Autostrada dei Fiori

Tronco A6: Torino – Savona

# FRANA MADONNA DEL MONTE

# SISTEMAZIONE DEL VERSANTE IN FRANA ED OPERE A DIFESA DELLE STRUTTURE DEL VIADOTTO RIO VALLETTA

## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA

## RELAZIONE GENERALE

| PROGETTISTA | CONSULENTE GEOLOGIA | IMPRESA | COMMITTENTE |
|---|---|---|---|
| dott.ing.Paolo Barsotti | dott.geol. Luigi Giammattei | | Autostrada dei Fiori S.p.A.<br>Via della Repubblica, 46<br>18100 Imperia (IM) |
| INGEO | | | |

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | CONTR. | APPROV. | RIESAME |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 20/02/2020 | Revisione | SG | SG | PB | |
| 02 | 03/03/2020 | Aggiornamento cartiglio | LB | PB | PB | |
| 03 | 19/05/2020 | Revisione | PB | PB | PB | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

DATA: Mag. 2020

SCALA: –

N. PROGR.: 001

CODIFICA

| PROGETTO | LIV | TRONCO | DOCUMENTO | | REV |
|---|---|---|---|---|---|
| P052 | F | A06 | GEN | RG | 001 | C |

WBS: F06IMS0002

CUP: I51B19000058005

| RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO | VISTO DELLA COMMITTENTE |
|---|---|
| | |

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto od in parte, senza il consenso scritto dell'Autostrada dei Fiori S.p.A.. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.

This document may not be copied, reproduced or published, either in part or in its entierty, without the written permission of Autostrada dei Fiori S.p.A.. Unauthorized use will be persecute by law.

# Sommario

1 PREMESSA 1
2 INQUADRAMENTO 3
2.1 INQUADRAMENTO GENERALE 3
2.2 INQUADRAMENTO CATASTALE 5
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5
3.1 GEOLOGIA GENERALE 5
3.2 RILIEVO GEOLOGICO PRELIMINARE 5
3.3 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DELL'AREA 7
4 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI 9
4.1 SOPRALLUOGO DEL 28/11/2019 9
4.2 SOPRALLUOGO DEL 5/12/2019 12
4.3 SOPRALLUOGO DEL 19/12/2019 14
4.4 SOPRALLUOGO DEL 14/2/2020 14
5 PROPOSTA DI INTERVENTO 17
5.1 CRITERI DI DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO 17
5.2 INTERVENTI NELLA PARTE ALTA 17
5.3 INTERVENTI NELLA PARTE MEDIA 17
5.4 INTERVENTI NELLA PARTE BASSA A MONTE DEL NUOVO VIADOTTO MADONNA DEL MONTE 18
5.5 INTERVENTI AL PIEDE 18
6 FATTIBILITÀ TECNICA DELL'INTERVENTO 18
6.1 FATTIBILITÀ IN TERMINI DI VINCOLI 18
6.2 INTERFERENZE 19
6.3 FATTIBILITÀ TECNICA – VERIFICA DI STABILITÀ 21
6.3.1 VERIFICA DI STABILITÀ SUPERFICI "RICOSTRUITA" 22
6.3.2 VERIFICA DI STABILITÀ SUPERFICI "GENERICHE" 22
6.3.3 OUTPUT VERIFICA SUPERFICI "GENERICHE" 24
7 FATTIBILITÀ ECONOMICA DELL'INTERVENTO 31
8 CRONOPROGRAMMA 32

# 1 PREMESSA

Nelle more della definizione dello specifico incarico, lo Studio INGEO – Ingegneri & Geologi Associati è stato interpellato dalla Società Autostrada dei Fiori S.p.A. allo scopo di definire le opere sia per la difesa delle opere di fondazione del viadotto "Rio Valletta" in corrispondenza del tracciato dell'omonimo corso d'acqua, che per la sistemazione della frana che ha causato il crollo del viadotto Madonna del Monte della carreggiata Nord del Tronco Autostradale A6 Torino-Savona tra le progressive km 123+470 e km 123+526 nel Comune di Savona in data 24/11/2019. I tecnici di riferimento sono l'ing. Paolo Barsotti per le competenze di progettazione ingegneristica e il geol. Luigi Giovanni Giammattei per la parte afferente alla geologia.

L'evento franoso del versante posto in sinistra idraulica del Rio Valletta ha determinato il distacco di una considerevole massa di terreno che, anche a causa della particolare conformazione del versante, acclive e molto inciso, acquistando velocità ha investito le pile del viadotto Madonna del Monte determinandone il crollo. L'accumulo a valle del terreno in distacco ha determinato inoltre uno sbarramento del Rio Valletta generando così una sorta di invaso nei pressi della pila 22 del viadotto omonimo.

Nelle ore immediatamente successive all'evento è stata ripristinata una sezione minima sia per il deflusso delle acque del Rio Valletta che per il deflusso delle acque provenienti dal corpo di frana in sinistra idraulica del suddetto corso d'acqua. L'intervento, seppur tempestivo, è di carattere di provvisorio; rimaneva pertanto in essere l'instabilità delle sponde del corso d'acqua ricavato, dovuto proprio alla ridotta consistenza delle scarpate risagomate in urgenza; queste ultime infatti erano ricavate nell'accumulo di terreno proveniente da monte e pertanto impregnato da grandi quantità di acqua oltre che ad essere realizzate nel terreno rimaneggiato. Un successivo intervento, anch'esso a carattere provvisorio ed in fase di ultimazione per la riapertura al traffico del viadotto Madonna del Monte, è stato quello di installare una tubazione in acciaio ondulato per il deflusso delle acque del Rio Valletta che, in direzione dell'asse della frana, è posta a monte della pila 22 per garantire il passaggio delle acque anche in caso di nuova colata senza interessare la pila 22. La tubazione, in direzione dell'alveo del rio Valletta, è estesa fino circa 10 m a valle della Pila 22 dell'omonimo viadotto. Questo intervento permette di evitare, in caso di ulteriori movimenti del terreno instabile accumulato, una nuova occlusione del rio Valletta e la conseguente formazione di un invaso potenzialmente dannoso per la stabilità delle pile del viadotto suddetto. Al di sopra della tubazione posta in opera si sta completando la realizzazione di un vallo in terra con funzione di "deviatore" in caso di nuova riattivazione dell'evento franoso che però, stante il regime di precipitazione molto ridotto nell'ultimo bimestre, che ha sensibilmente ridotto la presenza di acque nel versante, appare meno probabile rispetto all'immediato post-evento. Di fatto, quindi, appare fondamentale intervenire sulla frana prima del prossimo autunno in quanto i probabili regimi elevati di pioggia potrebbero favorire una riattivazione. Tutto questo, ovviamente, non può prescindere dagli esiti dei monitoraggi installati sulla frana che, comunque, continueranno a fornire informazioni circa eventuali evoluzioni allo stato attuale non prevedibili; così come sarà altrettanto importante verificare la risposta della frana nelle condizioni attuali – si ribadisce, differenti da quelle dell'immediato post-evento – ad eventuali sollecitazioni meteoriche che dovessero avvenire nei mesi a venire (in particolare nel periodo primaverile).

Al momento della prima redazione del presente progetto era in corso una campagna di indagini geologiche sia sulla parte superiore della frana che sul corpo e nelle aree a valle ai fini dell'inquadramento geologico delle aree interessate dall'evento per la verifica delle opere originariamente proposte presente progetto di fattibilità sulla base delle informazioni ed osservazioni condotte fino a quel momento. In questo contesto si è formulato un'ipotesi tecnico-economica di intervento, come vedremo nei paragrafi successivi, per la sistemazione della frana sopra descritta e la canalizzazione delle acque superficiali e profonde presenti nelle aree oggetto di intervento.

Le indagini sono poi proseguite e costituiranno la base per il successivo livello di progettazione.

Fanno parte del progetto di fattibilità tecnico – economica i documenti che seguono:

| | |
|---|---|
| 001 Relazione generale | P052_F_A06_GEN_RG_001_C |
| 002 Planimetria interventi | P052_F_A06_GEO_PA_001_C |
| 003 Prolili longitudinali | P052_F_A06_GEO_FT_001_C |
| 004 Profili longitudinali di dettaglio traccia 1:parte alta e parte media | P052_F_A06_GEO_FT_002_C |
| 005 Profili longitudinali di dettaglio traccia 1: parte bassa e piede frana | P052_F_A06_GEO_FT_003_C |
| 006 Profili longitudinali di dettaglio canale sinistro: parte alta e parte media | P052_F_A06_IDR_FG_001_C |
| 007 Profili longitudinali di dettaglio canale sinistro: parte bassa e piede frana | P052_F_A06_IDR_FG_002_C |
| 008 Profili longitudinali di dettaglio canale destro: parte media | P052_F_A06_IDR_FG_003_C |
| 009 Particolari costruttivi | P052_F_A06_GEO_PC_001_C |
| 010 Particolari costruttivi | P052_F_A06_GEO_PC_002_C |
| 011 Piano particellare di esproprio | P052_F_A06_ESP_BD_001_C |
| 012 Elenco dei prezzi unitari | P052_F_A06_ATE_EP_001_C |
| 013 Analisi dei prezzi Unitari non compresi in Elenco di Riferimento | P052_F_A06_ATE_EP_002_C |
| 014 Computo metrico estimativo | P052_F_A06_ATE_CE_001_C |
| 015 Quadro Tecnico Economico | P052_F_A06_ATE_QE_001_C |

# 2 INQUADRAMENTO

## 2.1 Inquadramento generale

Il dissesto si è verificato il 24/11/2019 in località Madonna del Monte ed ha interessato il Viadotto Madonna del Monte della carreggiata Nord del Tronco Autostradale A6 Torino-Savona tra le progressive km 123+470 e km 123+526, nel Comune di Savona (vedi Figura 2.1).

