



Coordinamento Territoriale Nord Est

Area Compartimentale Veneto

Via E. Millosevich, 49 - 30173 Venezia Mestre T [+39] 041 2911411 - F [+39] 041 5317321  
Pec anas.veneto@postacert.stradeanas.it - www.stradeanas.it

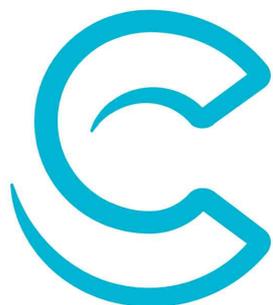
Anas S.p.A. - Società con Socio Unico

Sede Legale

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma T [+39] 06 44461 - F [+39] 06 4456224

Pec anas@postacert.stradeanas.it

Cap. Soc. Euro 2.269.892.000,00 Iscr. R.E.A. 1024951 P.IVA 02133681003 - C.F. 80208450587



cortina  
2021

## S.S. n° 51 "di Alemagna" Provincia di Belluno

### Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di San Vito di Cadore

### PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE ANAS S.p.A.

Coordinamento Territoriale Nord Est - Area Compartimentale Veneto

IL PROGETTISTA:

Ing. Pietro Leonardo CARLUCCI

IL GEOLOGO:

Geol. Emanuela AMICI

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Dott. Marco FORMENTELLO

Arch. Lisa ZANNONER

ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:



Ing. Geol. Massimo Pietrantoni  
Ordine Ingegneri Roma n. A-36713  
Ordine Geologi Lazio A.P. n. 738

visto: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Gabriella MANGINELLI

PROTOCOLLO:

DATA:

N. ELABORATO:

## GEOLOGIA E GEOTECNICA GEOLOGIA

Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica

CODICE PROGETTO

NOME FILE

TOOGE00GEORE01C

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

MSVE14 D 1718

CODICE ELAB. TOOGE00GEORE01

C

-

D

C

REVISIONE

DICEMBRE 2018

B

REVISIONE

SETTEMBRE 2018

A

EMISSIONE

LUGLIO 2017

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

**PIANO STRAORDINARIO PER L'ACCESSIBILITA' A CORTINA 2021**

**S.S. n. 51 "di Alemagna"**

**Variante all'abitato di San Vito di Cadore**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica**

## INDICE

1.	PREMESSA .....	1
2.	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO .....	2
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DI AREA VASTA .....	3
3.1.	Inquadramento geografico .....	3
3.2.	Inquadramento geologico-strutturale di "area vasta" .....	4
3.3.	Inquadramento idrogeologico .....	9
3.4.	Geomorfologia e condizioni di stabilità.....	10
3.5.	Sismicità .....	16
4.	ANALISI DELLE CONDIZIONI DEI SITI DI PROGETTO.....	18
4.1.	Indagini eseguite .....	18
4.1.	Morfologia.....	18
4.2.	Modello geologico dei siti.....	18
4.3.	Descrizione tecnica del tracciato .....	19
4.4.	Geomorfologia e condizioni di stabilità.....	30
4.5.	Condizioni idrogeologiche del sito .....	34
4.6.	Caratterizzazione sismica.....	35
5.	APPENDICE. PERICOLOSITA' PER FENOMENI DI DEBRIS FLOW .....	35

## 1. PREMESSA

Nella presente Relazione sono illustrati gli elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici relativi al progetto definitivo della variante all'abitato di San Vito di Cadore sulla SS51 di Alemagna, compresa tra gli interventi per il Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021.

L'area in esame ricade nel Comune di San Vito di Cadore, in zona sismica 3 secondo la vigente classificazione del territorio nazionale.

Lo studio geologico è stato condotto per mezzo di rilievi geologici di superficie e attività di foto-interpretazione. Sono inoltre stati utilizzati i risultati di studi e indagini eseguiti nell'ambito delle aree di interesse per altri progetti o precedenti studi.

È infine stata programmata ed eseguita una specifica campagna di indagine geognostica, geotecnica e sismica.

In questa Relazione viene riportata la descrizione litologica delle formazioni presenti nel sito. Per ciò che riguarda la caratterizzazione geotecnica ed il relativo modello geotecnico si rimanda alla Relazione Geotecnica. Le due relazioni vanno quindi lette in maniera congiunta.

La relazione è suddivisa in due parti: nella prima (Capitolo 3) vengono descritti i lineamenti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici di area vasta; nella seconda (Capitolo 4) vengono esaminati gli aspetti di dettaglio che riguardano l'interazione delle condizioni territoriali con l'infrastruttura di progetto sulla base dei rilievi eseguiti e dei risultati delle specifiche indagini.

Il tema della **pericolosità geologica**, come richiesto nella nota prot. n. 355617 del 22/8/2017 della Regione Veneto (Area Tutela e Sviluppo del territorio, Direzione Difesa del Suolo), viene trattato in questa relazione, sia in termini di "area vasta" sia di aspetti specifici di interesse progettuale.

Anche gli argomenti relativi alla **pericolosità idraulica** vengono riportati nella presente relazione oltre che nella Relazione Idraulica allegata al progetto.

Nella presente relazione, che costituisce un aggiornamento della Relazione facente parte del progetto consegnato nel settembre 2017, vengono forniti i chiarimenti richiesti dal Distretto Alpi Orientali con nota prot. n. 00003754/INFRA fascicolo 2096 del 23/11/2017. Tali argomenti sono trattati nel par. 4.4 della presente relazione.

## 2.      **NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO**

- D.M. 11 marzo 1988. “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circ. LL.PP. 24 settembre n. 30483. “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. 2004.
- Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti di geotecnica. 2004.
- Ordinanza n. 3274 del 08/05/2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e relativi allegati e s.m.i.
- Ordinanza n. 3519 del PdCM del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni. DM 14 gennaio 2008.
- Istruzione per l’applicazione delle Norme Tecniche. Circ. Min. 2 febbraio 2009 n. 617
- Raccomandazioni AGI sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche (1977)
- Raccomandazioni AGI sui pali di fondazione (1988).
- Raccomandazioni AGI sulle Prove Geotecniche di Laboratorio (1994).
- Raccomandazioni AGI Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica (1995)
- DL 18 aprile 2016, n. 50. Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull’aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d’appalto degli enti erogatori nei settori dell’acqua, dell’energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.
- D.P.R. 5/10/2010 n. 207. Regolamento di esecuzione ed attuazione del D.L. 12/4/2006 n. 163 recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DI AREA VASTA

#### 3.1. Inquadramento geografico

L'area in esame è ubicata nel territorio del Comune San Vito di Cadore (BL), sul versante sinistro della valle del Torrente Boite. Il Comune è situato nel settore centro-settentrionale della Provincia di Belluno e, assieme ad altri 4 Comuni, costituisce la Comunità Montana Valboite.

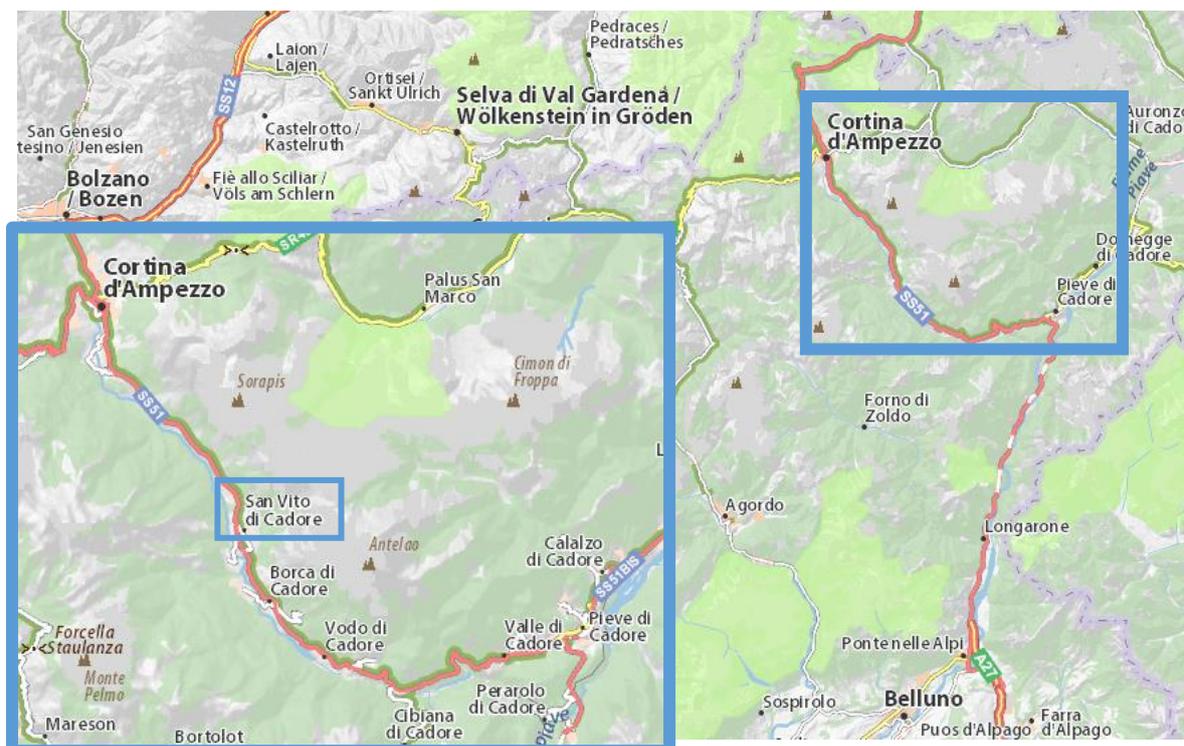


Fig. 1 - Inquadramento geografico



Fig. 2- Tracciato di progetto

Il tracciato individuato con lo studio di fattibilità (sostanzialmente confermato con il progetto definitivo) si stacca dalla sede attuale all'ingresso meridionale dell'abitato, in località La Scura, e con un percorso in curva e in discesa si sposta a ovest, verso il fondovalle del Torrente Boite, per fiancheggiare il corso d'acqua in corrispondenza dell'incrocio tra la Via Senes e la Via per Serdes (quest'ultima attraversa il torrente con un ponte). Quindi risale in quota con un percorso sub-parallelo a quello del Boite, attraversa il Ru Sec (affluente di sinistra del Boite) e con un'ampia curva si reinnesta alla sede attuale in corrispondenza dell'incrocio per il Cimitero e la Via del Lago.

Il tracciato ha una lunghezza di circa 2.3km oltre ai rami di innesto alle rotatorie.

La topografia di base è rappresentata dalla Carta Tecnica Regionale (C.T.R.), a scala 1:10.000 integrato con specifici rilievi topografici a terra nella fascia del tracciato.

Sono state utilizzate inoltre le cartografie e le documentazioni derivanti da: ortofoto aeree, fotografie attuali e storiche, cartografie PAT., P.A.I., I.F.F.I., P.T.C.P., dati bibliografici, storici e documentazione varia.

### **3.2. Inquadramento geologico-strutturale di "area vasta"**

La struttura geologica di una ampia area circostante quella in esame è caratterizzata dalla presenza di un substrato formato da rocce ascrivibili ad un intervallo compreso tra il Carnico (*Triassico medio superiore*) ed il Lias (*Giurassico inferiore*), secondo lo schema stratigrafico tipico delle Dolomiti Bellunesi, raffigurato nello schema seguente.

