

RELAZIONE GEOLOGICA
(D. M. 14/01/2008, L.R. 4/99)

**Progetto di messa in sicurezza di un tratto di strada
lungo la via Costino Monte Carmelo**

PROVINCIA DI SAVONA
COMUNE LOANO
Località S. Damiano

COMMITTENTE
Comune di Loano

<u>PREMESSA</u>	<u>2</u>
<u>1.DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI</u>	<u>4</u>
<u>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA</u>	<u>5</u>
2.1 GEOMORFOLOGIA	5
2.2 LITOLOGIA	5
2.3 IDROGEOLOGIA	5
2.4 ZONAZIONE SISMICA	6
<u>3. INDAGINI SVOLTE.....</u>	<u>7</u>
3.1 STESA SISMICA A RIFRAZIONE	7
3.2 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	10
3.3 PROVE SCLEROMETRICHE	11
<u>4. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....</u>	<u>11</u>
<u>5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</u>	<u>12</u>
<u>6. VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE</u>	<u>14</u>
<u>7. CONCLUSIONI ED INDICAZIONI OPERATIVE</u>	<u>15</u>
<u>ELENCO ALLEGATI</u>	<u>16</u>

Premessa

La presente relazione geologica, su commissione del **Comune di Loano con Determina n. 17 del 3/3/2014**, è stata redatta al fine di analizzare le problematiche di ordine geologico-tecnico relative al progetto di ripristino della porzione della sede stradale di Via Costino Monte Carmelo, in prossimità della chiesa di S. Damiano..

L'ubicazione della zona è indicata nella foto aerea sotto riportata, estratta dal sito www.studiosit.it/ortofotoliguria alla scala 1:2000.



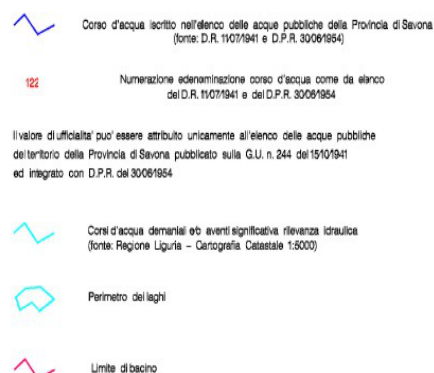
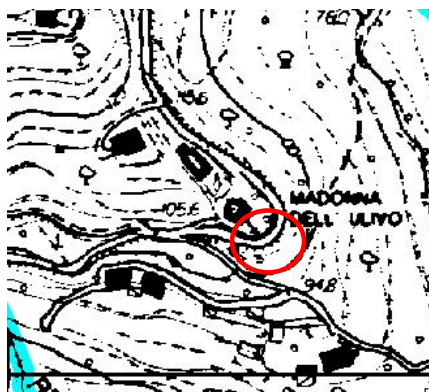
L'indagine è stata realizzata in ossequio al dettato del D.M. 14.01.08, a quello del D.L. 11/06/1998 n°180, convertito in legge 03/08/1998 n°267 e s.m. e i. a quello della L.R. n°4/99, in ***quanto l'area ricade in terreno soggetto a vincolo idrogeologico.***

A seguito dell'esame della cartografia del *Piano di Bacino Stralcio* per la tutela dal rischio idrogeologico (redatto ai sensi del comma 1, dell'art. 1, del D.L. 180/98 convertito in L.267/1998, ed approvato dalla Provincia di Savona (D.C.P 47 del 25/11/2003) nel bacino idrografico Ambito Pora, bacino del **Torrente Nimbalto**, si rileva che:

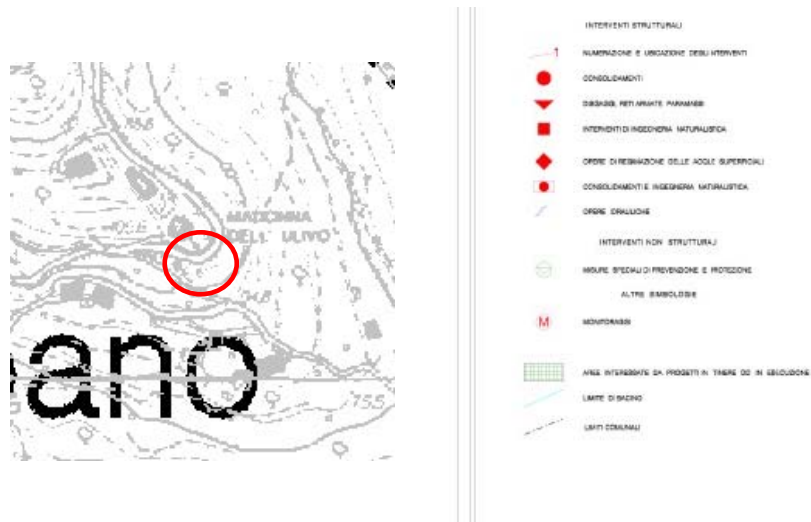
- per quanto riguarda la Carta della Suscettività al Dissesto l'area risulta classificata "a suscettività BASSA",



- per la Carta del Reticolo Idrografico Principale l'area in oggetto è situata a più di 500 m dal Rio più vicino (rio delle Rolandette e Rio Ciappe)



- per la Carta degli Interventi, non insistono interventi nell'area indagata



L'intervento in progetto risulta pertanto compatibile con quanto previsto nella Normativa Generale del Piano di Bacino.

L'indagine si è svolta come segue:

- esame degli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area di interesse, sia attraverso osservazioni in situ, sia analizzando la cartografia tematica esistente;
- esecuzione di n. 1 stesa sismica a rifrazione SS1;
- prelievo di campione rimaneggiato sottoposto successivamente a prove specifiche di laboratorio;
- rielaborazione dei dati acquisiti e stesura di un rapporto tecnico, con indicazioni operative.

La relazione geologica sarà quindi così articolata

- descrizione dell'intervento
- inquadramento geologico-geomorfologico dell'area
- elaborazione dati raccolti dalle prove in *situ* e descrizione del modello geologico dell'area
- conclusioni e prescrizioni

1.Descrizione dello stato dei luoghi

Lungo la via Costino Monte Carmelo, strada dell'entroterra che collega il Comune di Loano con il Comune di Pietra Ligure poco sotto l'imbocco dell'Autostrada A10 Genova Ventimiglia, in prossimità della Chiesa di San Damiano, si sono verificati dei cedimenti sul margine estremo della carreggiata.

Tali cedimenti sono visibili poco prima della curva presso la chiesa ed interessano un'area priva di opere di contenimento a valle. In tutta la sede stradale della Via Costino si rileva l'assenza di opere di intercettazione e smaltimento delle acque superficiali.

2. Inquadramento geologico dell'area

2.1 Geomorfologia

Il terreno oggetto di tale studio è in Comune di Loano lungo la via Costino Monte Carmelo, via di collegamento a monte con il Comune di Pietra Ligure, a mezza costa del versante degradante a mare verso E-SE, a monte della via Aurelia.

Il tratto di strada indagato insiste a valle della Chiesa di San Damiano nel tratto poco prima della curva sotto la chiesa.

Dal punto di vista geomorfologico, rilevando l'intera area di studio, la roccia è affiorante lungo tutta la porzione di strada indagata verso il lato di monte con pendenze sub verticali fino al piazzale della Chiesa, mentre a valle le pendenze diminuiscono, il versante risulta terrazzato e coltivato fino al borgo di San Damiano.

La roccia presenta delle alterazioni superficiali ma per sua natura è massiva e non rappresenta un pericolo per il tratto di strada indagato.

Il terreno a valle della strada risulta dall'alterazione della roccia in posto frammisto al terreno di coltivo. È caratterizzato da fasce coltivate di altezza circa 1 m.

Dal rilevamento di superficie si evince come l'area, ad oggi, sia caratterizzata da discrete condizioni di stabilità conferite principalmente dall'assenza di fenomeni predisponenti cedimenti e/o collassi gravitativi se non legati strettamente alla strada. L'assenza sia di un adeguato sistema di regimazione delle acque superficiali e strutture protettive a valle della strada risultano essere le cause probabili del dissesto.

2.2 Litologia

La Carta Geologica dei Piani di Bacino del T. Nimbato, scala 1:10000, indica che siamo in una zona di contatto tettonico tra le quarziti di Ponte di Nava e gli scisti calcarei



2.3 Idrogeologia

Lo schema dei deflussi superficiali fa riferimento ai due colatori principali: il Rio delle Rolandette e il Rio Ciappe.

Nel complesso, però l'area è interessata da una media permeabilità in quanto la roccia in posto risulta caratterizzata da un elevato grado di fratturazione.

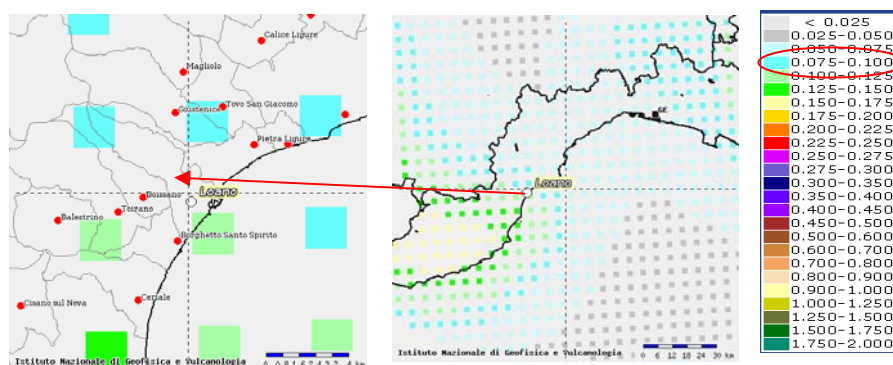
Non si esclude, quindi, che in caso di eventi piovosi insista una circolazione superficiale dovuta alla mancanza totale di sistemi di raccolta e smaltimento acque ma anche e soprattutto sotterranea derivante da numerosi punti di infiltrazione.

2.4 Zonazione sismica

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Loano un medio-basso grado di rischio sismico, risentendo la zona, in modo più o meno intenso, degli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro nel settore del Mar Ligure, nelle Alpi occidentali, nell'Appennino settentrionale e, in misura minore, nelle Langhe e nel Monferrato. Nell'immagine satellitare riportata sono indicate, con fasce di colore arancione, le zone sismogenetiche riconosciute dell'Italia Nord-Occidentale.



Nella carta probabilistica di pericolosità sismica, redatta dall'INGV (2006), adottata nell'Ordinanza P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, in gran parte del Comune di Loano sono attese accelerazioni al bedrock comprese tra 0.075 e 0.100g. Le azioni sismiche sono calcolate con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, corrispondente allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), come descritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.



Con il D.M. 14/01/08 l'azione sismica di riferimento viene definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate geografiche. L'allegato A della suddetta normativa contiene, di fatto, un elenco di 10.000 punti definiti mediante un codice ID che coincidono con le coordinate dei punti utilizzati dall'INGV per lo studio della Mappa di Pericolosità Sismica Italiana, ad esclusione dei punti a mare (Gruppo di lavoro MPS-2004).

I parametri sismici che ne derivano, considerando un edificio di classe 2, con vita nominale di anni 50 allo stato limite di salvaguardia della vita SLV

Categoria sottosuolo: **A**

Categoria topografica: **T1**

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1

Probabilità di superamento: 10%

T_r : 475 [anni]

a_g : 0,100g

F_o : 2,467

T_c^* : 0,287 [s]

S_s : 1,000

C_c : 1,000

S_t : 1,000

K_h : 0,020

K_v : 0,010

A_{max} : 0,979

β : 0,200

La categoria di suolo di fondazione, secondo la normativa, risulta essere la **A**, ovvero :

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.

La scelta della categoria A, confermata dalle prove geognostiche eseguite, così come descritte in seguito.

3. Indagini svolte

Al fine di caratterizzare il terreno e capirne la stratigrafia è stata eseguita una prova sismica a rifrazione, denominata SS1 ed è stato prelevato un campione di terreno a valle dei cedimenti riscontrati.

Si sono effettuate anche delle prove di resistenza sull'affioramento roccioso a monte della strada.

3.1 Stesa sismica a rifrazione

Per valutare lo spessore e l'andamento dei materiali di presenti nel sito di indagine, è stata eseguita una prova sismica a rifrazione SS1, lungo la via Costino in corrispondenza della Chiesa.



Nel metodo sismico a rifrazione viene registrata la propagazione di onde elastiche, generate artificialmente all'interfaccia atmosfera – terreno e rifratte lungo superfici di discontinuità sepolte.