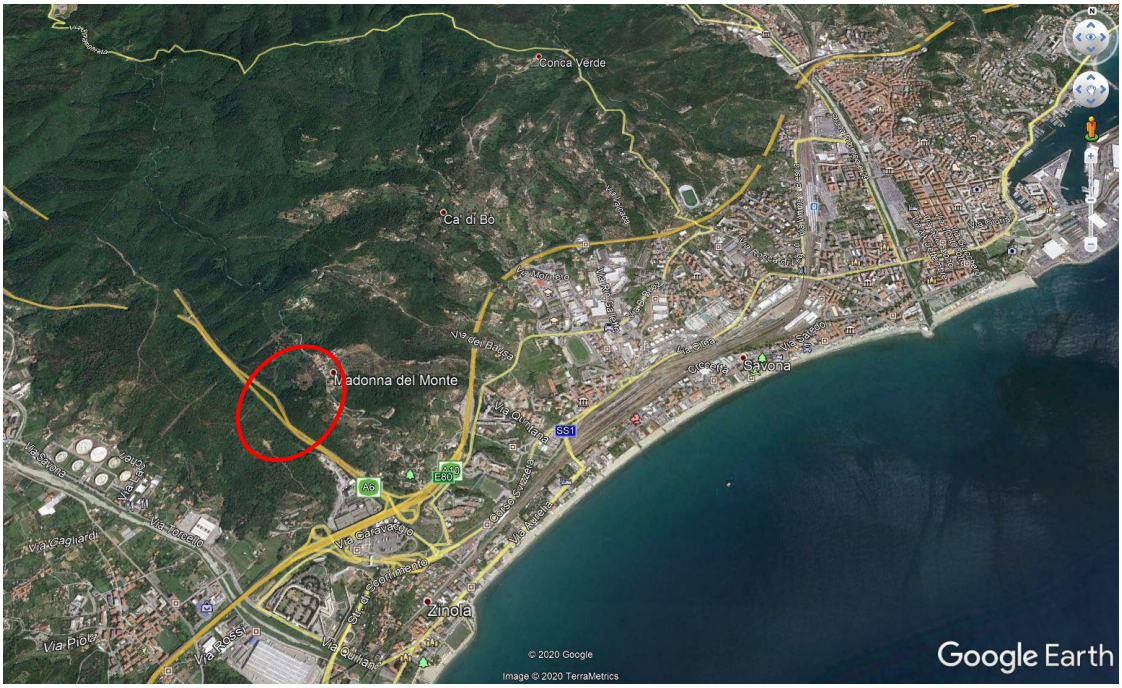



Figura 2.1 – Estratto Google Earth

In quel tratto l'infrastruttura autostradale si divide nella suddetta carreggiata Nord e nella carreggiata Sud, Viadotto Valletta (vedi Figura 2.2). Tra i due viadotti scorre il Rio Valletta che poco più a valle devia il proprio corso attraversando il Viadotto Valletta, ancora in esercizio, tra la pila 22 e la pila 21.




Figura 2.2 – Estratto Google Earth

Il versante interessato dal movimento franoso è caratterizzato da pendenze considerevoli e un impluvio molto inciso con una zona di curvatura dello stesso, definita "gomito". L'impluvio è sede di un piccolo affluente posto in sinistra idraulica del succitato Rio Valletta (vedi Figura 2.3).

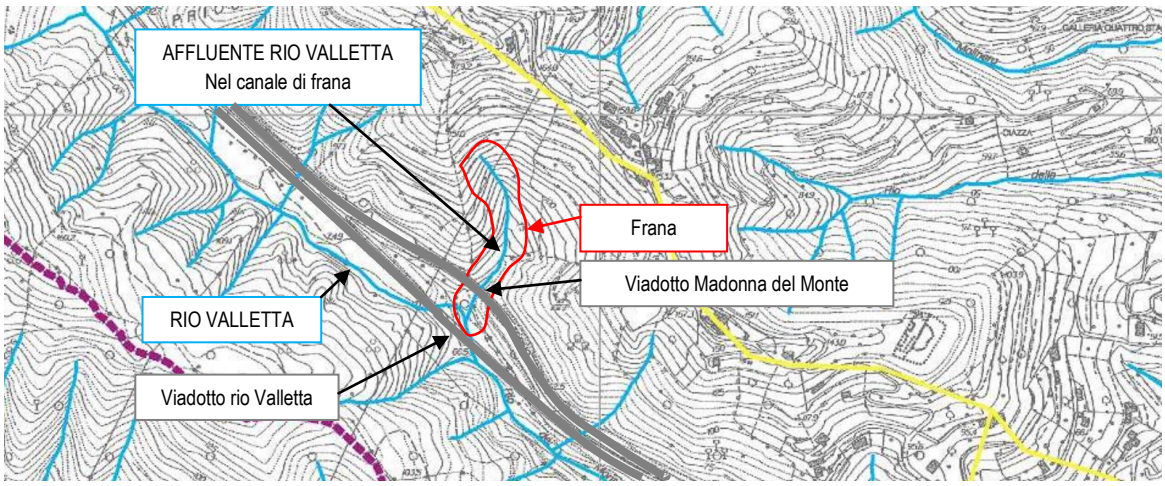



Figura 2.3 – Estratto dal Reticolo Idrografico Regionale




Figura 2.4 – Ortofoto dell'area di frana

## 2.2 Inquadramento catastale

Dal punto di vista catastale il movimento franoso, e quindi le opere di sistemazione della frana, sono individuate nel foglio 71 del Comune di Savona. Le particelle interessate (vedi Figura 2.5) sono le seguenti: nn. 2, 110, 111, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 152, 154, 155 e 243 di cui le nn. 2 e 243 di proprietà dei "Autovia SP", mentre le restanti sono di proprietà privata.

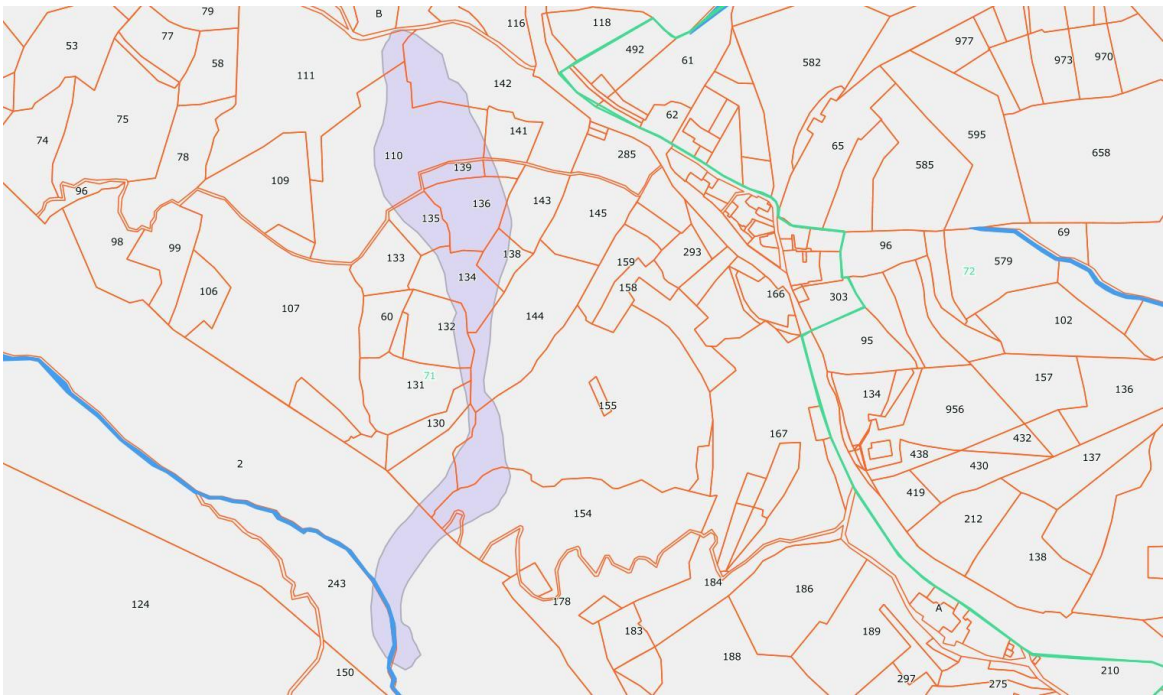



Figura 2.5 – Estratto catastale con limiti di frana

# 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

## 3.1 Geologia generale

In generale l'area di interesse è caratterizzata dall'affioramento del basamento pre-Triassico costituito dalle rocce ignee di età Permiana dei "Graniti del Letimbro", la cui messa in posto avvenne tra le rocce incassanti del Carbonifero, e tra gli Gneiss di Albisola (e locali facies cataclastiche e milonitiche) e le Anfiboliti di Monte Spinarda.

In particolare, secondo quanto riportato nella Carta Geologica Regionale (CGR) della Liguria in scala 1:25.000, la frana sembra essersi impostata sulla formazione delle Miloniti.

## 3.2 Rilievo geologico preliminare

La frana in oggetto può essere classificata, in base alla tipologia di movimento, come uno "scivolamento-colamento" con velocità estremamente rapida innescatasi a causa del passaggio di un'estesa e intensa perturbazione nord-atlantica che, nei giorni 22, 23 e 24 novembre 2019, ha riversato sulla Liguria, ed in particolare sulla provincia di Savona, piogge diffuse e persistenti.

Il distacco è avvenuto alla quota di 180 m s.l.m. lungo un versante esposto a sud con pendenza di ca. 30° in sinistra idrografica del rio Valletta (o di Monte).

Il rilievo eseguito ha evidenziato che la frana ha interessato la coltre superficiale semi-coerente di origine detritico-colluviale poggiante, nell'area di corona, sulla formazione dei Paragneiss (Figura 3.2 e Figura 3.3)

Lungo il corpo di frana sono stati rilevati anche sporadici affioramenti di Anfiboliti (Figura 3.4 e Figura 3.5).