Queste formazioni sono state dislocate durante le fasi deformative Alpine di età terziaria, che hanno prodotto importanti sovrascorrimenti delle formazioni con una conseguente intensa fratturazione dei corpi rocciosi.

Su questo substrato variamente disarticolato hanno infine agito gli agenti esogeni e l'evoluzione gravitativa dei versanti, con la produzione di estesi e potenti corpi detritici, conoidi torrentizie e accumuli di frana che si sono depositati ai piedi dei rilievi litoidi sin dalla fine dell'ultima glaciazione.

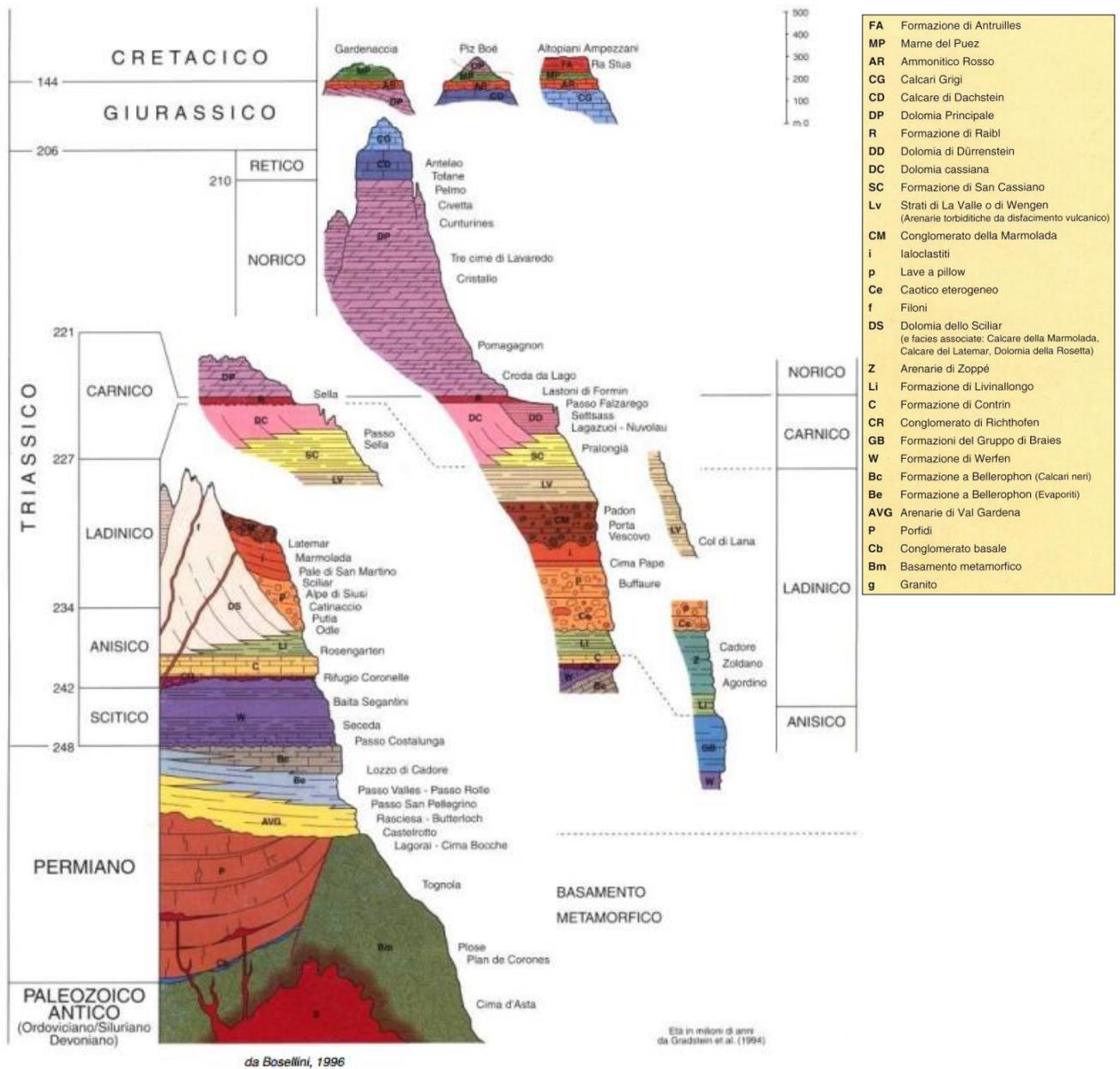
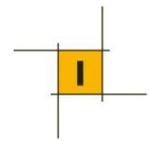
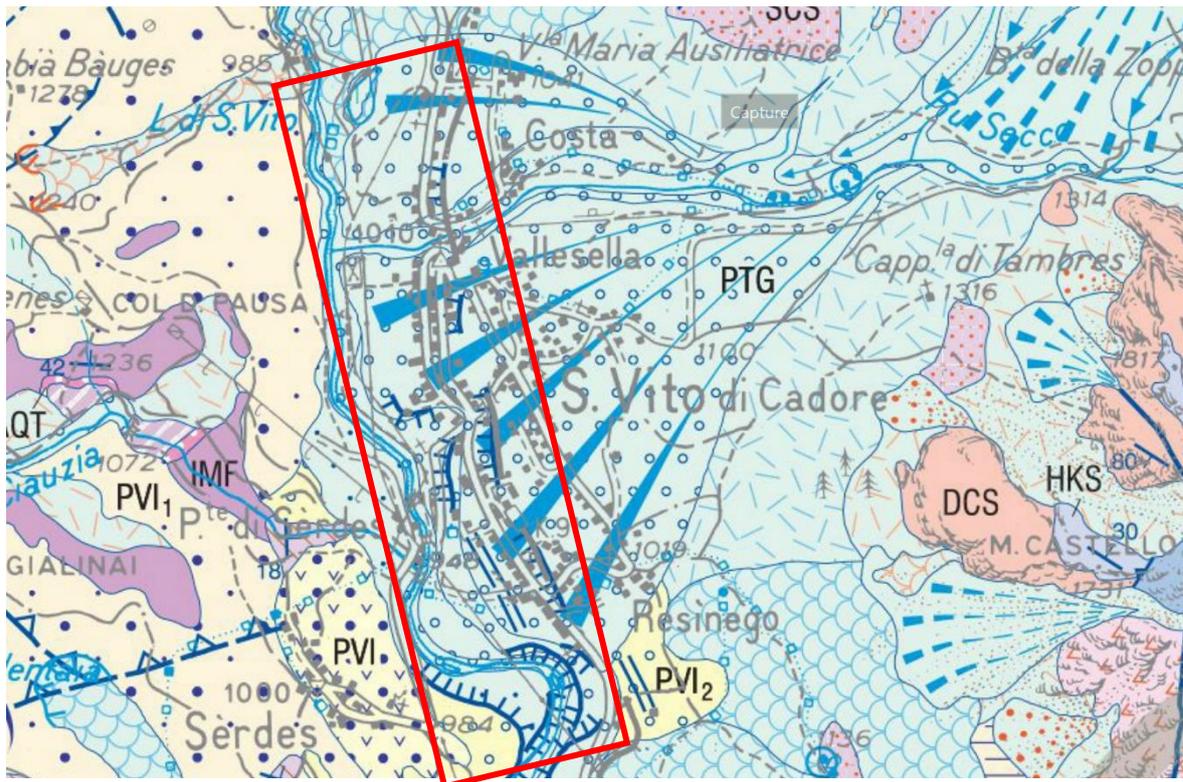


Figura 3 – Schema stratigrafico (da Bosellini,1996).

Dal punto di vista cartografico, l'area in esame ricade nell'ambito della nuova carta geologica in scala 1:50.000 del progetto CARG, Foglio 29 Cortina d'Ampezzo, di cui si riporta uno stralcio nella figura seguente.



**SUCCESSIONE PLIO-QUATERNARIA**

**SINTEMA POSTGLACIALE ALPINO (crf. Sintema del Po - P01)**



PTG

Coltre eluvio colluviale e detritico colluviale (PTG<sub>b2</sub>); detrito di versante e a grossi blocchi (PTG<sub>a</sub>); depositi di frana attuali, subattuali ed antichi (PTG<sub>a1</sub> e PTG<sub>a1a</sub>); *diamicton* a matrice sabbiosa con intercalazioni sabbiose ghiaiose e blocchi anche plurimetrici subangolosi-angolosi (depositi di origine mista PTG<sub>i</sub>); depositi palustri, di torbiera e lacustri (PTG<sub>e4</sub> e PTG<sub>e2</sub>); concrezioni carbonatiche stratificate (travertini-PTG<sub>f1</sub>); sedimenti ghiaioso-sabbiosi con ciottoli e blocchi subarrotondati-arrotondati e sporadiche intercalazioni di livelli sabbioso-limosi talvolta terrazzati discontinui (depositi fluviali-torrentizi terrazzati e non-PTG<sub>b</sub>); deposito da *debris flow* (PTG<sub>b4</sub>).

**OLOCENE**

**SOTTOBACINO DEL T. BOITE**

**Subsintema di Val Cenera**



PVI<sub>2</sub>

*Diamicton* clastosostenuto-matricesostenuto, a matrice sabbioso-limoso e sabbia grossolana, mai argillosa; clasti eterometrici di litologie locali angolosi-subangolosi; formano argini morenici (*till* di ablazione-PVI<sub>2c1</sub> e morenico scheletrico sparso PVI<sub>2c3</sub>). Ghiaie sabbiose con ciottoli e blocchi subarrotondati, grossolanamente stratificate e moderatamente classate; localmente cementate e terrazzate. (Depositoli fluvioglaciali-PVI<sub>2b</sub>). Accumuli caotici a clasti angolosi eterometrici (> 1 m<sup>3</sup>) calcareo-dolomitici. (Depositoli di frana antica PVI<sub>2a1a</sub>). *Diamicton* massivi a supporto di matrice limosa, organizzati in strati concavo-convessi, spesso cementati e ghiaie classate (Depositoli di origine mista-PVI<sub>2</sub>). (*Tardoglaciale sup.*)

**PLEISTOCENE SUP. p.p.**

**SUCCESSIONI LADINICHE PRE- E SIN-VULCANISMO MEDIO TRIASSICO**

**FORMAZIONE DEL M. FERNAZZA**



IMF

Arenarie prevalentemente vulcanoclastiche nerastre, talora con subordinate intercalazioni fini (calcsiltiti e calcilutiti con *Daonella* sp. e ammonioidi); corrispondono alle "la oclastiti" Auct. Nell'alta Valle del Cordevole presenti colate laviche basaltiche sottomarine e *pillow*-breccie. Megabreccie caotiche e breccie gradate a clasti poligenici derivanti dalle formazioni prevulcaniche e sin-vulcaniche (IMF<sub>a</sub>). Fossili: bivalvi pelagici (*Daonella lommeli*, *Posidonia* spp.) e ammonioidi (*Protrachyceras longobardicum*, *P. neumayri*). Spessore 40-400 m.

**LADINICO SUP. (LANGOBARDICO p.p.).**

Figura 4 – Stralcio della carta geologica CARG Foglio 29 Cortina

Come evidente dalla carta geologica, l'intera area di San Vito è occupata da una estesa fascia detritica (conoide) di recente messa in posto che ha coperto il substrato roccioso antico. Con riferimento allo schema stratigrafico precedente, gli affioramenti più vicini del substrato sono attribuiti alle formazioni della parte mediana della serie (Formazione di San Cassiano, sigla SCS e Formazione della Dolomia Cassiana, sigla DCS). Questi affioramenti sono localizzati però a quote molto alte a monte dell'abitato.

