

# COMUNE DI SESTRIERE

## RIQUALIFICAZIONE DELL'AREA VECCHIA SCIOVIA NUBE D'ARGENTO - REALIZZAZIONE SOTTOPASSO PER SCIATORI ALLA SCIOVIA "ORSIERA" PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO

**E**

### RELAZIONE GEOLOGICA

**SERVIZIO DI PROGETTAZIONE:**  
**CONSORZIO FORESTALE ALTA VALLE SUSA**

Via Pellousiere n°6 OULX (TO) C.A.P. 10056  
Tel 0122 - 831079 Fax 0122 - 831282 E.MAIL cf.avs@tin.it  
P.iva 03070280015 - C.F. 86501390016

**- AREA BACINI MONTANI -**



CODICE DOCUMENTO

area	anno incarico	n.commissa	revisione	n.elaborato	n. archivio
03	2016	040	01	0E	1474

Motivo revisione : VERIFICA PROGETTO - recepimento osservazioni HY.M.STUDIO

GEN.17 Dott. Geol. Zeno VANGELISTA

DATA REDATTO DA:

GEN.17 Dott. For. Alberto DOTTA

DATA PROGETTISTA e R.D.D.

Dott. For. Alberto DOTTA

RESPONSABILE DI COMMESSA



COMMITTENTE

**COMUNE DI SESTRIERE**



Via Europa n°1  
Tel. 0122 - 750613  
Fax 0122 - 76310  
E.MAIL comuneseestriere@legalmail.it

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

**Responsabile del Procedimento**  
**Arch. Chiara SIAZZU**



## **INDICE**

Premessa

1. Caratterizzazione geologica e geomorfologica *pag. 4*
2. Indagini geognostiche *pag. 9*
3. Inquadramento sismico *pag. 13*
4. Caratterizzazione geotecnica e idrogeologica *pag. 15*
  - 4.1 Caratterizzazione geotecnica *pag. 16*
  - 4.2 Caratterizzazione idrogeologica *pag. 16*
  - 4.2 Amianto *pag. 17*
5. Verifiche di stabilità dell'insieme opere / terreno *pag. 17*
6. Note di sintesi e conclusioni *pag. 20*

ALLEGATO 1 – Prove penetrometriche dinamiche – relazione di calcolo

ALLEGATO 2 – Verifiche di stabilità dell'insieme opere / versante – relazione di calcolo

ALLEGATO 3 – Sondaggi geognostici – rapporto certificativo delle indagini

ALLEGATO 4 – Sondaggi geognostici – indagine geofisica con metodologia MASW



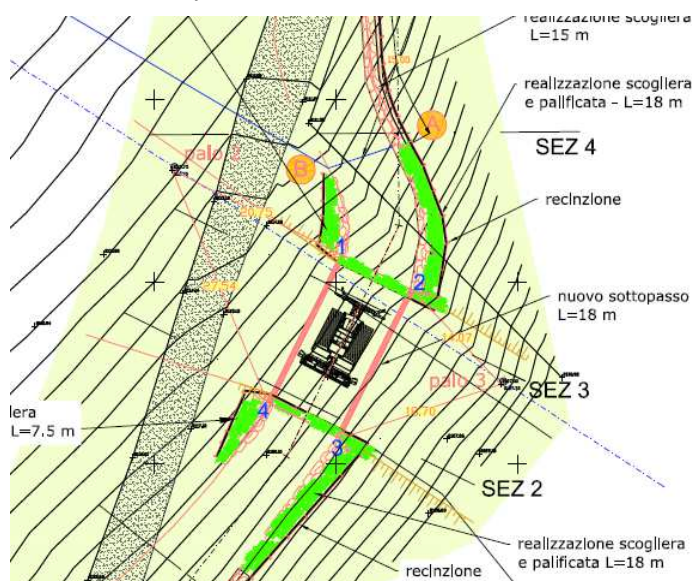
## PREMESSA

Il Comune di Sestriere ha affidato al Consorzio Forestale Alta Valle di Susa l'incarico della progettazione esecutiva di realizzazione del sottopasso per sciatori alla sciovvia "Orsiera".

Il progetto prevede la realizzazione di un sottopasso ubicato tra la pista n. 63 Orsiera (zona Anfiteatro) e l'omonima sciovvia. Al fine di permettere il passaggio ai mezzi battipista in dotazione alla società Sestriere le dimensioni interne del sottopasso saranno di 8 m in larghezza netta e 5 m in altezza.

Nel periodo estivo il sottopasso potrà essere utilizzato come magazzino per il materiale di allestimento in sicurezza delle piste (segnaletica, paline, materassi ecc.).

La presente relazione integra l'elaborato C1 - Relazione geologica, nivologica ed esame degli interventi dello studio di fattibilità, a firma del Dott. Geol. Dario Fontan, nella quale sono riportate le analisi di stabilità dell'insieme opere/versante secondo quanto indicato dal DM 14 gennaio 2008. La caratterizzazione geotecnica ed idrogeologica dei terreni di scavo e fondazione è stata eseguita dal Dott. Fontan, in via preliminare, sulla base di quanto osservato durante l'esecuzione di alcuni pozzetti esplorativi e basandosi su numerose prove geognostiche (SPT), eseguite in passato e reperite nella banca dati di ARPA Piemonte, riferite però all'area del concentrico di Sestriere. Pertanto si è ritenuto necessario eseguire nel periodo compreso tra il 18 e il 22 settembre 2015 una campagna di indagini geognostiche e geofisiche (due sondaggi a carotaggio continuo, con prove SPT ogni 3 metri e due prove geofisiche MASW) per integrare e verificare l'elaborato di Fontan, in particolare per quanto riguarda le eventuali opere di sostegno da realizzarsi durante le fasi di scavo dei sottopassi.





## **Documentazione consultata**

### *Normativa nazionale di riferimento*

- Circ. 02.02.2009 "Istruzioni C.S.LL.PP. per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
- D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- OPCM 3274 del 20.03.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- DD.LL.PP. 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- Autorità di Bacino del Fiume Po "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – 7 Norme di attuazione e Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici"

### *Normativa regionale di riferimento*

- Circ. P.G.R. 8.05.1999 n. 45 "Nuove norme per gli interventi da eseguire in aree sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici" e s.m.i.
- Legge Regionale n. 45 "Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici – Abrogazione legge regionale 12.08.1981, n. 27"
- Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n. 7/LAP
- Regione Piemonte, Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte, 1999 – Nota Tecnica Esplicativa alla Circolare P.G.,R. 8 maggio 1996 n. 7/LAP.

### *Normativa comunale di riferimento*

- Piano Regolatore Generale Comunale del Comune di Sestriere

### *Bibliografia*

- Bocca P.C., 2002. XXX Giochi Olimpici Invernali Torino 2006. I02 Innevamento Anfiteatro. Relazione geologica
- CiTiEmme, 2015. Sondaggi geognostici propedeutici al progetto di realizzazione sottopasso Orsiera. Indagine geofisica con metodologia MASW
- CiTiEmme, 2015. Sondaggi geognostici propedeutici al progetto di realizzazione sottopasso Orsiera. Rapporto certificativo delle indagini
- Comune di Sestriere, 2012. PRGC Allegato C – Documentazione geognostica e geotecnica
- Fontan D., 2013. NG01 – Riquadrificazione dell'area vecchia sciovina Nube d'Argento. Relazione geologica, nivologia ed esame degli interventi. Revisione

### *Banche Dati*

- ARPA Piemonte – Banca dati SIFRAP – RERCOMF Rete regionale di Controllo Movimenti Franosì
- ARPA Piemonte – Sistema Informativo Valanghe SIVA

### *Cartografia*

- Carta Geologica d'Italia, Foglio 66 "Cesana Torinese", scala 1 : 100 000 (rilievi 1910 – 1911)
- Carta Geologica d'Italia, Foglio 171 "Cesana Torinese", scala 1 : 50 000 (rilievi 2000 – 2006)
- Comune di Sestriere, 2012. PRGC Tav. n. 1 Carta geologica
- Comune di Sestriere, 2012. PRGC Tav. n. 2 Carta geomorfologica
- Comune di Sestriere, 2012. PRGC Tav. n. 9 Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica



## 1. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il sito è localizzato a metà del versante nord-occidentale del Monte Banchetta (m 2812 s.l.m.), in destra orografica della valle del torrente Chisonetto.