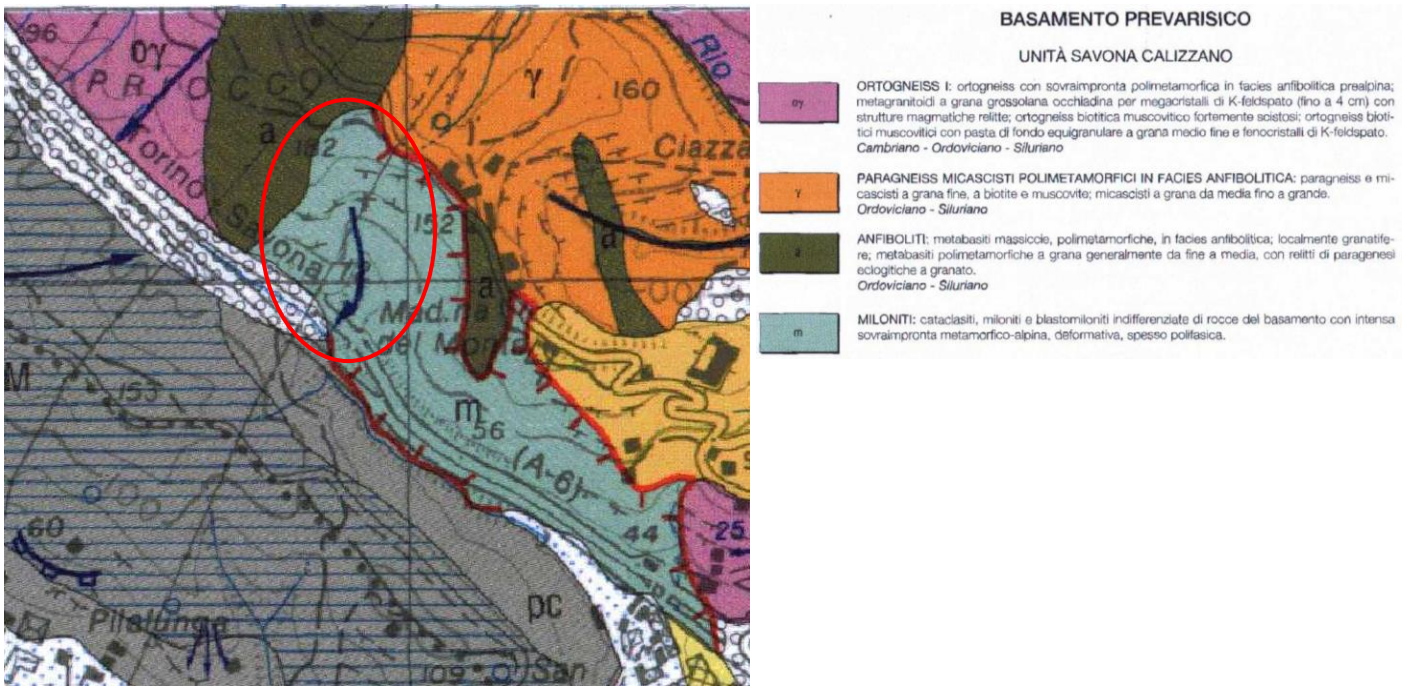



Figura 3.1 – Estratto Carta Geologica della regione Liguria (Tav. 229.3 - Vado Ligure)



Figura 3.2 – Corona di frana con affioramento della formazione dei Paragneiss

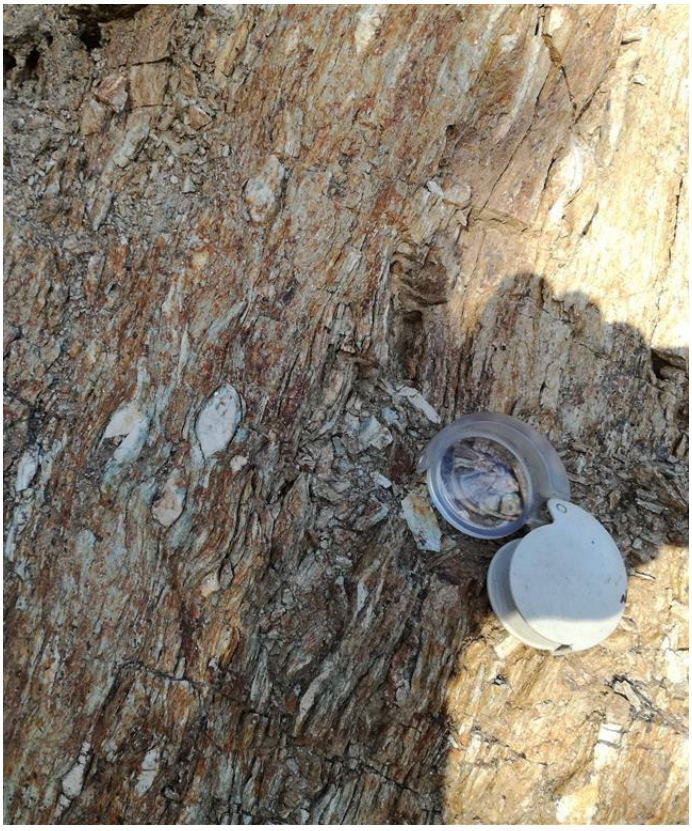


Figura 3.3 – Dettaglio dei Paragneiss affioranti lungo la corona




Figura 3.4 – Vista della parte finale del corpo di frana (da sud verso nord)



Figura 3.5 – Particolare delle Anfiboliti affioranti lungo il corpo di frana

## 3.3 Ricostruzione stratigrafica e geotecnica dell'area

Attualmente, lungo tutto il corpo di frana, è in corso una estesa campagna geognostica programmata per conto della Procura della Repubblica dai CTU incaricati, di cui al momento non siamo in possesso dei risultati. Al fine di caratterizzare i terreni interessati dal movimento gravitativo, sono stati quindi consultati i dati della campagna geognostica realizzata per la definizione del modello geotecnico a supporto della ricostruzione del viadotto crollato di "Madonna del Monte".

I dati della suddetta campagna, uniti a quelli acquisiti con il rilevo dell'area, hanno permesso di ricostruire, per il versante oggetto del dissesto, la seguente stratigrafia: superficialmente sono presenti terreni semi-coerenti di origine detritico-colluviale composti principalmente da limi argilloso-sabbiosi inglobanti trovanti litoidi di dimensioni da centimetriche a decimetriche per uno spessore medio pari a ca. 4-5 m (U.Lit.A); tale orizzonte si assottigliai procedendo verso la corona di frana mentre raggiunge uno spessore di ca. 7-8 m, in prossimità della parte alta del corpo di frana; al di sotto di tali terreni si trova il cappello di alterazione del substrato litoide (U.Lit.B) presente per uno spessore compreso tra 2-3 m e 8-10 m. Il substrato litoide dell'area è rappresentato dalla formazione dei Paragneiss e dalla formazione degli Anfiboliti (U.Lit.C).

I parametri geotecnici attribuibili, cautelativamente, alle tre Unità Litologiche individuate sono riportate nella tabella seguente:

| **Unità litologiche** | **Profondità Descrizione** | **Parametri** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **γ (t/m³)** | **φ (°)** | **c' (kg/cm²)** | **E (MPa)** |
| U.Lit.A | Copertura superficiale composta da limi argilloso sabbiosi con inclusi litoidi (corpo di frana) | 1.9 | 25 | 0.0 | 25-30 |
| U.Lit.B | Cappello di alterazione del substrato | 2.5 | 27 | 0.5 | 50-60 |
| U.Lit.C | Substrato litoide (Paragneiss e Anfiboliti) | 2.5 | 27 | 0.8 | 200-400 |

$\gamma$ è il peso di volume del terreno (tonn/m$^3$), $\phi$ è l'angolo di attrito interno (°); ***c*** è la coesione non drenata (Kg/cm$^2$); c' è la coesione drenata, ***E*** è il Modulo elastico (MPa).

Ai sensi delle Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC18), considerando la ricostruzione stratigrafia eseguita è possibile attribuire, in via del tutto preliminare, ai terreni in oggetto una **categoria di suolo E** corrispondente a "*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m*".

Tale ricostruzione stratigrafica e geotecnica potrà ovviamente essere affinata una volta che saranno acquisite le risultanze della campagna geognostica in corso.

# 4 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

A partire dall'evento franoso sono stati effettuati dagli scriventi dei sopralluoghi in data 28/11/2019, 5/12/2019, 19/12/2019 e da ultimo in data 14/2/2020.

## 4.1 Sopralluogo del 28/11/2019

In sede di sopralluogo, avvenuto con i tecnici della Autostrada dei Fiori SpA, della S. I. N. A. Spa e della Geo Egineering srl di Torino, venivano confermate le problematiche già evidenziate all'indomani dell'evento franoso (25/11/2019) dal prof. ing. Giuseppe Mancini di SINTECNA srl e dal dott. geol. Luigi Marenco della Geo Engineering srl a proposito della situazione idraulica interferente con il viadotto "Rio Valletta". Tali problematiche erano riassumibili nei seguenti punti:

1. interazione dei deflussi superficiali e subsuperficiali (anche profondi) con le strutture di fondazione del viadotto "Rio Valletta" con potenziali fenomeni di erosione e scalzamento delle fondazioni;
2. possibilità di formazione di nuove colate formate nelle zone superiori della frana con potenziale interessamento delle strutture di valle del viadotto rio Valletta.

Durante il sopralluogo si è posto particolare attenzione a questi aspetti e si è preso atto della riprofilatura del rio Valletta (in Figura 4.1 nel tratto più a monte, in Figura 4.2 in corrispondenza della pila 22, in Figura 4.3 a valle della pila 22, e, in Figura 4.4 in visione complessiva da monte) effettuata dai Vigili del Fuoco con posizionamento dell'alveo fra le pile 22 e 21 (la pila 22 rimaneva in destra idrografica del rio, la 21 in sinistra; l'attraversamento era con angolo particolarmente acuto in quanto la direzione del rio Valletta è molto vicina a quella dell'omonimo viadotto).



Figura 4.1 – Vista verso monte/destra idrografica dell'alveo riprofilato del rio Valletta

È stato altresì accertato che la quota di fondo dell'alveo attuale corrispondeva alla quota del piano di campagna preesistente, come individuabile dalla scarpata in sponda destra prossima alla pila 22 e dalla presenza di una soglia di fondo preesistente, a monte della pila 21, al di sopra della quale le acque scorrevano regolarmente; mediante intervento di escavatore, e stata intercettata in sponda sinistra la filtrazione all'interno dei gabbioni preesistenti risolvendo la criticità riscontrata in prossimità del pilastro di valle della pila 21 (Figura 4.5) portando il flusso di acqua a distanza di sicurezza dalla fondazione della pila stessa (Figura 4.6).




Figura 4.2 – Vista del passaggio delle acque del rio Valletta in prossimità della Pila 22




Figura 4.3 – Alveo del rio Valletta a valle della Pila 22

È stato infine concordato che in prossimità della pila 22 venisse realizzata una canalizzazione chiusa provvisoria del rio Valletta al fine di prevenire eventuali occlusioni dell'alveo attuale in caso di nuove colate di materiale allo stato del sopralluogo instabile a partire dalla sezione tombata con scatolare di dimensioni pari a 3,00x4,00 metri presente a monte della zona oggetto di dissesto (Figura 4.7).