A quote più basse, ma in sponda destra del Boite, sono segnalate formazioni delle successioni Ladiniche più antiche (Formazione del Monte Fernazza sigla IMF).

Al piede dei versanti, vengono segnalati terreni detritici attribuiti al Subsistema della Val Cenera (sigla PVI). Si tratta di accumuli disomogenei e caotici di pezzame litoide delle dimensioni della ghiaia e dei ciottoli (ma anche con blocchi superiori al metro cubo) immersi in maniera caotica in una matrice prevalentemente sabbioso-limosa (aggregato sedimentario definito “diamicton”). La genesi di questi materiali è da attribuire ai “Till di ablazione”, cioè materiali originariamente immersi nelle lingue glaciali depositatisi per fusione e anche per colata e scivolamento di detriti sopraglaciali.

Insieme ai processi glaciali sono intervenuti imponenti movimenti di massa avvenuti nelle ultime fasi glaciali che hanno profondamente modificato la morfologia del territorio, provocando anche deviazioni di corsi d’acqua e formazione di laghi.

Su questi depositi si sono impostati poi i detriti di falda più recenti che costituiscono nel caso in esame l’ampia conoide di San Vito (sigla PTG).

Si tratta di terreni che si sono formati dopo l’estinzione (locale) dei processi glaciali e fluvio-glaciali a partire dall’intervallo finale del Pleistocene superiore, nell’Olocene e fino ai giorni nostri: queste unità litostratigrafiche non sono mai delimitate da discontinuità di estensione regionale o tali da mostrano comunque una loro individualità ben definita. All’interno di tale unità vengono distinte varie litofacies. Nella Carta Geologica CARG la conoide di San Vito viene classificata come PTG generica senza attribuzione a specifiche litofacies.

Queste condizioni geologiche sono in accordo con quanto riportato negli approfonditi studi geologici riportati nel PAT del Comune di San Vito di cui si riportano nel seguito gli stralci delle carte geolitologiche e geomorfologiche.

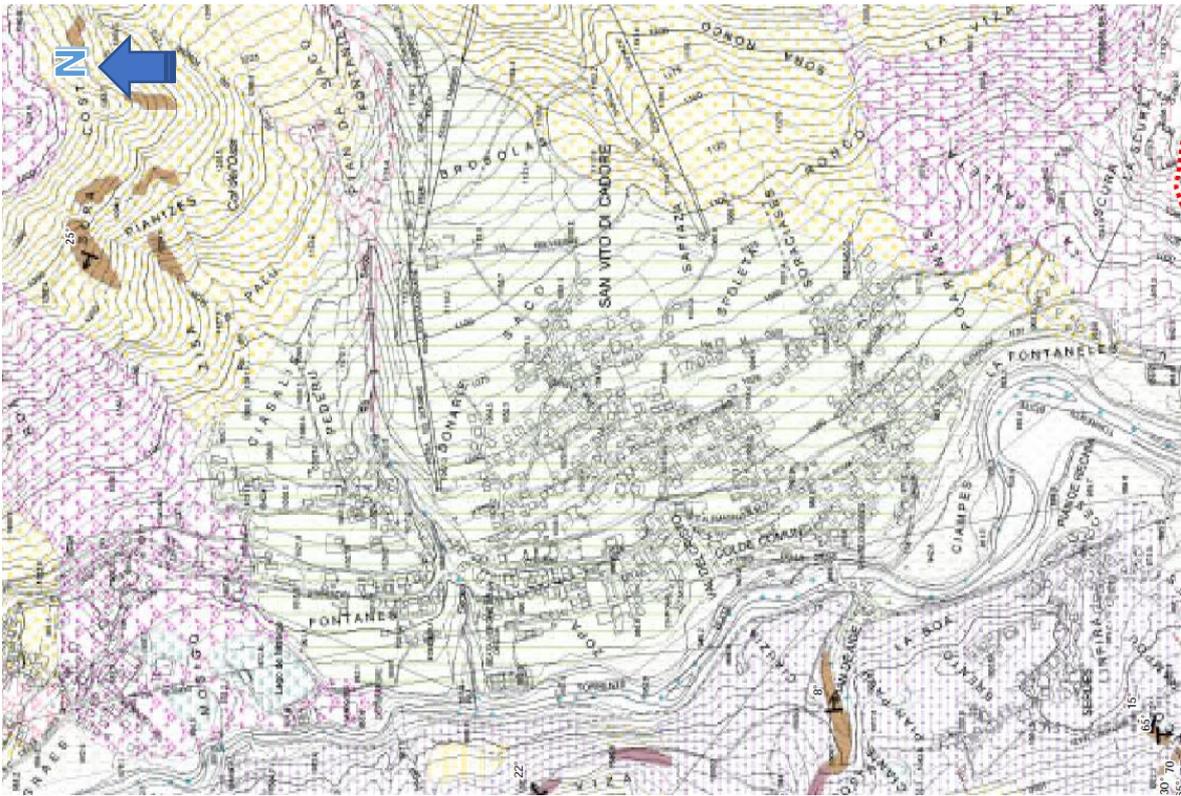


Figura 5 – Stralcio della carta geologica del PAT

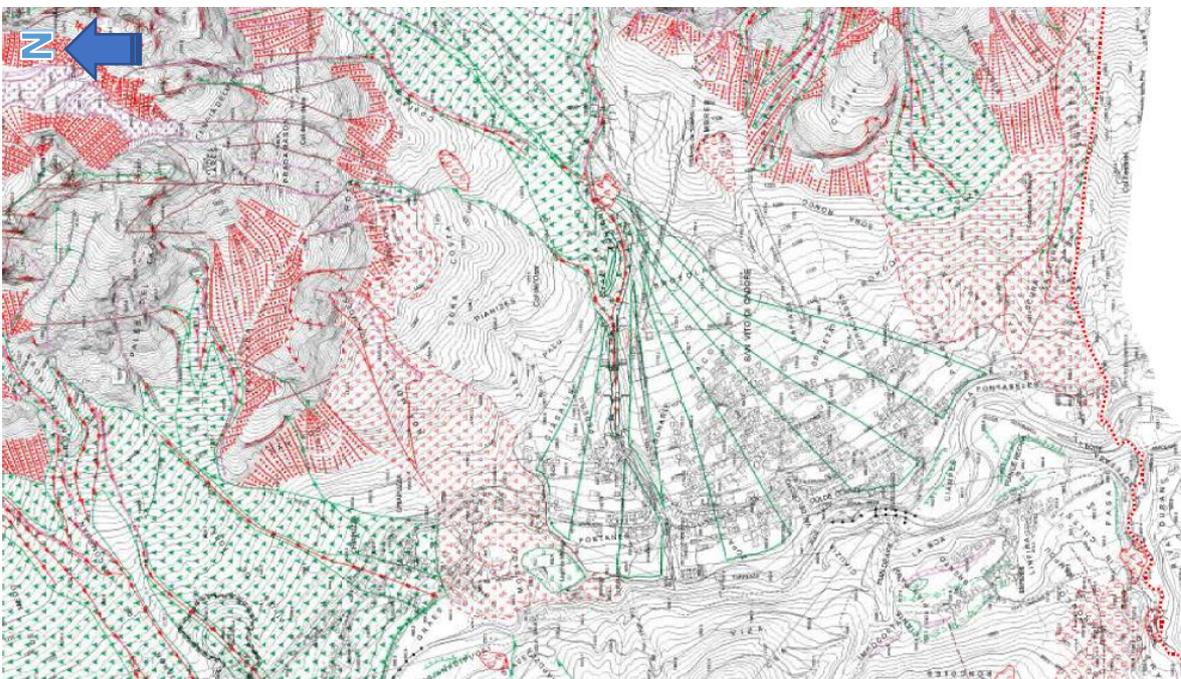


Figura 6 – Stralcio della carta geomorfologica del PAT

In questi studi si segnala la presenza della grande conoide di origine mista, alimentata nei secoli da episodi di trasporto in massa (“debris flow”), sul quale si è insediato l’abitato di San Vito.

Nella *Carta Litologica* (Tav. n. 05 del PAT) i litotipi affioranti nel territorio del comune di San Vito di Cadore sono stati distinti, in base alla natura ed alle caratteristiche tecniche, in trenta classi, sei per le rocce del substrato e ventiquattro per i depositi di copertura, con i rispettivi codici di riferimento delle grafie regionali. Di questi il tracciato di progetto interessa di fatto solo i *Materiali a tessitura eterogenea dei depositi di conoide di deiezione torrentizia* (cod. L-ALL-02)

*Si tratta per lo più di ghiaie, ciottoli e blocchi con matrice sabbioso-limosa, accumulati dai corsi d'acqua che attraversano territori a forte pendenza e caratterizzati da prevalenti depositi granulari e sboccano in aree piane o in valli maggiori.*

Dal punto di vista tettonico-strutturale il territorio comunale è compreso tra due importanti scorrimenti: la Linea di Selva di Cadore e dell'Antelao e la Linea di Cibiana – Pieve di Cadore a sud. Si tratta di fasci di faglie, in genere piuttosto inclinate, circa 55° - 60°, che portano successioni litologiche di età più antica a sovrapporsi a successioni di età più recente. Alla scala dell'intero territorio e in armonia con la presenza delle due importanti dislocazioni citate, si può osservare una generale inclinazione verso nord degli strati rocciosi; nel dettaglio invece sono state verificate differenti giaciture che arricchiscono il quadro strutturale riferendosi a strutture locali vicarianti o antitetiche.

### 3.3. Inquadramento idrogeologico

Nell'ambito della fascia di territorio di diretto interesse non esistono molte sorgenti, a testimonianza della permeabilità, mediamente elevata, dei terreni che favoriscono una notevole infiltrazione delle acque di precipitazioni. I contatti stratigrafici tra formazioni e tra terreni a permeabilità diversa non riescono, almeno nella ristretta area esaminata, a formare delle emergenze idriche.

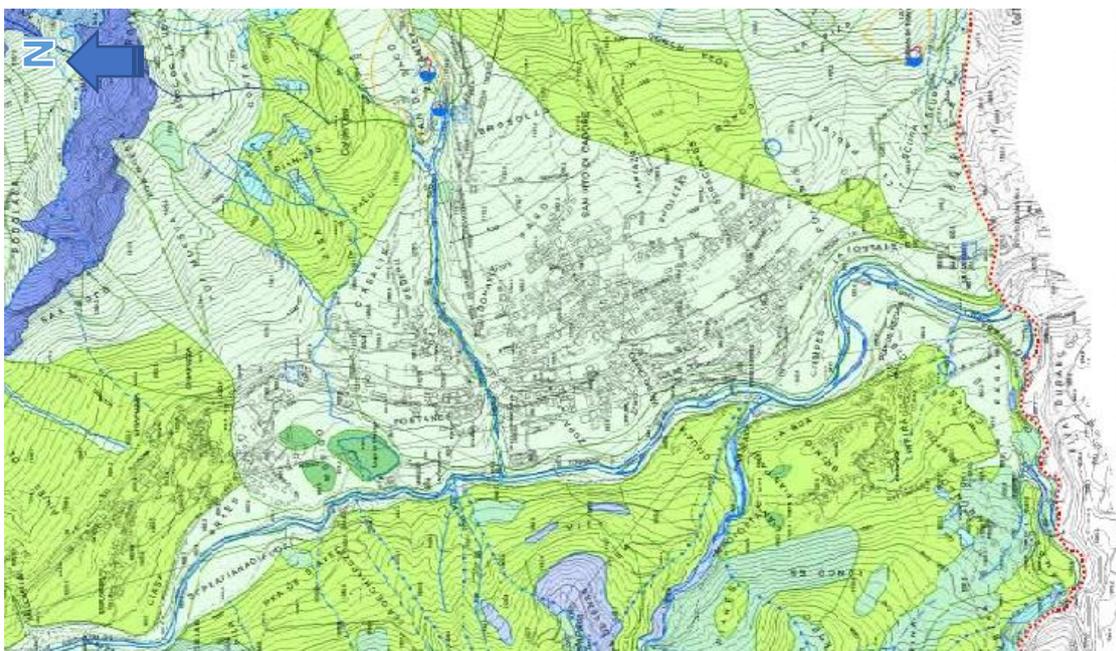


Figura 7 – Stralcio della carta idrogeologica del PAT

Le sorgenti più vicine alla zona di progetto sono quelle poste a monte dell'abitato di San Vito di Cadore, a quote superiori a 1150-1200 m s.l.m., dove sono presenti anche opere di captazione. Queste non hanno quindi influenza sulle opere in progetto.