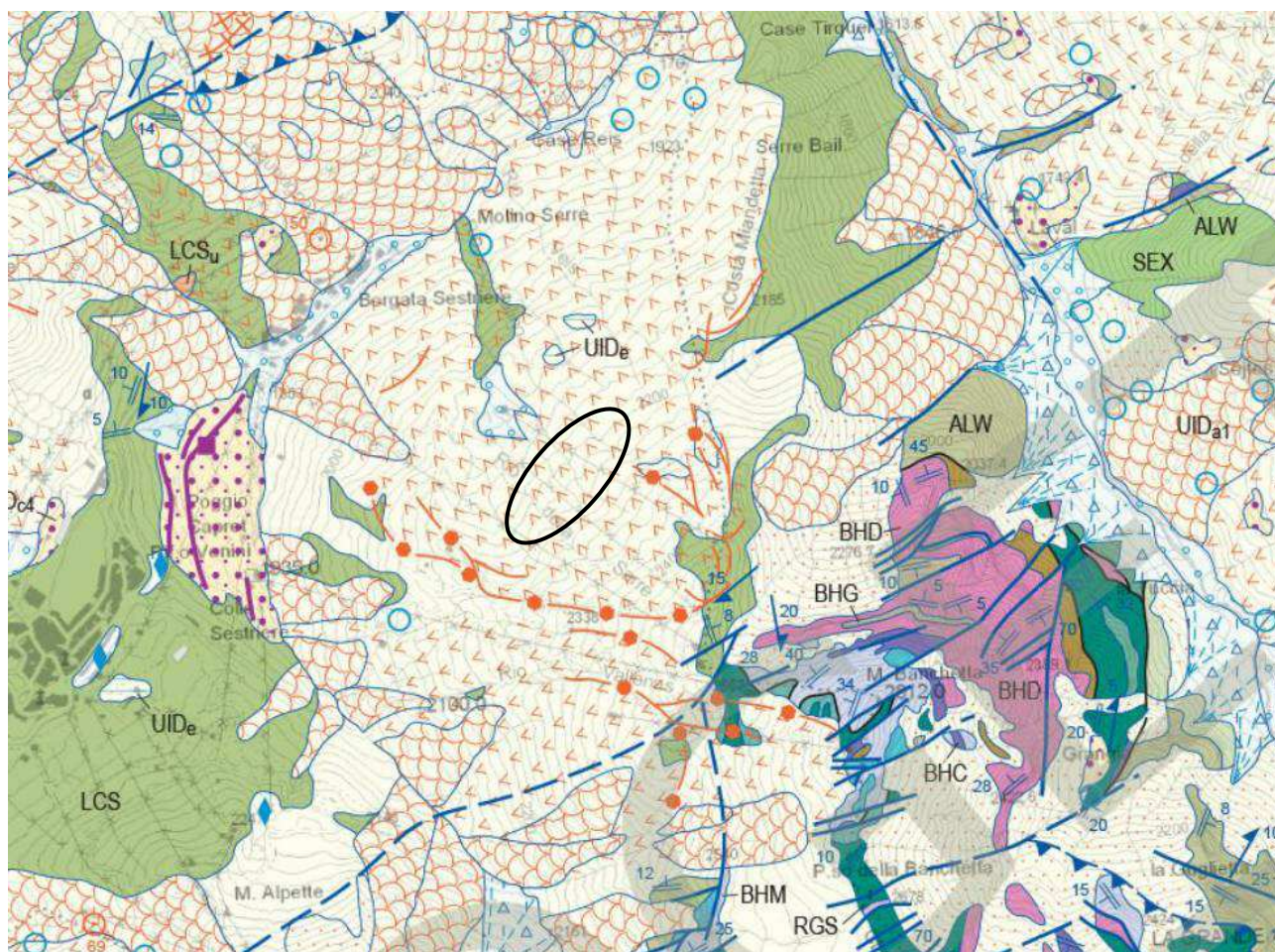


Fig. 2 – Localizzazione degli interventi

Il versante è sede di fenomeni gravitativi complessi, evidenziati in superficie dalla topografia e dalla presenza di estese e frequenti risorgenze della falda freatica (tratteggio in colore blu) e dalla morfologia accidentata a grandi gobbe e depressioni.

Nella Carta Geologica d'Italia, Foglio 171 "Cesana Torinese", scala 1 : 50 000 (rilievi 2000 – 2006, consultabile per ora solo per Web nel sito [http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/171\\_CESANA\\_TORINESE/Foglio.html](http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/171_CESANA_TORINESE/Foglio.html)) nel versante, costituito da calcescisti, è identificata una Deformazione gravitativa profonda che si estende sino al fondovalle:





### SUCCESSIONE PLIOCENICO (?) - QUATERNARIA

#### Unità ubiquitarie in formazione



UID

Coltre colluviale e detritico-colluviale a spese essenzialmente di substrato particolarmente degradabile (UID<sub>b2</sub>). Depositi caotici costituiti da clasti e blocchi eterometrici con matrice sabbioso-siltosa percentuali variabili; ammassi rocciosi costituiti da porzioni di substrato rilasciato e disartico anche di cospicue dimensioni (depositi di frana) (UID<sub>a1</sub>). Sedimenti con tessitura aperta parzialmente aperta, costituiti da clasti e blocchi angolosi e subordinata matrice sabbioso-siltosa; sabbioso-ghiaiosa (depositi detritici) (UID<sub>a3</sub>). Accumuli caotici di blocchi con struttura parzialmente aperta passanti a *diamicton* a matrice siltoso-sabbiosa con clasti e blocchi eterometrici (*till* indiziato della Piccola Età Glaciale) (UID<sub>e1</sub>). Accumuli di clasti e blocchi angolosi con tessitura aperta e parzialmente aperta, poggiati su *diamicton* con matrice prevalentemente sabbiosa (depositi *rock glacier*) (UID<sub>e7</sub>). Alternanza di livelli torbosi con scarsa frazione minerale e di livelli silto argillosi grigio-azzurrognoli (depositi palustri e di torbiera) (UID<sub>e</sub>). Concrezioni carbonatiche massicce e/o stratificate e breccie di versante a cemento carbonatico (travertini) (UID<sub>h1</sub>). Accumuli di origine antropica (UID<sub>h</sub>). *PLEISTOCENE SUP. - ATTUALE*

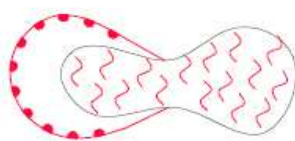
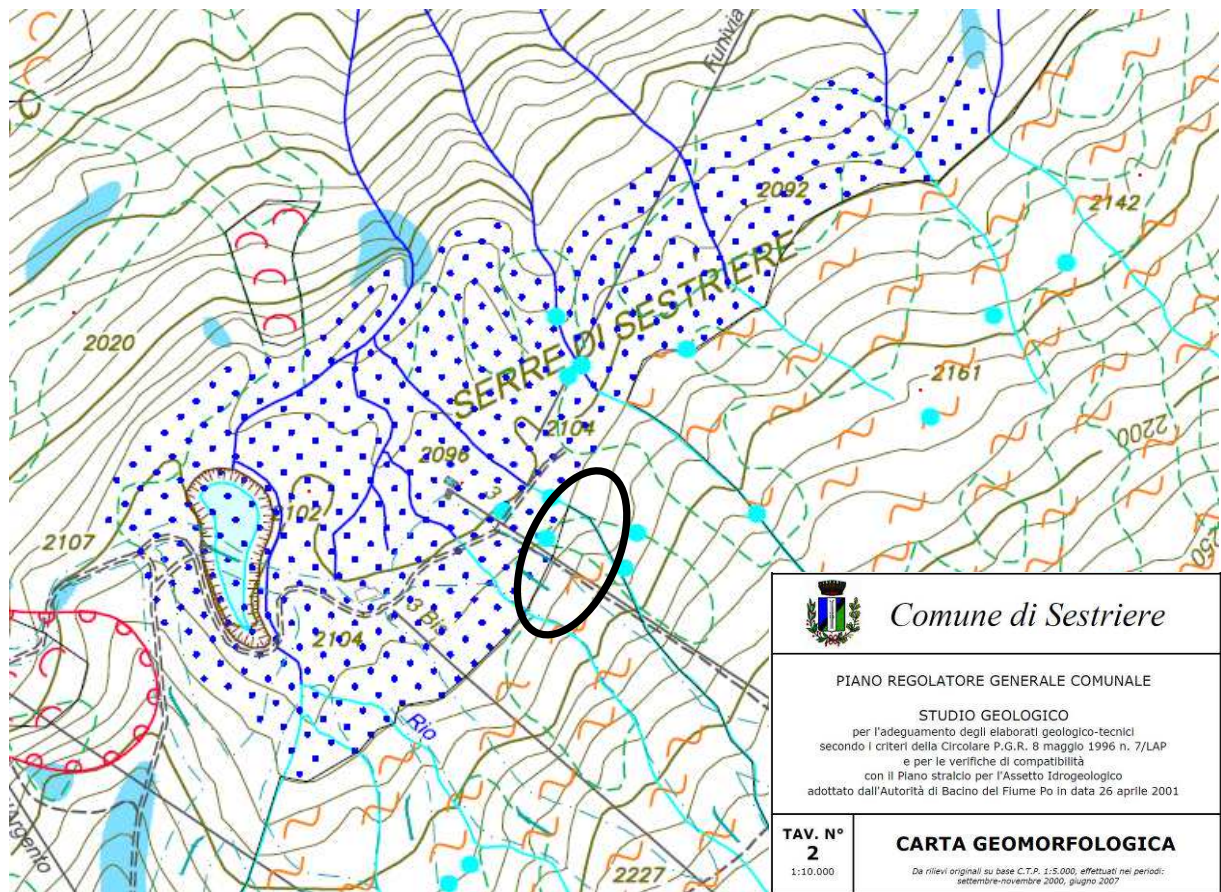


Deformazione gravitativa profonda di versante

Fig. 3 – Carta Geologica d'Italia scala 1 : 50.000 F° 171 – estratto e Legenda



Nella carta geomorfologica e nella carta di sintesi del PRGC di Sestriere [Fig. 3 e Fig. 4] la DGPV è distinta in due elementi, 40FQ8 e 41FQ8, quiescenti:



Deformazioni gravitative profonde di versante.



Depositi morenici.



Sorgenti, con eventuale nicchia.