Come ogni prospezione geofisica, anche per l'esecuzione della tomografia sismica di superficie su onde P si possono distinguere due fasi: 1) l'acquisizione dei dati sul terreno; 2) l'elaborazione degli stessi. La prima fase prevede l'utilizzo di ricevitori (**geofoni**) infissi sulla superficie del terreno lungo un allineamento e comunicanti con un registratore (**sismometro**); il sismometro registra le onde elastiche generate mediante una energizzazione impulsiva del terreno (in genere il colpo di una mazza su di una piastra) ripetuta più volte lungo la linea dei geofoni (tali punti vengono denominati "shot point"). La posizione nello spazio dei geofoni e degli shot point costituiscono la "**geometria di acquisizione**", che nel nostro caso risulta essere bidimensionale. Sempre in questa fase occorre impostare i corretti parametri per l'acquisizione che sono in funzione della geometria, dello scopo dell'indagine, del disturbo ambientale.

L'elaborazione si svolge secondo i seguenti passi: trasformazione della geometria di acquisizione in un profilo topografico; lettura dei tempi di arrivo delle onde sismiche (dati reali); costruzione di un "**modello di velocità**"; impostazione dei parametri per l'esecuzione del programma di "inversione"; esecuzione iterativa del programma di inversione (vedi nel seguito).

Il risultato della tomografia viene presentato sotto forma di una sezione bidimensionale in cui ad ogni coppia distanza/profondità, corrisponde un valore di velocità sismica. Tale campo di velocità sismiche ($V=(x,z)$), rappresentato mediante una gamma di colori.

Le caratteristiche della stesa SS1 eseguita sono riportate in Tabella.

Stesa	Lunghezza complessiva (m)	Spaziatura Intergeofonica (m)	Stazioni di energizzazione
SS1	40	3	7

Le energizzazioni del terreno, per la generazione delle onde di compressione, sono state effettuate mediante percussione con massa battente (mazza con testa da 8 kg) su piastra di acciaio.

L'acquisizione dei dati è avvenuta mediante sismografo GEODE GEOMETRICS a 24 canali con 12 geofoni verticali a frequenza naturale di 13 Hz

La lettura di tutti i tempi relativi ai primi arrivi è stata effettuata utilizzando il programma SeisOpt Picker v 1.5.

L'interpretazione dei dati è stata condotta con il supporto della tecnica di modellizzazione mediante il programma di tomografia sismica SeisOpt 2D v.3.5 che consente di interpretare il sottosuolo attraverso un potente algoritmo di inversione della velocità, denominato RIOTS (Refraction Inversion OpTimization System), capace di fornire una sezione tomografica del sottosuolo in funzione della velocità sismica di propagazione.

Analisi dei dati

Di seguito si espone la sequenza degli strati sismici definiti da intervalli di velocità delle onde di compressione Vp.

Di seguito si riassume la stratigrafia ottenuta:

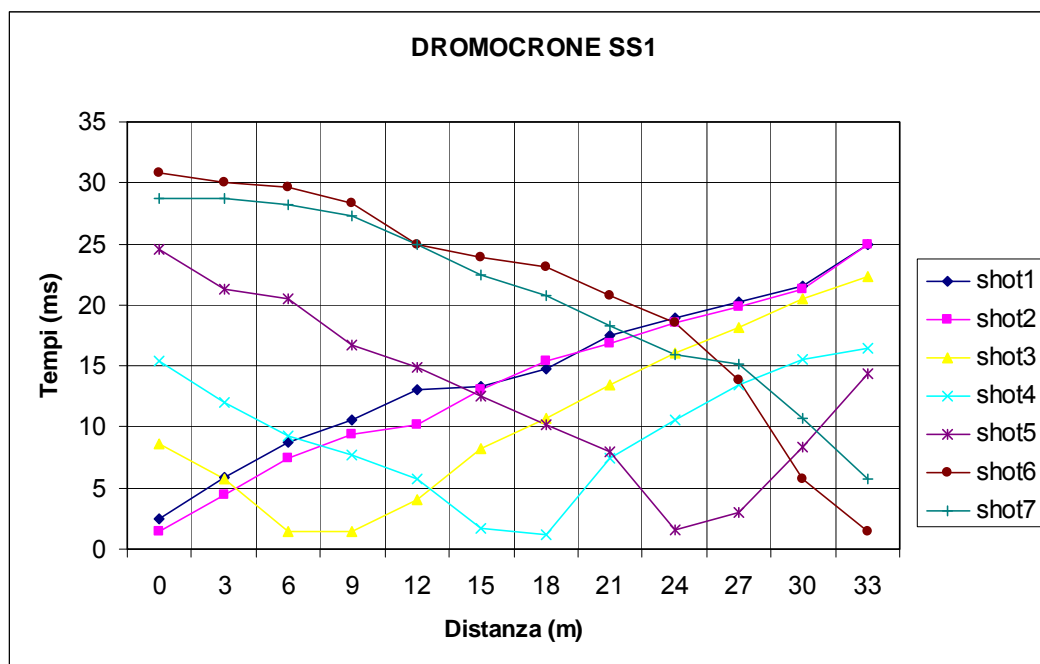
- Livello A: caratterizzato da valori di velocità $V_p < 600$ m/s e spessori di circa 3.5-4 m; compare a partire da g7 e g12 e trattasi di terreno di riporto;
- Livello B: caratterizzato da velocità sismiche comprese tra $600 < V_p < 1600$ m/s e spessore a partire dal p.c tra g1 e g6 trattasi di cappellaccio di alterazione della roccia in posto, che passa in profondità al substrato roccioso
- Livello C: rappresenta il substrato roccioso sano con velocità sismiche maggiori di 1600 m/s

Considerata la lunghezza massima della stesa, pari a circa 40m, si è raggiunti una profondità massima di indagine pari a 10 m.

Come si evince dalla stratigrafia riportata, si è raggiunto il substrato roccioso.

Di seguito si osservano le Dromocrone della stesa SS1, ovvero il digramma tempo-distanza delle acquisizioni registrate.

Geofoni (m)	Shot1 (ms)	Shot2 (ms)	Shot3 (ms)	Shot4 (ms)	Shot5 (ms)	Shot6 (ms)	Shot7 (ms)
0	2.5	1.4	8.6	15.4	24.5	30.8	28.7
3	5.9	4.5	5.7	12	21.3	30	28.7
6	8.8	7.5	1.4	9.3	20.5	29.7	28.2
9	10.6	9.4	1.4	7.7	16.7	28.4	27.3
12	13	10.2	4	5.7	14.9	25	24.9
15	13.3	13	8.2	1.7	12.6	23.9	22.4
18	14.7	15.4	10.7	1.2	10.2	23.1	20.7
21	17.5	16.8	13.5	7.5	8	20.8	18.3
24	18.9	18.6	16	10.6	1.6	18.6	15.9
27	20.2	19.9	18.1	13.5	3	13.8	15.2
30	21.6	21.3	20.5	15.5	8.3	5.7	10.7
33	25	25	22.3	16.5	14.4	1.4	5.7



Viene riportata in allegato la sezione ottenuta dall'interpretazione della tomografia sismica. Nel profilo finale sono indicate le variazioni di velocità con la profondità e con la distanza. I triangoli neri rappresentano i geofoni, mentre i rombi grigi sono le energizzazioni prodotte.

3.2 Prove geotecniche di laboratorio

È stato prelevato n.1 campione di terreno rimaneggiato a circa 0.30 m dal p.c.

Il campione **CR1** è stato prelevato alla profondità di 1.50-2.00m in corrispondenza del terreno di riporto. Sono state eseguite le seguenti prove

- Analisi Granulometrica: i risultati sono riassunti in tabella

% GHIAIA	30.58
% SABBIA	23.73
% LIMO/ARGILLA	45.69
Classificazione USCS	GM

- Limiti di consistenza: i risultati sono riassunti in tabella

Limite Liquido	49.5%
Limite Plastico	40.6
Indice di Plasticità	8.9

- Si è determinato inoltre:

contenuto d'acqua W	29.77%
Peso di volume naturale	17.94 kN/m ³

- Prova di Taglio Diretta Consolidata Drenata

Coesione c	3.6 kPa
Angolo di attrito ϕ	28.5°

3.3 Prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto comunemente come sclerometro, è utilizzato come prova non distruttiva sulle rocce o calcestruzzi per misurare la durezza di rimbalzo del materiale testato.

La prova è molto semplice: un'asta di metallo viene rilasciata da una molla ad impattare sulla superficie della roccia; l'indice di rimbalzo R viene direttamente letto su una scala numerica.

La superficie indagata deve essere liscia e lontana da fratture.

Il valore R letto deve essere corretto in funzione dell'angolo formato dallo strumento con l'orizzontale al momento della prova.

Si eseguono 10 misure e per ottenere un risultato significativo si scartano le 5 minori e si calcola la media aritmetica delle 5 maggiori.

Dal valore di R ottenuto è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0,775 R + 21,3$$

In questo caso si è scelto di analizzare l'affioramento roccioso di Quarziti a monte del tratto lungo il dissesto rilevato, proprio sotto la chiesa:



Il valore R medio risultato è stato di 114MPa ; a tale affioramento si può attribuire quindi una resistenza a compressione monoassiale di circa 110 Mpa

4. Modello geologico di riferimento

I dati provenienti dal rilevamento di superficie, unitamente alle risultanze delle indagini effettuate, hanno permesso di definire le condizioni specifiche del terreno e ricostruire due sezioni geologiche interpretative.

Nelle sezioni che rappresentano lo stato attuale sono state indicate le condizioni stratigrafiche medie caratteristiche della situazione geologica.

La strada in oggetto incide a mezzacosta un versante in roccia. Le modalità di realizzazione della strada sono state quello dello sterro e riporto. La qualità della roccia in superficie risulta buona ma in

profondità passa un contatto tettonico, così come evidenziato dalla carta geologica, che altera le condizioni del substrato. Infatti dalla sezione derivante dalla sismica a rifrazione si evince uno strato (B), su cui poggia la strada, caratterizzato da roccia alterata le cui caratteristiche meccaniche risultano scadenti, in più in prossimità della curva sotto la chiesa la strada è stata realizzata sul livello di terreno di riporto (strato A).

La falda acquifera al momento delle indagini non è stata rilevata, ma non si esclude che in periodi piovosi la roccia fratturata e il terreno di riporto possano saturarsi e creare cedimenti lungo la strada. Attualmente la strada risulta priva di sistemi di raccolta delle acque superficiali.

5. Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dei materiali presenti in sito è avvenuta utilizzando tutti i dati ottenuti con le prove in laboratorio.

La stratigrafia finale vede quindi tre strati a cui si possono associare i seguenti valori medi:

A- terreno di riporto

il livello superficiale fino a circa 3-4 m dal pc in corrispondenza della curva di Via Costino Monte Carmelo è costituito da una granulometria caratterizzata prevalentemente da limo con ghiaia e sabbia (classificazione USCS GM), quindi con resistenza al taglio a componente principale di attrito efficace e coesione drenata.

Sulla base di risultanze delle indagini geognostiche e prove di laboratorio, a tale livello possono essere assegnati i seguenti VALORI MEDI :

- peso di volume naturale: 17.94 kN/m³;
- angolo di attrito efficace: 28.5°;
- coesione drenata 3.6 kPa

B- zona di alterazione del substrato roccioso

Presente a piano campagna lungo tutta la via e da circa 4 m dal pc fino a 6 m in corrispondenza della curva è caratterizzato dal substrato roccioso alterato e destrutturato, a tale livello possono essere assegnati i seguenti VALORI MEDI :

- peso di volume naturale: 20.00 kN/m³;
- angolo di attrito efficace: 30°;
- coesione drenata 100 kPa

C – substrato roccioso

il substrato roccioso, così come già descritto, si presenta in sito fortemente alterato e destrutturato. Con l'ausilio della prova di laboratorio e il rilevamento in sito si è proceduto alla classificazione degli ammassi rocciosi attraverso il metodo GSI (Geological Strength Index), elaborato da Hoek (1994), che permette di definire una categoria di appartenenza dell'ammasso roccioso in esame in funzione della sua descrizione qualitativa.

Partendo dagli indici di qualità degli ammassi rocciosi sono poi stati determinati i parametri di resistenza degli stessi, sia secondo il criterio di rottura di Hoek-Brown (1980,1988) sia secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb (Bieniawski, 1989).