Figura 4.4 – Vista da monte del tratto dell'alveo riprofilato del rio Valletta in corrispondenza della pila 22



Figura 4.5 – Vista della venuta di acqua in corrispondenza del pilastro di valle della pila 21




Figura 4.6 – Realizzazione dello scavo per l'intercettazione delle acque infiltrate lungo la gabbionata.



Figura 4.7 – Sezione del rio Valletta all'uscita del tombino con piccola zona di invaso delle acque

## 4.2 Sopralluogo del 5/12/2019

La situazione che si è potuta rilevare all'atto del secondo sopralluogo in data 5/12/2019 è stata simile alla precedente, con deflussi leggermente ridotti delle acque, come mostrato in Figura 4.8 e Figura 4.9 e Figura 4.10.



Figura 4.8 – Rio Valletta – vista da valle in corrispondenza della pila 22. Si nota la gabbionata a difesa del metanodotto



Figura 4.9 – Deflusso delle acque del rio Valletta – vista da valle della sezione di chiusura del tombamento



Figura 4.10 – La gabbionata in corrispondenza della trincea per intercettare il deflusso a monte della pila 21

### 4.3 Sopralluogo del 19/12/2019

Un ulteriore sopralluogo è stato effettuato in data 19/12/2019 alla presenza dei tecnici della SNAM che hanno confermato la relazione fra la gabbionata e l'impianto, situato a monte della stessa alle profondità indicate sulle paline e comunque rilevate. In quella sede pertanto si sono verificate le condizioni del progetto per la posa in opera della tubazione provvisoria in acciaio ondulata di cui alla *Perizia di Somma Urgenza*. Tale perizia prevede la posa in opera di una tubazione che raccoglierà le acque circa 5 m a valle della sezione di chiusura del tombamento del rio Valletta e le recapiterà nell'alveo a cielo aperto circa 10 m a valle della pila 22. Lo sviluppo totale della tubazione è previsto di 60 ml, le dimensioni trasversali caratteristiche sono la larghezza massima (pari a 3,58 ml) e l'altezza (pari a 2,30 ml); la pendenza media del tratto è indicata nel 3,5%.

### 4.4 Sopralluogo del 14/2/2020

Nell'ultimo sopralluogo effettuato in data 14/2/2020 si è verificata la messa in opera della tubazione di cui ai paragrafi precedenti per la protezione della pila 21 (si veda Figura 4.11 e Figura 4.12).

Inoltre si è verificato che nelle zone di monte del dissesto è attualmente in corso la campagna di indagini geologiche per la quale sono state create delle piste di accesso a partire dalla viabilità di monte (Figura 4.13 e Figura 4.14).



Figura 4.11 – Posa in opera della tubazione in acciaio



Figura 4.12 – Posa in opera della tubazione in acciaio



Figura 4.13 – Campagna di indagini geologiche nella zona di monte



Figura 4.14 – Zona di monte

# 5 PROPOSTA DI INTERVENTO

## 5.1 Criteri di definizione dell'intervento

Non essendo al momento definita una stratigrafia del suolo necessaria per il dimensionamento di dettaglio delle opere di sostegno per la sistemazione del versante in dissesto, si propongono interventi di massima tali da consentire una risagomatura della frana e una canalizzazione delle acque sia superficiali che profonde. È comunque evidente che qualsiasi intervento venga proposto nella fase attuale sia suscettibile di modifiche, anche sostanziali, nelle successive fasi di progettazione, in dipendenza delle risultanze della campagna di indagini geologiche al momento in atto.

I criteri che hanno guidato la presente proposta progettuale sono quelli per cui si intende alleggerire la parte alta della frana dal materiale in dissesto, interrompere le spinte in almeno due tratti dello sviluppo longitudinale del corpo di frana e di creare una corretta regimazione delle acque sia superficiali che quelle profonde che potrebbero determinare un ulteriore imbibimento del corpo di frana. Nella parte a valle del "gomito" si prevedono due opere di contenimento a protezione eventuale di possibili movimenti verso valle di materiale terroso.

Particolare attenzione si pone nelle zone di raccordo col versante esistente, i cosiddetti fianchi della frana. Le opere infatti saranno eseguite oltre il ciglio di frana al fine di garantire un adeguato ammorzamento delle stesse alla parte di versante che non risulta essere in frana.

La frana è stata suddivisa in quattro zone come evidenziato nella TAV D.1_Planimetria degli interventi – Codice Elaborato P052_F_A06_GEO_PA_001_C: la parte alta, la parte media, la parte bassa e la zona di piede. Nel seguito si descrivono gli interventi suddivisi per le zone suddette.

## 5.2 Interventi nella parte alta

A partire dalla corona di frana si prevede una riprofilatura del versante mediante la realizzazione di "gradoni" ricavati col terreno in posto e la realizzazione di opere di ingegneria naturalistica quali palificate doppie in legname (V. Elaborati Prolili longitudinali P052_F_A06_GEO_FT_001_C e Profili longitudinali di dettaglio traccia 1:parte alta e parte media P052_F_A06_GEO_FT_002_C). Al piede della gradonatura si prevede di realizzare la prima opera di sostegno consistente in una berlinese in micropali e almeno due ordini di tiranti in trefoli (**Opera di sostegno n. 1**) per uno sviluppo lineare di circa 90 metri. A livello dimensionale i micropali, in via preliminare dimensionati con un diametro di 168 mm e spessore 10 mm ad interasse 0,75 metri, dovranno avere una lunghezza di almeno 12,00 metri al fine di intercettare il substrato sotto la copertura. I tiranti anch'essi dimensionati in via preliminare si prevedono ad interasse pari a 2,00 metri e di lunghezza di almeno 20,00 metri.

Nella sezione longitudinale centrale del corpo di frana si prevede la realizzazione di un canale a cielo aperto per la raccolta delle acque superficiali sotto il cui piano di scorrimento verrà realizzato un drenaggio per la raccolta delle acque profonde al fine di mantenere quanto più possibile il corpo di frana asciutto. La parte di canaletta situata nella zona di maggiore pendenza è caratterizzata dalla presenza di salti idraulici (realizzati con semplice introduzione dei gabbioni trasversalmente all'asta) in modo da limitare l'energia erosiva delle acque. Trasversalmente al pendio si prevede la realizzazione di canalette superficiali e drenaggi profondi per la regimazione delle acque verso il canale principale.

## 5.3 Interventi nella parte media

A partire dall'opera di sostegno n. 1 si prevede la realizzazione verso valle di una riprofilatura del terreno mediante una gradonatura con il terreno in posto (V. Elaborati Prolili longitudinali P052_F_A06_GEO_FT_001_C e Profili longitudinali di dettaglio traccia 1:parte alta e parte media P052_F_A06_GEO_FT_002_C). Al piede di alcuni gradoni saranno realizzate delle palificate doppie in legname e pietrame (nelle fasi successive di progettazione verrà

indagata anche la soluzione in "terre armate"). Nella prima metà del tratto si prevede di realizzare la gradonatura in scavo, mentre nella seconda si prevede di andare in riporto. Tale modalità di intervento consente di trasferire il peso del terreno in frana dalle zone di monte a quelle di valle, riducendone l'energia potenziale, oltre che a determinare una pendenza del versante meno acclive.

Al piede della suddetta riprofilatura si prevede la realizzazione di un'opera di sostegno (**opera di sostegno n. 2**) analoga a quella descritta nel paragrafo precedente (5.2) per uno sviluppo lineare di circa 35 metri. Le opere di sostegno così come progettate consentono il frazionamento delle spinte residue dovute alle azioni del terreno in posto.

### 5.4 Interventi nella parte bassa a monte del nuovo viadotto Madonna del Monte

A valle dell'opera di sostegno n. 2 nella zona in cui la pendenza del versante risulta meno acclive si prevedono **due valli in terre armate** con la finalità di aumentare il grado di sicurezza rispetto a possibili colate detritiche da monte verso infrastruttura autostradale (V. Elaborati Prolili longitudinali P052_F_A06_GEO_FT_001_C e Profili longitudinali di dettaglio traccia 1: parte bassa e piede frana P052_F_A06_GEO_FT_003_C). Infatti queste opere hanno la funzione di trattenuta del materiale che eventualmente dovesse distaccarsi dalle zone più a monte in caso di riattivazioni del fenomeno.

Sul paramento di valle di questi elementi è previsto il ricorso a elementi di rinforzo con strutture di sostegno (macrogabbioni) dotate di ancoraggi al terreno (tiranti) e micropali per il trasferimento delle azioni verticali agli strati di terreno con caratteristiche migliori. *Queste opere erano state inizialmente previste solo nel caso di intervento – stralcio solo sulla parte bassa ma vengono qui confermate per conferire al complesso un coefficiente di sicurezza complessivo maggiore.* È utile evidenziare che le opere nella parte bassa potranno essere realizzate anche in una fase iniziale e di transitorietà ovvero, nel caso in cui la determinazione dell'iter procedurale per la realizzazione delle opere di monte dovesse traslare l'inizio del cantiere in periodi non favorevoli, in un primo lotto per la protezione delle infrastrutture a valle ed in particolare delle pile del Viadotto Valletta.

Al fine di consentire lo scorrimento delle acque provenienti da monte nella sezione di mezzeria dei valli sopra descritti, saranno posate due tubazioni in lamiera ondulata **recuperate dalle opere realizzate in somma urgenza nell'immediatezza dell'evento che è stata definita "provvisoria"**.

### 5.5 Interventi al piede

Al piede del movimento franoso, nella zona compresa tra il nuovo ponte realizzato in sostituzione del Viadotto Madonna del Monte e il Viadotto Valletta, si prevede la realizzazione di un'opera di sostegno flessibile in elementi consolidatori e gabbioni (V. Elaborati Prolili longitudinali P052_F_A06_GEO_FT_001_C e Profili longitudinali di dettaglio traccia 1: parte bassa e piede frana P052_F_A06_GEO_FT_003_C).

Tale tecnologia costruttiva tiene conto della presenza della rete del metanodotto di proprietà SNAM così come evidenziato al successivo paragrafo 6.2.

## 6 FATTIBILITÀ TECNICA DELL'INTERVENTO

### 6.1 Fattibilità in termini di Vincoli

In riferimento al D.Lgs. n.42 del 22/1/2004 Codice per i Beni Culturali e del Paesaggio l'area oggetto di intervento non ricade, secondo le mappe disponibili sul sito *luguriavincoli.it* a cura di Regione Liguria e Segretariato Regionale del MiBACT per la Liguria, in aree non soggette a vincolistica (si veda Figura 6.1). La fattibilità dell'intervento risulta pertanto soddisfatta secondo gli aspetti suddetti.