I principali corpi acquiferi sono rappresentati dalle grandi piattaforme calcareo dolomitiche (massicci della Croda Marcora, dell'Antelao, dei Lastoi de Formin e della Croda da Lago) tamponate alla base da formazioni bacinali e vulcaniche.

A livello di territorio comunale gli studi geologici del PAT hanno segnalato che i grandi corpi acquiferi inoltre, sono spesso interessati da raddoppi tettonici (sovrascorrimenti in genere sud vergenti), spesso in corrispondenza di livelli meno competenti, che rappresentano generalmente una soglia di permeabilità sottoposta: di frequente infatti si rinvergono fronti sorgivi allineati parallelamente alle linee di dislocazione. Acquiferi minori costituiti dagli accumuli detritici ai piedi dei versanti o negli altipiani, alimentano sovente piccole e medie sorgenti che risultano importantissime per l'approvvigionamento idrico anche alle quote più elevate.

Sempre gli studi del PAT indicano che la zona ad oriente del T. Boite (di interesse per il progetto) presenta una circolazione superficiale assai incostante e di norma modesta, a causa dell'elevata infiltrazione che si realizza in corrispondenza degli accumuli detritici.

Sempre in merito alla circolazione idrica sotterranea, è nota la presenza nel fondovalle alluvionale del T. Boite di una falda di subalveo, con oscillazioni legate al regime dello stesso corso d'acqua.

Altre falde significative sono presenti in corrispondenza delle conoidi alluvionali che alimentano la citata falda di sub-alveo.

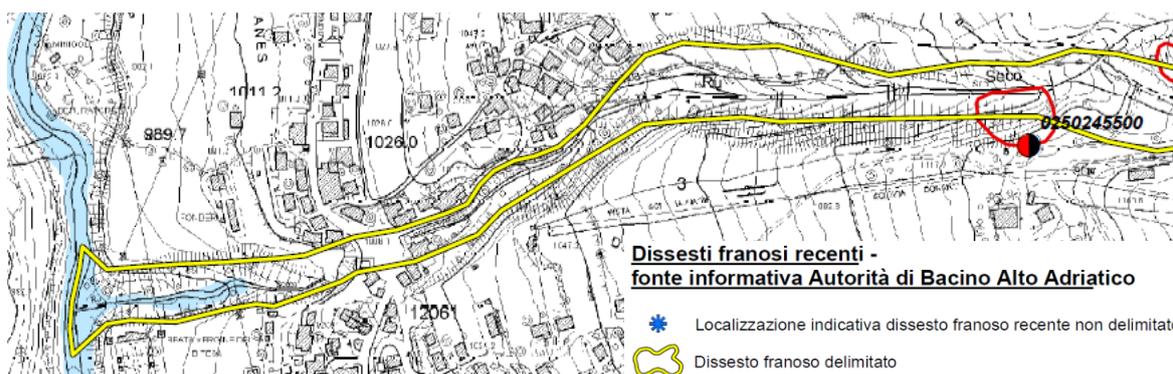
#### **3.4. Geomorfologia e condizioni di stabilità**

Le condizioni di stabilità dei versanti sono ovviamente legate alle complesse vicissitudini geologiche, tettoniche e climatiche che una determinata regione ha subito. In tale contesto la morfologia dei luoghi è fortemente condizionata dagli eventi post-glaciali che hanno portato alla formazione delle potenti ed estese fasce detritiche, commentate in precedenza.

La particolare combinazione tra assetto geologico generale e caratteristiche litologiche delle formazioni presenti, che mostrano alternanze di litotipi a carattere plastico con altri a comportamento rigido, ha causato una forte predisposizione all'instaurarsi di importanti fenomeni gravitativi, che particolarmente nel post-glaciale e con sostanziale continuità temporale hanno condizionato la diffusione di importanti depositi di frana al piede dei versanti.

In generale, si tratta di fenomeni generalmente esauriti, legati alle condizioni del post-glaciale, caratterizzate da condizioni climatiche assai più severe delle attuali che, in alcuni casi, sono stati riattivati interessando aree per lo più localizzate. La presenza tuttavia di imponenti masse detritiche generalmente incoerenti e l'elevata energia di rilievo sono alla base di una dinamica ancora attiva dei versanti.

Per avere un quadro generale delle condizioni geomorfologiche e in particolare delle condizioni di stabilità dei versanti si può inoltre fare riferimento agli studi dell’Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, nell’ambito del *Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI)*. Nella carta della pericolosità geologica del PAI non sono individuate aree a rischio ad eccezione del corso del torrente Ru Sec. Tale situazione di rischio idrogeologico non era segnalata nelle precedenti mappature del PAI che ora sono state aggiornate con la segnalazione di una zona di “dissesto franoso delimitato”.



*Fig. 8 Estratto della Carta della pericolosità geologica del PAI*

A questi elementi di vincolo si devono aggiungere le problematiche legate al dissesto idrogeologico che ha interessato questo territorio il 4 agosto 2015 e che ha provocato danni ingenti (anche in termini di vite umane) a causa della piena del Torrente Ru Secco che sottopassa (con “tombinatura”) l’abitato di San Vito. In quell’evento una colata di detrito ha investito la zona della seggiovia “San Marco” e, nell’abitato di San Vito, ha causato il crollo parziale di un edificio e l’evacuazione di altre abitazioni.

A seguito degli incidenti sono stati eseguiti lavori di regimazione e protezione, a monte e a valle dell’abitato (v. foto seguenti), ancora da completare e che in ogni caso non eliminano completamente i rischi di deflusso selvaggio e trasporto solido. La presenza del trasporto solido è evidente dalle foto all’interno della tombinatura. Di particolare criticità è la presenza di una abitazione sopra la tombinatura, che restringe la sezione di imbocco (v. foto seguenti).



*FOTO 1-2– Il Ru Sec a monte dell’abitato con i recenti interventi*



FOTO 3-4– Il Ru Sec nel tratto rivestito a monte del paese e la tombinatura lesionata a seguito degli eventi del 2015



FOTO 5-6– La tombinatura del Ru Sec sotto il paese con i resti del trasporto solido



FOTO 7 – Il Ru Sec in corrispondenza dell'attraversamento di progetto

Il fenomeno di “debris flow” che ha causato questi danni è da annoverare tra i più frequenti in questi ambienti montani, in particolare lungo la rete idrografica secondaria che sbocca nelle vallate e nei tratti di versante meno acclive.

La colata detritica (debris-flow) è un fenomeno legato al trasporto impulsivo e gravitativo verso valle di sedimenti. La colata coinvolge di frequente anche massi di dimensione ciclopica ed è costituita da una concentrazione volumetrica di sedimento generalmente pari a 30-70%. Si tratta di fenomeni che influenzano l'evoluzione geomorfologica delle aree di fondovalle, mediante processi di accumulo sui coni di deiezione e l'ingresso di sedimenti nelle aste idrografiche principali. A causa della velocità del movimento franoso (da 3

m/s a oltre 10 m/s), la forza di impatto delle colate detritiche può dar luogo ad effetti distruttivi e danni notevoli su persone, edifici e infrastrutture.

I debris flow si distinguono in fenomeni di versante e fenomeni incanalati: i primi possono essere considerati frane mentre quelli incanalati sono anch'essi fenomeni gravitativi che rientrano però nei processi torrentizi. La classificazione proposta da vari autori di flusso idrico-flusso iperconcentrato (debris flood)-debris flow si basa sulla concentrazione del sedimento (rispettivamente 0.4-20%, 20-47%, 47-77%).

Per questi fenomeni, è stato effettuato uno specifico studio nell'ambito del PAT del Comune di San Vito di Cadore, che viene riportato in termini di estratti e commenti specifici, in Appendice alla presente Relazione.

Oltre al fenomeno del Ru Secco sono noti altri fenomeni anche molto più importanti nelle zone vicine. In particolare le colate detritiche di Chiappuzza (subito a nord di San Vito) e Acquabona, verso Cortina.

Una visione a scala di area vasta di questi fenomeni di trasporto montani che interessano la sponda sinistra del torrente Boite è raffigurato nello stralcio di foto satellitare seguente dove si evidenziano l'abitato di San Vito di Cadore (con il Ru Secco che viene da monte) e le zone di Chiappuzza e Acquabona (con le altre conoidi che si fermano a quote più alte della SS51).



Una panoramica di questi tre fenomeni che interessano la sponda sinistra del torrente Boite, ripresa dalla cima Tofana, è illustrata nella foto seguente.

