206,70	0,27	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
5	393,39	-37,70	-240,58	0,26	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
6	460,89	-35,15	-265,31	0,26	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
7	522,36	-32,67	-281,95	0,25	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
8	578,32	-30,26	-291,39	0,24	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
9	629,18	-27,90	-294,42	0,24	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
10	675,27	-25,60	-291,75	0,23	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
11	716,88	-23,34	-283,99	0,23	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
12	754,25	-21,12	-271,72	0,22	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
13	787,57	-18,93	-255,45	0,22	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
14	817,00	-16,77	-235,67	0,22	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
15	842,70	-14,63	-212,83	0,22	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
16	864,77	-12,51	-187,36	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
17	883,31	-10,41	-159,67	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
18	898,40	-8,33	-130,15	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
19	910,10	-6,26	-99,17	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
20	918,46	-4,19	-67,11	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
21	923,51	-2,13	-34,33	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
22	925,27	-0,07	-1,18	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
23	923,74	1,98	31,98	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
24	918,93	4,04	64,80	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
25	910,81	6,11	96,92	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
26	899,35	8,18	127,98	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
27	884,50	10,26	157,62	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
28	2281,41	12,33	487,37	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
29	2260,81	14,39	562,00	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
30	2236,87	16,47	634,25	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
31	2209,50	18,57	703,73	0,21	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
32	2178,56	20,70	770,03	0,22	27,76	0,000	0,000	(0; 0)



33	2143,91	22,86	832,74	0,22	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
34	2105,39	25,05	891,38	0,22	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
35	2062,78	27,28	945,46	0,23	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
36	2015,85	29,56	994,43	0,23	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
37	1964,31	31,89	1037,68	0,24	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
38	1907,80	34,28	1074,53	0,25	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
39	1845,90	36,74	1104,22	0,25	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
40	1778,09	39,28	1125,84	0,26	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
41	1703,72	41,92	1138,33	0,27	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
42	1621,94	44,68	1140,42	0,29	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
43	1531,66	47,57	1130,54	0,30	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
44	1431,42	50,63	1106,64	0,32	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
45	1319,13	53,91	1066,02	0,34	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
46	1191,69	57,48	1004,79	0,38	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
47	1044,12	61,43	917,01	0,42	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
48	867,23	65,99	792,18	0,50	27,76	0,000	0,000	(0; 0)
49	643,69	71,63	610,88	0,64	26,16	0,000	0,000	(0; 0)
50	264,63	82,40	262,30	1,54	24,55	0,000	0,000	(0; 0)

$\Sigma W_i = 57401,31$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 16696,91$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 25757,95$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$  [kg]

## Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	19,00 cm
Area della sezione trasversale	283,53 cmq
Diametro esterno del tubolare	114,00 mm
Spessore del tubolare	10,00 mm
Area della sezione tubolare	32,67 cmq
Inerzia della sezione tubolare	445,82 cm <sup>4</sup>

## Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kg]
Tr	taglio resistente espresso in [kg]
FS <sub>T</sub>	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	2,59	-1460	183	-3719	467	2.55
2	[A2-M2]	2,74	-1741	194	-3719	415	2.14

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
$\sigma_f$	tensione normale nell'armatura, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_f$	tensione tangenziale nell'armatura, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{id}$	tensione ideale ( $\sigma_{id} = (\sigma_f^2 + 3 \tau_f^2)^{0.5}$ ) nella sezione del tubolare, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Tipo	$\sigma_f$	Y( $\sigma_f$ )	$\tau_f$	Y( $\tau_f$ )	$\sigma_{id}$	Y( $\sigma_{id}$ )
3	[SLEQ]	1441,49	2,59	60,84	3,95	1441,49	2,59
4	[SLEF]	1441,49	2,59	60,84	3,95	1441,49	2,59
5	[SLER]	1441,49	2,59	60,84	3,95	1441,49	2,59