Figura 6.1 – Estratto cartografico

## 6.2 Interferenze

Durante le indagini e i sopralluoghi effettuati è stata individuata la linea del metanodotto SNAM RETE GAS, quale soggetto proprietario e gestore della condotta, "Derivazione per Albissola" localizzato alle progressive A6 km 1419 e km 1554 da Savona in corrispondenza della zona in cui dovranno essere eseguite le opere al piede dell'intervento (si vedano Figura 6.2 e Figura 6.3).




Figura 6.2 – Vista di valle del 28/11/2019



Figura 6.3 – Vista di valle del 14/2/2020

L'intervento così come proposto e, nello specifico le opere previste al paragrafo 5.5, rientrano nella fascia asserita/rispetto del metanodotto larga 11,50 metri, pertanto dovranno essere soggette e parere preventivo del gestore. In fase progettuale si dovrà verificare l'ingombro delle opere in ragione del tracciato di cui allo stato attuale è disponibile un rilievo di dettaglio (si veda Figura 6.4). Allo stato attuale non essendo disponibile un dimensionamento preciso dell'opera al piede non è possibile verificare la reale distanza che intercorre tra l'opera stessa e il metanodotto. Quali precauzioni durante le lavorazioni si dovranno prevedere zone di deposito materiale che non siano gravanti sulle tubazioni.

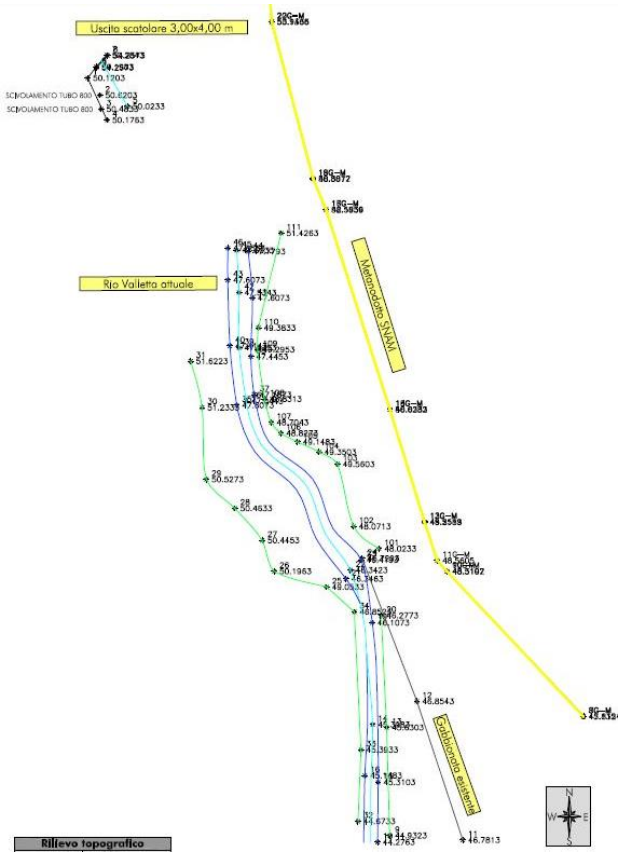



Figura 6.4 – Estratto rilievo metanodotto SNAM

## 6.3 Fattibilità tecnica – Verifica di stabilità

Le opere progettate sono state verificate anche in funzione della stabilità globale del versante.

Il calcolo è stato realizzato utilizzando il Software Slope 2020 prodotto dalla GeoStru Software s.a.s. secondo il metodo dell'equilibrio limite di Bishop. In questo metodo la sezione del pendio, delimitata dalla potenziale superficie di scivolamento (quella ipotizzata dal rilievo eseguito e quella generica assunta circolare), è suddivisa in una serie di conci verticali; il peso di ogni concio è applicato al suo baricentro e questo genera, in corrispondenza della superficie di scivolamento, una componente normale (stabilizzante) e una tangenziale che tende a destabilizzare il pendio. Tali forze dovranno quindi essere bilanciate dalla resistenza al taglio del terreno. La metodologia, teorizzata partendo da una parametrizzazione geomeccanica dei terreni costituenti l'area in esame, porta all'individuazione di varie superfici di scorrimento, tra cui la superficie di scorrimento critica e il relativo fattore di sicurezza Fs.

Le verifiche sono state fatte sia in condizioni statiche che sismiche considerando condizioni drenate dei terreni ed un livello piezometrico prossimo al contatto tra l'U.Lit. A e l'U.Lit.B per opera dei drenaggi in progetto.  bLa sezione analizzata è quella longitudinale al corpo di frana (si vedano gli elaborati grafici).

Nel calcolo della superficie critica di scorrimento e del relativo fattore minimo di sicurezza sono state considerate diverse "maglie di centri" e la caratterizzazione geotecnica dei terreni così come descritta nel paragrafo 3.3.

In condizioni statiche i parametri sono stati ridotti secondo i coefficienti M2 riportati in Tabella 6.2.II delle NTC mentre in condizioni sismiche gli M2 sono stati considerati unitari come indicato nel paragrafo 7.11.1 delle suddette norme.

I parametri sismici sono stati ricavati considerando una categoria di suolo E, una categoria topografica T2 e una classe d'uso pari a IV (periodo di riferimento 100 anni e Cu pari a 2).

### *6.3.1 Verifica di stabilità superfici "ricostruita"*

L'analisi, svolta per la superficie di scivolamento ricostruita con il rilievo eseguito, ha evidenziato un Fs di 1.12 per le condizioni statiche e un Fs di 1.26 per le condizioni sismiche rispettando quindi le prescrizioni imposte dalle NTC18.

I risultati sono riportati nella Tabella 1 seguente e nella Figura 6.5 e Figura 6.6.

| | **Fattore di sicurezza minimo (Fs)** |
|---|---|
| Condizioni statiche | 1.12 |
| Condizioni sismiche | 1.26 |

Tabella 1 - Tabella riassuntiva dei risultati delle verifiche dell'insieme terreno-opere lungo la superficie di scivolamento ipotizzata

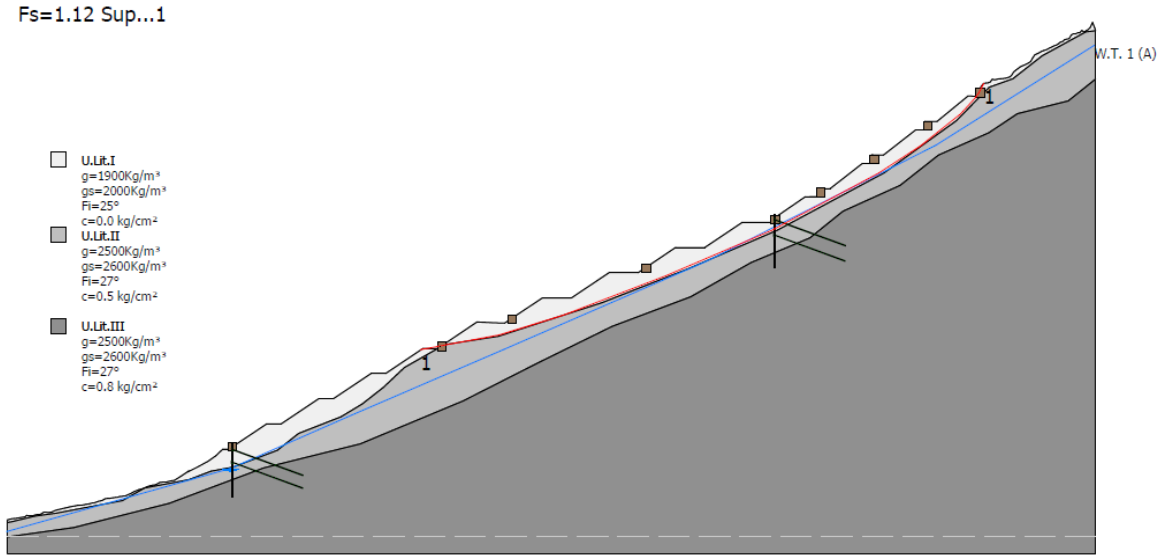



Figura 6.5 – Sezione di verifica dello stato di progetto in condizioni statiche per la superficie di scivolamento ipotizzata

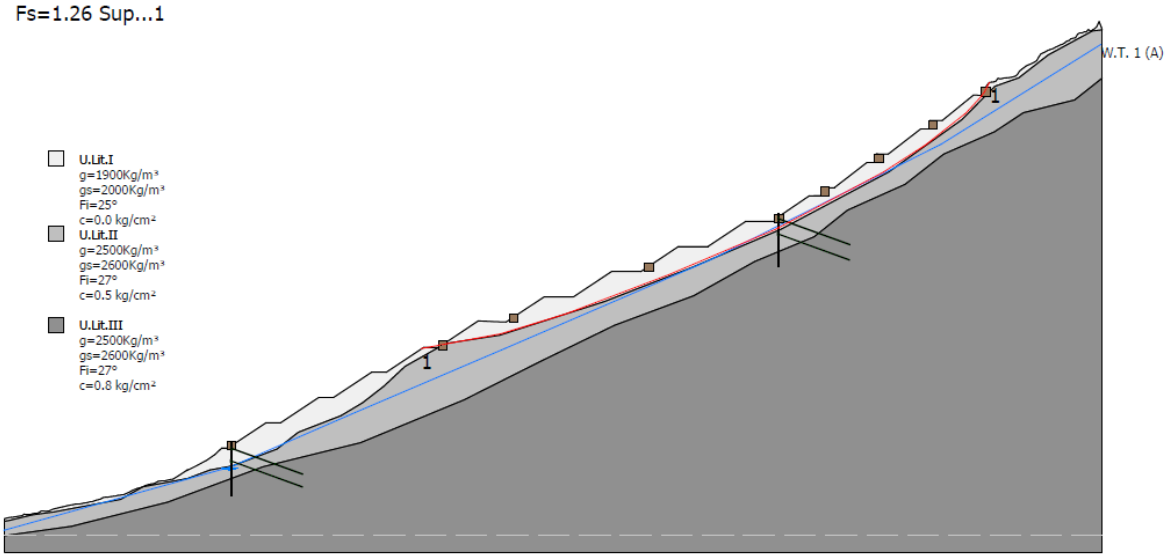



Figura 6.6 – Sezione di verifica dello stato di progetto in condizioni sismiche per la superficie di scivolamento ipotizzata

### *6.3.2 Verifica di stabilità superfici "generiche"*

L'analisi, inoltre, è stata svolta anche per individuare eventuali potenziali superfici generiche.

