



INTERVENTI SISTEMAZIONE IDRAULICA S.P. N. 57 "VARAZZE-CASANOVA-ALPICELLA-STELLA S. MARTINO"

LAVORI:

Intervento n. 36: adeguamento idraulico attraversamenti Rio Galli, copertura ial km 0+000, ponticello al km 0+170 e al km 0+360.

Intervento n. 37: sistemazione rete regimazione acque di superficie dal km 1+000 al km 2+000 e adeguamento idraulico attraversamenti ai km 1+620-1+790 e 1+905.

NATURA PRESTAZIONE:

studio di inquadramento geologico e geotecnico e relazione idraulica per l'intervento n. 37 per il progetto definitivo-esecutivo.

COMMITTENTE:

Provincia di Savona

DATA:

2014

Premessa

L'obiettivo del lavoro è consistito nell'adeguamento idraulico del Rio Galli in prossimità e in corrispondenza della sua confluenza con il Torrente Teiro.

S.G.G. è stata incaricata di eseguire uno studio geologico comprendente, oltre a un rilevamento geologico di superficie, le seguenti attività:

Lo studio in oggetto è stato redatto ai sensi del D.M. 14.01.2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e tale scopo sono stati preliminarmente effettuati una ricerca bibliografica e un rilevamento di superficie integrati mediante la realizzazione di un'indagine geognostica e geotecnica sviluppatasi mediante l'esecuzione di:

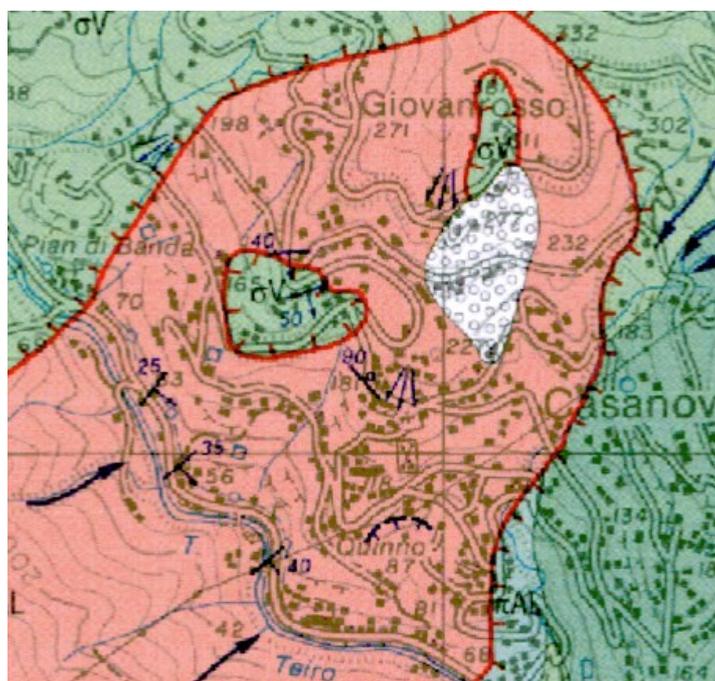
- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza variabile fra 8,00-8,80 *m*, di cui il primo e il secondo lungo la sede stradale fra le progressive chilometriche 0+000 e 0+170: Il terzo è stato, invece, realizzato lungo la S.P. n. 52 alla confluenza del Rio dei Galli nel Torrente Teiro;
- prove penetrometriche *Standard Penetration Test (S.P.T.)* In foro di sondaggio;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove geotecniche di laboratorio su campioni di terreno;
- prove geotecniche di laboratorio su campioni di roccia.

Inquadramento geologico

L'area in esame, ubicata lungo la S.P. N. 57 a S della frazione Casanova, è caratterizzata a E della sede stradale da una morfologia a elevata acclività, riconducibile a condizioni di affioramento o subaffioramento del substrato, Mentre a O della stessa il pendio è caratterizzato da condizioni di acclività media, essendo, localmente condizionato da una sistemazione a fasce. Questo settore costituisce, presumibilmente, la propaggine inferiore di un antico fenomeno franoso, che condiziona il medio e basso corso del bacino del Rio dei Galli.