Fig. 4 – PRGC Sestriere – Carta geomorfologica



L'area di intervento è posta lungo una pista sterrata [1] poco a monte della zona [2] di transizione fra il versante a monte, acclive e parzialmente boscato, e un ripiano [3] formato, secondo la cartografia di PRGC, da depositi glaciali sul quale è edificata la stazione di partenza dell'impianto sciistico.



Fig. 5 – Panoramica dell'area di intervento

Le caratteristiche geomorfologiche sopra descritte sono recepite nel PRGC di Sestriere dalla Tav. n. 9 - Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, che situa l'area di intervento nella zona d'unghia del dissesto gravitativo 41FQ8 (frana quiescente):



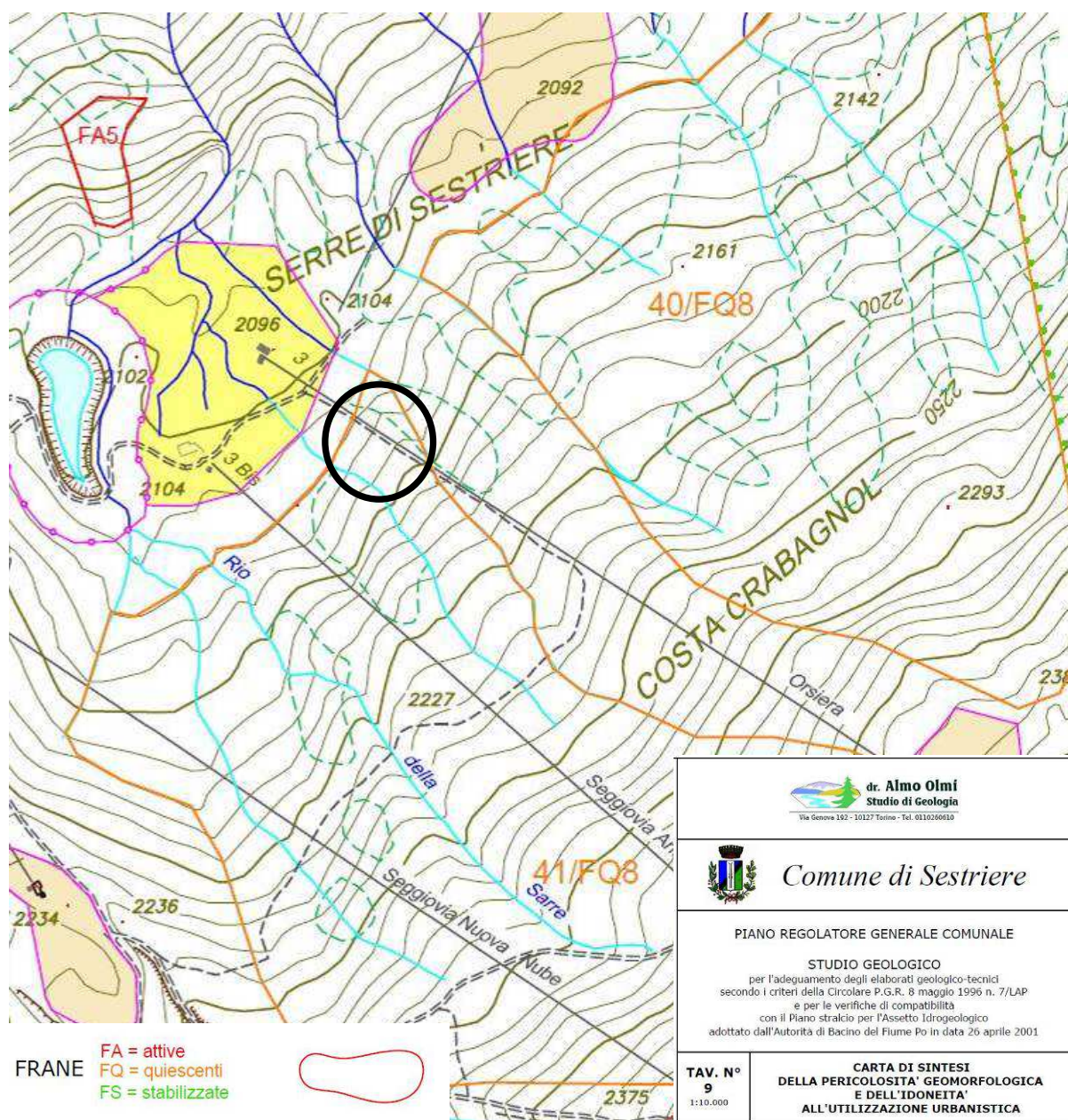


Fig. 6 – PRGC Sestriere – Carta di Sintesi e Legenda

In base a quanto osservato appare chiaro che il sito di futura realizzazione del sottopasso è ubicato su un versante soggetto a deformazioni gravitative in profondità e a un creeping superficiale favorito dalla presenza diffusa di risorgenze della falda freatica e, in primavera, dallo scioglimento del manto nevoso.



## **2. INDAGINI GEOGNOSTICHE**

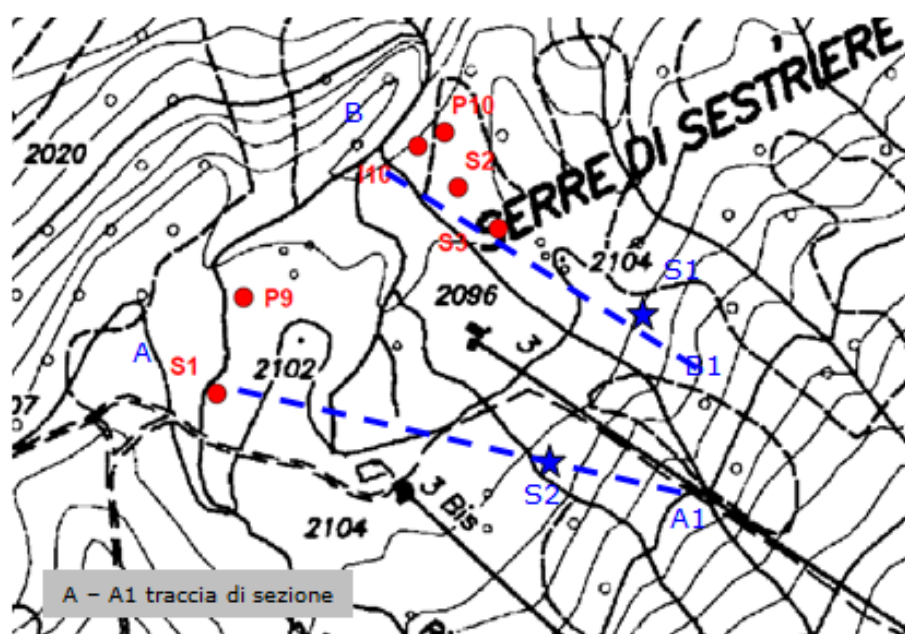
Durante la progettazione dell'impianto di innevamento Anfiteatro, nell'ambito delle opere per le XX Olimpiadi Invernali Torino 2006, sono stati eseguiti tre sondaggi geognostici (S1, S2, S3), installati due tubi piezometrici (P9 e P10) e un tubo inclinometrico (I10) nel ripiano a valle della zona di intervento. Erano già presenti nella zona i fori PZ1 (vicino a S1) e PZ2 (vicino a I10), non indicati nella planimetria riportata alla pagina seguente [Fig. 5].

Nella fase di progettazione sono stati eseguiti due fori geognostici a carotaggio continuo [Fig. 6], della profondità di m 20 ciascuno, con prove SPT ogni tre metri, e due stendimenti MASW, ognuno centrato su un sondaggio. L'indagine si è svolta lungo la pista sterrata posta in corrispondenza della rottura di pendenza del versante, poco a valle dei siti di imposta del sottopassi.

Lo scopo principale della campagna è stato quello di determinare la profondità del bedrock e la soggiacenza della falda freatica in corrispondenza dell'imposta del sottopasso in progetto, nonché verificare i principali parametri geotecnici della copertura quaternaria del versante, ipotizzati in via preliminare da Fontan sulla base di osservazioni di terreno e dati bibliografici. In allegato è riportata la Relazione descrittiva e i log litostratigrafici, realizzati dal Dott. A. Cantù di CiTiEmme[Allegato 3].



Planimetria dei sondaggi presenti nell'area  
Rosso = sondaggi olimpici Blu = sondaggi di progetto



	Foro	Falda	bedrock	
●	S1	-2.76	Non raggiunto a - m 6	XX Olimpiadi Invernali Torino 2006
●	PZ1	-4.31	?	
●	S2	-3.16	Non raggiunto a - m 6	
●	S3	-2.40	Non raggiunto a - m 6	
●	P9	-2.50	Non raggiunto a - m 10	
●	P10	-4.50	Non raggiunto a - m 10	
●	I10	-4.50	- 13.30	
●	PZ2	-4.87	?	
★	S1	-1.95	-16.70	Geognostica di progetto
★	S2	-4.30	-18	Geognostica di progetto

Fig. 7 – Localizzazione delle indagini geognostiche pregresse e localizzazione del profilo stratigrafico A-A1 di Fig. 9 pag. 12





Fig. 8 – Localizzazione delle indagini geognostiche effettuate nell’ambito del progetto

Il foro S1 ha attraversato una sequenza di depositi quaternari composta prevalentemente da frammenti e clasti eterometrici, in matrice limosa, debolmente sabbiosa, progressivamente addensata con l’aumento della profondità. Il substrato roccioso pre-quaternario, costituito da calcescisti, è stato raggiunto alla profondità di m 18 (quota desunta dal rifiuto della SPT) e si presenta molto fratturato: stante l’esigua profondità del sondaggio non è possibile capire se si tratta dello strato di alterazione (cappellaccio o orizzonte C ) oppure il substrato è molto alterato in accordo alla classificazione di DGPV). La soggiacenza della falda freatica è di – m 1.95 (al momento delle prove si notavano nell’intorno numerose zone sature).