Il calcolo ha individuato una superficie con fattore di sicurezza Fs minimo pari a 1,09 per le condizioni statiche, e pari a 1,23, per le condizioni sismiche (Tabella 2, Figura 6.7 e Figura 6.7) rispettando quindi, seppure al limite, le prescrizioni imposte dalle NTC18.

| | **Fattore di sicurezza minimo (Fs)** |
|---|---|
| Condizioni statiche | 1.09 |
| Condizioni sismiche | 1.23 |

Tabella 2 - Tabella riassuntiva dei risultati delle verifiche allo stato attuale

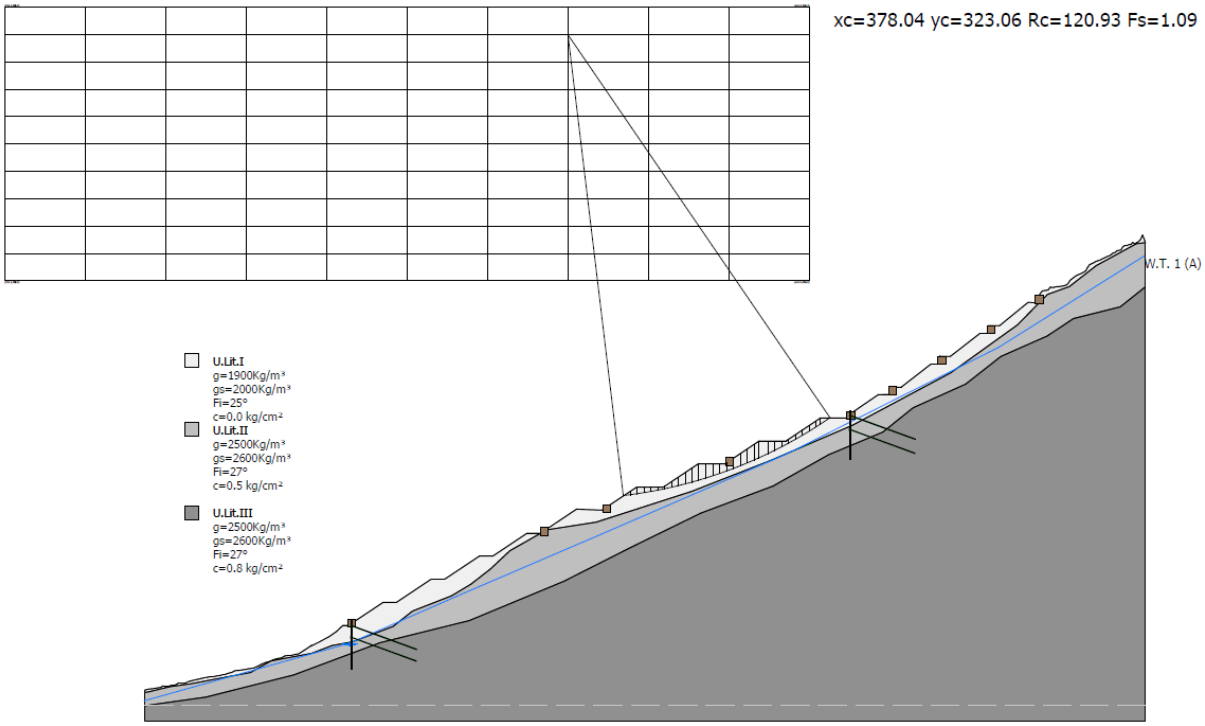



Figura 6.7 – Sezione di verifica dello stato di progetto in condizioni statiche

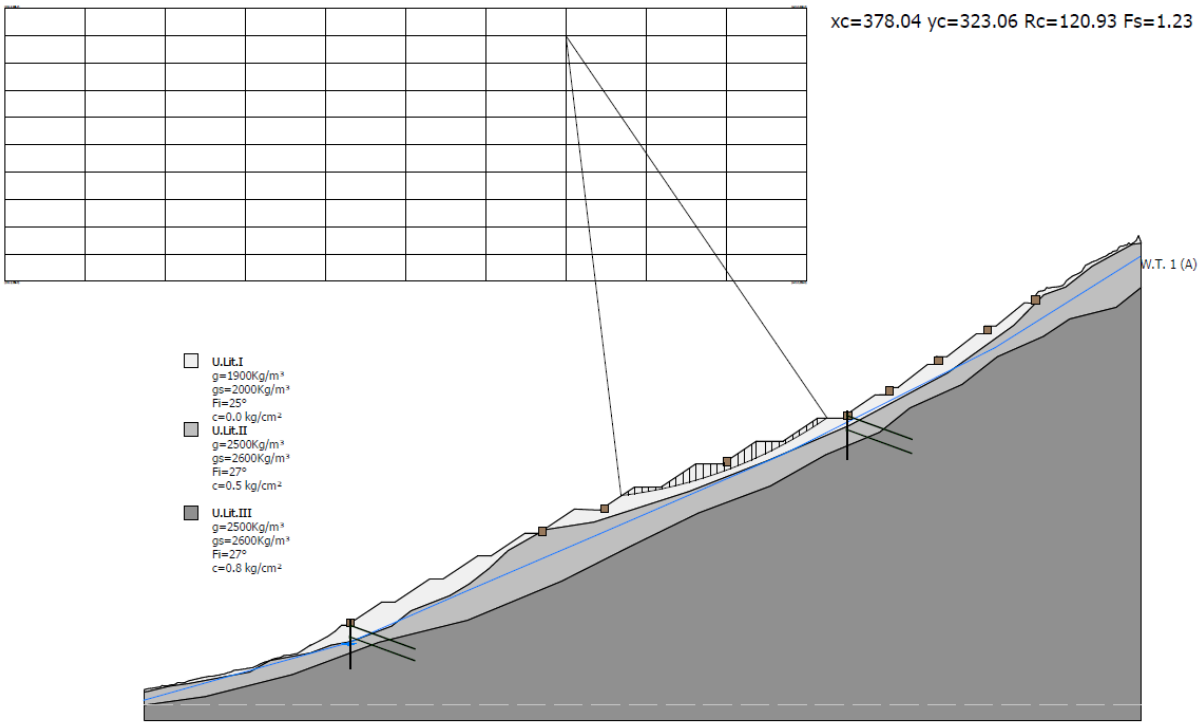



Figura 6.8 – Sezione di verifica dello stato di progetto in condizioni sismiche

### *6.3.3 Output verifica superfici "generiche"*

**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

==========

| | |
|---|---|
| Lat./Long. | 44.296935/8.433773 |
| Calcolo eseguito secondo | NTC 2018 |
| Numero di strati | 3.0 |
| Numero dei conci | 30.0 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1.0 |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

==========

**Maglia dei Centri**

==========

| | |
|---|---|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 231.19 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 258.99 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 440.97 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 330.18 m |
| Passo di ricerca | 10.0 |
| Numero di celle lungo x | 10.0 |
| Numero di celle lungo y | 10.0 |

==========

**Vertici profilo**

| Nr | X (m) | y (m) |
|---|---|---|
| 1 | 267.77 | 152.39 |
| 2 | 267.88 | 152.42 |
| 3 | 268.39 | 152.58 |
| 4 | 268.89 | 152.68 |
| 5 | 269.4 | 152.71 |
| 6 | 269.91 | 152.79 |
| 7 | 270.41 | 152.88 |
| 8 | 270.92 | 152.96 |
| 9 | 271.42 | 153.04 |
| 10 | 271.93 | 153.11 |

| | | |
|---|---|---|
| 11 | 272.43 | 153.48 |
| 12 | 272.94 | 153.36 |
| 13 | 273.44 | 153.34 |
| 14 | 273.95 | 153.46 |
| 15 | 274.45 | 153.58 |
| 16 | 274.96 | 153.69 |
| 17 | 275.47 | 153.7 |
| 18 | 275.97 | 153.87 |
| 19 | 276.48 | 154.25 |
| 20 | 276.98 | 154.27 |
| 21 | 277.49 | 154.15 |
| 22 | 277.99 | 154.2 |
| 23 | 278.5 | 154.3 |
| 24 | 279.0 | 154.56 |
| 25 | 279.51 | 154.74 |
| 26 | 280.01 | 154.84 |
| 27 | 280.52 | 154.97 |
| 28 | 281.03 | 155.1 |
| 29 | 281.53 | 155.22 |
| 30 | 282.04 | 155.32 |
| 31 | 282.54 | 155.45 |
| 32 | 283.05 | 155.56 |
| 33 | 283.55 | 155.66 |
| 34 | 284.06 | 155.75 |
| 35 | 284.56 | 155.89 |
| 36 | 285.07 | 155.86 |
| 37 | 285.57 | 155.94 |
| 38 | 286.08 | 156.0 |
| 39 | 286.58 | 156.11 |
| 40 | 287.09 | 156.2 |
| 41 | 287.6 | 156.3 |
| 42 | 288.1 | 156.44 |
| 43 | 288.61 | 156.48 |
| 44 | 289.11 | 156.65 |
| 45 | 289.62 | 156.83 |
| 46 | 290.12 | 156.95 |
| 47 | 290.63 | 157.09 |
| 48 | 291.13 | 157.43 |
| 49 | 291.64 | 157.49 |
| 50 | 292.14 | 157.52 |
| 51 | 292.65 | 157.61 |
| 52 | 293.16 | 157.68 |
| 53 | 293.66 | 157.75 |
| 54 | 294.17 | 157.82 |
| 55 | 294.67 | 157.94 |
| 56 | 295.18 | 158.03 |
| 57 | 295.68 | 158.12 |
| 58 | 296.19 | 158.16 |
| 59 | 296.69 | 158.42 |
| 60 | 297.2 | 158.61 |
| 61 | 297.7 | 158.88 |
| 62 | 298.21 | 159.18 |
| 63 | 299.37 | 159.61 |
| 64 | 300.19 | 159.85 |
| 65 | 301.19 | 160.32 |
| 66 | 302.01 | 160.53 |
| 67 | 302.48 | 160.66 |
| 68 | 303.34 | 160.83 |
| 69 | 303.82 | 161.04 |
| 70 | 304.27 | 161.34 |
| 71 | 305.03 | 161.41 |
| 72 | 305.79 | 161.4 |
| 73 | 307.0 | 161.72 |
| 74 | 307.78 | 161.84 |
| 75 | 309.29 | 162.77 |
| 76 | 311.23 | 164.07 |
| 77 | 310.99 | 163.85 |
| 78 | 312.17 | 164.43 |