In questo settore la cartografia geologica CARG in scala 1:25.000 (Tavoletta N. 229 *Varazze*) (figure n. 1 e 2) riporta la presenza dei litotipi attribuiti all'Unità di Varazze a sua volta appartenente all'Unità del Gruppo di Voltri nell'ambito del Dominio Piemontese-Ligure.

Dalla cartografia CARG si rileva che l'area in esame si trova appunto in una zona di contatto per sovrascorrimento fra l'Unità di Varazze, costituita da serpentinoscisti e metagabbri e l'Unità di Alpicella, rappresentata da calcescisti e metabasiti.



csAL	CALCESCISTI: scisti micaceo quarzosi, più o meno carbonatici. Giurassico
πAL	METABASITI: metabasiti ilistate comunemente a relitti di glaucofane. Giurassico
σV	SERPENTINOSCISTI: serpentinoscisti carbonatici ed ofsilici. Giurassico
σV	SERPENTINOSCISTI: serpentinoscisti da compatti a marcatamente fessili con frequenti intercalazioni di metarondigiti da originari filoni gabbrici; lenti di lherzolti non completamente serpentizzate. Giurassico
εV	METAGABBRI: metagabbri in facies scisti verdi a scistosità più o meno evidente intercalati nelle serpentiniti. Giurassico

Inquadramento geologico

L'area in esame, ubicata lungo la S.P. N. 57 a S della frazione Casanova, è caratterizzata a E della sede stradale da una morfologia a elevata acclività, riconducibile a condizioni di affioramento o subaffioramento del substrato. Mentre a O della stessa il pendio è caratterizzato da condizioni di acclività media, essendo, localmente condizionato da una sistemazione a fasce. Questo settore costituisce, presumibilmente, la propaggine inferiore di un antico fenomeno franoso, che condiziona il medio e basso corso del bacino del Rio dei Galli.

In questo settore la cartografia geologica CARG in scala 1:25.000 (Tavoletta N. 229 Varazze) (figure n. 1 e 2) riporta la presenza dei litotipi attribuiti all'Unità di Varazze a sua volta appartenente all'Unità del Gruppo di Voltri nell'ambito del Dominio Piemontese-Ligure.

Dalla cartografia CARG si rileva che l'area in esame si trova appunto in una zona di contatto per sovrascorrimento fra l'Unità di Varazze, costituita da serpentinoscisti e metagabbri e l'Unità di Alpicella, rappresentata da calcescisti e metabasiti.

Le numerose indagini svolte nell'area in esame, soggetta a frequenti fenomeni d'instabilità dei versanti e da fenomeni di esondazione, hanno mostrato come questo settore possa essere considerato come una vera e propria zona di frizione dovuta al sovrascorrimento dell'Unità di Varazze su quella di Alpicella che ha provocato l'insorgere di estese fasce milonitiche. Tuttavia, come mostrato da alcuni sondaggi, l'accavallamento ha provocato altresì la formazione sia di vere proprie zone di rottura sia di ripiegamenti dell'ammasso per cui, localmente, i calcescisti sovrastano i litotipi ofiolitiferi.

Il basso e medio bacino del Rio dei Galli presenta solo sporadici affioramenti di rocce serpentinitiche che disegnano pareti da molto acclivi a sub-verticali, con roccia generalmente da fratturata a molto fratturata. La scarsità di affioramenti è motivata dalla presenza di un accumulo detritico talora di potente spessore che si estende, tranne locali interruzioni, fino al fondovalle, in prossimità della confluenza del Rio dei Galli con il Torrente Teiro.

Tale accumulo sembra raggiungere la maggiore potenza in corrispondenza dell'area interessata dal fenomeno franoso al *km* 1+120 della S.P. N. 57, verificatosi il 4 ottobre 2010.

La morfologia della valle del Rio dei Galli è inoltre complicata dall'evidenza di alcune superfici pseudopianeggianti che potrebbero essere correlate a terrazzi morfologici, come quello su cui si sviluppa località San Pietro, testimonianza di fenomeni erosivi che sovrainposti al paleoaccumulo ne hanno in qualche modo condizionato la stabilità.