Il foro S2 ha attraversato una sequenza sedimentaria e metamorfica simile a S1. La soggiacenza della falda freatica è di – m 4.30 [cfr la Fig. 8 – Profilo stratigrafico].



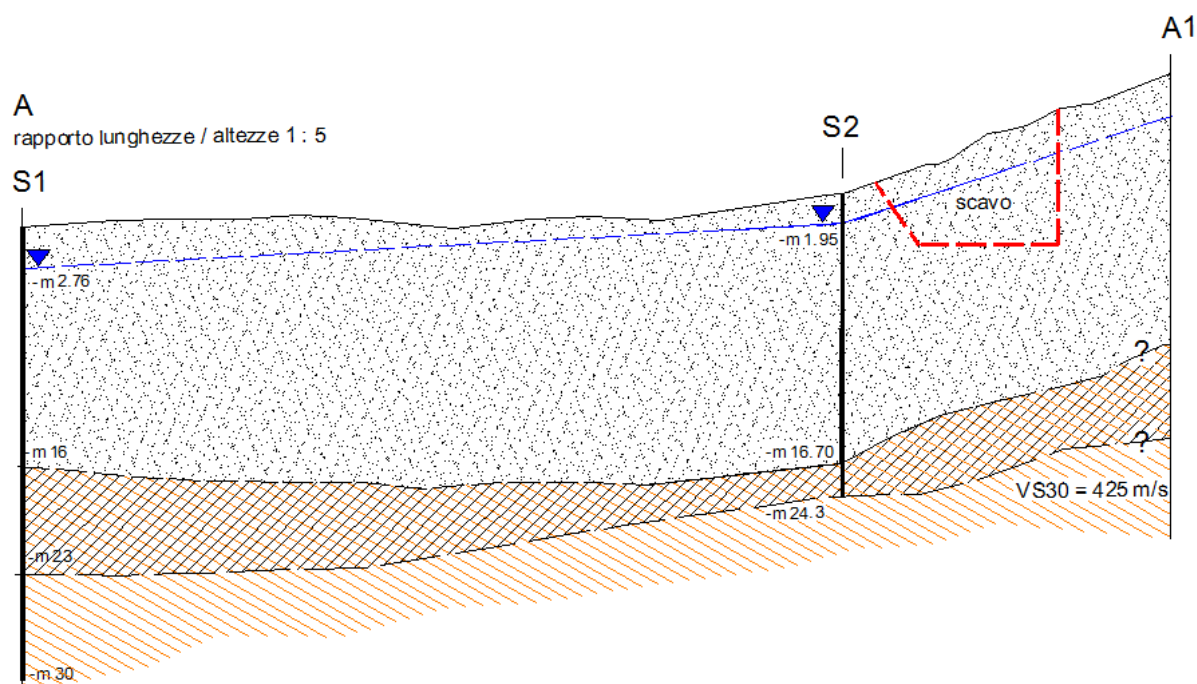


Fig. 9 – Profilo stratigrafico A-A1

Le due prove MASW (eseguite parallelamente alle isoipse; in allegato la Relazione specialistica) hanno confermato quanto espresso dai sondaggi e dalle prove SPT. In particolare il Dott. Geol. Lavezzo, esecutore delle prove ed estensore della Relazione, individua il bedrock sismico alla profondità di m 24.3 (S1) e di m 20.4 (S2).

In corrispondenza dello stendimento S1 la geosismica evidenzia un progressivo e uniforme incremento delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità, mentre in S2 segnala la presenza di una inversione alla profondità di - m 17.5, laddove

Secondo le Linee Guida del Dipartimento della Protezione Civile per la Microzonazione Sismica si definisce l'inversione di velocità nel profilo delle  $V_s$  qualora sia realizzata la condizione in cui un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto  $\frac{V_{s_{rig}}}{V_{s_{soft}}} > 2$  e con la  $V_s$  dello strato più rigido maggiore di 500 m/s.

Tenuto conto che tale inversione è collocata in corrispondenza di un limite stratigrafico riscontrato nel sondaggio S2, si può pensare che essa rappresenti il tetto dello strato di alterazione del substrato roccioso.



### 3. INQUADRAMENTO SISMICO

(ARPA Piemonte) - Il territorio regionale piemontese è circondato a N, ad W e a S dal sistema alpino occidentale, catena collisionale originatasi a partire dal Cretaceo per lo scontro fra le placca Europea ed Adriatica; il contesto tettonico ed i regimi geodinamici tutt'ora attivi portano la regione ad essere interessata da una sensibile attività sismica, generalmente modesta come intensità, ma notevole come frequenza. I terremoti si manifestano principalmente lungo due direttrici che riflettono chiaramente l'assetto tettonico regionale essendo quasi coincidenti, entro un ragionevole margine di distribuzione, l'uno con il fronte Pennidico e l'altro con il limite fra le unità pennidiche e la pianura padana.

Osservando infatti la localizzazione degli epicentri dei terremoti registrati dalla rete sismica si nota chiaramente una distribuzione dispersa lungo due direttrici principali: una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna, in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità; l'altra più dispersa segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle alpi Occidentali francesi. Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa interessando il Nizzardo e l'Imperiese. A seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante 'Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica', è stata introdotta una nuova classificazione sismica del territorio nazionale articolata in 4 zone.

Il territorio del Comune di Sestriere è inserito in Zona Sismica 3

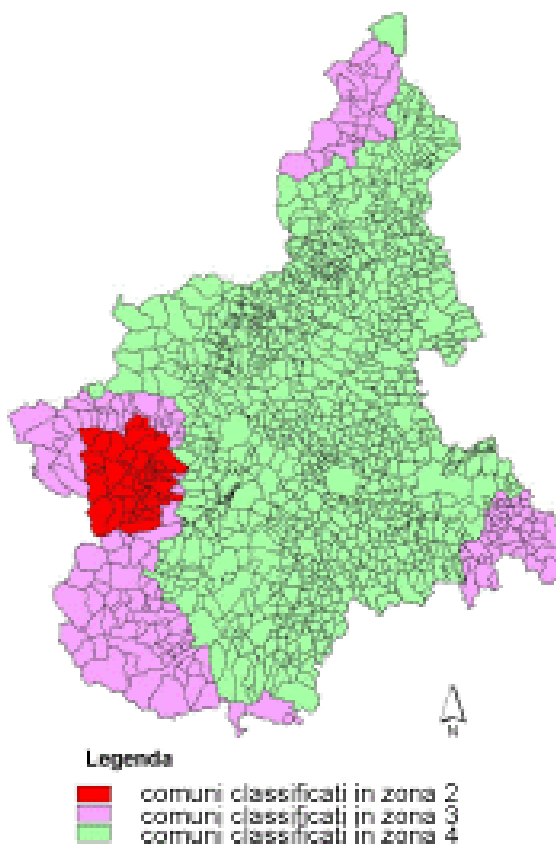


Fig. 10 – Zonazione sismica del Piemonte



Il Decreto 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” indica i seguenti valori di accelerazione orizzontale  $a_g$  / g per ciascuna delle quattro zone sismiche individuate nel territorio italiano, nonché i valori dei parametri di amplificazione sismica (in grassetto i parametri individuati per la zona in esame):

Zona sismica	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $a_g$ / g	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $a_g$ / g
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	> 0.05	0.05
Profilo stratigrafico – categoria e descrizione		
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a m 3	
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a m 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)	
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)	
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni fini a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a m 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{S30} < 180$ m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)	
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a m 20, posti sul substrato di riferimento (con $V_{S30}$ superiori a 800 m/s)	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori $V_{S30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_u < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabili nei tipi precedenti	
Categorie topografiche		
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	
Vita nominale della struttura $V_N$ (anni)		
E' intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata		
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva (possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni)	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$
Classi d'uso e Coefficiente d'uso $C_u$		
In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso		



I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli	0,7
II	<b>Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.</b>	<b>1,0</b>
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso	1,5
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5 novembre 2001, n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica	2,0

#### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA

Le risultanze delle prove SPT eseguite nei fori sono state trattate numericamente per mezzo del programma Dynamic Probing (GeoStru, codice di registrazione n. 674157304E77344E735755544A75777A525A4D724F335137415A3479496B6B59527651556E71614163733441). Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare i valori dei principali parametri geotecnici.

Il programma fornisce numerosi valori di output forniti in base agli algoritmi proposti da svariati autori attivi nella geotecnica in campo nazionale e internazionale. La scelta del valore ritenuto ottimale deve essere fatta in base alle osservazioni sul terreno, individuando cioè la relazione che meglio si adatta alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito di progetto [in Allegato 1].



#### 4.1 – Inquadramento geotecnico

I terreni di fondazione del manufatto in progetto sono costituiti da ghiaie e sabbie con limi e una piccola percentuale di minerali micacei derivanti dall'alterazione pedogenetica dei calcescisti del substrato:

angolo di attrito interno	$\varphi$	37°
densità naturale	$\gamma$	1.8 t/m <sup>3</sup>
Coesione	c	0.1 kg/cm <sup>2</sup>
Suolo Classe sismica (DM 14/01/2008)		B

#### 4.2 – Inquadramento idrogeologico

I sondaggi geognostici effettuati in corrispondenza delle opere in progetto hanno evidenziato la soggiacenza variabile della falda freatica a – m 2 e – m 4. Le osservazioni di terreno hanno permesso di osservare la presenza di zone sature superficiali, per cui si può diagnosticare la presenza di falde sospese di limitata estensione, che determinano la saturazione superficiale del terreno a livello del piano di campagna in zone circoscritte del versante, e una falda freatica principale con soggiacenza minima di m 2.