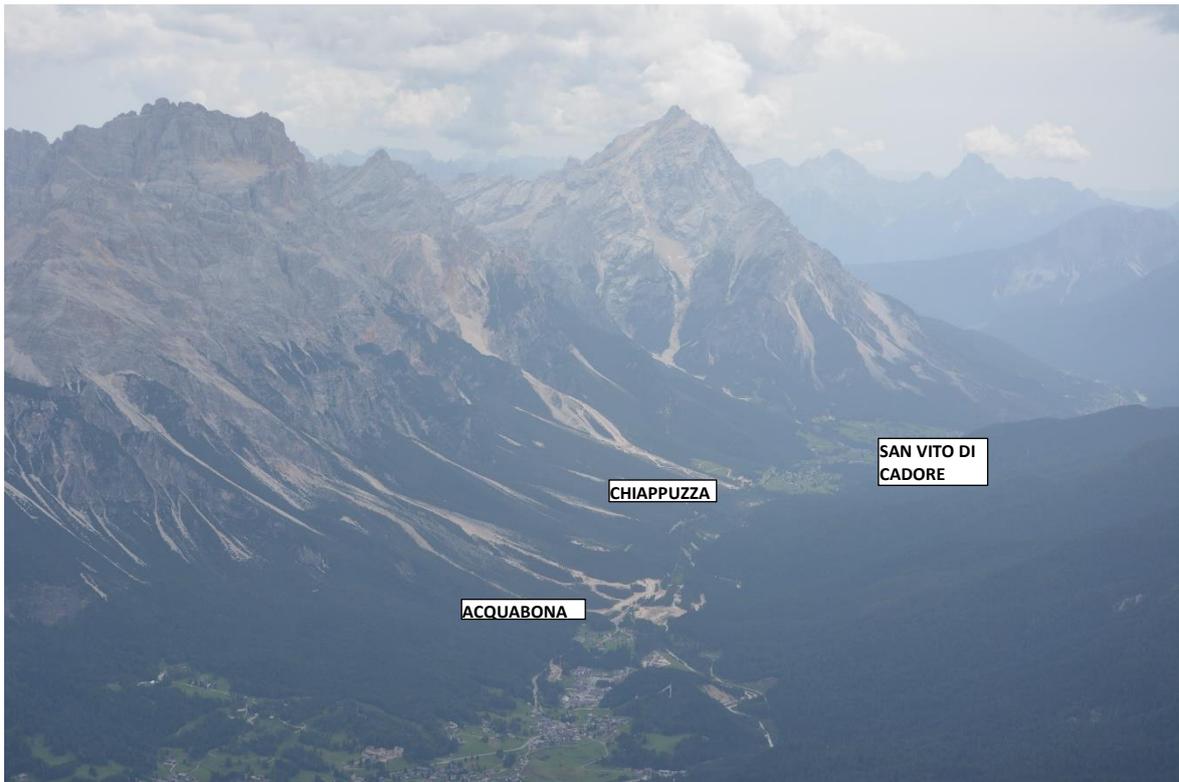


FOTO 8 – La Valle del Boite vista dalla Cima Tofana con i fenomeni di debris flow che interessano la sponda sinistra

Una interessante pubblicazione sulla colata detritica di Chiappuzza è stata prodotta dagli autori Favaretti, Menegus, Zanin nel 2004 (*Sulla limitazione degli effetti di una estesa colata detritica nel Comune di San Vito di Cadore in "International Symposium Interpraevent 2004 – Riva/Trient"*).

Le condizioni geologiche di base sono sostanzialmente analoghe a quella del fenomeno del Ru Secco. Diverse sono invece le condizioni locali, legate nel caso in esame, alla presenza della tombinatura del Ru Secco in corrispondenza dell'abitato. Questa circostanza limita fortemente la capacità di propagazione del dissesto e cambia radicalmente gli scenari di esposizione degli elementi a rischio.

Maggiori dettagli verranno forniti nel capitolo successivo.

Tutto il tratto centrale del tracciato, a valle dell'abitato, non presenta condizioni di pericolosità geologiche, mentre nella zona finale del tracciato (rotatoria lato Belluno nella zona La Scura) si lambisce un'area perimetrata a pericolosità geologica media.

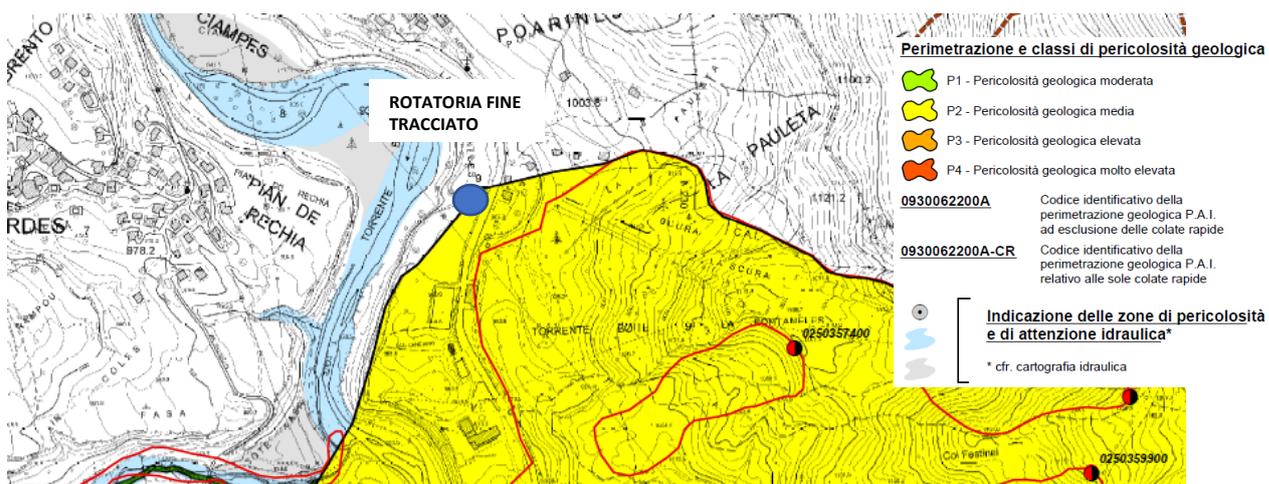


Fig. 9 Estratto della Carta della pericolosità geologica del PAI

L'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI a cura dell'ISPRA) fornisce maggiori dettagli su questa ultima zona che viene catalogata come un fenomeno di DGPV (Deformazione Gravitativa Profonda di Versante) sul quale si sono impostate altre frane minori di scivolamento. Il limite inferiore della zona DGPV però non interessa il sito della rotatoria di inizio intervento.

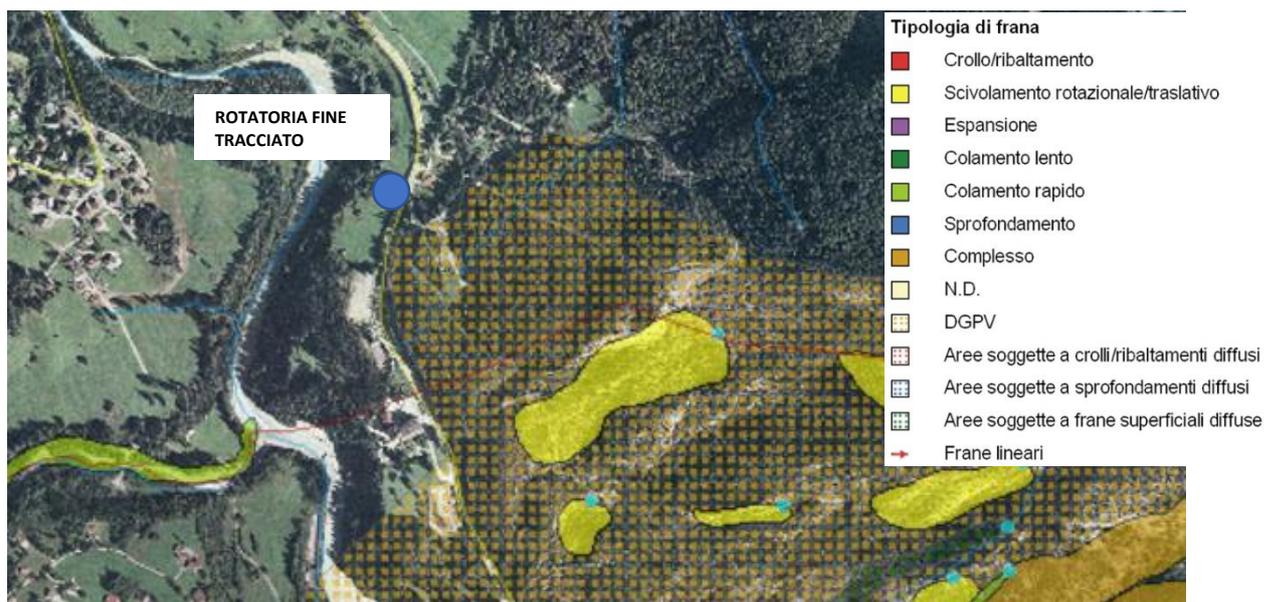


Fig. 10 Estratto della mappatura IFFI

Oltre alle indicazioni ricavabili dalle cartografie ufficiali, si riportano anche le segnalazioni di frane storiche avvenute nel territorio comunale (riprese dalla relazione geologica del PAT del Comune).

- 25/01/1348: frana dal M. Antelao, innescata dal terremoto di Villach, che pare abbia sepolto l'antico abitato di Villalunga (senza alcun superstite);
- 26-28/10/1729 e 24/11/1729: frane che coinvolgono le ultime case di Borca verso San Vito;
- 02/05/1730: frana con la distruzione di gran parte dell'abitato di Chiapuzza e centinaia di vittime;
- 07/07/1737: frana con la distruzione della frazione di Sala, sulla sinistra del Boite (la chiesa di San Canciano e circa 38 fabbricati, con una decina di vittime);
- 02/05/1774: frana a Chiapuzza con pochi danni;

- 21/04/1814: frana con la completa distruzione degli abitati di Taulen e Marceana, sulla destra del Boite (314 vittime);
- 15/10/1820: rimobilizzazione parziale della frana del 1814;
- 17/10/1882: alluvione con danni in tutto il territorio;
- 16/02/1960: frana di crollo ai piedi di Punta dei Ross;
- 04/11/1966: grande alluvione con danni in tutto il territorio;
- 04/11/1966: colata di detrito in località Chiapuzza con danni agli edifici e alle infrastrutture e blocco della SS n. 51 di Alemagna.
- 24/07/1972: colata di detrito in località Chiapuzza con danni ad un edificio e blocco della SS n.51 di Alemagna.
- 06/11/2012: movimenti di materiale sulla parte sommitale del ghiaione dei Ross, alle pendici di Croda Marcora.

Tutti questi eventi si riferiscono però a siti esterni al tracciato di progetto.

Con riferimento al **Rischio Valanghe**, l'area di progetto non è interessata da perimetrazioni.

Con riferimento al **Pericolo Idraulico**, oltre alla fascia fluviale del Torrente Boite, che rimane entro l'area golenale su quasi tutto il tratto di interesse, si segnalano due zone a pericolosità media e moderata (P1 e P2) nella zona Ciampes. Il tracciato di progetto passa però a monte di queste fasce.

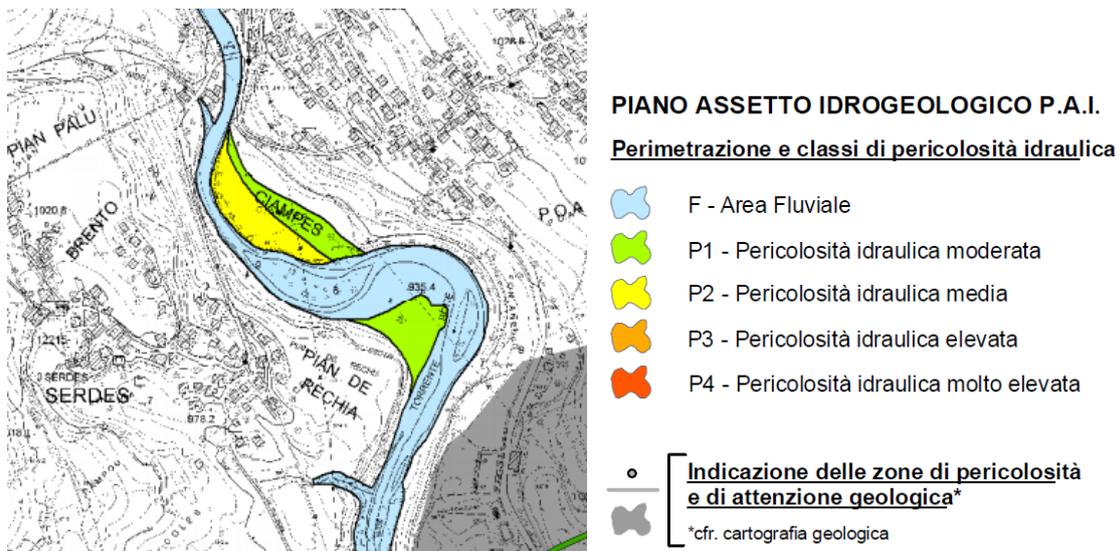


Fig. 11 Estratto della tavola della pericolosità idraulica del PAI

### 3.5. Sismicità

L'Ordinanza del Presidente del C.d.M. n. 3274 del 20/3/2003 ha introdotto la nuova classificazione sismica del territorio italiano che viene diviso in 4 zone sismiche, ciascuna caratterizzata da un diverso valore del parametro  $a_g$  (accelerazione massima convenzionale su suolo di categoria A).