Il terrazzo morfologico di località San Pietro e gli interventi in alveo

Dalla carta di suscettività al dissesto del Piano di Bacino del Torrente Teiro, aggiornata al giugno 2012 e adottata nel gennaio 2013, viene confermata la vulnerabilità dell'area in esame, potendosi individuare quattro aree di frana attiva (Pg4) un'area di frana non quiescente che occupa buona parte del bacino del Rio dei Galli.

Nello stesso ambito, dalla carta degli interventi si rileva la necessità di eseguire interventi di consolidamento e ingegneria naturalistica, ancora in corso di attuazione, nonché opere di regimazione delle acque superficiali, in parte oggetto della progettazione in esame.

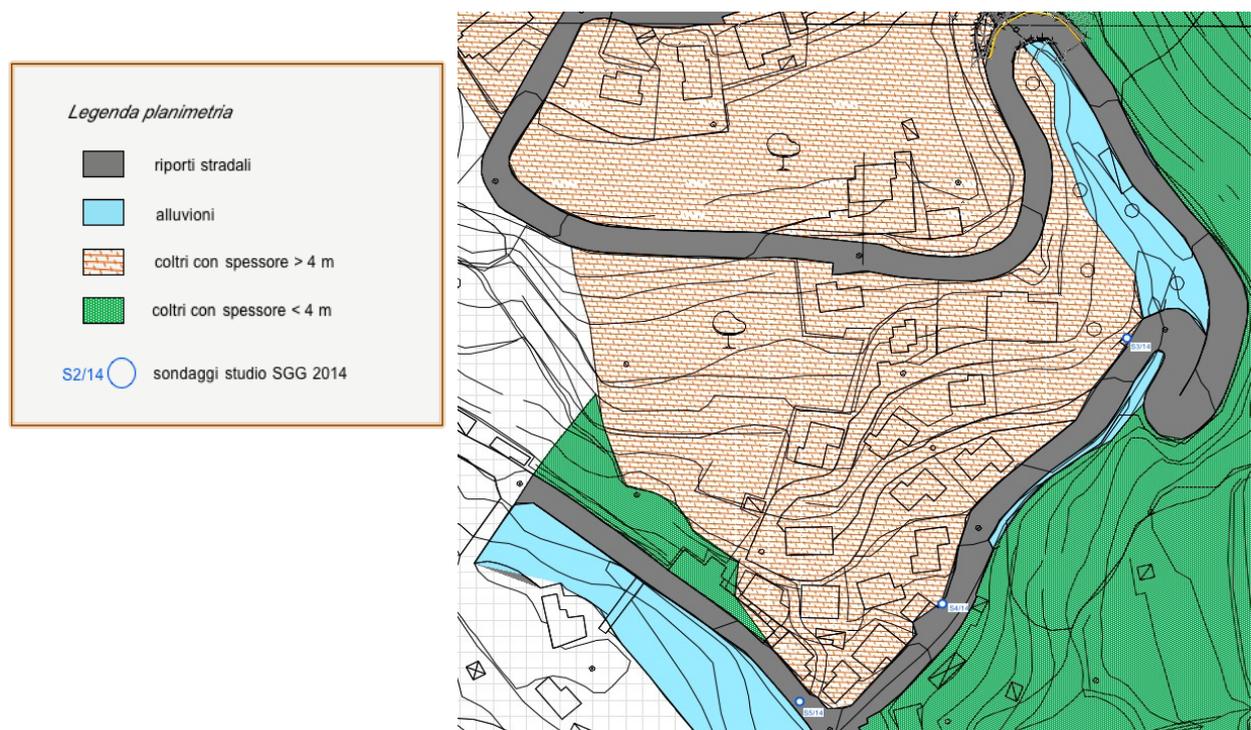
Il valore medio dei dati di pericolosità sismica forniscono un sisma di magnitudo 5,34 ad una distanza di 60 *km* dal sito di progetto.

Modello geologico intervento 36

I dati di rilevamento e le indagini eseguite hanno permesso la predisposizione di un modello geologico.