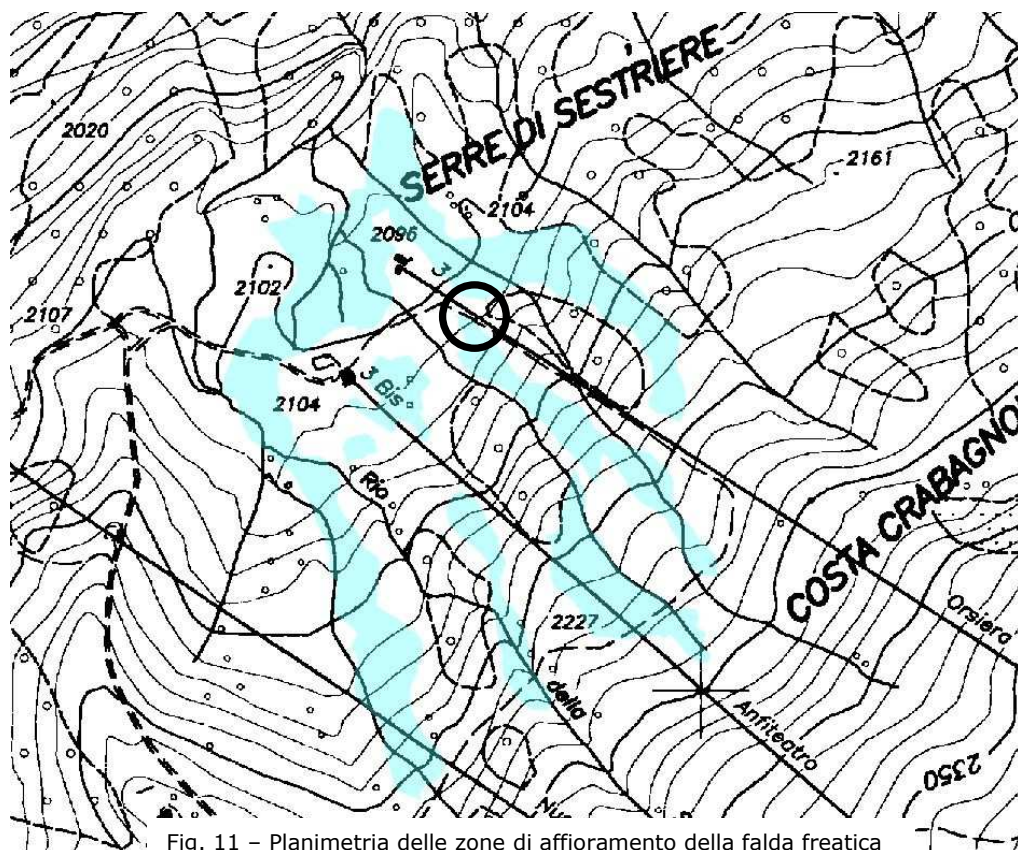


Fig. 11 – Planimetria delle zone di affioramento della falda freatica



#### 4.3 – Amianto

Nell'area di intervento non sono presenti affioramenti di rocce asbestifere, pertanto i materiali di scavo potranno essere riutilizzati in loco per riempimenti e rimodellamenti. In ossequio alla normativa regionale vigente, durante le fasi di scavo dovrà essere presente un tecnico abilitato geologo. Qualora durante gli scavi fossero rinvenuti elementi asbestosi dovrà essere applicata la normativa sulla sicurezza relativa alla presenza di amianto.

### **5. VERIFICHE DI STABILITÀ DELL'INSIEME OPERE / TERRENO**

L'opera in progetto è articolata in tre elementi che presentano caratteristiche meccaniche molto diverse l'uno dall'altro.

Il sottopasso in cemento armato è sostanzialmente un'opera rigida.

La scogliera in massi è una struttura deformabile grazie all'attrito presente all'interfaccia dei singoli conci lapidei.

La palificata viva a doppia parete è una struttura deformabile grazie all'elasticità del legno e dei punti nodali rappresentati dalle connessioni degli elementi strutturali, correnti e trasversi, che sono vincolati per mezzo di elementi metallici (graffe, barre) e che quindi permettono moderate rotazioni reciproche.

Pertanto è piuttosto difficoltoso creare un modello di interazione fra il versante e l'opera nel suo complesso, perché le reazioni alla spinta delle terre sono diverse a seconda delle caratteristiche meccaniche del singolo elemento, e di conseguenza la spinta del versante sui diversi elementi dell'opera può essere diversa.

Nello studio di fattibilità, il Geologo D. Fontan ha dimostrato come gli scavi necessari alla realizzazione del sottopasso non risultano verificati; tale affermazione è ulteriormente avvalorata dalle indagini geognostiche esposte nel presente elaborato. Pertanto si confermano le indicazioni contenute nello studio di fattibilità, laddove si indicano, come azioni per raggiungere la stabilità della pendice, la realizzazione di una berlinese formata da due ordini di palificate in micropali, stabilizzati con sei tiranti pretensionati, nonché la



realizzazione di dreni fra le opere e il versante. Tale berlinese permette di superare le problematiche esposte nel paragrafo precedente.

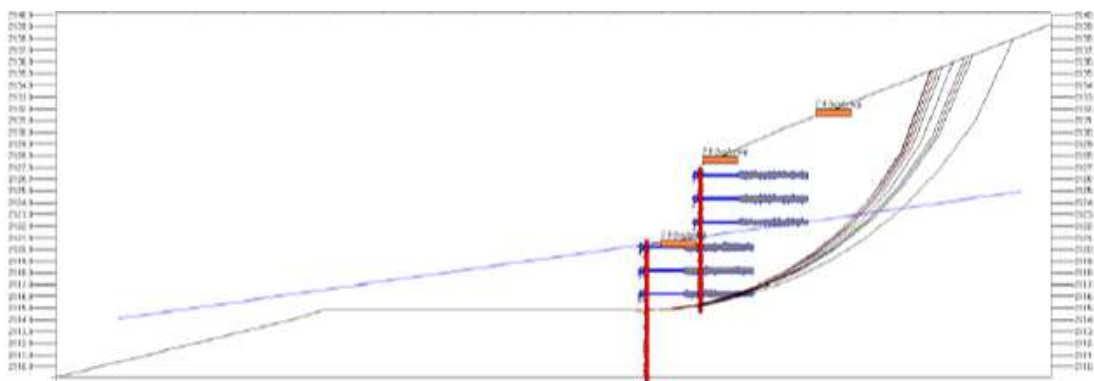


Fig. 12 – Modellazione della berlinese (Geol. Fontan – Studio di fattibilità)

E' prevista una scogliera in massi di altezza variabile fino ad una altezza massima di m 6, sormontata da una palificata viva a doppia parete alta m 3. È stata eseguita la verifica di stabilità dell'insieme scogliera-palificata viva / terreno nella sezione di massimo sviluppo, a lato del sottopasso (lato di monte; la scogliera lato di valle non è soggetta a spinte del versante), utilizzando il software GeoStru Slope (Lic. N. 46573137552B596A533156343447363655785264334157 5731476B3959747975474F6278754935714B774437523758714D3838707177413D), imponendo i parametri sismici, geotecnici e idrogeologici descritti nei capitoli precedenti, in presenza di falda freatica affiorante nello scavo e in condizioni sismiche.

La scogliera è stata inserita utilizzando una sequenza di blocchi di volume pari a m<sup>3</sup> 0.5, per superare il limite del programma che non permette di adottare come opera di intervento un manufatto costituito da conci non vincolati reciprocamente, quale appunto una scogliera in massi.

L'insieme opera/versante opera risulta verificato [cfr la Relazione di Calcolo in Allegato 2]. Le verifiche al ribaltamento e scorrimento delle opere sono di competenza del Progettista.