Nel primo caso l'involuppo di rottura è espresso nel piano σ_1/σ_3 dalla relazione:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + (Co * m * \sigma_3 + s * Co_2)^{0,5}$$

dove:

σ_1 = sforzo principale maggiore

σ_3 = sforzo principale minore

Co = resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia

m = parametro di curvatura dell'involuppo, dipendente dalla natura litologica

s = parametro di curvatura dell'involuppo, dipendente dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

Nel secondo caso l'involuppo di rottura è espresso nel piano σ_1/σ_3 dalla relazione:

$$\tau = c + \sigma * \tan \phi \text{ dove:}$$

τ = resistenza al taglio

c = coesione dell'ammasso roccioso

σ = sforzo normale agente

ϕ = angolo di attrito dell'ammasso roccioso

Da ultimo è stato determinato il valore del modulo di deformabilità degli ammassi rocciosi secondo la relazione proposta da Serafim & Pereira (1983):

$$EM = 10 (BMR-10)/40$$

Si è analizzato l'affioramento di quarzite e l'involuppo di rottura della stessa è stato determinato attraverso i valori di resistenza a compressione ottenuto con lo sclerometro.

Attraverso il programma Rocklab ver. 1.03 (2007), elaborato da Hoek, si è pertanto provveduto, inserendo i valori della classificazione GSI, a determinare i parametri del livello superficiale fratturato ed alterato del substrato roccioso. Le risultanze relative al calcolo e i grafici dell'involuppo sono esposti qui di seguito. I parametri determinati possono essere adottati, in via cautelativa, non considerando che le caratteristiche dell'ammasso roccioso migliorano gradatamente con la profondità. si è scelto di adottare i parametri peggiori ottenuti con le prove.

Classificazione Hoek Brown

Resistenza a compressione monoassiale 110 MPa

Indice GSI 30

mi 20

Modulo elastico roccia intatta Ei 42000 Mpa

Criterio di Hoek Brown

mb 1.642

s 0.0004

a 0.522

Criterio di Mohr-Coulomb

Coesione c 5 MPa

Angolo di attrito ϕ 30°

Parametri dell'ammasso roccioso

Resistenza a trazione σ_t -0.029 MPa

Resistenza a compressione σ_c 1.927 MPa

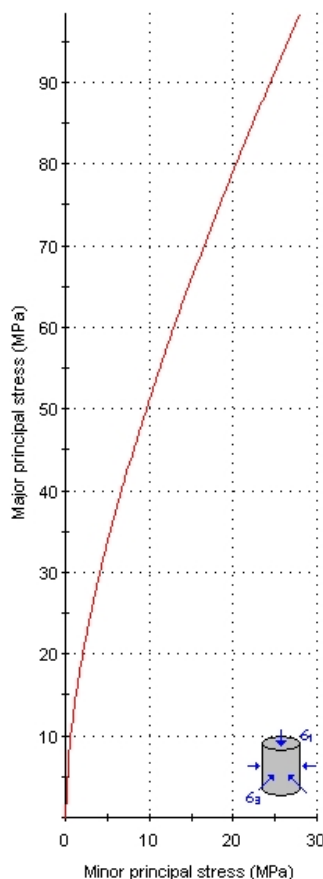
Resistenza globale σ_{cm} 17.6 MPa

Modulo di deformazione E_m 3418 MPa

I parametri medi che possono pertanto essere adottati per il substrato roccioso alterato e destrutturato sono i seguenti:

- peso di volume naturale: **22 kN/m³**
- angolo di attrito: **30 gradi**
- coesione: **5 MPa**
- Modulo elastico E : **3400 MPa**

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 112 MPa
 $GSI = 30$ $m_i = 20$ Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 42000 MPa
 modulus ratio (MR) = 375

Hoek-Brown Criterion

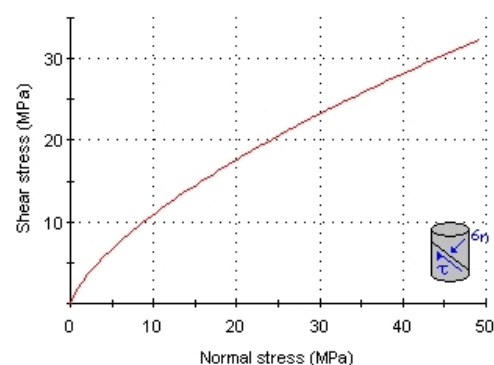
$m_b = 1.642$ $s = 0.0004$ $a = 0.522$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 5.030 MPa friction angle = 30.40 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.029 MPa
 uniaxial compressive strength = 1.927 MPa
 global strength = 17.567 MPa
 deformation modulus = 3418.09 MPa



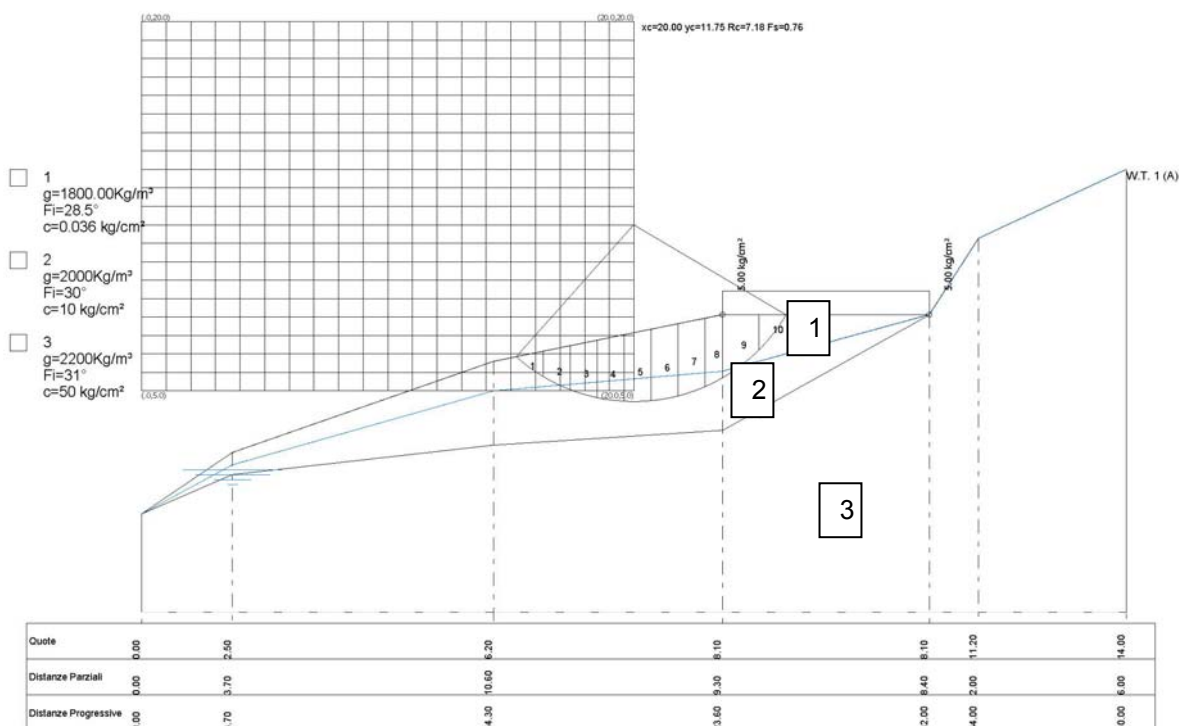
6. Verifica di stabilità del versante

Al fine di verificare le reali condizioni del versante, si è calcolata la stabilità globale del versante allo stato attuale così da individuare, attraverso le criticità, le opere necessarie per la messa in sicurezza.

Si è considerata la sezione geologica 1 con i parametri geotecnici sopra riportati.

Si è inoltre simulata una falda che dalla superficie si infiltra sotto strada al contatto tra la coltre (strato A) e il substrato roccioso alterato (Strato B)

I risultati numerici sono visibili nella relazione di calcolo allegata, qui si riporta il grafico risultante della verifica con l'indicazione della superficie di scorrimento a coefficiente di sicurezza più basso ($F_s = 0.75$)



7. Conclusioni ed indicazioni operative

La presente relazione è stata redatta al fine di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche lungo il tratto di strada della Via Costino Monte Carmelo in corrispondenza della Chiesa di S. Damiano.

Dalla verifica di stabilità globale calcolata si evince che le superfici di rottura comprendono il terreno di riporto A e lo stato B rappresentante il substrato roccioso alterato e destrutturato, proprio nella porzione a valle della strada.

Lasciando ovviamente allo Strutturista le scelte che riterrà più idonee nella situazione in esame, sulla base dei dimensionamenti e delle verifiche geotecniche che faranno riferimento al modello geologico e geotecnico così come identificato nell'indagine e di cui ai paragrafi precedenti, si ritiene opportuno fermare l'attenzione sulle problematiche da affrontare in sede di progettazione geotecnica e strutturale dell'intervento.

Si forniscono le seguenti indicazioni operative:

- si consiglia di eseguire una paratia di pali con cordolo in testa in c.a. sul limite esterno della strada. La lunghezza del singolo palo non dovrà essere inferiore a 8 m dal pc in modo da intestarli nel substrato roccioso sano e l'interasse non superare i 0.6 m.

- mettere in opera opportuna cunetta lungo la via Costino Monte Carmelo che servirà ad intercettare le acque superficiali. Si consiglia di effettuare una eventuale vasca di raccolta così da non disperdere le acque, ma poterle utilizzare per irrigazione, considerato che lungo tutta la via Costino si nota la mancanza di sistemi di raccolta delle acque superficiali.
- Una volta calcolata la paratia dallo Strutturista si potrà eseguire la verifica di stabilità del versante con le opere.

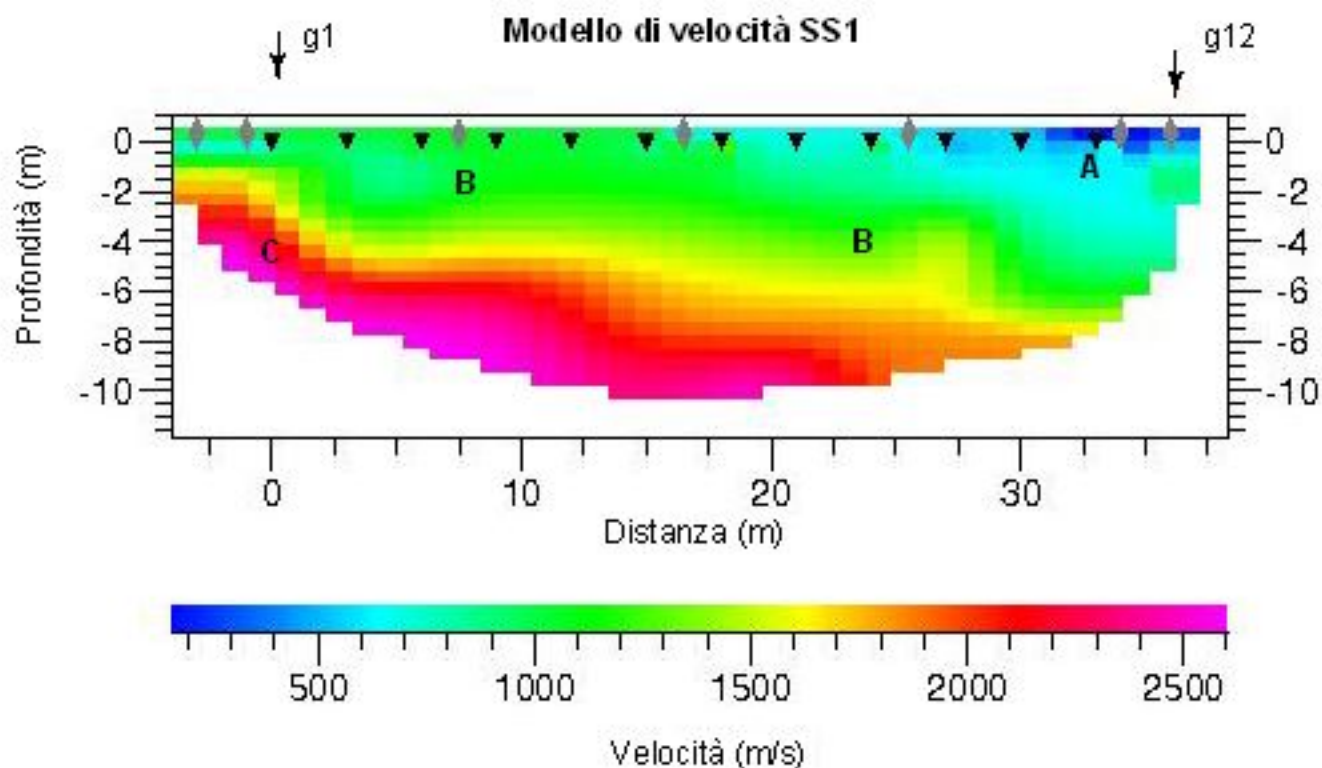
Sulla base di quanto sopra esposto si dichiara che l'intervento proposto per la messa in sicurezza della strada risulta compatibile con la Normativa di Piano e non contrasta con le Norme vigenti del P.R.G. Comunale.