L'area in esame risulta essere costituita da litotipi attribuiti all'Unità del Gruppo di Voltri e più in particolare in un settore dove l'Unità di Varazze, rappresentata da serpenititi, serpentinoscisti e metagabbri si sovrappone per contatto di sovrascorrimento all'Unità di Alpicella, rappresentata da calcescisti e metabasiti (prasiniti). Gli eventi tettonici che hanno portato ai rapporti di sovrascorrimento fra le due unità condizionano fortemente la qualità degli ammassi rocciosi che presentano condizioni di estrema variabilità. Il primo settore presenta le caratteristiche geomorfologiche di un antico accumulo detritico, caratterizzato da una coltre di copertura mista a terreni riporto che va rastremandosi a valle della sede stradale, ma raggiunge e localmente supera i 5,00-6,00 *m* di spessore a monte della zona in esame.

In corrispondenza dell'intervento al *km* 0+170, che consiste nella sostituzione della tombinatura esistente, il terreno interessato dagli scavi è costituito da uno strato di riporto passante al cappellaccio di alterazione. Inferiormente, già a partire da circa 1,50 *m*, è presente un substrato serpentinitico molto fratturato e disarticolato. Per quanto riguarda l'intervento lungo la S.P. n. 57 fino all'innesto con la S.P. N. 542, sono presenti terreni sciolti, costituiti da riporti sovrastante una coltre di copertura. A partire da circa 2,80-3,00 *m*, un sottile strato di alterazione segna il passaggio al substrato roccioso superiormente rappresentato da calcescisti sovrapposti alle rocce verdi. In questo caso l'ammasso roccioso si presenta con una qualità discreta. In corrispondenza del rifacimento del ponticello alla confluenza del Rio dei Galli con il Torrente Teiro, al di sotto di uno strato di riporto di spessore circa pari a 2,00 *m* è presente un'alluvione medio-grossolana che ricopre substrato serpentinitico di qualità discreta.



Carta geologica con ubicazione indagini Intervento n. 36



I rilievi e le prove eseguite hanno permesso di ricavare i parametri geotecnici di resistenza al taglio per i terreni che interessano le opere idrauliche a progetto; l'analisi parametrica è stata eseguita sulla base dei risultati delle prove di laboratorio. I parametri sono visibili nella tabella seguente:

Terreno	γ (kN/m^3)	c' (kPa)	φ' ($^\circ$)	$\varphi'_{k\gamma}$ ($^\circ$)	$c'_{k\gamma}$ (kPa)
Riporti	19	4,5	33	23,8	0
Cappellaccio di alterazione	20	10	22	22	0
Serpentiniti	26-28	144	47	45	100

Gli interventi di rifacimento della tombinatura del tratto terminale del Rio dei Galli fino alla confluenza nel T. Teiro e il rifacimento dell'attraversamento al km 0+170 comportano l'esecuzione di uno scavo per approfondire la sezione idraulica con un'ordinata di massimo sterro pari a 3,5 m sotto il piano viabile per l'intero sviluppo dell'opera. La sezione di scavo si sviluppa nell'ambito di materiali di riporto e coltri di pendio nella parte basale; l'alveo corre su materiali alluvionali con isolati affioramenti del basamento serpentinitico. Gli edifici circostanti alla tombinatura sono fondati nell'ambito dei materiali detritici di pendio o, nella parte terminale, su depositi alluvionali grossolani di spessore inferiore a 3 m . Al fine di garantire la stabilità dei fronti di scavo e dei manufatti circostanti, il progetto prevede la formazione di paratie laterali di pre-sostegno costituite da micropali trivellati del diametro di 220 mm immorsati nel basamento roccioso. In base alle risultanze delle indagini eseguite ed alle caratteristiche dei materiali di basamento e di copertura, sono stati determinati i valori di adesione palo iniettato/terreno al fine di calcolare la resistenza caratteristica a compressione del micropalo.

In ragione della vicinanza degli scavi da numerose costruzioni è stata raccomandata la predisposizione di un piano di monitoraggio dei terreni retrostanti lo scavo e delle strutture degli edifici che possono essere interessate da fenomeni di detensionamento.