SOTTOPASSO ORSIERA - Scala 1:100

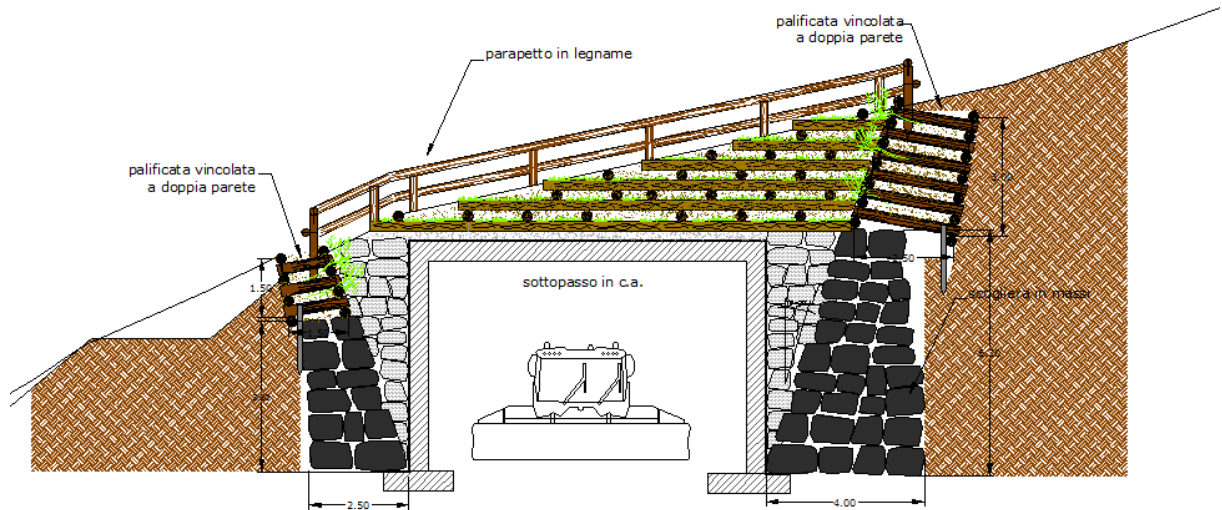


Fig. 13 – Sezione delle opere di progetto

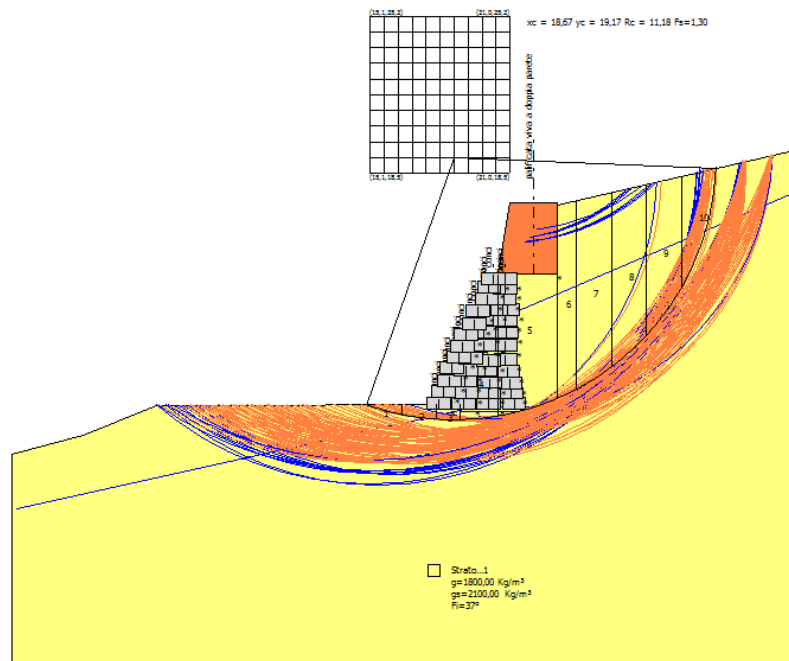


Fig. 14 –Verifica di stabilità dell'insieme opere / terreno. La scogliera è costituita da conci di volume pari a  $m^3$  0.5 ciascuno. La spezzata inclinata di colore blu rappresenta la falda freatica, intercettata dallo scavo e dall'opera. Sono evidenziate le superfici di scorrimento di forma a spirale semilogaritmica, lungo le quali, per i singoli conci numerati da 1 a 10, è stato verificato che il rapporto fra forze resistenti e forze agenti ( $F_s$ ) sia superiore o uguale a 1.1



## **6. NOTE DI SINTESI E CONCLUSIONI**

Il Comune di Sestriere ha affidato al Consorzio Forestale Alta Valle di Susa l'incarico della progettazione esecutiva di realizzazione del sottopasso per sciatori alla sciovia "Orsiera". Il progetto prevede la realizzazione di un sottopasso ubicato tra la pista n. 63 Orsiera (zona Anfiteatro) e l'omonima sciovia. Al fine di permettere il passaggio ai mezzi battipista in dotazione alla società Sestriere le dimensioni interne del sottopasso saranno di 8 m in larghezza netta e 5 m in altezza: data l'esigua lunghezza non sono previsti impianti di illuminazione.

Nel periodo estivo il sottopasso potrà essere utilizzato come magazzino per il materiale di allestimento in sicurezza delle piste (segnaletica, paline, materassi ecc.).

L'ambito geologico del sito di intervento presenta caratteristiche che impongono attenzione sotto il profilo progettuale, a causa della presenza superficiale della falda freatica e dei lenti movimenti gravitativi della potente (m 17) coltre di depositi quaternari.

Lo scavo si svolgerà in condizioni di emergenza della falda acquifera ( = scavi sotto falda) ed avendo un fronte alto non meno di 9 m, sarà essere protetto con una berlinese tirantata. Ogni scavo di altezza superiori a m 1 dovrà avere il fronte con inclinazione non superiore a 30° dall'orizzontale.

Il versante a tergo del sottopasso dovrà essere adeguatamente drenato in modo da abbattere la soggiacenza della falda freatica e di conseguenza le pressioni neutre e le spinte idrostatiche a carico dei manufatti.

Nella fase di cantiere non potranno essere accumulati materiali (deponie) di alcuna natura al di sopra dello scavo.

Durante le fasi di scavo e movimentazione del tout-venant dovrà essere presente in cantiere un geologo abilitato per l'eventuale riconoscimento macroscopico (al campione a mano) della presenza di asbesti.

Le acque drenate dall'opera non potranno essere rilasciate indiscriminatamente nel versante, ma convogliate nel reticolo idrografico o in collettore adatto.



# ALLEGATO 1 - PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Codice di calcolo: Dynamic Probing – GeoStru software

Numero identificativo: 674157304E77344E735755544A75777A525A4D724F335137415A3479496B6B59527651556E71614163733441

## **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE** **(DYNAMIC PROBING)** **DPSH – DPM (... sept ecc.)**

### **Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25



Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M≥60	25
-----------------------------	------	------	----

### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta$  = 10 cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento /fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento  $\delta$  = 10 cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento /fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
 massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento /fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.



### Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);  
e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );  
M = peso massa battente (altezza caduta H);  
P = peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{v0})} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_S \times C_r \times C_d$$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C<sub>S</sub>: Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C<sub>d</sub>: Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C<sub>r</sub>: Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :



**Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media****minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media****deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media****-****s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $s_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt..

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti****Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.



#### **Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda**

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

#### **Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.



- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck 1948-1967

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/sec)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### **Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

#### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**



#### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensibilità  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu- $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cm<sup>2</sup>), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson 1983  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose (  $N_{spt}=6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_\gamma$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***



- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

Committente: Unione Montana Comuni Olimpici-Via Lattea Cantiere: Sciovia Orsiera Località: Sestriere (TO)	
---	--

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: CAMPIONATORE RAYMOND FORO**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	0,8 m
Peso aste a metro	10 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,99 m
Avanzamento punta	0,15 m
Numero colpi per punta	N(15)
Coeff. Correlazione	0,926
Rivestimento/fanghi	No

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato... CAMPIONATORE RAYMOND FORO  
 Prova eseguita in data 21/09/2015  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	6
3,30	8
3,45	4
6,15	11
6,30	12
6,45	16
9,15	27
9,30	32
9,45	35
12,15	19
12,30	39
12,45	31
15,15	23
15,30	41
15,45	43
18,15	0
18,30	0
18,45	0



## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	38,46	72,32	76,27	37,17
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	41,56	76,42	75,74	53,33
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	48,95	89,43	89,86	73,08
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	43,5	80,04	83,29	74,26
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	41,95	77,93	83,62	79,84
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	29,84	59,01	65,51	65,94

### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	11,964	30,42	23,42	31,35	31,57	34,4	38,12	<30	28,4	30,59	39,49	30,47
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	33,13	26,13	34,01	30,15	37,5	38,7	30-32	32,94	33,44	42,27	35,72
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	38,69	31,69	39,45	30,05	41,59	40,52	35-38	39,77	39,27	45,49	43,6
[4] - clasti in matrice	69,79	12,45	42,395	39,11	32,11	39,87	29,34	41,78	39,21	35-38	40,22	39,72	43,28	44,12



limosa, da addensati a molto addensati														
[5] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	41,11	34,11	41,82	29,02	42,43	38,91	35-38	42,21	41,81	42,08	46,42
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	36,29	29,29	37,1	27,97	40,19	36,26	32-35	37,08	36,75	36,41	40,5

#### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	11,964	246,89	95,71	141,88	269,73	134,82
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	330,65	171,66	253,90	340,93	182,29
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	456,49	327,20	483,31	486,75	279,50
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	464,76	339,16	500,96	497,96	286,98
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	501,56	394,99	583,31	550,30	321,87
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	406,92	260,00	384,20	423,75	237,50

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - clasti minuti in matrice	11,964	3,45	11,964	71,78	52,04	84,94	91,36



liomoso-sabbiosa							
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	128,75	71,54	152,35	133,70
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	245,40	111,47	290,39	220,41
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	254,37	114,55	301,00	227,08
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	296,24	128,88	350,56	258,21
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	195,00	94,22	230,75	182,95

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	11,964	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	11,964	Meyerhof ed altri	1,79
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	Meyerhof ed altri	2,02
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	Meyerhof ed altri	2,21
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	Meyerhof ed altri	2,21
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	Meyerhof ed altri	2,24
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	Meyerhof ed altri	2,16

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Gamma Saturo
--	------	--------------	-------------------	--------------	--------------



		(m)	presenza falda		(t/m <sup>3</sup> )
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	11,964	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,42
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	11,964	(A.G.I.)	0,33
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	(A.G.I.)	0,31
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	(A.G.I.)	0,27
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	(A.G.I.)	0,27
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	(A.G.I.)	0,26
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	(A.G.I.)	0,29