Loano, 21/07/2014

Il tecnico incaricato
Dott. Geol. Luana Isella

Elenco allegati

- Tomografia sismica a rifrazione
- Certificati prove di laboratorio
- Planimetria con elementi geologici e geomorfologici, scala 1:2000
- Sezioni geologiche interpretative, scala 1:100
- Relazione di Calcolo , verifica di stabilità.



Livelli sismostratigrafici:

Livello A: caratterizzato da $V_p < 600$ m/s

Livello B: caratterizzato da velocità comprese tra $600 < V_s < 1600$ m/s

Livello C: caratterizzato da velocità $V_p > 1600$ m/s

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 28/03/14

Certificato n° 349

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente: Comune di Loano

Cantiere: S.Damiano- Loano

Località: Via Costino Monte Carmelo

Verbale di accettazione n°: 30

Data verbale: 24/03/14

Note:abbondante presenza di sostanza organica

Sondaggio:

Campione: CR2

Profondità: 0.10 m

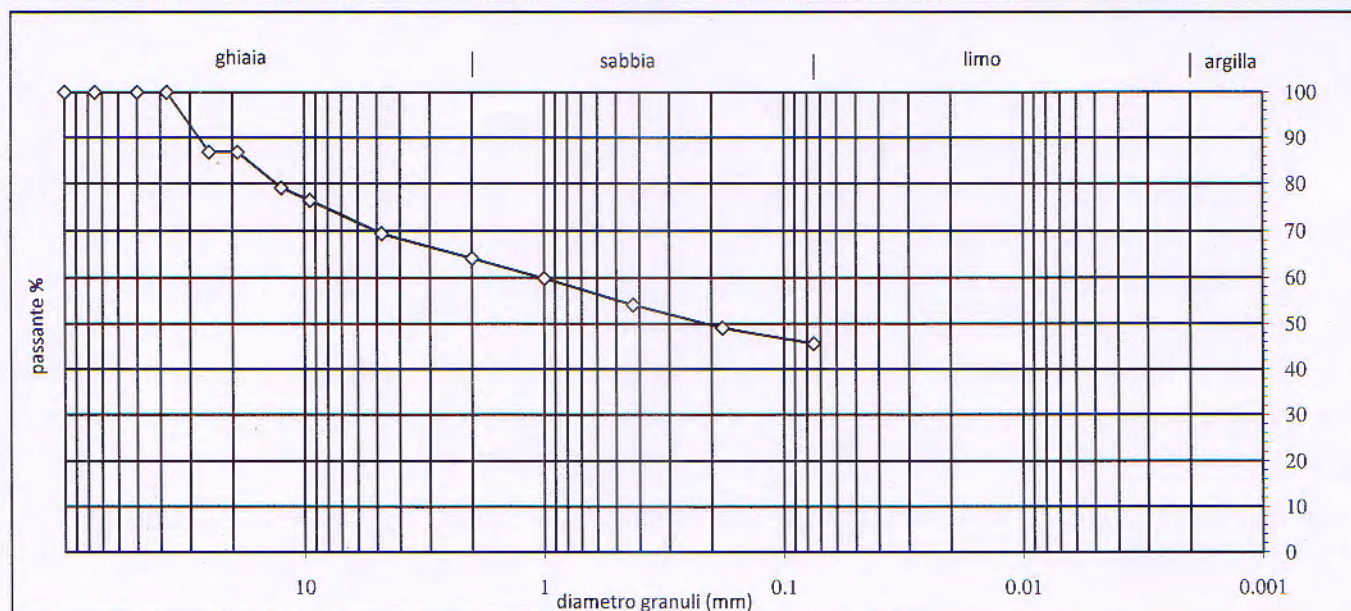
Data esecuzione prova: 25-26/03/14

Specifica di prova: ASTM D421-07/D422-07

Rep: 14/031

Terreno analizzato M (gr) = 486.88				
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	63.96	13.14	13.14	86.86
19	0.00	0.00	13.14	86.86
12.5	37.95	7.79	20.93	79.07
9.50	13.04	2.68	23.61	76.39
4.75	33.94	6.97	30.58	69.42
2.00	25.43	5.22	35.80	64.20
1.00	21.18	4.35	40.15	59.85
0.425	27.87	5.72	45.88	54.12
0.180	24.39	5.01	50.89	49.11
0.075	16.68	3.43	54.31	45.69
Fondo	222.44			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	30.58	23.73	45.69
GM		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE

VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241

e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

SERVIZI GEOTECNICI**LIGURI**

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione

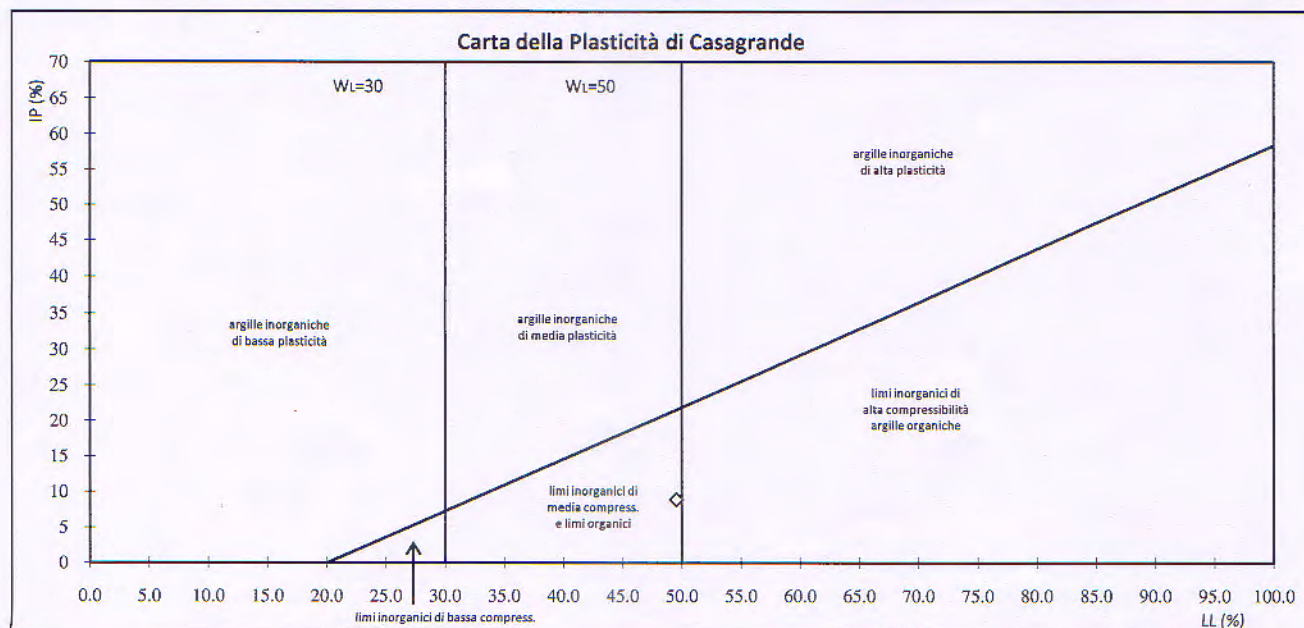
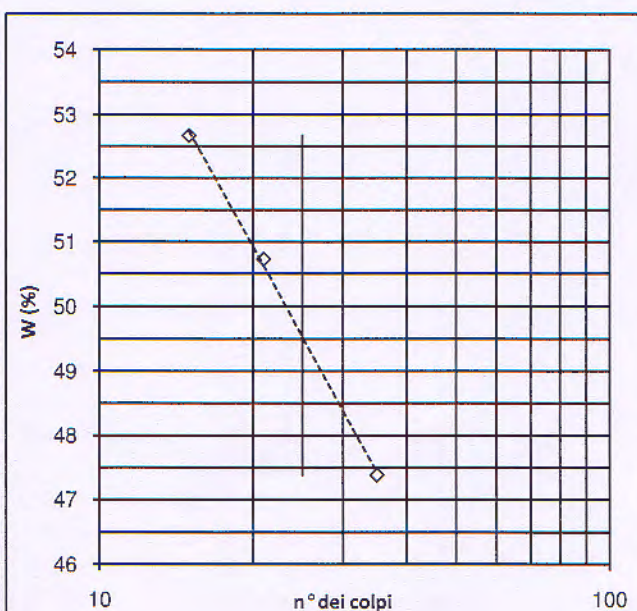
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 28/03/14

Certificato n° 350

LIMITI DI CONSISTENZA**Committente: Comune di Loano****Cantiere: S.Damiano- Loano****Località: Via Costino Monte Carmelo****Verbale di accettazione n°: 30****Data verbale: 24/03/14****Note:****Sondaggio:****Campione: CR2****Profondità: 0.10 m****Data esecuzione prova: 25-26/03/14****Specifiche di prova: ASTM D4318-10****Rep: 14/031**

Limite liquido	LL (%) = 49.5		
Contenitore	1	2	3
Massa umida + t (g)	50.61	57.47	53.60
Massa secca + t (g)	48.15	53.65	50.07
Massa acqua contenuta (g)	2.46	3.82	3.53
Tara t (g)	43.48	46.12	42.62
Massa secca netta (g)	4.67	7.53	7.45
Contenuto d'acqua W (%)	52.68	50.73	47.38
Numero colpi	15	21	35
Limite plastico	LP (%) = 40.6		
Contenitore	A	B	
Massa umida + t (g)	33.23	19.76	
Massa secca + t (g)	31.32	18.01	
Massa acqua contenuta (g)	1.91	1.75	
Tara t (g)	26.61	13.71	
Massa secca (g)	4.71	4.30	
Contenuto d'acqua W (%)	40.55	40.70	
Indice di Plasticità	(LL-LP) = IP 8.9		



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Danilo Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE

VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241

e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

SERVIZI GEOTECNICI**LIGURI**

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 28/03/14

Certificato n° 351

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: Comune di Loano
Cantiere: S.Damiano- Loano
Località: Via Costino Monte Carmelo
Verbale di accettazione n°: 30
Data verbale: 24/03/14
Note:

Sondaggio:
Campione: CR2
Profondità: 0.10 m
Data esecuzione prova: 25-26/03/14
Specifiche di prova: ASTM e BS
Rep: 14/031

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-10	W (%) = 29.77	
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	1144.40	710.53	452.36
Massa lorda secca (g)	888.11	548.25	353.11
Massa acqua contenuta (g)	256.29	162.28	99.25
Tara (g)	16.08	16.97	15.26
Massa netta secca (g)	872.03	531.28	337.85
Contenuto d'acqua W (%)	29.39	30.55	29.38

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) = 17.94	
Contenitore	A		
Massa umida + stampo (g)	1135.19		
Massa dello stampo (g)	0.00		
Massa terreno netta umida (g)	1135.19		
Volume dello stampo (cm ³)	620.66		
Peso di volume naturale (kN/m ³)	17.94		

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-10	Gs (Mg/m ³) =	
Prova n°			
Volume picnometro (cm ³)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m ³)			
Temperatura (°C)			
Densità acqua (Mg/m ³)			
Costante K			
Peso specifico T = 20°C			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

Contenuto d'acqua naturale	W (%)	29.77
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	17.94
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	13.82
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Carlo Filippi

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO

Committente	Comune di Loano		
Cantiere	Loano - S. Damiano		
Sondaggio - Campione	CR1	Tipo provino	Ricostituito con $d < 2mm$
Certificato	348 del 28/03/14		
Peso specifico	2.72 (Stimato)	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio			

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	1	2	3
Profondità prelievo (m)	0.30	0.30	0.30
Altezza (mm)	20.0	20.0	20.0
Diametro (mm)	60.0	60.0	60.0
Sezione (mm ²)	2827.4	2827.4	2827.4
Umidità (misura diretta) (%)	25	25	25
Umidità (trimming) (%)			
Densità secca (g)	78.5	81.3	80.0
Densità umida (kN/m ³)	17.10	17.59	17.40
Densità secca (kN/m ³)	13.63	14.10	13.87
Indice dei vuoti	0.958	0.893	0.923
Grado di saturazione (%)	72	75	75