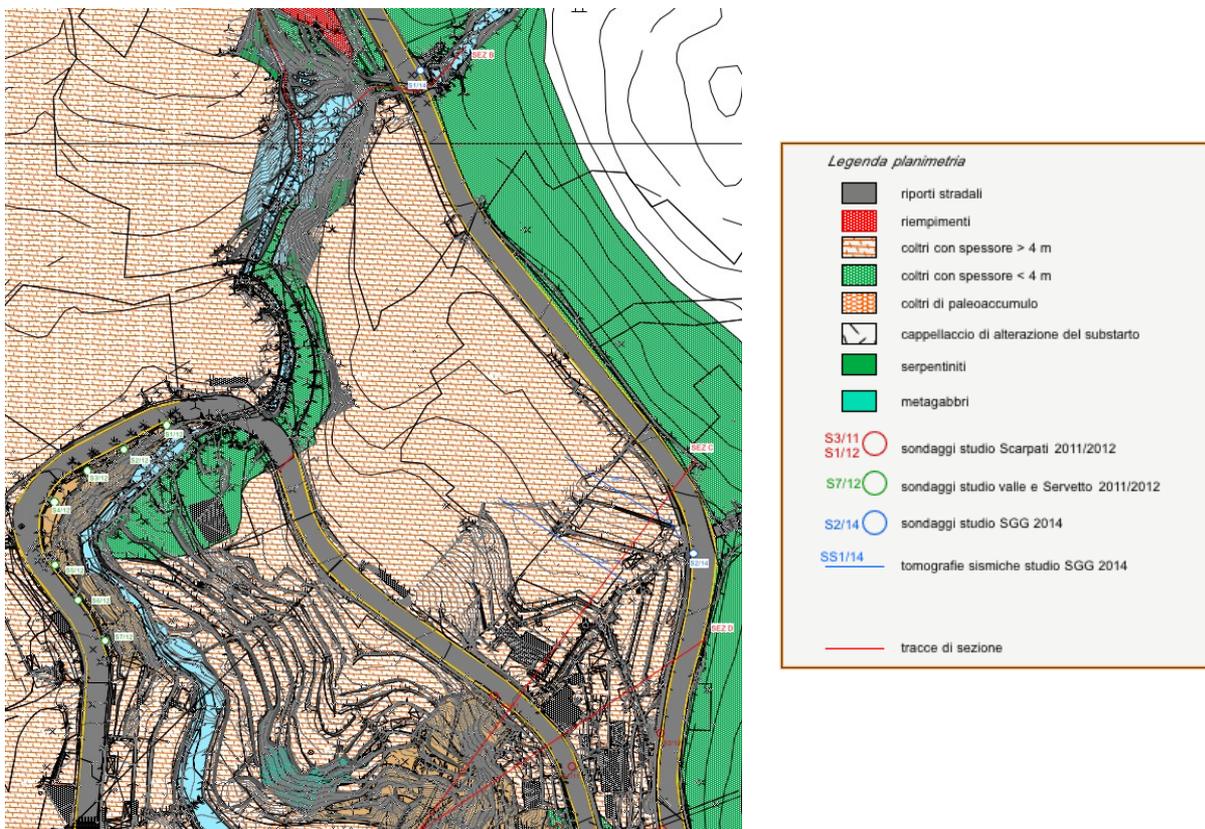
Modello geologico intervento 37

Per le condizioni dell'ammasso valgono le stesse considerazioni fatte per l'intervento n. 36