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	11,964	670,07	569,50
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	1160,40	813,79
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	2127,79	1206,90
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	2200,84	1233,67
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	2539,81	1354,06
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	1714,29	1048,75

#### Velocità onde di taglio



	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - clasti minuti in matrice liomoso- sabbiosa	11,964	3,45	11,964	Ohta & Goto (1978) Limi	116,76
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	Ohta & Goto (1978) Limi	158,32
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	Ohta & Goto (1978) Limi	193,96
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	Ohta & Goto (1978) Limi	207,61
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	Ohta & Goto (1978) Limi	223,36
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	Ohta & Goto (1978) Limi	215,73

#### Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - clasti minuti in matrice liomoso- sabbiosa	11,964	3,45	11,964	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	Seed e Idriss (1971)	--
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	Seed e Idriss (1971)	--
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	Seed e Idriss (1971)	--

#### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh}/\sigma_v$

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] - clasti minuti in matrice liomoso- sabbiosa	11,964	3,45	11,964	Navfac 1971-1982	2,52
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	Navfac 1971-1982	4,30
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	Navfac 1971-1982	7,00
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	Navfac 1971-1982	7,18
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	Navfac 1971-1982	8,09
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	Navfac 1971-1982	5,95

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Qc
--	------	--------------	-------------------	--------------	----



		(m)	presenza falda		(Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - clasti minuti in matrice liomoso-sabbiosa	11,964	3,45	11,964	Robertson 1983	23,93
[2] - clasti e ciottoli in matrice limosa	27,916	6,45	21,458	Robertson 1983	42,92
[3] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	66,799	9,45	40,8995	Robertson 1983	81,80
[4] - clasti in matrice limosa, da addensati a molto addensati	69,79	12,45	42,395	Robertson 1983	84,79
[5] - clasti in matrice liomosa, da addensati a molto addensati	83,748	15,45	49,374	Robertson 1983	98,75
[6] - bedrock disarticolato	50	18,45	32,5	Robertson 1983	65,00

#### PROVA ...S2

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Falda rilevata

CAMPIONATORE RAYMOND FORO  
 22/09/2015

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	3
3,30	6
3,45	6
6,15	15
6,30	16
6,45	18
9,15	20
9,30	23
9,45	27
12,15	23
12,30	39
12,45	40
15,15	18
15,30	30
15,45	32
18,15	50
18,30	50
18,45	50



## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	37,63	71,11	76,32	35,39
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	45,75	83,85	82,8	55,74
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	47,97	87,62	86,54	64,16
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	54,71	100	99,06	75,59
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	47,79	87,26	87,19	69,24
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	55,68	100	100	83,71

### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	30,17	23,17	31,11	31,75	34,09	37,96	<30	27,91	30,33	39	29,91
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	33,64	26,64	34,51	30,7	38	39,74	30-32	33,67	33,97	43,58	36,56
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	35,76	28,76	36,58	30,42	39,81	40,27	32-35	36,44	36,19	44,85	39,76
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	39,59	32,59	40,34	30,69	41,97	42	35-38	40,71	40,22	47,38	44,69
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a	57,412	15,45	36,206	37,34	30,34	38,14	30,09	40,88	40,22	32-35	38,3	37,86	45,03	41,91



molto addensati														
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	42,37	35,37	43,06	30,48	42,64	42	>38	43,41	43,14	47,85	47,8

#### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	237,94	88,90	131,82	263,34	130,56
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	344,12	185,94	274,96	354,32	191,21
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	395,17	245,20	362,37	409,88	228,25
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	473,89	352,62	520,81	510,58	295,39
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	429,50	289,65	427,93	451,55	256,03
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	523,55	430,40	635,54	583,50	344,00

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	66,67	50,29	78,90	87,56
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	139,45	75,20	165,02	141,66
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	183,90	90,42	217,61	174,70
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	264,46	118,00	312,95	234,58
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	217,24	101,83	257,06	199,48
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	322,80	137,97	381,98	277,95

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO



[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	Meyerhof ed altri	1,77
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	Meyerhof ed altri	2,05
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	Meyerhof ed altri	2,14
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	Meyerhof ed altri	2,22
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	Meyerhof ed altri	2,18
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	Meyerhof ed altri	2,25

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,46
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	(A.G.I.)	0,33
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	(A.G.I.)	0,31



[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	(A.G.I.)	0,29
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	(A.G.I.)	0,27
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	(A.G.I.)	0,28
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	(A.G.I.)	0,25

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	625,11	544,36
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	1250,86	854,48
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	1622,40	1011,86
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	2282,83	1263,35
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	1897,44	1120,28
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	2753,27	1426,98

#### Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	Ohta & Goto (1978) Limi	115,28
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	Ohta & Goto (1978) Limi	160,53
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	Ohta & Goto (1978) Limi	184,52
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	Ohta & Goto (1978) Limi	209,01
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	Ohta & Goto (1978) Limi	211,69
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	Ohta & Goto (1978) Limi	235,38

#### Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	Seed e Idriss (1971)	>10
[3] - clasti limosi	46,3	9,45	30,65	Seed e Idriss (1971)	>10



moderatamente addensati					
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	Seed e Idriss (1971)	>10
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	Seed e Idriss (1971)	>10
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	Seed e Idriss (1971)	>10

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_{vh}/P_0$**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	Navfac 1971-1982	1,12
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	Navfac 1971-1982	4,60
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	Navfac 1971-1982	5,70
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	Navfac 1971-1982	7,39
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	Navfac 1971-1982	6,42
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	Navfac 1971-1982	8,75

**$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limo sabbioso	11,112	3,45	11,112	Robertson 1983	11,11
[2] - clasti limosi moderatamente addensati	31,484	6,45	23,242	Robertson 1983	46,48
[3] - clasti limosi moderatamente addensati	46,3	9,45	30,65	Robertson 1983	61,30
[4] - clasti limosi moderatamente addensati	73,154	12,45	44,077	Robertson 1983	88,15
[5] - clasti minuti limosi, da addensati a molto addensati	57,412	15,45	36,206	Robertson 1983	72,41
[6] - bedrock disarticolato	92,6	18,45	53,8	Robertson 1983	107,60



## ALLEGATO 2 – VERIFICHE DI STABILITA’ RELAZIONE DI CALCOLO

### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

### Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- (a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- (b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

### Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius*, *Bishop*, *Janbu* ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

### Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

$n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;

$n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$

$(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;



$n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;  
 $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;  
 una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

**Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .**

*mentre le equazioni a disposizione sono:*

Equazioni di equilibrio dei momenti  $n$   
 Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$   
 Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$   
 Equazioni relative al criterio di rottura  $n$   
 Totale numero di equazioni  $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quando si fa l'assunzione che

$N_j$  sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

superfici profonde.

### **Metodo di SARMA (1973)**

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica  $K_c$ ) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in  $n$  strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale  $N_j$  agisca nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;  
 L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;  
 L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_j \cos \alpha_j + T_j \sin \alpha_j = W_j - \Delta X_j$$



$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove  $E_i$  e  $X_i$  rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia  $i$ -esima del concio generico  $i$ .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di  $K$  (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione  $K$  corrispondente al fattore di sicurezza  $F = 1$ , ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$K = K_c$  *accelerazione critica* se  $F = 1$

$F = F_s$  *fattore di sicurezza in condizioni statiche* se  $K = 0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne  $X_i$  ed  $E_i$  tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze  $X_i$ :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove  $Q_i$  è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla  $i$ -esima faccia del concio  $i$ , e  $\lambda$  rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di  $K_c$ ,  $\lambda$  e  $F$ , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.



## VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

$W$ : peso concio

$K_o$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_v$ : Coefficiente sismico verticale.

### Calcolo

### coefficienti

### sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $K_o$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

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

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).  
 $S_T$  (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di  $S_T$  varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:



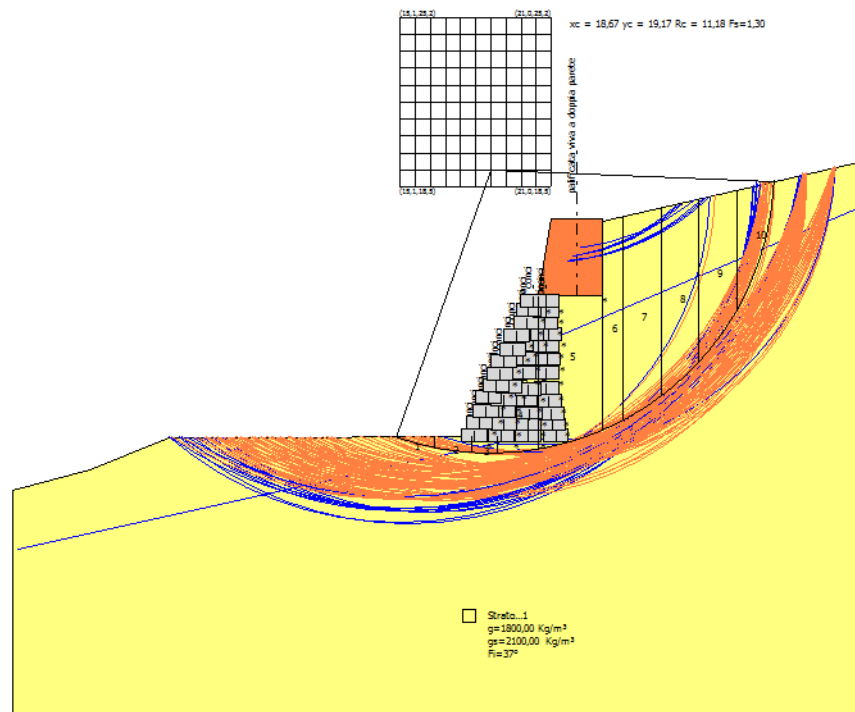
$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

#### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

#### Analisi di stabilità dei pendii con: SARMA (1973)





**Analisi di stabilità dei pendii con: SARMA (1973)**

Zona	Sestriere
Lat./Long.	44,95785/6,879086
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	15,1 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	18,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	21,05 m
Ordinata vertice destro superiore ys	25,18 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,35	2,45	0,2
S.L.D.	50,0	0,46	2,45	0,22
S.L.V.	475,0	1,17	2,48	0,27
S.L.C.	975,0	1,49	2,5	0,28



**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,504	0,18	0,0093	0,0046
S.L.D.	0,6624	0,18	0,0122	0,0061
S.L.V.	1,6848	0,24	0,0412	0,0206
S.L.C.	2,1456	0,24	0,0525	0,0263

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,009

Coefficiente azione sismica verticale

0,00 5

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	-0,16	6,55
2	2,85	7,35
3	5,99	8,6
4	7,46	8,6
5	18,94	8,63
6	20,54	14,14
7	23,04	17,08
8	21,46	16,07
9	23,04	17,12
10	33,36	19,5 2

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,04	4,22
2	20,47	8,73
3	20,61	12,27
4	33,54	17,86

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

Tangente angolo di resistenza al taglio

1,25

Coesione efficace

1,25

Coesione non drenata

1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno

No

**Stratigrafia**



c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.1	0.1	37	1800,00	2100,00	0,00		

#### Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	23,04	14,21	0	0	3	2	2,5	1800
2	21,72	8,43	0	0	0,5	1	1	2600
3	20,63	8,43	0	0	0,5	1	1	2600
4	19,56	8,46	0	0	0,5	1	1	2600
5	18,53	8,46	0	0	0,5	1	1	2600
6	21,59	8,88	0	0	0,5	1	1	2600
7	20,66	8,91	0	0	0,5	1	1	2600
8	19,69	8,91	0	0	0,5	1	1	2600
9	18,73	8,95	0	0	0,5	1	1	2600
10	21,56	9,3	0	0	0,5	1	1	2600
11	20,69	9,33	0	0	0,5	1	1	2600
12	19,63	9,4	0	0	0,5	1	1	2600
13	18,95	9,43	0	0	0,5	1	1	2600
14	21,46	9,81	0	0	0,5	1	1	2600
15	20,5	9,85	0	0	0,5	1	1	2600
16	19,66	9,85	0	0	0,5	1	1	2600
17	19,08	9,98	0	0	0,5	1	1	2600
18	21,37	10,33	0	0	0,5	1	1	2600
19	20,63	10,27	0	0	0,5	1	1	2600
20	19,89	10,36	0	0	0,5	1	1	2600
21	19,37	10,43	0	0	0,5	1	1	2600
22	21,37	10,91	0	0	0,5	1	1	2600
23	20,43	10,91	0	0	0,5	1	1	2600
24	19,53	10,88	0	0	0,5	1	1	2600
25	21,4	11,46	0	0	0,5	1	1	2600
26	20,43	11,49	0	0	0,5	1	1	2600
27	19,66	11,36	0	0	0,5	1	1	2600
28	21,34	11,97	0	0	0,5	1	1	2600
29	20,34	12,04	0	0	0,5	1	1	2600
30	20,02	11,84	0	0	0,5	1	1	2600
31	21,43	12,42	0	0	0,5	1	1	2600
32	20,72	12,42	0	0	0,5	1	1	2600
33	20,18	12,39	0	0	0,5	1	1	2600
34	21,3	12,87	0	0	0,5	1	1	2600



35	20,56	12,87	0	0	0,5	1	1	2600
36	21,34	13,36	0	0	0,5	1	1	2600
37	20,66	13,39	0	0	0,5	1	1	2600
38	21,37	13,74	0	0	0,5	1	1	2600
39	20,82	13,77	0	0	0,5	1	1	2600

#### Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,3
Ascissa centro superficie	18,67 m
Ordinata centro superficie	19,17 m
Raggio superficie	11,18 m

#### Numero di superfici esaminate....(115)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	15,1	18,5	12,2	1,65
2	15,4	18,8	13,6	1,73
3	15,7	18,5	11,8	1,52
4	16,0	18,8	13,1	1,65
5	16,3	18,5	12,8	1,64
6	16,6	18,8	12,7	1,54
7	16,9	18,5	12,4	1,53
8	17,2	18,8	12,2	1,60
9	17,5	18,5	11,9	1,44
10	17,8	18,8	11,8	1,37
11	18,1	18,5	11,5	1,38
12	18,4	18,8	12,6	1,47
13	18,7	18,5	12,2	1,48
14	19,0	18,8	10,9	1,34
15	19,3	18,5	10,6	1,35
16	19,6	18,8	11,5	1,40
17	19,9	18,5	11,2	1,42
18	20,2	18,8	10,9	1,40
19	20,5	18,5	10,6	1,44
20	15,1	19,2	13,9	1,75
21	15,4	19,5	13,8	1,67
22	15,7	19,2	13,5	1,65
23	16,0	19,5	13,3	1,57
24	16,3	19,2	13,0	1,55
25	16,6	19,5	12,9	1,45



26	16,9	19,2	12,6	1,45
27	17,2	19,5	12,4	1,38
28	17,5	19,2	12,1	1,38
29	17,8	19,5	12,0	1,32
30	18,1	19,2	12,9	1,48
31	18,4	19,5	12,7	1,41
32	18,7	19,2	11,2	1,30
33	19,0	19,5	12,1	1,37
34	19,3	19,2	11,8	1,38
35	19,6	19,5	11,5	1,55
36	19,9	19,2	11,2	1,37
37	20,2	19,5	12,1	1,60
38	15,1	19,8	14,1	1,69
39	15,4	20,2	14,0	1,60
40	15,7	19,8	13,7	1,58
41	16,0	20,2	13,5	1,48
42	16,3	19,8	13,2	1,47
43	16,6	20,2	13,1	1,39
44	16,9	19,8	12,7	1,38
45	17,2	20,2	12,6	1,33
46	17,5	19,8	12,3	1,32
47	17,8	20,2	13,3	1,40
48	18,1	19,8	13,0	1,40
49	18,4	20,2	12,8	1,35
50	18,7	19,8	12,4	1,35
51	19,0	20,2	12,2	1,51
52	19,3	19,8	11,8	1,53
53	19,6	20,2	12,7	1,39
54	19,9	19,8	12,4	1,58
55	20,5	19,8	11,8	1,63
56	15,1	20,5	14,3	1,62
57	15,4	20,8	14,2	1,54
58	15,7	20,5	13,9	1,50
59	16,0	20,8	13,8	1,42
60	16,3	20,5	13,4	1,40
61	16,6	20,8	14,5	1,48
62	16,9	20,5	14,1	1,48
63	17,2	20,8	14,0	1,42
64	17,5	20,5	13,6	1,42
65	17,8	20,8	13,4	1,35
66	18,1	20,5	14,2	1,46
67	18,7	20,5	12,5	1,33
68	19,0	20,8	13,4	1,36
69	19,6	20,8	12,8	1,35



70	19,9	20,5	12,4	1,37
71	15,1	21,2	14,6	1,55
72	15,4	21,5	15,7	1,64
73	15,7	21,2	14,1	1,44
74	16,0	21,5	15,2	1,51
75	16,3	21,2	14,8	1,49
76	16,6	21,5	14,7	1,43
77	16,9	21,2	14,3	1,42
78	17,2	21,5	14,1	1,35
79	17,5	21,2	13,8	1,35
80	17,8	21,5	14,6	1,40
81	18,1	21,2	14,3	1,40
82	19,0	21,5	13,4	1,33
83	19,3	21,2	13,1	1,34
84	15,1	21,8	16,0	1,65
85	15,4	22,2	15,9	1,55
86	15,7	21,8	15,5	1,53
87	16,0	22,2	15,4	1,45
88	16,3	21,8	15,0	1,44
89	16,6	22,2	14,8	1,38
90	16,9	21,8	14,4	1,35
91	17,2	22,2	15,3	1,41
92	15,1	22,5	16,2	1,74
93	15,4	22,8	16,1	1,48
94	15,7	22,5	15,7	1,46
95	16,0	22,8	16,6	1,51
96	16,3	22,5	15,2	1,38
97	16,9	22,5	15,7	1,44
98	15,1	23,2	16,4	1,51
99	15,4	23,5	17,3	1,55
100	15,7	23,2	17,0	1,53
101	16,3	23,2	16,4	1,45
102	16,6	23,5	16,2	1,38
103	20,8	23,5	7,8	3,65
104	21,0	23,2	7,4	3,66
105	15,1	23,8	17,7	1,56
106	15,7	23,8	17,1	1,46
107	16,3	23,8	16,5	1,41
108	20,5	23,8	8,2	3,65
109	15,4	24,8	17,7	1,45
110	15,7	24,5	17,3	1,43
111	20,8	24,8	9,3	18,17
112	21,0	24,5	8,9	18,17
113	15,1	25,2	18,0	1,45



114	20,5	25,2	9,7	18,17
115	21,0	25,2	9,2	4,51
=====				