Con le Norme Tecniche per le Costruzioni del settembre 2005 è stato specificato che per le zone 1, 2 e 3 è possibile una suddivisione in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli citati e intervallati da valori non minori di 0.025.

La Gazzetta Ufficiale del 11/5/2006 ha pubblicato l'Ordinanza del PdCM del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (Ordinanza n. 3519) con la quale sono approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale. Le valutazioni di ag sono calcolate su un numero sufficiente di punti (griglia non inferiore a 0.05°), corredate da stime dell'incertezza. I valori di ag sulle griglie suddette sono state pubblicate sul sito web dell'INGV. La documentazione di interesse è riportata nella mappa seguente.

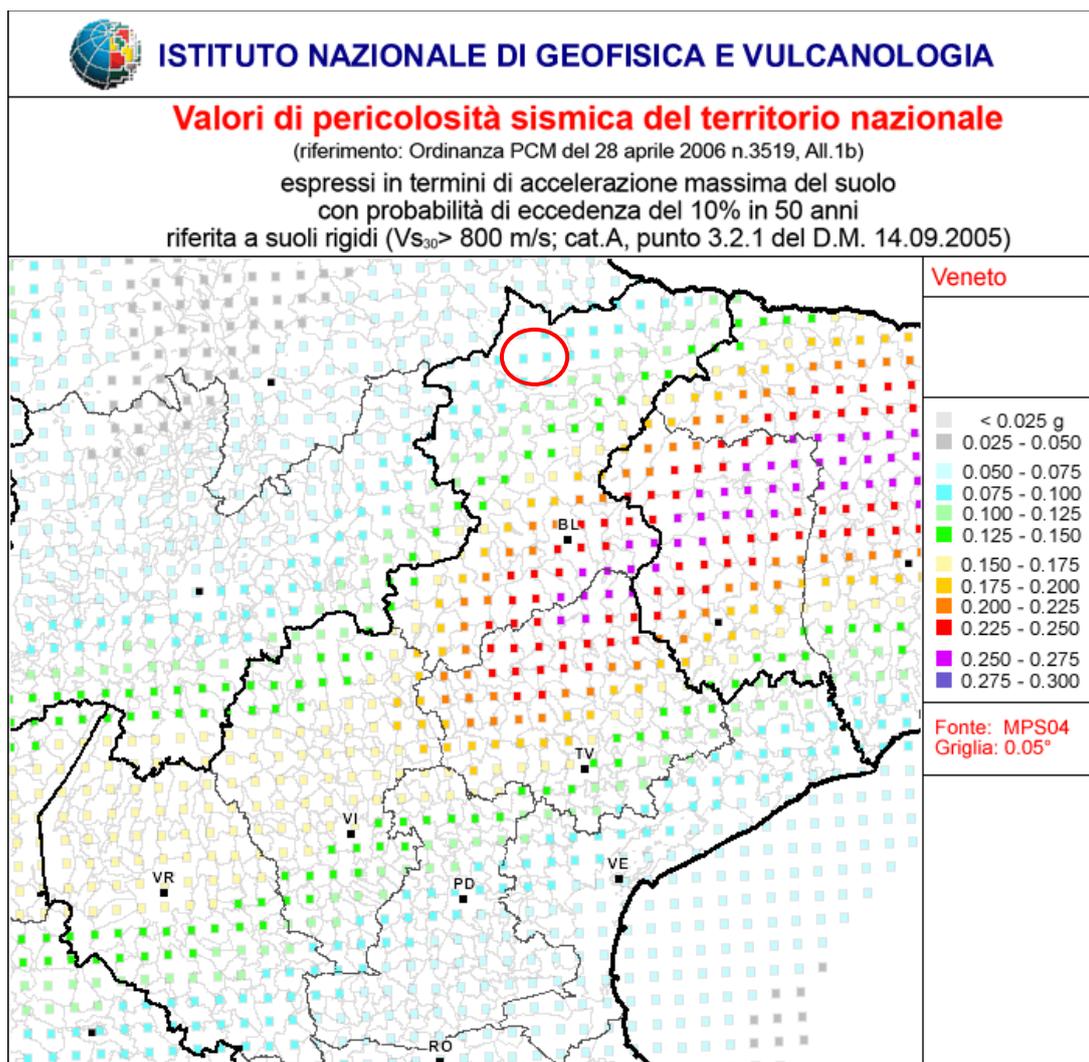


Fig. 12 - Mappa della sismicità (INGV)

Da questa mappa risulta che il Comune San Vito di Cadore ricade in **classe 3** con una classe di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (su suolo rigido) di 0.075-0.100g.

Nel sito sono state eseguite indagini sismiche per la valutazione delle classi di suolo e della risposta sismica locale. Di tali risultati si riferisce nel capitolo successivo.

## 4. ANALISI DELLE CONDIZIONI DEI SITI DI PROGETTO

### 4.1. Indagini eseguite

Per la progettazione definitiva è stata programmata ed eseguita una specifica indagine che è consistita in:

- ✓ 6 sondaggi a carotaggio continuo della profondità compresa tra 20 e 40m per un totale di 150 ml di carotaggio;
- ✓ 45 prove SPT in foro, secondo le specifiche appresso riportate;
- ✓ installazione di 3 piezometri a tubo aperto
- ✓ 9 prove penetrometriche dinamiche continue del tipo superpesante DPSH, profonde da 11 a 15m.
- ✓ 6 stendimenti geosismici a rifrazione in onde P e onde S.
- ✓ Prove di laboratorio su campioni indisturbati e rimaneggiati.

### 4.1. Morfologia

Dal punto di vista morfologico l'area ricade su un tratto di versante conformato a ventaglio (conoide) che degrada con pendenze medie dell'ordine del 15-20% verso il fondovalle del torrente Boite.

Il versante è modellato da ampie aree di compluvio e blande ondulazioni del terreno. Alcune scarpate morfologiche, da attribuire ad orli di vecchi terrazzi alluvionali, aumentano la pendenza locale di alcuni settori di versante che arriva al 30-35%.

### 4.2. Modello geologico dei siti

Nel quadro geologico di area vasta del precedente capitolo, la successione stratigrafica dei siti è formata da:

- a) Terreni detritici a grana grossa e blocchi (conoide recente e fascia detritica antica del Sub-sistema della Val Cenera)
- b) Formazioni del substrato.

I terreni detritici sono costituiti nelle porzioni superficiali da conoide e detriti di falda; in profondità sono da attribuire a depositi origine fluvioglaciale e morenici. In entrambi i casi si tratta di terreni con un'ampia distribuzione granulometrica, dai ciottoli e ghiaie (anche con blocchi), fino alle sabbie, limo e argilla (matrice dello scheletro grossolano). Gli spessori sono molto variabili e arrivano a superare anche i 40 metri.

Nella ristretta area adiacente a quella del progetto, le rocce del substrato non sono mai affioranti. Con riferimento alla suddivisione della carta geologica del CARG, gli affioramenti più vicini (nelle zone a monte dell'abitato) sono stati attribuiti alle formazioni di San Cassiano e della Dolomia Cassiana.

Questi affioramenti sono localizzati però a quote molto alte a monte dell'abitato.

A quote più basse ma in sponda destra del Boite, sono segnalate formazioni delle successioni Ladiniche più antiche (Formazione del Monte Fernazza).

Le indagini eseguite hanno intercettato il substrato in profondità nei pressi del fondovalle del Boite.

Una descrizione di dettaglio delle condizioni geologiche del tracciato è riportata nel paragrafo seguente.

### 4.3. Descrizione tecnica del tracciato

Il tracciato parte in variante (provenendo da Cortina) poco al di fuori dell'abitato, in corrispondenza dell'innesto della Via del Lago e di una zona commerciale. Dopo la rotatoria il tracciato si sposta verso il fondovalle del Boite percorrendo un tratto di versante poco acclive che degrada verso il torrente stesso. Il versante ha una copertura a prato e non vi sono affioramenti diretti di terreni o rocce.

Il **sondaggio SS5** eseguito in corrispondenza dell'inizio della variante ha attraversato, al di sotto di un primo strato di copertura a grana sabbioso-limosa (con abbondante ghiaia) dello spessore di 3m circa, terreni detritici a grana grossa, formati da ghiaie con matrice sabbioso-limosa (anche con pezzame lapideo di dimensioni centimetriche), senza particolari variazioni fino alla massima profondità investigata di 20m.



*I primi 10 m di carotaggio del sondaggio SS5*

Le prove SPT indicano uno stato di addensamento non particolarmente elevato nei primi 10m, per aumentare poi rapidamente a profondità maggiori:

m 3.0  $N_{SPT} = 11$

m 6.2  $N_{SPT} = 28$

m 9.1  $N_{SPT} = 9$

m 12.0  $N_{SPT} = 30$

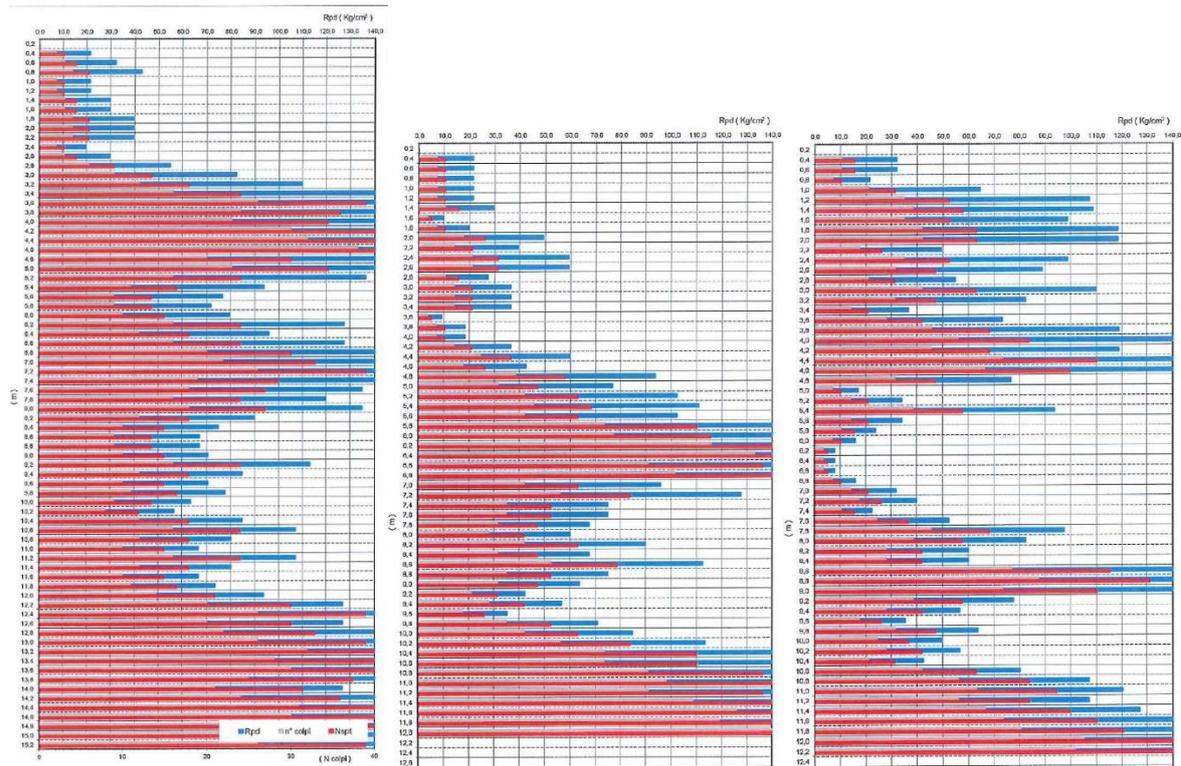
m 15.1  $N_{SPT} = 55$

m 18.2  $N_{SPT} = 79$

Il **piezometro** installato in questo sondaggio indica un livello idrico alla profondità di 18m.