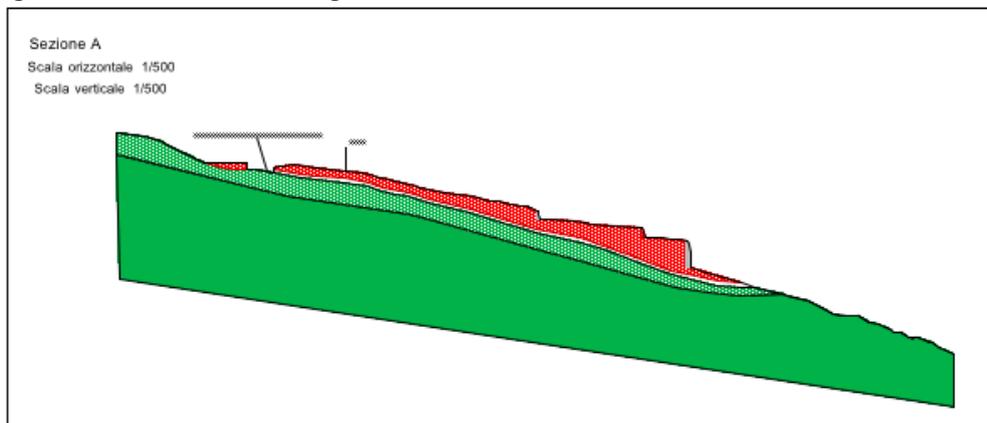
Dal punto di vista morfologico l'area centrale compresa fra le progressive d'intervento 1+620-1+905 è caratterizzato da un'acclività modesta a valle della sede stradale, leggermente maggiore a monte. Questo settore presenta le caratteristiche geomorfologiche di un antico accumulo detritico, caratterizzato da una coltre di copertura mista a terreni riporto che va rastremandosi a monte della sede stradale, ma raggiunge e localmente supera i 5,00-6,00 m di spessore a valle della strada stessa. Nel tratto di strada altimetricamente inferiore, nei pressi del km 1+120, dove si è verificato un fenomeno franoso nell'ottobre 2010 in sponda sinistra dei Rio dei Galli, è possibile una locale rimobilizzazione dell'antico paleoaccumulo. Lateralmente alla zona individuata come paleoaccumulo, in prossimità dell'evento franoso verificatosi al km 1+120 (recentemente consolidato dalla Provincia di Savona) sono evidenti due affioramenti rocciosi che si estendono verso l'alto fino a perimetrare l'area dell'intervento in oggetto, come in parte dimostrato dagli affioramenti presenti a monte della sede stradale al km 1+790, in corrispondenza del Rio dei Galli. Per l'intervento al km 1+905, che consiste nella sostituzione dell'attuale tombinatura, il terreno interessato dagli scavi è costituito da uno strato di riporto frammisto alla coltre di copertura superficiale, mentre per quanto riguarda l'intervento al km 1+790 relativo al rifacimento completo della tombinatura del Rio dei Galli, lo scavo insisterà su uno stato di terreno di riporto di spessore

non inferiore a 4,40 m sul lato a monte che potrà raggiungere 5,00-5,50 m sul lato a valle. Inferiormente potrà essere intercettato il substrato roccioso costituito da serpentinoscisti di qualità da mediocre a discreta. Analogamente, con riferimento all'intervento previsto al km 1+620, lo scavo intercetterà uno strato di copertura, costituito da riporto sovrapposto a una coltre detritica, con spessori variabili da 4,00 a 6,00 m, procedendo da monte verso valle. In questo caso il substrato roccioso è costituito da metagabbri molto fratturati e alterati con riempimento terroso nelle fratture. La qualità può essere ipotizzata da scadente a molto scadente.

Per entrambe gli interventi, nel corso dei sondaggi non è stata rilevata la presenza di una falda superficiale anche non si può escluderne la presenza, specie con riferimento alla zona dell'intervento al km 1+620.



Carta geologica con ubicazione indagini Intervento n. 37



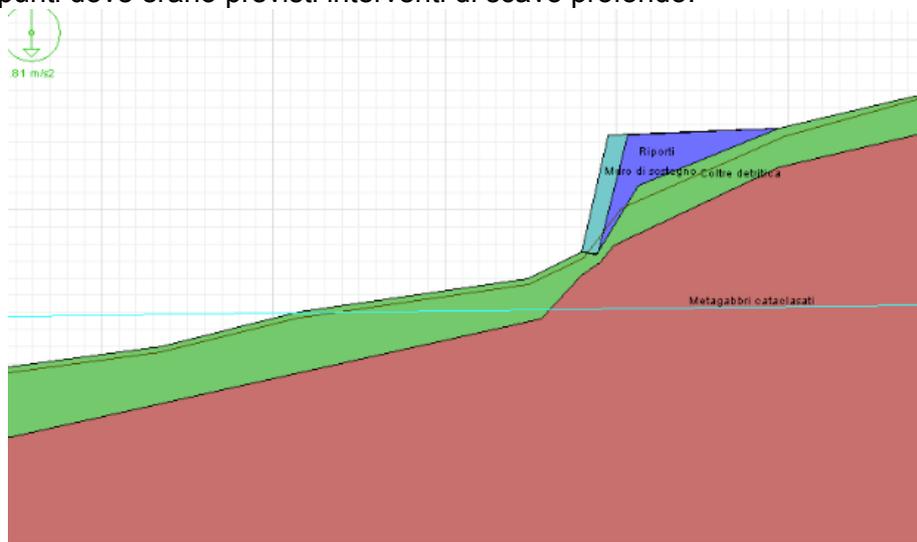
Sezione geologica interpretativa

I rilievi e le prove eseguite hanno permesso di ricavare i parametri geotecnici di resistenza al taglio per i terreni che interessano le opere idrauliche a progetto; l'analisi parametrica è stata eseguita sulla base dei risultati delle seguenti indagini in sito e prove:

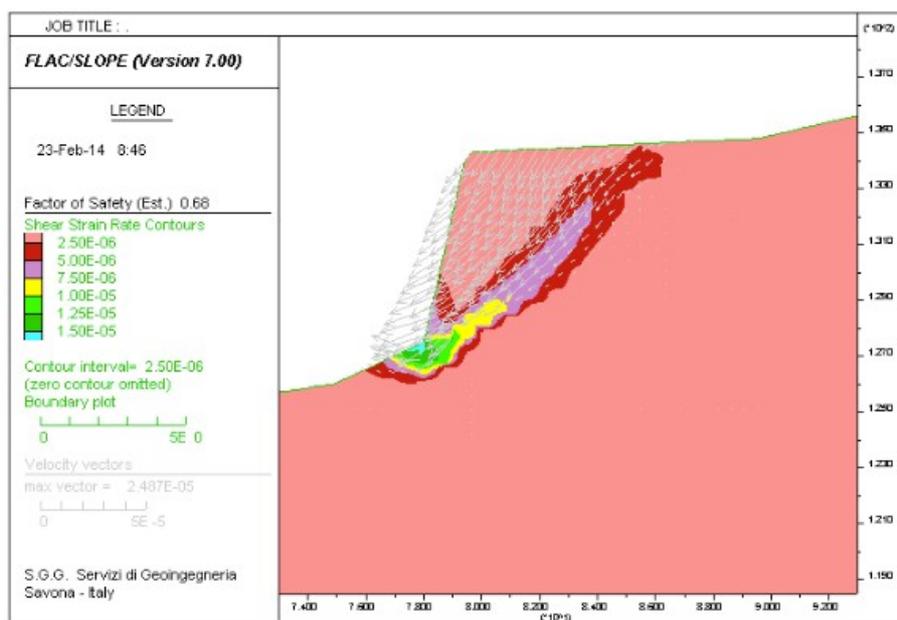
- prove di laboratorio su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreni e rocce;
- prove *S.P.T.* sui terreni di riporto.

Analisi di stabilità intervento n. 37

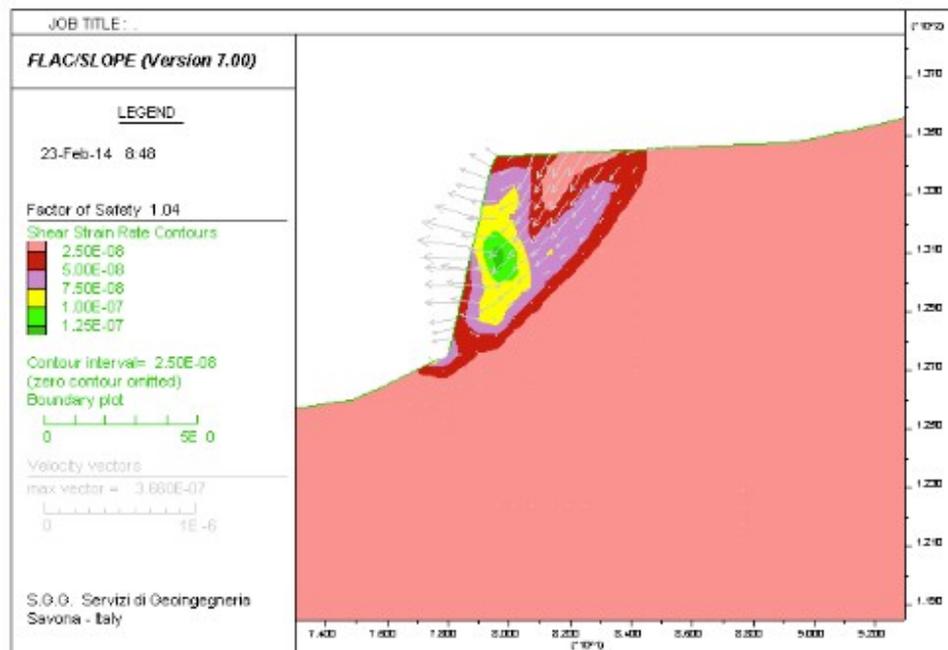
Le problematiche di stabilità delle opere a progetto sono state verificate lungo due sezioni di pendio relative agli interventi A, B e C; in particolare sono stati verificati, mediante analisi alla differenze finite *F.L.A.C. Slope 7.0 (Fast Lagrangian Analysis of Continua)*, i possibili meccanismi di rottura nei punti dove erano previsti interventi di scavo profondo.