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	0.005740	0.005320	0.004864
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	50	100	75
Tensione di taglio (kPa)	31	58	44
Spostamento orizzontale (mm)	5.06	4.02	4.15
Def. verticale (mm)	0.432	0.447	0.488

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)	28	22	23
Densità umida (kN/m ³)	19.27	20.22	20.06
Densità secca (kN/m ³)	15.01	16.54	16.25

Coesione (kPa)	3.6
Angolo di resistenza al taglio (°)	28.5

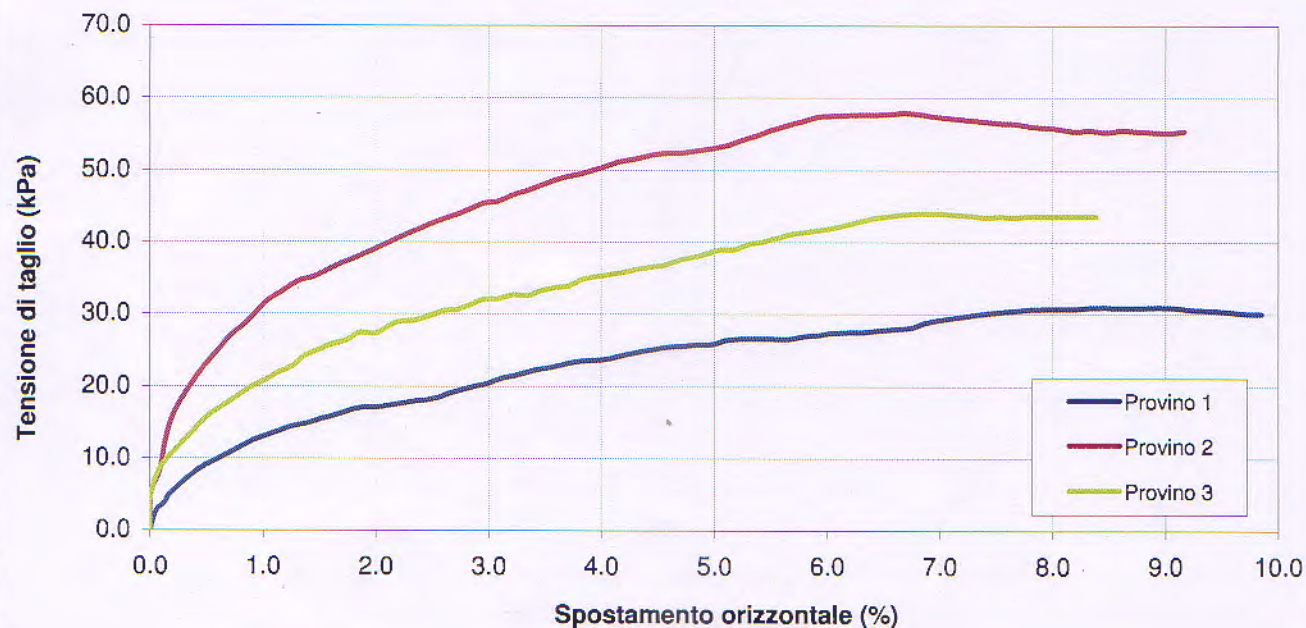
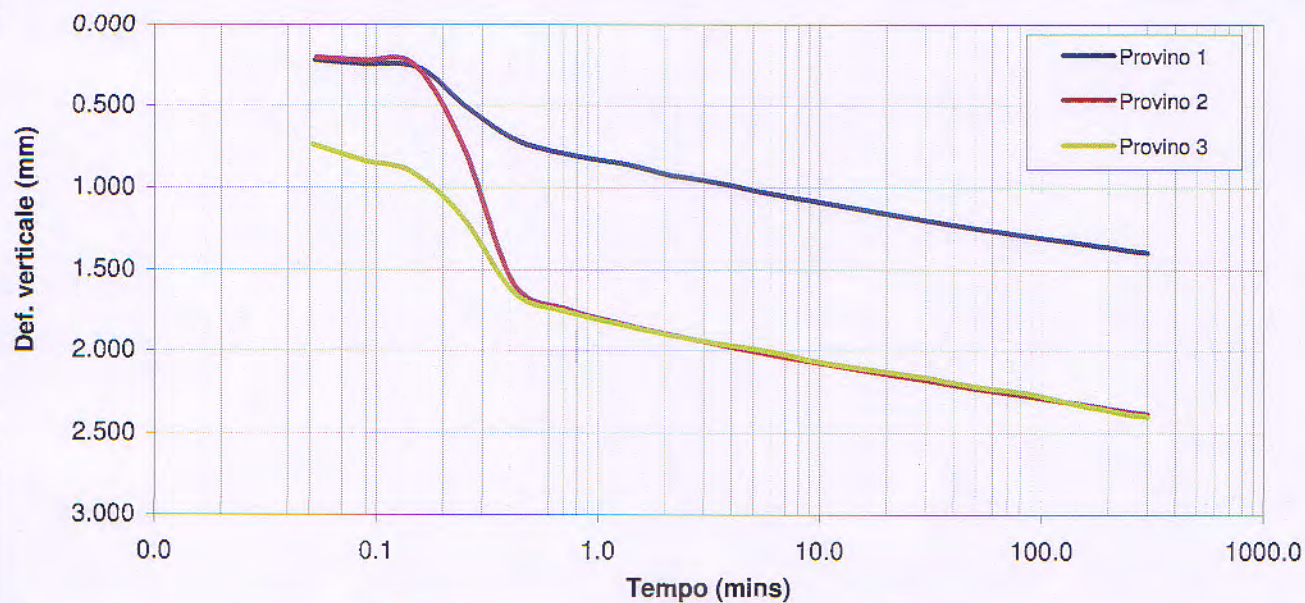
Commenti / variazioni delle procedure:			
Grado di saturazione finale (%)	99	99	100

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

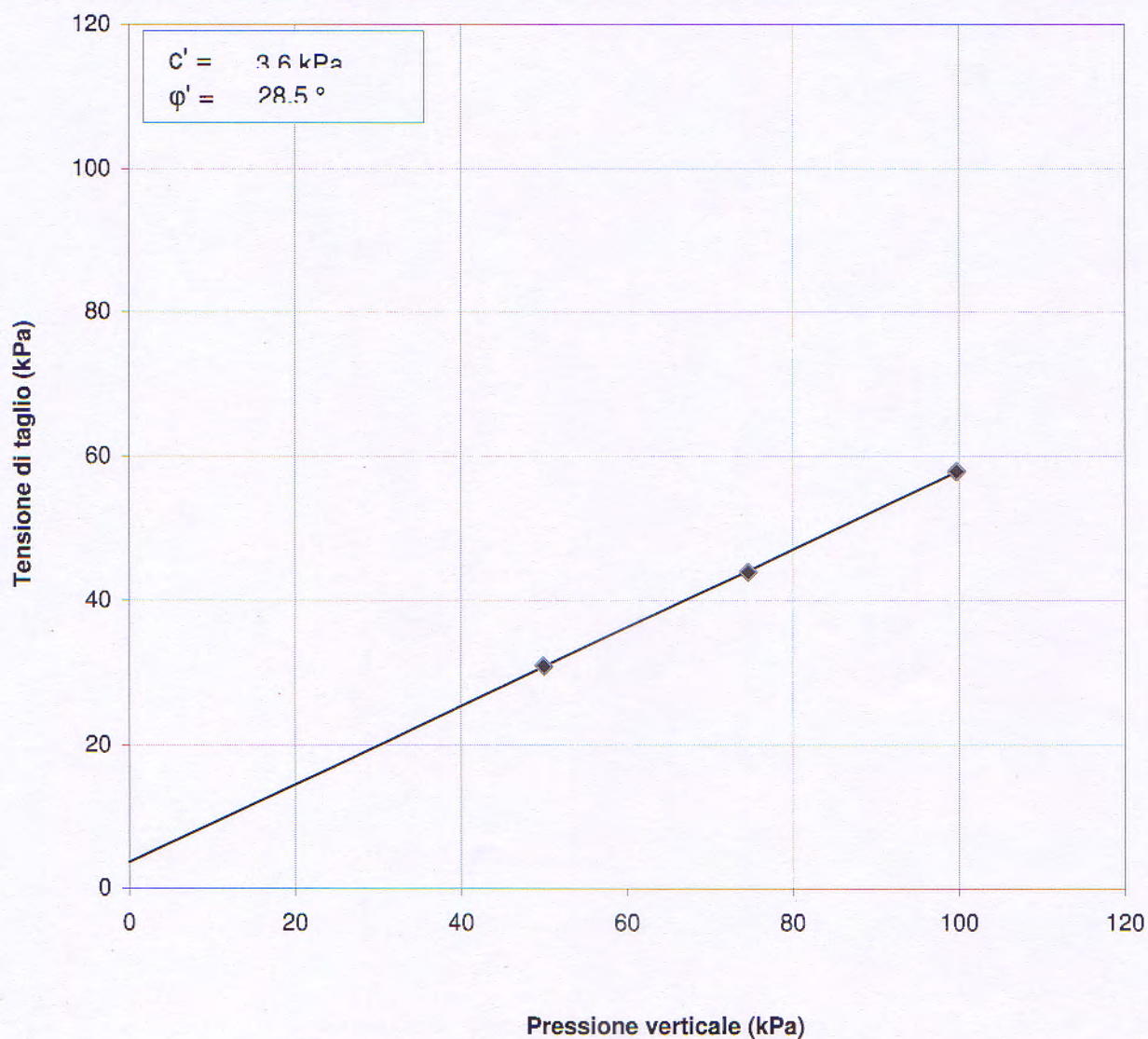
RAPPORTO DI PROVA

Committente	Comune di Loano	Numero Campione	1, 2, 3
Cantiere	Loano - S. Damiano	Profondità prelievo (m)	0.30, 0.30, 0.30
Sondaggio - Campione	CR1		



PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080
RAPPORTO DI PROVA

Committente	Comune di Loano	Numero Campione	1, 2, 3
Cantiere	Loano - S. Damiano	Profondità prelievo (m)	0.30, 0.30, 0.30
Sondaggio - Campione	CR1		



PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	Comune di Loano	Numero Campione	1
Cantiere	Loano - S. Damiano	Profondità prelievo (m)	0.30
Sondaggio - Campione	CR1		

PROVINO 1 Pressione verticale (kPa) 50

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.01	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.0
15.00	0.020	0.03	7.4	0.020	0.03	7.4	2.6
30.00	0.031	0.08	11.3	0.031	0.08	11.3	4.0
45.00	0.038	0.10	13.9	0.038	0.10	13.9	4.9
60.00	0.054	0.19	20.0	0.054	0.19	20.0	7.1
75.00	0.070	0.27	24.6	0.070	0.27	24.6	8.7
90.01	0.091	0.37	28.5	0.091	0.37	28.5	10.1
105.00	0.108	0.48	32.7	0.108	0.48	32.7	11.6
120.00	0.127	0.57	36.2	0.127	0.57	36.2	12.8
135.00	0.142	0.67	38.7	0.142	0.67	38.7	13.7
150.00	0.159	0.75	40.9	0.159	0.75	40.9	14.5
165.00	0.175	0.84	42.3	0.175	0.84	42.3	15.0
180.00	0.191	0.92	44.1	0.191	0.92	44.1	15.6
195.00	0.205	1.01	46.0	0.205	1.01	46.0	16.3
210.00	0.218	1.11	48.3	0.218	1.11	48.3	17.1
225.00	0.231	1.21	48.6	0.231	1.21	48.6	17.2
240.00	0.248	1.32	49.9	0.248	1.32	49.9	17.6
255.00	0.258	1.42	50.9	0.258	1.42	50.9	18.0
270.00	0.268	1.52	52.1	0.268	1.52	52.1	18.4
285.00	0.275	1.61	54.4	0.275	1.61	54.4	19.2
300.00	0.288	1.71	56.4	0.288	1.71	56.4	19.9
315.00	0.297	1.79	57.7	0.297	1.79	57.7	20.4
330.00	0.304	1.87	59.8	0.304	1.87	59.8	21.1
345.00	0.309	1.95	61.0	0.309	1.95	61.0	21.6
360.00	0.311	2.04	62.7	0.311	2.04	62.7	22.2
375.00	0.311	2.12	63.8	0.311	2.12	63.8	22.6
390.00	0.311	2.21	65.2	0.311	2.21	65.2	23.1
405.00	0.311	2.29	66.5	0.311	2.29	66.5	23.5
420.00	0.319	2.40	67.0	0.319	2.40	67.0	23.7
435.00	0.324	2.50	68.4	0.324	2.50	68.4	24.2
450.00	0.329	2.59	69.9	0.329	2.59	69.9	24.7
465.00	0.333	2.68	70.9	0.333	2.68	70.9	25.1
480.00	0.335	2.75	71.8	0.335	2.75	71.8	25.4
495.00	0.335	2.83	72.2	0.335	2.83	72.2	25.5
510.00	0.335	2.90	72.8	0.335	2.90	72.8	25.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	Comune di Loano	Numero Campione	1
Cantiere	Loano - S. Damiano	Profondità prelievo (m)	0.30
Sondaggio - Campione	CR1		