Le **prove penetrometriche PP9, PP8 e PP7** eseguite in questo tratto iniziale hanno fornito risultati sostanzialmente paragonabili con valori equivalenti di  $N_{SPT}$  superiori a 20, ma con molti passaggi e intercalazioni meno resistenti e picchi di resistenza elevati. Tutte e tre le prove superano valori di  $N_{SPT}$  40 a profondità superiori a 10m. L'andamento del profilo di resistenza indica la presenza di strati ghiaiosi di levato addensamento alternati a livelli meno addensati (o con meno percentuale di ghiaia).

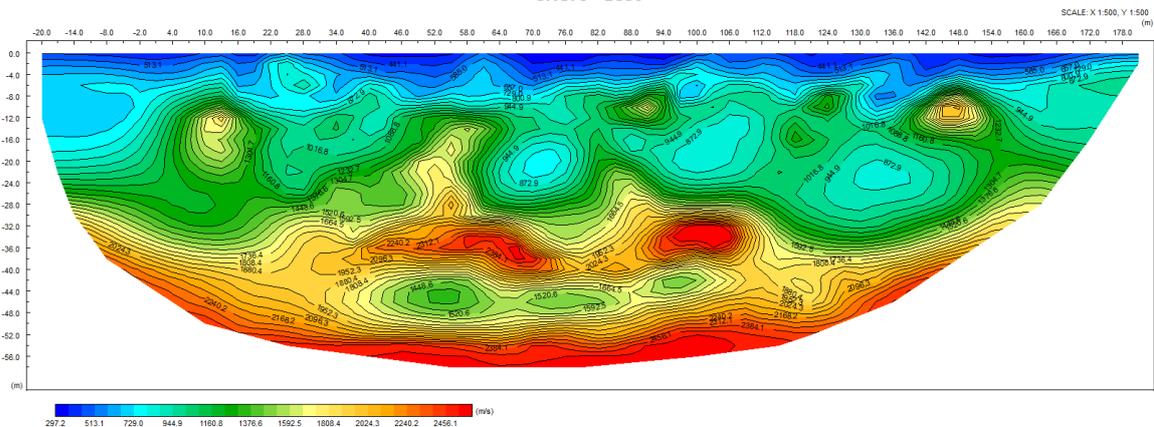
In corrispondenza della PP7 è previsto l'attraversamento della pista pedonale esistente.



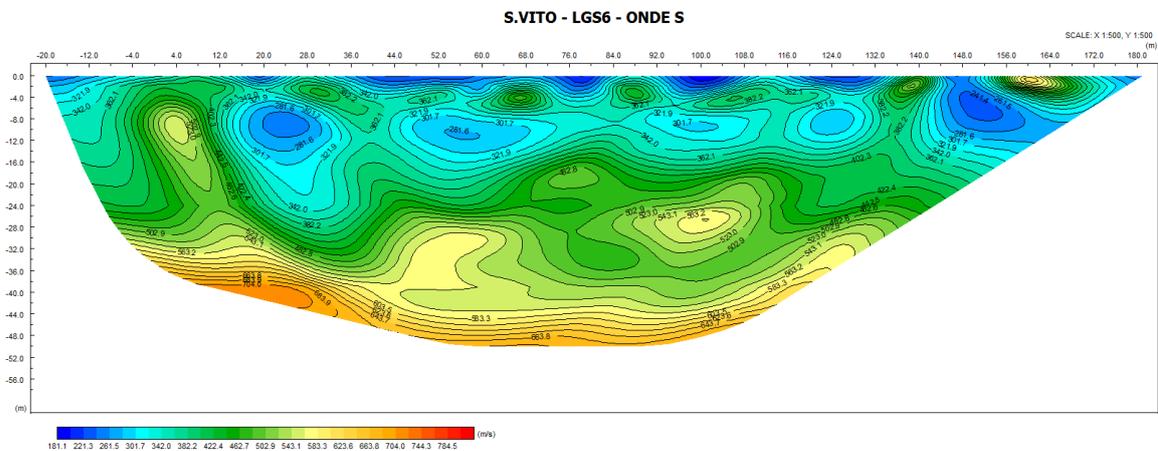
Le prove penetrometriche P7, P8 e P9

Lo stendimento geosismico LG6 evidenzia uno strato di terreni sciolti di media consistenza ( $V_p < 1000$  m/s) nell'ambito dei primi 10m, con un aumento dei valori in profondità dove si raggiungono valori di 1000-1500 m/s; questi valori, tipici di terreni sciolti, arrivano fino a profondità dell'ordine di 40-50m, ad indicazione della potenza dei terreni di conoide. Lo stendimento segnala la presenza di possibili trovanti a circa 30-35m, mentre il substrato è individuabile a circa 50m. I risultati sono congruenti con quelli del sondaggio e delle prove penetrometriche prima commentate.

S.VITO - LGS6



L'elaborazione con le onde di taglio indica velocità delle Vs nell'ambito dei primi 30m variabili tra 300 e 4500 m/s, con alcuni settori tra 250 e 300 m/s nello strato più superficiale.



Alla progressiva 400 circa il tracciato attraversa il corso del Ru Secco con un ponte ad unica luce di 80m.

I due sondaggi S3 e S4, eseguiti rispettivamente sui due appoggi in sponda destra e sinistra, hanno attraversato terreni detritici a grana grossa per spessori considerevoli, dell'ordine della trentina di metri.

In particolare il **sondaggio S3** in sponda sinistra ha attraversato per 29m terreni a grana grossa, con valori SPT sempre molto elevati, già a partire dai primi metri:

- m 3.0  $N_{SPT} = 32$
- m 6.0  $N_{SPT} = 41$
- m 9.0  $N_{SPT} = 52$
- m 12.0  $N_{SPT} = \text{rifiuto}$
- m 15.2  $N_{SPT} = 51$
- m 18.0  $N_{SPT} = 68$
- m 21.1  $N_{SPT} = \text{rifiuto}$
- m 24.0  $N_{SPT} = \text{rifiuto}$
- m 27.2  $N_{SPT} = \text{rifiuto}$
- m 30.0  $N_{SPT} = 22$
- m 33.3  $N_{SPT} = 18$

Da 29 a 35m il sondaggio ha invece attraversato terreni argillosi con ghiaia inclusa nella matrice fine, come indicato dai valori SPT, associabili a un medio stato di consistenza ( $N_{SPT} 22$  a m 30.0,  $N_{SPT} 18$  a m 33.3).



*Sondaggio SV3 da m5 a m10 e da m 30 a m35*

Sulla sponda destra il **sondaggio S4** ha attraversato terreni a grana grossa fino alla profondità di fondo foro di 20m, con valori SPT sempre elevati, in analogia a quanto riscontrato sulla sponda sinistra.



Sondaggio SS4 da m 0 a m5 e da m 5 a m 10

- m 3.0  $N_{SPT} = 28$
- m 6.1  $N_{SPT} = 44$
- m 9.2  $N_{SPT} = \text{rifiuto}$
- m 12.3  $N_{SPT} = \text{rifiuto}$
- m 15.3  $N_{SPT} = \text{rifiuto}$
- m 18.3  $N_{SPT} = 69$

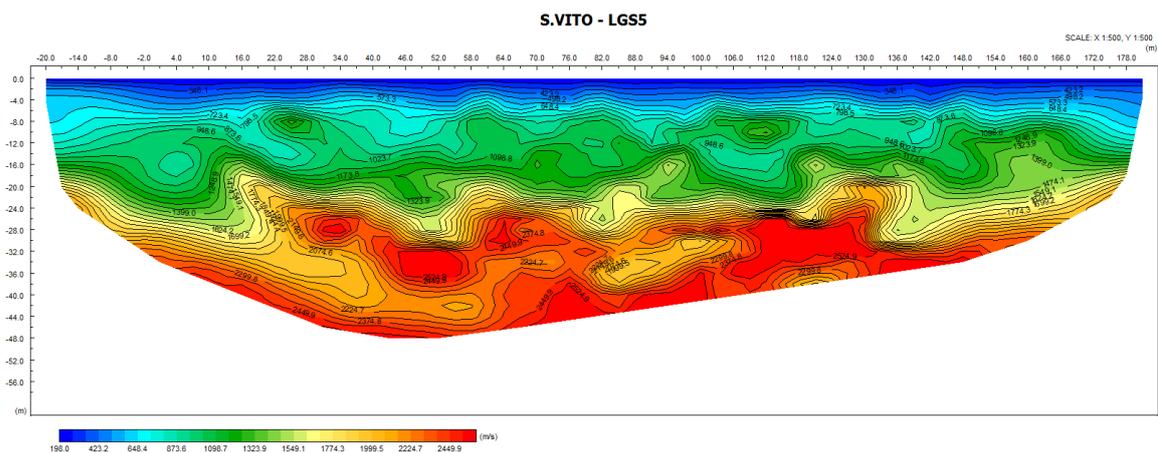
Il **piezometro** installato nel sondaggio SS3 ha misurato il livello idrico alla profondità di 19m.

Nel tratto successivo il tracciato continua a percorrere a mezza costa il versante sinistro del Boite in condizioni geomorfologiche sostanzialmente analoghe a quelle precedenti.

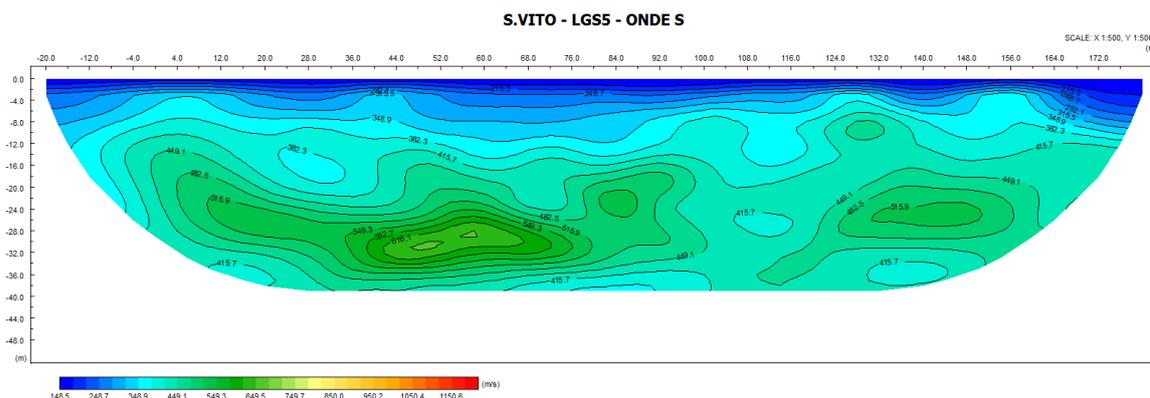
In questa zona sono stati eseguiti due stendimenti sismici.