| | | |
|---|---|---|
| 79 | 313.27 | 164.97 |
| 80 | 314.94 | 165.86 |
| 81 | 315.83 | 166.33 |
| 82 | 317.68 | 167.64 |
| 83 | 319.42 | 169.27 |
| 84 | 320.9 | 169.28 |
| 85 | 329.9 | 175.28 |
| 86 | 333.4 | 175.28 |
| 87 | 342.4 | 181.28 |
| 88 | 345.9 | 181.28 |
| 89 | 354.9 | 187.28 |
| 90 | 358.4 | 187.28 |
| 91 | 367.4 | 193.28 |
| 92 | 370.9 | 193.28 |
| 93 | 380.28 | 199.53 |
| 94 | 386.9 | 199.28 |
| 95 | 395.9 | 205.28 |
| 96 | 402.9 | 205.28 |
| 97 | 411.9 | 211.28 |
| 98 | 418.9 | 211.28 |
| 99 | 427.9 | 217.28 |
| 100 | 434.9 | 217.28 |
| 101 | 443.9 | 223.28 |
| 102 | 450.9 | 223.28 |
| 103 | 451.74 | 224.46 |
| 104 | 458.95 | 229.4 |
| 105 | 461.83 | 229.42 |
| 106 | 462.14 | 231.32 |
| 107 | 464.92 | 231.29 |
| 108 | 472.63 | 237.33 |
| 109 | 474.68 | 237.3 |
| 110 | 474.84 | 239.35 |
| 111 | 477.68 | 239.27 |
| 112 | 485.38 | 245.26 |
| 113 | 487.39 | 245.26 |
| 114 | 487.55 | 247.32 |
| 115 | 490.44 | 247.24 |
| 116 | 497.93 | 253.36 |
| 117 | 499.83 | 253.33 |
| 118 | 500.25 | 255.24 |
| 119 | 500.84 | 255.18 |
| 120 | 501.2 | 255.81 |
| 121 | 501.71 | 256.36 |
| 122 | 502.23 | 256.45 |
| 123 | 502.74 | 256.52 |
| 124 | 503.25 | 256.71 |
| 125 | 503.76 | 257.37 |
| 126 | 504.27 | 257.23 |
| 127 | 504.78 | 257.31 |
| 128 | 505.29 | 257.47 |
| 129 | 505.8 | 257.46 |
| 130 | 506.31 | 257.53 |
| 131 | 506.82 | 257.6 |
| 132 | 507.33 | 257.72 |
| 133 | 507.85 | 257.86 |
| 134 | 508.36 | 258.23 |
| 135 | 508.87 | 259.07 |
| 136 | 509.38 | 259.51 |
| 137 | 509.89 | 259.88 |
| 138 | 510.4 | 260.26 |
| 139 | 510.91 | 260.52 |
| 140 | 511.42 | 260.74 |
| 141 | 511.93 | 260.99 |
| 142 | 512.44 | 261.25 |
| 143 | 512.96 | 261.6 |
| 144 | 513.47 | 262.51 |
| 145 | 513.98 | 263.2 |
| 146 | 514.49 | 263.44 |

| | | |
|---|---|---|
| 147 | 515.0 | 263.69 |
| 148 | 515.51 | 263.99 |
| 149 | 516.02 | 264.16 |
| 150 | 516.53 | 264.32 |
| 151 | 517.04 | 264.55 |
| 152 | 517.55 | 264.86 |
| 153 | 518.07 | 265.04 |
| 154 | 518.58 | 265.32 |
| 155 | 519.09 | 265.48 |
| 156 | 519.6 | 265.81 |
| 157 | 520.11 | 266.24 |
| 158 | 520.62 | 266.37 |
| 159 | 521.13 | 266.82 |
| 160 | 521.64 | 266.92 |
| 161 | 522.15 | 267.02 |
| 162 | 522.66 | 267.88 |
| 163 | 523.18 | 268.2 |
| 164 | 523.69 | 268.17 |
| 165 | 524.2 | 268.41 |
| 166 | 524.71 | 268.42 |
| 167 | 525.22 | 269.02 |
| 168 | 525.73 | 268.6 |
| 169 | 526.24 | 268.91 |
| 170 | 526.75 | 269.2 |
| 171 | 527.26 | 269.74 |
| 172 | 527.77 | 270.91 |
| 173 | 528.29 | 269.55 |
| 174 | 528.49 | 268.99 |

## Falda

| Nr. | X (m) | y (m) |
|---|---|---|
| 1 | 267.61 | 149.64 |
| 2 | 321.25 | 164.67 |
| 3 | 350.27 | 177.36 |
| 4 | 386.73 | 193.0 |
| 5 | 435.36 | 214.02 |
| 6 | 490.2 | 241.63 |
| 7 | 528.23 | 265.47 |

## Vertici strato 1

| N | X (m) | y (m) |
|---|---|---|
| 1 | 267.77 | 151.78 |
| 2 | 268.83 | 151.98 |
| 3 | 274.31 | 153.27 |
| 4 | 279.44 | 153.98 |
| 5 | 295.34 | 156.98 |
| 6 | 300.65 | 159.98 |
| 7 | 311.25 | 161.98 |
| 8 | 316.56 | 163.98 |
| 9 | 321.86 | 164.98 |
| 10 | 332.47 | 168.98 |
| 11 | 337.55 | 172.98 |
| 12 | 347.73 | 176.98 |
| 13 | 352.81 | 179.98 |
| 14 | 357.9 | 183.98 |
| 15 | 362.89 | 188.69 |
| 16 | 372.49 | 194.14 |
| 17 | 372.49 | 194.14 |
| 18 | 385.43 | 196.14 |
| 19 | 410.23 | 204.16 |
| 20 | 430.78 | 212.18 |
| 21 | 452.21 | 221.38 |
| 22 | 477.86 | 235.09 |
| 23 | 495.15 | 247.48 |
| 24 | 503.03 | 255.44 |
| 25 | 508.7 | 257.48 |
| 26 | 515.71 | 262.94 |
| 27 | 526.2 | 268.66 |
| 28 | 528.49 | 268.9 |

### Vertici strato 2

| N | X (m) | y (m) |
|---|---|---|
| 1 | 267.77 | 148.3 |
| 2 | 268.23 | 148.43 |
| 3 | 283.63 | 150.57 |
| 4 | 306.52 | 156.34 |
| 5 | 329.15 | 164.76 |
| 6 | 352.34 | 170.52 |
| 7 | 376.93 | 180.72 |
| 8 | 394.93 | 189.83 |
| 9 | 412.68 | 198.48 |
| 10 | 431.49 | 205.54 |
| 11 | 445.96 | 213.68 |
| 12 | 460.08 | 219.56 |
| 13 | 468.0 | 225.92 |
| 14 | 481.66 | 232.07 |
| 15 | 490.88 | 239.3 |
| 16 | 502.95 | 244.6 |
| 17 | 509.79 | 249.16 |
| 18 | 521.96 | 252.21 |
| 19 | 528.49 | 257.38 |

### Stratigrafia

| Strato | Coesione (kg/cm²) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (Kg/m³) | Peso saturo (Kg/m³) | Litologia |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 | 25 | 1900 | 2000 | U.Lit.I |
| 2 | 0.5 | 27 | 2500 | 2600 | U.Lit.II |
| 3 | 0.8 | 27 | 2500 | 2600 | U.Lit.III |

### Palificate in legname - Caratteristiche geometriche

| N° | Altezza muro (m) | Spessore testa (m) | Spessore base (m) | Peso specifico (Kg/m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 2 | 2 | 1950 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 1950 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 1950 |
| 4 | 2 | 2 | 2 | 1950 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 1950 |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 1950 |
| 7 | 2 | 2 | 2 | 1950 |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 1950 |
| 9 | 2 | 2 | 2 | 1950 |

### Pali

| N° | Diametro (m) | Lunghezza (m) | Inclinazione (°) | Interasse (m) | Resistenza al taglio (kg/cm²) | Metodo stabilizzazione |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.2 | 12 | 90 | 0.7 | 60 | Tensione tangenziale |
| 2 | 0.2 | 12 | 90 | 0.7 | 60 | Tensione tangenziale |

### Tiranti

| N° | Lunghezza libera (m) | Lunghezza ancorata (m) | Diametro del bulbo (m) | Inclinazione (°) | Tiro (Kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 14 | 0.14 | 20 | 30000 |
| 2 | 4 | 14 | 0.14 | 20 | 30000 |
| 3 | 4 | 14 | 0.14 | 20 | 30000 |
| 4 | 4 | 14 | 0.14 | 20 | 30000 |

### Condizioni drenate e statiche

### Coefficienti parziali azioni

==========

| | |
|---|---|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 1.0 |

==========

### 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

**Risultati analisi pendio [NTC 2018]**

| | |
|---|---|
| Fs minimo individuato | 1.09 |
| Ascissa centro superficie | 378.04 m |
| Ordinata centro superficie | 323.06 m |
| Raggio superficie | 120.93 m |