## Verifica armatura paratia (Inviluppo)

### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]
M	momento flettente, espresso in [kgm]
N	sforzo normale, espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento, espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo di riferimento, espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	0,00	0	0	0	0	1000.00
1	[A1-M1]	0,25	4	18	3749	17619	994.25
2	[A2-M2]	0,50	-217	35	-3720	603	17.10
2	[A2-M2]	0,74	-487	53	-3719	403	7.64
2	[A2-M2]	0,99	-742	70	-3719	352	5.01
2	[A2-M2]	1,24	-977	88	-3719	334	3.81
2	[A2-M2]	1,48	-1188	105	-3719	329	3.13
2	[A2-M2]	1,73	-1371	123	-3719	333	2.71
2	[A2-M2]	1,98	-1523	140	-3719	343	2.44
2	[A2-M2]	2,23	-1640	158	-3719	359	2.27
2	[A2-M2]	2,49	-1714	176	-3719	383	2.17
2	[A2-M2]	2,74	-1741	194	-3719	415	2.14
2	[A2-M2]	2,99	-1714	212	-3719	460	2.17
2	[A2-M2]	3,25	-1629	230	-3719	525	2.28
2	[A2-M2]	3,50	-1479	248	-3720	624	2.51
2	[A2-M2]	3,75	-1260	266	-3720	785	2.95
2	[A2-M2]	4,00	-980	284	-3720	1076	3.79
2	[A2-M2]	4,25	-675	301	-3721	1661	5.51
2	[A2-M2]	4,50	-382	319	-3724	3106	9.74
1	[A1-M1]	4,75	158	337	3732	7965	23.66
1	[A1-M1]	5,00	154	354	3733	8616	24.31
1	[A1-M1]	5,25	91	372	3745	15238	40.95
1	[A1-M1]	5,50	24	390	3147	51811	132.90

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione, espressa in [m]
$\sigma_{id}$	tensione ideale nell'acciaio, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_f$	tensione normale in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau_f$	tensione tangenziale in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Y	$\sigma_{id}$ n° - Tipo	$\sigma_f$ n° - Tipo	$\tau_f$ n° - Tipo
0,00	0,003 - [SLEQ]	0,003 - [SLEQ]	0,003 - [SLEQ]
0,25	4,923 - [SLEQ]	4,253 - [SLEQ]	1,433 - [SLEQ]
0,50	211,753 - [SLEQ]	194,993 - [SLEQ]	47,673 - [SLEQ]
0,74	442,253 - [SLEQ]	435,253 - [SLEQ]	45,243 - [SLEQ]
0,99	664,483 - [SLEQ]	660,523 - [SLEQ]	41,853 - [SLEQ]
1,24	868,253 - [SLEQ]	865,823 - [SLEQ]	37,493 - [SLEQ]
1,48	1047,663 - [SLEQ]	1046,173 - [SLEQ]	32,163 - [SLEQ]
1,73	1197,463 - [SLEQ]	1196,623 - [SLEQ]	25,883 - [SLEQ]
1,98	1316,123 - [SLEQ]	1315,693 - [SLEQ]	19,253 - [SLEQ]
2,23	1398,563 - [SLEQ]	1398,413 - [SLEQ]	11,723 - [SLEQ]
2,49	1438,603 - [SLEQ]	1438,593 - [SLEQ]	3,133 - [SLEQ]



2,74	1430,633 - [SLEQ]	1430,583 - [SLEQ]	6,543 - [SLEQ]
2,99	1369,073 - [SLEQ]	1368,753 - [SLEQ]	17,283 - [SLEQ]
3,25	1248,453 - [SLEQ]	1247,443 - [SLEQ]	29,083 - [SLEQ]
3,50	1063,493 - [SLEQ]	1061,013 - [SLEQ]	41,963 - [SLEQ]
3,75	810,323 - [SLEQ]	804,583 - [SLEQ]	55,593 - [SLEQ]
4,00	506,783 - [SLEQ]	495,783 - [SLEQ]	60,643 - [SLEQ]
4,25	212,413 - [SLEQ]	192,313 - [SLEQ]	52,083 - [SLEQ]
4,50	80,203 - [SLEQ]	59,693 - [SLEQ]	30,923 - [SLEQ]
4,75	165,803 - [SLEQ]	165,483 - [SLEQ]	5,963 - [SLEQ]
5,00	162,613 - [SLEQ]	161,883 - [SLEQ]	8,923 - [SLEQ]
5,25	104,153 - [SLEQ]	101,333 - [SLEQ]	13,903 - [SLEQ]
5,50	38,613 - [SLEQ]	35,223 - [SLEQ]	9,133 - [SLEQ]

Ing. Gian Carlo Cermelli