PROVINO 1

Pressione verticale (kPa) 50

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	0.346	2.98	72.9	0.346	2.98	72.9	25.8
540.00	0.349	3.08	74.7	0.349	3.08	74.7	26.4
555.00	0.351	3.18	74.9	0.351	3.18	74.9	26.5
570.00	0.353	3.29	75.0	0.353	3.29	75.0	26.5
585.00	0.354	3.39	74.8	0.354	3.39	74.8	26.5
600.00	0.354	3.48	76.0	0.354	3.48	76.0	26.9
615.00	0.354	3.55	76.4	0.354	3.55	76.4	27.0
630.00	0.354	3.63	77.2	0.354	3.63	77.2	27.3
645.00	0.354	3.71	77.5	0.354	3.71	77.5	27.4
660.00	0.363	3.80	77.6	0.363	3.80	77.6	27.4
675.00	0.367	3.88	78.3	0.367	3.88	78.3	27.7
690.00	0.371	3.96	78.8	0.371	3.96	78.8	27.9
705.00	0.374	4.05	79.4	0.374	4.05	79.4	28.1
720.00	0.375	4.14	81.6	0.375	4.14	81.6	28.9
735.00	0.376	4.24	82.8	0.376	4.24	82.8	29.3
750.00	0.376	4.33	83.7	0.376	4.33	83.7	29.6
765.00	0.376	4.41	84.7	0.376	4.41	84.7	30.0
780.00	0.376	4.50	85.3	0.376	4.50	85.3	30.2
795.00	0.376	4.59	85.9	0.376	4.59	85.9	30.4
810.00	0.376	4.66	86.4	0.376	4.66	86.4	30.6
825.00	0.384	4.74	86.6	0.384	4.74	86.6	30.6
840.00	0.400	4.82	86.7	0.400	4.82	86.7	30.7
855.00	0.419	4.90	86.6	0.419	4.90	86.6	30.6
870.00	0.428	4.97	87.0	0.428	4.97	87.0	30.8
885.00	0.432	5.06	87.2	0.432	5.06	87.2	30.8
900.00	0.435	5.16	86.9	0.435	5.16	86.9	30.7
915.00	0.438	5.25	87.0	0.438	5.25	87.0	30.8
930.00	0.441	5.35	87.2	0.441	5.35	87.2	30.8
945.00	0.443	5.45	86.9	0.443	5.45	86.9	30.7
960.00	0.443	5.53	86.4	0.443	5.53	86.4	30.6
975.00	0.442	5.62	86.0	0.442	5.62	86.0	30.4
990.00	0.442	5.69	85.8	0.442	5.69	85.8	30.3
1005.00	0.442	5.77	85.3	0.442	5.77	85.3	30.2
1020.00	0.442	5.84	84.8	0.442	5.84	84.8	30.0
1035.00	0.453	5.91	84.8	0.453	5.91	84.8	30.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	Comune di Loano	Numero Campione	2
Cantiere	Loano - S. Damiano	Profondità prelievo (m)	0.3
Sondaggio - Campione	CR1		

PROVINO 2	Pressione verticale (kPa) 100
-----------	-------------------------------

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
0.01	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.0
15.00	0.009	0.01	15.0	0.009	0.01	15.0	5.3
30.00	0.019	0.05	23.1	0.019	0.05	23.1	8.2
45.00	0.026	0.10	41.7	0.026	0.10	41.7	14.7
60.00	0.038	0.18	53.0	0.038	0.18	53.0	18.7
75.00	0.051	0.27	62.5	0.051	0.27	62.5	22.1
90.00	0.067	0.35	70.0	0.067	0.35	70.0	24.8
105.01	0.085	0.44	76.7	0.085	0.44	76.7	27.1
120.00	0.096	0.53	82.6	0.096	0.53	82.6	29.2
135.00	0.110	0.62	89.4	0.110	0.62	89.4	31.6
150.00	0.124	0.70	93.6	0.124	0.70	93.6	33.1
165.00	0.137	0.79	97.5	0.137	0.79	97.5	34.5
180.00	0.148	0.87	99.2	0.148	0.87	99.2	35.1
195.00	0.162	0.94	101.7	0.162	0.94	101.7	36.0
210.00	0.177	1.02	104.7	0.177	1.02	104.7	37.0
225.00	0.186	1.10	107.1	0.186	1.10	107.1	37.9
240.00	0.201	1.18	109.8	0.201	1.18	109.8	38.8
255.00	0.212	1.26	112.8	0.212	1.26	112.8	39.9
270.00	0.223	1.35	115.9	0.223	1.35	115.9	41.0
285.00	0.235	1.44	118.6	0.235	1.44	118.6	41.9
300.00	0.248	1.52	121.3	0.248	1.52	121.3	42.9
315.00	0.257	1.61	123.4	0.257	1.61	123.4	43.6
330.00	0.264	1.70	126.1	0.264	1.70	126.1	44.6
345.00	0.270	1.77	128.4	0.270	1.77	128.4	45.4
360.00	0.278	1.84	129.0	0.278	1.84	129.0	45.6
375.00	0.289	1.92	131.4	0.289	1.92	131.4	46.5
390.00	0.301	1.99	133.2	0.301	1.99	133.2	47.1
405.00	0.305	2.07	135.2	0.305	2.07	135.2	47.8
420.00	0.311	2.15	137.5	0.311	2.15	137.5	48.6
435.00	0.321	2.24	139.2	0.321	2.24	139.2	49.2
450.00	0.328	2.32	140.6	0.328	2.32	140.6	49.7
465.00	0.337	2.40	142.5	0.337	2.40	142.5	50.4
480.00	0.346	2.49	144.7	0.346	2.49	144.7	51.2
495.00	0.350	2.57	145.8	0.350	2.57	145.8	51.6
510.00	0.352	2.66	147.2	0.352	2.66	147.2	52.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	Comune di Loano	Numero Campione	2
Cantiere	Loano - S. Damiano	Profondità prelievo (m)	0.3
Sondaggio - Campione	CR1		

PROVINO 2

Pressione verticale (kPa) 100

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.00	0.353	2.75	148.0	0.353	2.75	148.0	52.3
540.00	0.360	2.82	148.1	0.360	2.82	148.1	52.4
555.00	0.367	2.89	148.8	0.367	2.89	148.8	52.6
570.00	0.377	2.97	149.7	0.377	2.97	149.7	52.9
585.00	0.381	3.05	150.8	0.381	3.05	150.8	53.3
600.00	0.387	3.14	152.8	0.387	3.14	152.8	54.0
615.00	0.393	3.22	154.7	0.393	3.22	154.7	54.7
630.00	0.398	3.30	156.9	0.398	3.30	156.9	55.5
645.00	0.404	3.38	158.6	0.404	3.38	158.6	56.1
660.00	0.410	3.47	160.5	0.410	3.47	160.5	56.8
675.00	0.417	3.55	162.2	0.417	3.55	162.2	57.4
690.00	0.421	3.64	162.5	0.421	3.64	162.5	57.5
705.00	0.421	3.72	162.7	0.421	3.72	162.7	57.5
720.00	0.428	3.80	162.9	0.428	3.80	162.9	57.6
735.00	0.437	3.87	163.0	0.437	3.87	163.0	57.6
750.00	0.443	3.94	163.3	0.443	3.94	163.3	57.8
765.00	0.447	4.02	163.7	0.447	4.02	163.7	57.9
780.00	0.451	4.11	163.0	0.451	4.11	163.0	57.6
795.00	0.458	4.19	162.2	0.458	4.19	162.2	57.4
810.00	0.463	4.27	161.5	0.463	4.27	161.5	57.1
825.00	0.471	4.36	160.9	0.471	4.36	160.9	56.9
840.00	0.478	4.44	160.3	0.478	4.44	160.3	56.7
855.00	0.487	4.52	159.6	0.487	4.52	159.6	56.4
870.00	0.493	4.61	159.3	0.493	4.61	159.3	56.3
885.00	0.494	4.69	158.4	0.494	4.69	158.4	56.0
900.00	0.501	4.77	158.0	0.501	4.77	158.0	55.9
915.00	0.510	4.84	157.4	0.510	4.84	157.4	55.7
930.00	0.519	4.91	156.5	0.519	4.91	156.5	55.4
945.00	0.526	5.00	156.8	0.526	5.00	156.8	55.5
960.00	0.529	5.08	156.1	0.529	5.08	156.1	55.2
975.00	0.536	5.17	156.8	0.536	5.17	156.8	55.5
990.00	0.543	5.25	156.5	0.543	5.25	156.5	55.4
1005.00	0.549	5.33	156.1	0.549	5.33	156.1	55.2
1020.00	0.560	5.42	155.8	0.560	5.42	155.8	55.1
1035.00	0.569	5.50	156.5	0.569	5.50	156.5	55.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

Committente	Comune di Loano	Numero Campione	3
Cantiere	Loano - S. Damiano	Profondità prelievo (m)	0.3
Sondaggio - Campione	CR1		

PROVINO 3

Pressione verticale (kPa) 75

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo	Spost. verticale	Spost. orizzontale	Forza orizzontale	Def. verticale	Spost. orizzontale	Forza orizzontale	Tensione di taglio
(mins)	(mm)	(mm)	(N)	(mm)	(mm)	(N)	(kPa)
0.01	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.0
15.00	-0.001	0.00	12.3	-0.001	0.00	12.3	4.4
30.01	0.007	0.05	24.2	0.007	0.05	24.2	8.6
45.00	0.021	0.14	32.1	0.021	0.14	32.1	11.4
60.01	0.029	0.22	38.2	0.029	0.22	38.2	13.5
75.00	0.049	0.29	44.0	0.049	0.29	44.0	15.6
90.00	0.065	0.37	48.3	0.065	0.37	48.3	17.1
105.00	0.088	0.45	52.2	0.088	0.45	52.2	18.5
120.00	0.100	0.53	56.1	0.100	0.53	56.1	19.8
135.00	0.114	0.62	59.4	0.114	0.62	59.4	21.0
150.01	0.126	0.68	62.0	0.126	0.68	62.0	21.9
165.01	0.135	0.76	64.6	0.135	0.76	64.6	22.8
180.00	0.135	0.82	68.3	0.135	0.82	68.3	24.2
195.00	0.151	0.90	70.8	0.151	0.90	70.8	25.0
210.00	0.170	0.96	72.7	0.170	0.96	72.7	25.7
225.00	0.177	1.05	74.6	0.177	1.05	74.6	26.4
240.00	0.187	1.11	77.3	0.187	1.11	77.3	27.3
255.01	0.194	1.20	77.1	0.194	1.20	77.1	27.3
270.00	0.213	1.26	79.5	0.213	1.26	79.5	28.1
285.00	0.216	1.32	81.6	0.216	1.32	81.6	28.9
300.00	0.224	1.41	82.2	0.224	1.41	82.2	29.1
315.01	0.253	1.49	84.1	0.253	1.49	84.1	29.7
330.01	0.252	1.57	86.0	0.252	1.57	86.0	30.4
345.01	0.252	1.63	86.2	0.252	1.63	86.2	30.5
360.01	0.286	1.71	88.5	0.286	1.71	88.5	31.3
375.01	0.286	1.77	90.2	0.286	1.77	90.2	31.9
390.01	0.287	1.85	90.6	0.287	1.85	90.6	32.0
405.01	0.315	1.93	92.0	0.315	1.93	92.0	32.5
420.01	0.314	2.01	91.8	0.314	2.01	91.8	32.5
435.01	0.338	2.08	93.7	0.338	2.08	93.7	33.1
450.01	0.336	2.16	95.1	0.336	2.16	95.1	33.6
465.01	0.334	2.22	95.6	0.334	2.22	95.6	33.8
480.01	0.356	2.30	98.3	0.356	2.30	98.3	34.8
495.01	0.356	2.38	99.5	0.356	2.38	99.5	35.2
510.01	0.356	2.45	100.4	0.356	2.45	100.4	35.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