Modello geologico intervento A e B



Meccanismi di rottura con fondazione del muro attestata su coltre



Meccanismi di rottura per diminuzione della coesione nell'opera di sostegno con fondazione del muro attestata su roccia alterata

Si può osservare che nel caso in cui la fondazione del muro sia attestata sul basamento alterato si possono determinare fenomeni di rottura per caduta della coesione nell'ambito dell'opera di sostegno. Il valore determinato corrisponde a 300 kPa. Il metodo applicato, attraverso l'analisi tenso-deformativa, consente di verificare le condizioni di possibile rottura e flussi plastici di materiale lungo tutto il pendio considerato nel modello; si può osservare che le restanti zone risultano stabili.

Anche le analisi eseguite lungo l'attraversamento del Rio Galli hanno evidenziato meccanismi di rottura solo in corrispondenza dell'opera di sostegno stradale.

Gli interventi di adeguamento delle sezioni idrauliche degli attraversamenti fluviali comportano, l'esecuzione di uno scavo di larghezza variabile da 2,1 m (rio al km 1+620) a 4,6 m (attraversamento Rio Galli km 1+790) per altezze comprese fra 2,2 m e 6 m sotto il piano viabile. La sezione di scavo, in entrambi i casi, si sviluppa nell'ambito di materiali di riporto e coltri di pendio nella parte basale; in corrispondenza del Rio Galli, l'alveo corre sul tetto del basamento roccioso serpentinitico. Al fine di garantire la stabilità dei fronti di scavo e consentire il mantenimento a senso unico alternato della viabilità durante le fasi di costruzione, il progetto prevedeva, per entrambi gli interventi, la formazione di due paratie laterali di pre-sostegno costituite da micropali trivellati del diametro di 220 mm immorsati nel basamento roccioso (lunghezza da progetto preliminare 12 m). In base alle risultanze delle indagini eseguite ed alle caratteristiche dei materiali di basamento e di copertura, sono stati determinati i valori di adesione palo iniettato/terreno, utilizzando il metodo di Bustamante e Doix (1985), al fine di calcolare la resistenza caratteristica a compressione del micropalo.

A completamento delle attività sono state effettuate le verifiche idrauliche nell'ambito dell'intervento n. 37, in particolare:

- sub-interventi A: realizzazione di un attraversamento sotto il sedime della strada provinciale mediante scatolare in calcestruzzo armato con salti di fondo per rallentare la velocità della corrente;

- sub-intervento B: realizzazione di un canale in fondo naturale (B) a sostituzione di una condotta interrata esistente;
- sub-intervento C: realizzazione di un attraversamento dell'asta principale del Rio Galli (*km* 1+790) sotto il sedime della strada provinciale costituito da uno scatolare in cls con salti di fondo per rallentare la velocità della corrente;
- sub-intervento D: le verifiche hanno riguardato preliminarmente lo stato attuale in corrispondenza del *km* 1+905 della SP 57 dove è presente un lungo tratto combinato che si origina alcuni metri a monte del sedime stradale. La tombinatura è stata oggetto di ispezione televisiva con utilizzo di apposita telecamera robotizzata integrata da periscopio da cunicolo. Le verifiche idrauliche effettuate hanno evidenziato l'assoluta insufficienza della condotta esistente a ricevere tutte le portate di piena caratteristiche, a partire dalla cinquantennale che si riversa in larga parte sulla viabilità provinciale.