**xc = 378.037 yc = 323.063 Rc = 120.931 Fs=1.093**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | (°) | m | (Kg) | (Kg) | (Kg) | (kg/cm²) | (°) | (Kg) | (Kg) | (Kg) | |
| 1 | 1.8 | 7.3 | 1.81 | 1661.97 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 1605.4 | 547.7 |
| 2 | 1.62 | 8.1 | 1.64 | 4310.62 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 4152.3 | 1416.7 |
| 3 | 1.97 | 9.0 | 1.99 | 6233.39 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 5988.2 | 2043.1 |
| 4 | 1.8 | 9.9 | 1.82 | 4627.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 4433.6 | 1512.7 |
| 5 | 1.8 | 10.7 | 1.83 | 3513.56 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 3358.9 | 1146.0 |
| 6 | 1.8 | 11.6 | 1.83 | 2303.86 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 2198.0 | 749.9 |
| 7 | 1.8 | 12.5 | 1.84 | 3845.14 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 3661.8 | 1249.3 |
| 8 | 1.8 | 13.3 | 1.85 | 6525.43 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 6204.4 | 2116.8 |
| 9 | 1.8 | 14.2 | 1.85 | 9107.62 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 8647.8 | 2950.5 |
| 10 | 1.8 | 15.1 | 1.86 | 11589.33 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 10991.9 | 3750.2 |
| 11 | 1.46 | 15.9 | 1.52 | 11203.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 10616.8 | 3622.3 |
| 12 | 2.13 | 16.8 | 2.22 | 16146.53 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 15291.4 | 5217.1 |
| 13 | 1.8 | 17.8 | 1.89 | 11538.47 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 10922.3 | 3726.5 |
| 14 | 1.8 | 18.7 | 1.9 | 9522.62 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 9012.6 | 3074.9 |
| 15 | 1.8 | 19.6 | 1.91 | 7399.61 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 7003.8 | 2389.6 |
| 16 | 1.8 | 20.5 | 1.92 | 16185.14 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 15324.3 | 5228.4 |
| 17 | 1.8 | 21.4 | 1.93 | 10127.65 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 9594.5 | 3273.5 |
| 18 | 1.8 | 22.3 | 1.94 | 11758.02 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 11148.4 | 3803.6 |
| 19 | 1.8 | 23.2 | 1.95 | 13273.12 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 12598.8 | 4298.5 |
| 20 | 1.3 | 24.0 | 1.42 | 10490.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 9969.6 | 3401.5 |
| 21 | 2.29 | 24.9 | 2.53 | 16807.62 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 15998.2 | 5458.3 |
| 22 | 1.8 | 26.0 | 2.0 | 9851.61 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 9397.7 | 3206.3 |
| 23 | 1.8 | 27.0 | 2.01 | 6796.63 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 6497.9 | 2217.0 |
| 24 | 1.8 | 27.9 | 2.03 | 3613.77 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 3463.7 | 1181.8 |
| 25 | 1.8 | 28.9 | 2.05 | 3884.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 3733.5 | 1273.8 |
| 26 | 1.8 | 29.9 | 2.07 | 4518.54 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 4357.1 | 1486.6 |
| 27 | 1.8 | 30.9 | 2.09 | 5013.14 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 4850.9 | 1655.1 |
| 28 | 1.8 | 31.9 | 2.11 | 5364.06 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 5210.7 | 1777.8 |
| 29 | 1.14 | 32.7 | 1.35 | 3512.16 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 3423.4 | 1168.0 |
| 30 | 2.45 | 33.7 | 2.95 | 3862.54 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.5 | 0.0 | 3782.1 | 1290.4 |

**Condizioni drenate e sismiche**

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

**Dati generali**

| | |
|---|---|
| Tipo opera: | 2 - Opere ordinarie |
| Classe d'uso: | Classe IV |
| Vita nominale: | 50.0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 100.0 [anni] |

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo: E
Categoria topografica: T2

| S.L.<br>Stato limite | TR<br>Tempo ritorno<br>[anni] | ag<br>[m/s²] | F0<br>[-] | TC*<br>[sec] |
|---|---|---|---|---|
| S.L.O. | 60.0 | 0.26 | 2.54 | 0.2 |
| S.L.D. | 101.0 | 0.32 | 2.57 | 0.22 |
| S.L.V. | 949.0 | 0.71 | 2.66 | 0.33 |
| S.L.C. | 1950.0 | 0.88 | 2.7 | 0.34 |

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

| S.L.<br>Stato limite | amax<br>[m/s²] | beta<br>[-] | kh<br>[-] | kv<br>[sec] |
|---|---|---|---|---|
| S.L.O. | 0.4992 | 0.2 | 0.0102 | 0.0051 |
| S.L.D. | 0.6144 | 0.2 | 0.0125 | 0.0063 |
| S.L.V. | 1.3632 | 0.2 | 0.0278 | 0.0139 |
| S.L.C. | 1.6896 | 0.2 | 0.0345 | 0.0172 |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0278
Coefficiente azione sismica verticale 0.0139

**Coefficienti parziali azioni**

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

==========

**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 No

==========

**Risultati analisi pendio [NTC 2018]**

==========

Fs minimo individuato 1.23
Ascissa centro superficie 378.04 m
Ordinata centro superficie 323.06 m
Raggio superficie 120.93 m

==========

**xc = 378.037 yc = 323.063 Rc = 120.931 Fs=1.234**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | (°) | m | (Kg) | (Kg) | (Kg) | (kg/cm²) | (°) | (Kg) | (Kg) | (Kg) | |
| 1 | 1.8 | 7.3 | 1.81 | 1661.97 | 46.2 | 23.1 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 1598.2 | 604.0 |
| 2 | 1.62 | 8.1 | 1.64 | 4310.62 | 119.84 | 59.92 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 4131.7 | 1561.5 |
| 3 | 1.97 | 9.0 | 1.99 | 6233.39 | 173.29 | 86.64 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 5955.4 | 2250.7 |
| 4 | 1.8 | 9.9 | 1.82 | 4627.3 | 128.64 | 64.32 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 4407.0 | 1665.5 |
| 5 | 1.8 | 10.7 | 1.83 | 3513.56 | 97.68 | 48.84 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 3337.0 | 1261.2 |
| 6 | 1.8 | 11.6 | 1.83 | 2303.86 | 64.05 | 32.02 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 2182.6 | 824.9 |
| 7 | 1.8 | 12.5 | 1.84 | 3845.14 | 106.89 | 53.45 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 3634.3 | 1373.5 |
| 8 | 1.8 | 13.3 | 1.85 | 6525.43 | 181.41 | 90.7 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 6154.7 | 2326.0 |
| 9 | 1.8 | 14.2 | 1.85 | 9107.62 | 253.19 | 126.6 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 8574.3 | 3240.5 |
| 10 | 1.8 | 15.1 | 1.86 | 11589.33 | 322.18 | 161.09 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 10893.0 | 4116.8 |
| 11 | 1.46 | 15.9 | 1.52 | 11203.0 | 311.44 | 155.72 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 10516.5 | 3974.5 |
| 12 | 2.13 | 16.8 | 2.22 | 16146.53 | 448.87 | 224.44 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 15139.2 | 5721.5 |
| 13 | 1.8 | 17.8 | 1.89 | 11538.47 | 320.77 | 160.38 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 10807.6 | 4084.5 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 1.8 | 18.7 | 1.9 | 9522.62 | 264.73 | 132.36 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 8913.4 | 3368.6 |
| 15 | 1.8 | 19.6 | 1.91 | 7399.61 | 205.71 | 102.85 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 6923.2 | 2616.5 |
| 16 | 1.8 | 20.5 | 1.92 | 16185.14 | 449.95 | 224.97 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 15140.1 | 5721.9 |
| 17 | 1.8 | 21.4 | 1.93 | 10127.65 | 281.55 | 140.77 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 9474.3 | 3580.6 |
| 18 | 1.8 | 22.3 | 1.94 | 11758.02 | 326.87 | 163.44 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 11003.0 | 4158.3 |
| 19 | 1.8 | 23.2 | 1.95 | 13273.12 | 368.99 | 184.5 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 12428.0 | 4696.9 |
| 20 | 1.3 | 24.0 | 1.42 | 10490.88 | 291.65 | 145.82 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 9829.9 | 3715.0 |
| 21 | 2.29 | 24.9 | 2.53 | 16807.62 | 467.25 | 233.63 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 15765.6 | 5958.3 |
| 22 | 1.8 | 26.0 | 2.0 | 9851.61 | 273.87 | 136.94 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 9255.3 | 3497.9 |
| 23 | 1.8 | 27.0 | 2.01 | 6796.63 | 188.95 | 94.47 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 6396.0 | 2417.2 |
| 24 | 1.8 | 27.9 | 2.03 | 3613.77 | 100.46 | 50.23 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 3407.5 | 1287.8 |
| 25 | 1.8 | 28.9 | 2.05 | 3884.2 | 107.98 | 53.99 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 3670.9 | 1387.3 |
| 26 | 1.8 | 29.9 | 2.07 | 4518.54 | 125.62 | 62.81 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 4281.5 | 1618.1 |
| 27 | 1.8 | 30.9 | 2.09 | 5013.14 | 139.37 | 69.68 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 4764.1 | 1800.5 |
| 28 | 1.8 | 31.9 | 2.11 | 5364.06 | 149.12 | 74.56 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 5114.4 | 1932.9 |
| 29 | 1.14 | 32.7 | 1.35 | 3512.16 | 97.64 | 48.82 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 3358.5 | 1269.3 |
| 30 | 2.45 | 33.7 | 2.95 | 3862.54 | 107.38 | 53.69 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 3708.1 | 1401.4 |

# 7 FATTIBILITÀ ECONOMICA DELL'INTERVENTO

Nell'elaborato 19_071_FAT_ECO _REL_G100 si sono definiti preliminarmente i costi indicativi della soluzione progettuale proposta e in termine di Quadro Economico il possibile investimento complessivo.

I costi dell'intervento sono compatibili con le problematiche in atto e non appaiono eccessivi. Tuttavia, in questa fase, è opportuno procedere alla ultimazione delle fasi di indagini e monitoraggio per poi confermare le indicazioni progettuali definite in questo documento.

# 8 CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma indicativo dell'intervento, comprendente le varie fasi del procedimento, è riportato nella seguente Figura 8.1. Si sono considerate anche le fasi "amministrative", ma con i tempi ridotti in virtù delle deroghe concesse dall'OCDPC n. 622 del 17 dicembre 2019 (peraltro le fasi di progettazione definitiva ed esecutiva potranno essere contestuali). Nel caso che il programma venga rispettato i lavori potrebbero avere inizio entro 5 mesi e quindi per l'inizio della stagione autunnale.

**Cronoprogramma delle fasi attuative dell'intervento**

| Macro Fasi | Sottofasi | Mesi | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Progetto di Fattibilità T. E. | Conferenza dei Servizi | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Approvazione | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Progetto Definitivo Esecutivo | Progettazione Definitiva Esecutiva | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Approvazione e verifica del progetto esecutivo | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Acquisizione delle Autorizzazioni (Sismica ecc.) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Appalto e Lavori | Gara di appalto | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lavori | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Collaudi | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | **Legenda** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fasi Amministrative | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fasi Tecniche - Professionali | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fase dei Lavori | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 8.1 – Cronoprogramma indicativo