DATI DI PROVA - FASE DI TAGLIO

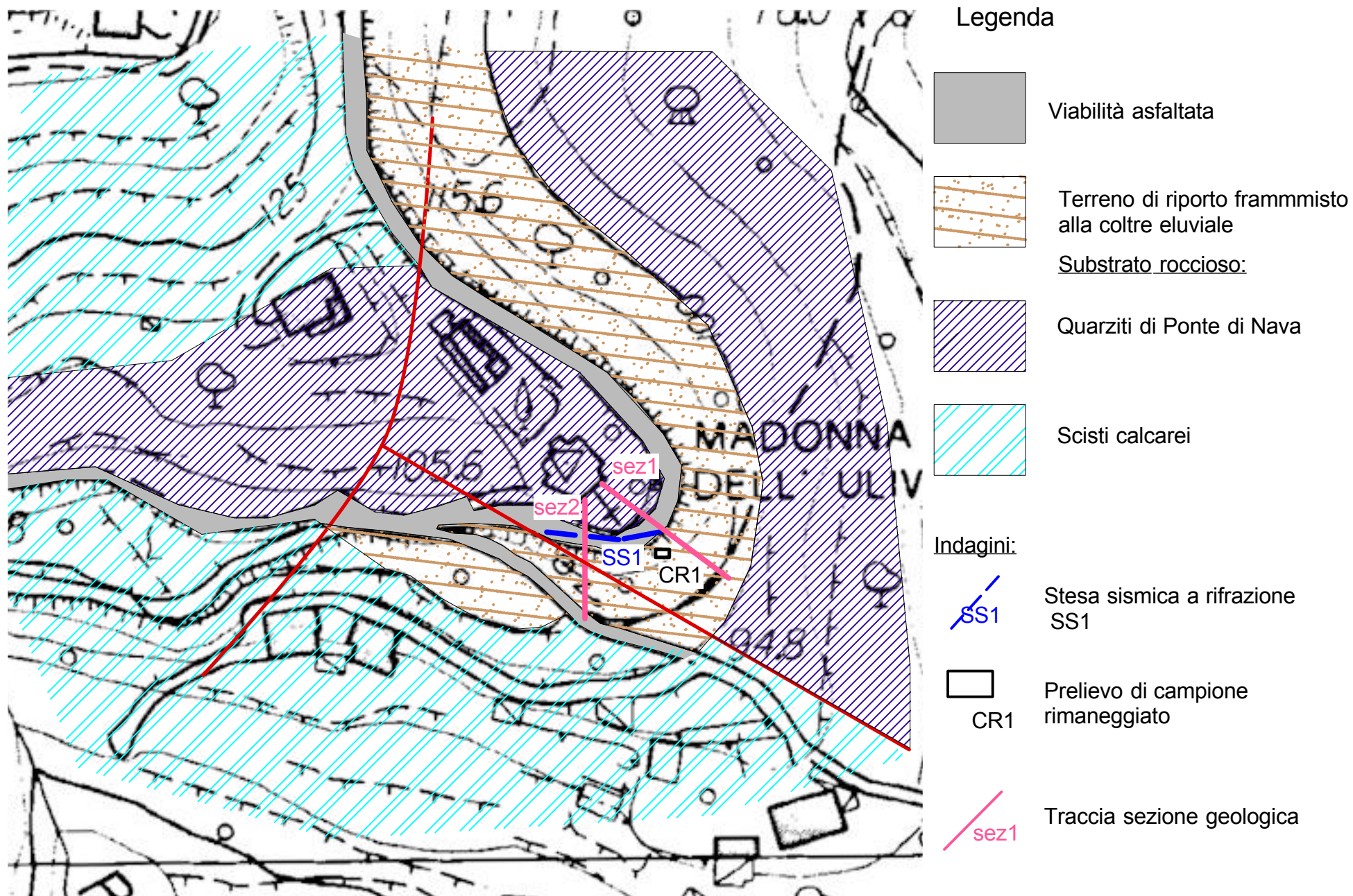
Committente	Comune di Loano	Numero Campione	3
Cantiere	Loano - S. Damiano	Profondità prelievo (m)	0.3
Sondaggio - Campione	CR1		

PROVINO 3

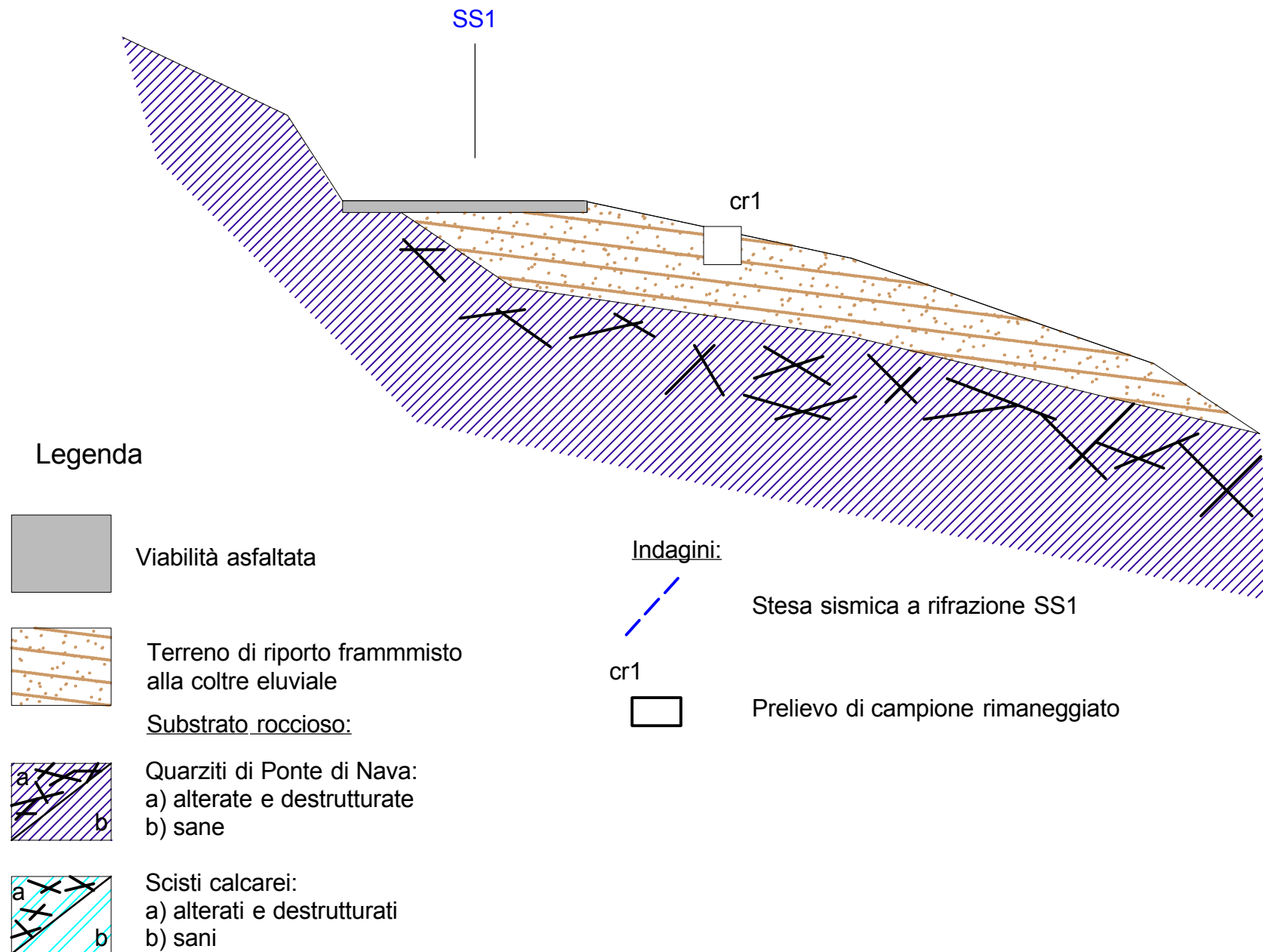
Pressione verticale (kPa) 75

Dati acquisiti				Dati elaborati			
Tempo (mins)	Spost. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Def. verticale (mm)	Spost. orizzontale (mm)	Forza orizzontale (N)	Tensione di taglio (kPa)
525.01	0.357	2.52	101.1	0.357	2.52	101.1	35.8
540.01	0.385	2.59	102.3	0.385	2.59	102.3	36.2
555.01	0.383	2.66	103.2	0.383	2.66	103.2	36.5
570.01	0.385	2.74	104.2	0.385	2.74	104.2	36.9
585.00	0.406	2.82	106.2	0.406	2.82	106.2	37.6
600.00	0.407	2.89	107.2	0.407	2.89	107.2	37.9
615.00	0.405	2.96	108.6	0.405	2.96	108.6	38.4
630.00	0.417	3.02	110.0	0.417	3.02	110.0	38.9
645.01	0.417	3.11	110.2	0.417	3.11	110.2	39.0
660.01	0.431	3.18	112.3	0.431	3.18	112.3	39.7
675.01	0.429	3.26	113.3	0.429	3.26	113.3	40.1
690.01	0.430	3.33	114.7	0.430	3.33	114.7	40.6
705.01	0.441	3.41	116.3	0.441	3.41	116.3	41.1
720.00	0.441	3.49	117.0	0.441	3.49	117.0	41.4
735.00	0.440	3.56	117.9	0.440	3.56	117.9	41.7
750.00	0.463	3.64	118.9	0.463	3.64	118.9	42.1
765.00	0.464	3.70	119.8	0.464	3.70	119.8	42.4
780.00	0.458	3.78	121.4	0.458	3.78	121.4	42.9
795.00	0.467	3.85	122.6	0.467	3.85	122.6	43.4
810.00	0.467	3.93	123.3	0.467	3.93	123.3	43.6
825.00	0.471	4.02	124.2	0.471	4.02	124.2	43.9
840.00	0.471	4.09	124.4	0.471	4.09	124.4	44.0
855.01	0.488	4.15	124.4	0.488	4.15	124.4	44.0
870.01	0.487	4.22	124.4	0.487	4.22	124.4	44.0
885.01	0.487	4.29	123.9	0.487	4.29	123.9	43.8
900.01	0.501	4.37	123.4	0.501	4.37	123.4	43.6
915.01	0.500	4.45	122.9	0.500	4.45	122.9	43.5
930.00	0.502	4.51	123.2	0.502	4.51	123.2	43.6
945.00	0.508	4.59	122.9	0.508	4.59	122.9	43.5
960.00	0.508	4.65	123.2	0.508	4.65	123.2	43.6
975.00	0.518	4.73	123.2	0.518	4.73	123.2	43.6
990.00	0.518	4.82	123.2	0.518	4.82	123.2	43.6
1005.00	0.524	4.89	123.2	0.524	4.89	123.2	43.6
1020.00	0.523	4.95	123.2	0.523	4.95	123.2	43.6
1035.00	0.523	5.03	123.2	0.523	5.03	123.2	43.6

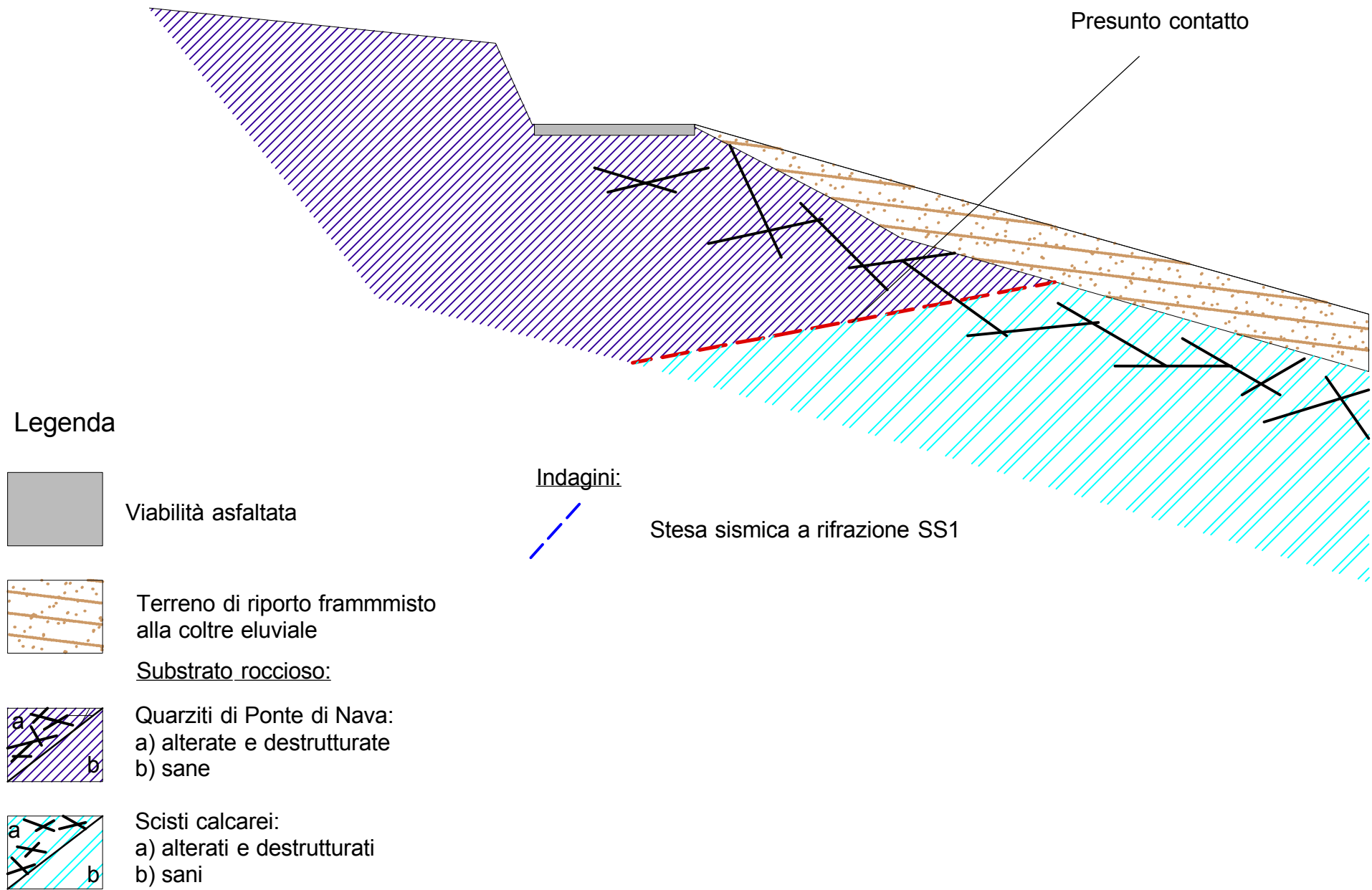
Planimetria con elementi geologici-geomorfologici ed ubicazione delle indagini geognostiche
Scala 1:2000



Sezione geologica 1
Scala 1:200



Sezione geologica 2
Scala 1:200



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.

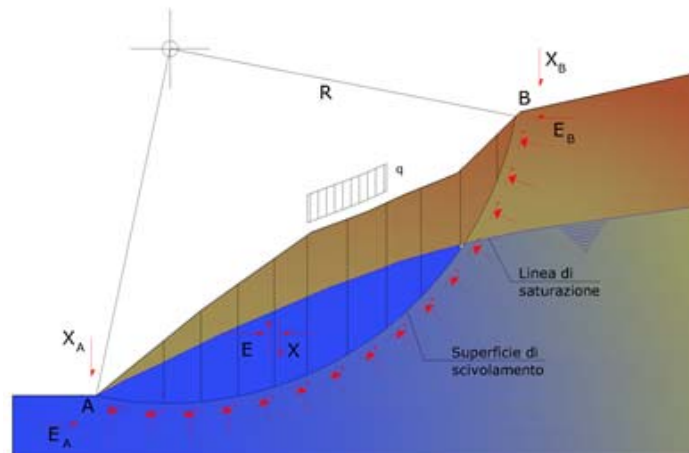
Metodo equilibrio limite (LEM)

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 (t) e confrontate con la resistenza disponibile (t_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_j agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j ;
- $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- 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 quanto si fa l'assunzione che N_i 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.

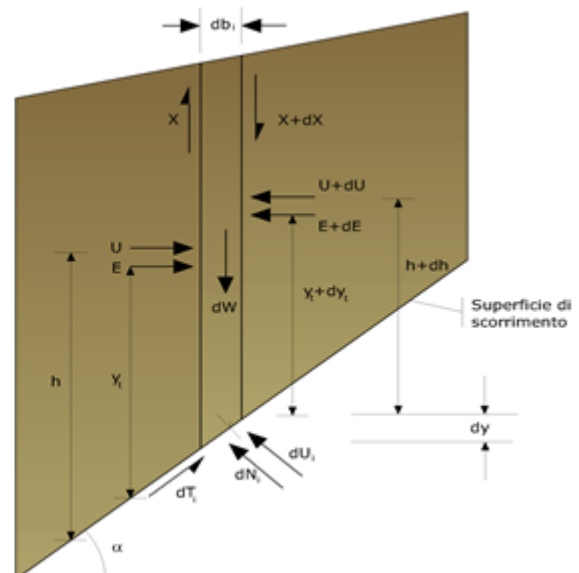
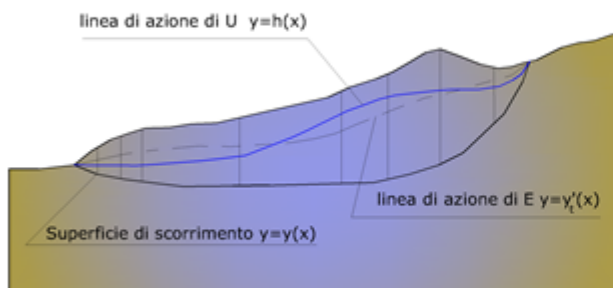
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$



Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento. Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata 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 vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

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_x** coefficiente sismico orizzontale;
- **K_y** coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

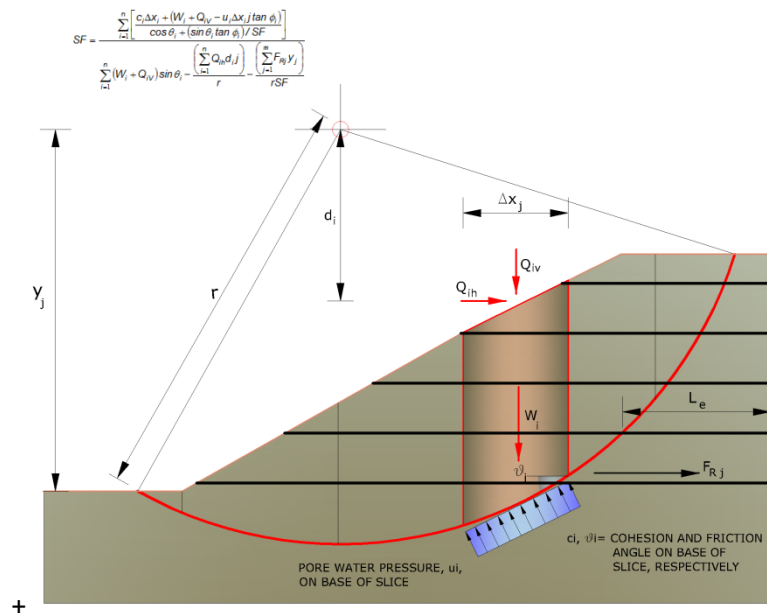
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

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'n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento .

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\varphi)}$$

dove:

δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;

$T_{Pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;

L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;

f_b Coefficiente di *Pullout*;

σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T' .

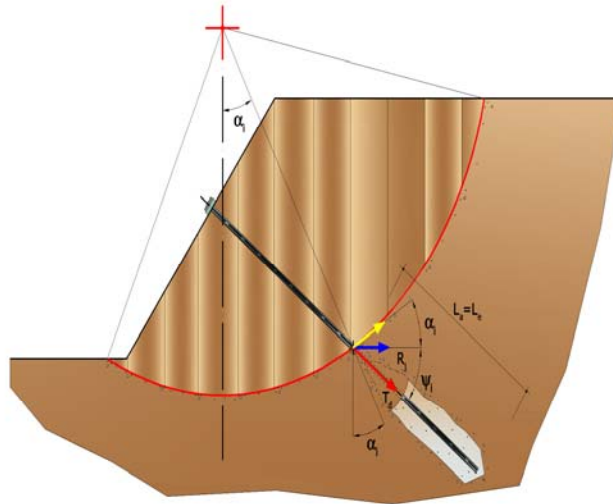
Ancoraggi

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

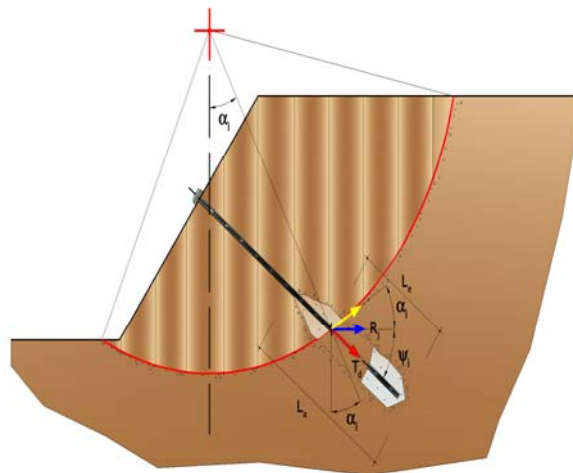
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli. Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo* e per i *chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;
 Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;
 i interasse;
 L_e lunghezza efficace;
 L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l'i-esimo concio e il j-esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell'i-esimo concio.

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

=====	
Zona	Via Costino Monte Carmelo
Lat./Long.	44.141877/8.257695
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0
=====	

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:

A

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.22	2.56	0.17
S.L.D.	50.0	0.3	2.51	0.2
S.L.V.	475.0	0.98	2.47	0.29
S.L.C.	975.0	1.34	2.49	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.22	0.2	0.0045	0.0022
S.L.D.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.V.	0.98	0.2	0.02	0.01
S.L.C.	1.34	0.27	0.0369	0.0184

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.02

Coefficiente azione sismica verticale

0.01

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	3.7	2.5
3	14.3	6.2
4	23.6	8.1
5	32.0	8.1
6	34.0	11.2
7	40.0	14.0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	3.7	2.0
3	14.3	5.0
4	23.6	5.8
5	32.0	8.1
6	34.0	11.2
7	40.0	14.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	3.7	1.6
3	14.3	2.8
4	23.6	3.4
5	32.0	8.1
6	34.0	11.2
7	40.0	14.0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	3.7	2.0
3	14.3	5.0
4	23.6	5.8
5	32.0	8.1
6	34.0	11.2
7	40.0	14.0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.036		28.5	1800.00		1
2	10		30	2000		2
3	50		31	2200		3

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	23.6	8.1	32	8.1	5
2	32	8.1	32	8.1	5

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

Fs minimo individuato	0.76
Ascissa centro superficie	20.0 m
Ordinata centro superficie	11.75 m
Raggio superficie	7.18 m

xc = 20.00 yc = 11.75 Rc = 7.177 Fs=0.758

Lambda = 0.241

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.1	-36.25	1.36	1090.45
2	1.1	-25.95	1.22	2826.27
3	1.1	-16.52	1.14	3799.82
4	1.1	-7.54	1.1	4837.4
5	1.1	1.25	1.1	5459.1
6	1.1	10.07	1.11	5675.51
7	1.1	19.15	1.16	5467.29
8	0.71	26.94	0.79	3184.63
9	1.48	37.61	1.87	79720.39

10	1.1	52.27	1.79	51330.18
----	-----	-------	------	----------

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1874.68	7793.49	0.0	0.0	-5218.89	-2475.18	0.0
2	3682.0	15306.92	1874.68	7793.49	-2321.58	-867.78	0.0
3	5009.96	20827.55	3682.0	15306.92	352.83	636.31	484.44
4	6059.05	25188.87	5009.96	20827.55	2392.85	1791.27	843.62
5	6814.95	28331.33	6059.05	25188.87	3808.8	2599.29	1013.78
6	7288.29	30299.09	6814.95	28331.33	4486.8	2994.3	999.7
7	7513.96	31237.26	7288.29	30299.09	4436.11	2983.11	792.61
8	7573.22	31483.63	7513.96	31237.26	2560.56	1768.6	300.16
9	4744.78	19725.15	7573.22	31483.63	57879.86	33885.9	0.0
10	-26.25	-109.14	4744.78	19725.15	18147.51	11081.34	0.0

Indice

1.Dati generali	15
2.Vertici profilo	16
3.Falda	16
4.Vertici strato1	16
5.Vertici strato2	17
6.Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	17
7.Stratigrafia	17
8.Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]	17
Indice	19