Lo **stendimento sismico LGS5** individua uno strato superficiale (circa 5m) poco o mediamente addensato ( $V_p$  500-700 m/s), quindi uno strato più addensato ( $V_p$  700-1300 m/s) fino a circa 20-25m.

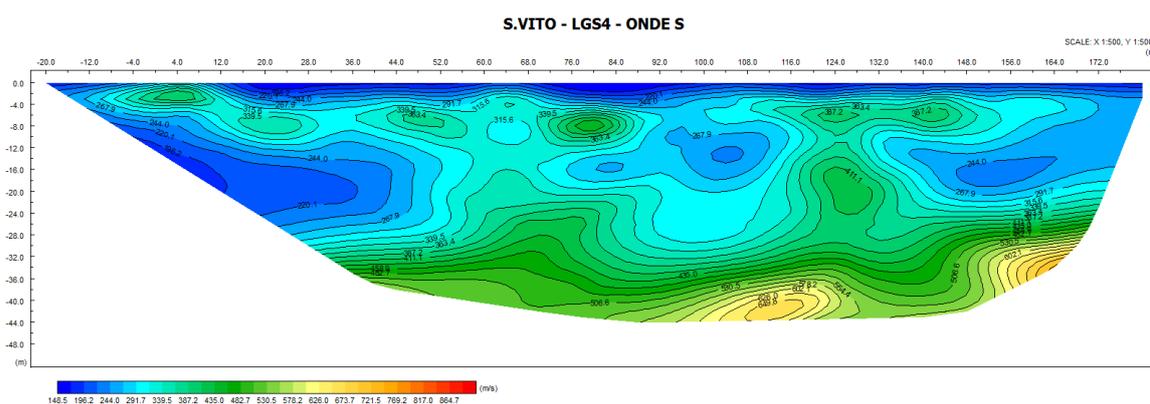
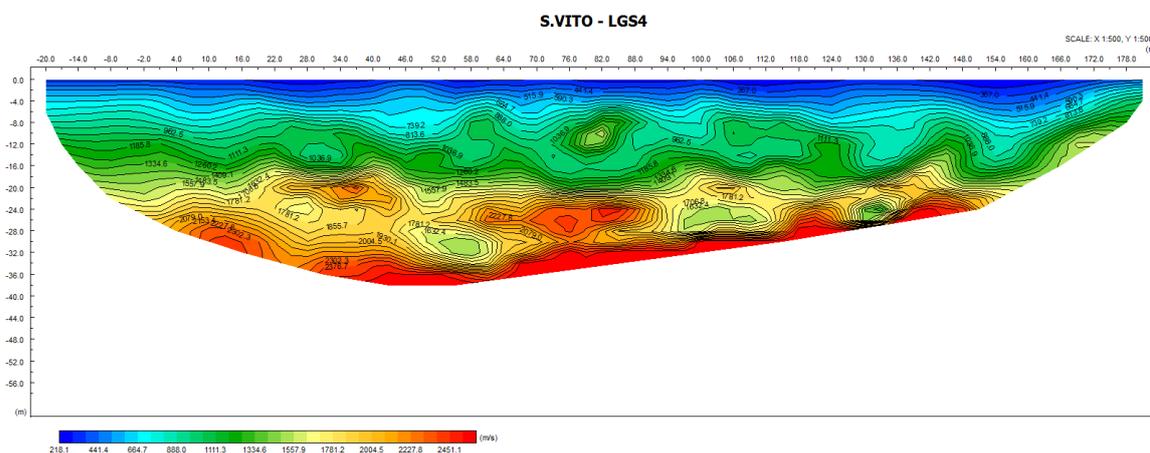
Il substrato roccioso ( $V_p$  2000-2500 m/s) sembra essere presente da profondità di 25-30m.



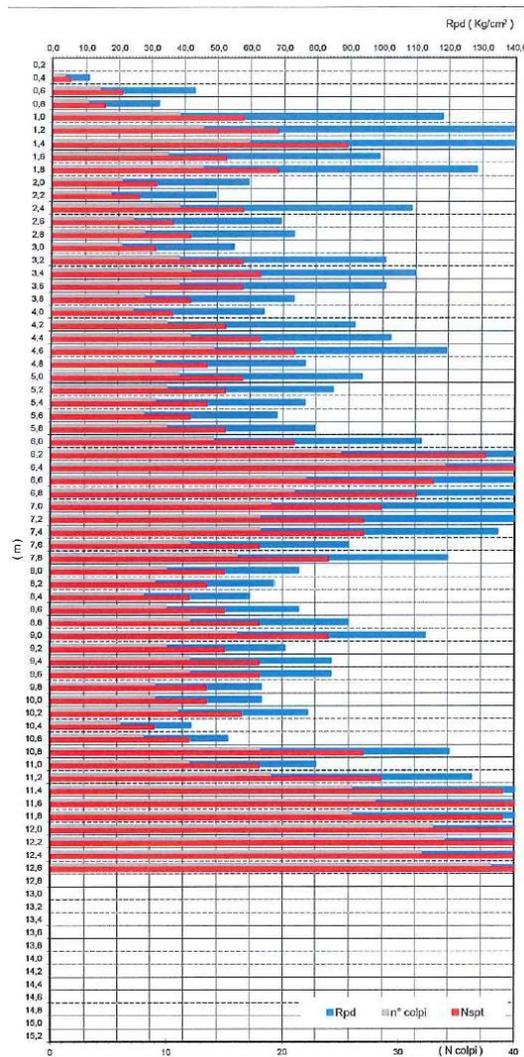
L'elaborazione con le onde di taglio indica velocità delle Vs che aumentano gradualmente con la profondità nei primi 30m, da circa 300 m/s a poca profondità a circa 600 m/s a 30 m di profondità.



I risultati dello stendimento LGS4 (eseguito nella zona del Cimitero) sono sostanzialmente simili a quelli dello LGS5. I risultati con le onde S sono sostanzialmente simili, con qualche anomalia in più, ma con lo stesso intervallo di valori



La **prova penetrometrica PP6** eseguita in corrispondenza del sottovia per il cimitero ha misurato valori di  $N_{SP7}$  equivalenti elevati ( $>20$ ) già a partire dai primi metri.



La prova penetrometrica PP6

Spostandosi progressivamente verso il fondovalle del Boite il tracciato interessa una fascia di versante più acclive che si raccorda con l'area di fondovalle. Questo tratto di versante mediamente acclive è attraversato dalla Via Senes che risale progressivamente in quota a mezza costa provenendo dall'incrocio per Serdes.

Il tracciato di progetto si sviluppa a valle della Via Senes e, in considerazione della morfologia più acclive del versante, è necessaria una struttura di sottoscarpa del rilevato per evitare che questo vada ad occupare l'area di fondovalle del Boite. Avvicinandosi all'incrocio per Serdes la livelletta si sviluppa ad una decina di metri dal p.c. e il tracciato di progetto va progressivamente ad intersecare la Via Senes; per risolvere questa interferenza è stato inserito un viadotto a 4 campate, formato da travate continue in acciaio corten di luce 35+35+42+35m.

I due sondaggi S1 e S2 eseguiti in questa zona hanno attraversato uno strato di detriti a grana grossa (di dimensioni centimetriche fino a decimetriche) fino alla profondità di 35m (S1 fondo foro) e 27m (S2); in quest'ultimo sondaggio, approfondito fino a 40m, è stato intercettato il substrato. Le caratteristiche

litologiche delle rocce attraversate con il sondaggio possono essere riconducibili a quelle della Formazione del M. Fernazza. Si tratta infatti di arenarie di colore grigio scuro o nerastro, con elementi vulcanici, intervallate con marne dove si evidenziano chiaramente i giunti di strato. L'ammasso roccioso è fittamente suddiviso da giunti di stratificazione e di fratturazione secondaria; complessivamente lo stato di fratturazione di questo ammasso roccioso è molto forte con valori di RQD quasi sempre nulli o bassissimi.



Sondaggio SS1 da m 10 a m 15 e da m 30 a m 35

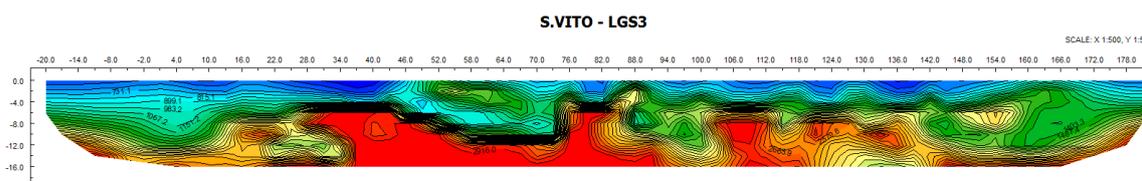


Sondaggio SS2 da m 15 a m 20 e da m 25 a m 30

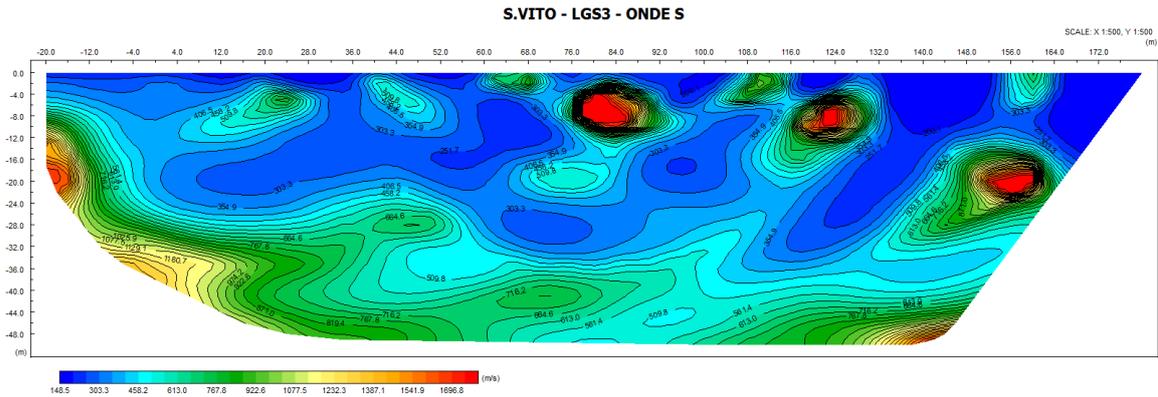
Nel sondaggio S1 i valori di  $N_{SPT}$  nei terreni detritici risultano sempre a rifiuto con solo un valore  $N_{SPT} = 68$  a m 18.1m, ad eccezione delle prove sulle porzioni più superficiali (nei primi 6m) che forniscono valori rispettivamente di  $N_{SPT} = 11$  a m 3 e  $N_{SPT} = 20$  a m 6.2.

Il sondaggio S2 ha fornito risultati del tutto analoghi con valori di  $N_{SPT} = 18$  a m 3 e rifiuto a profondità maggiori. La falda idrica è stata misurata nel **piezometro SS1** alla profondità di 18 m dal p.c..

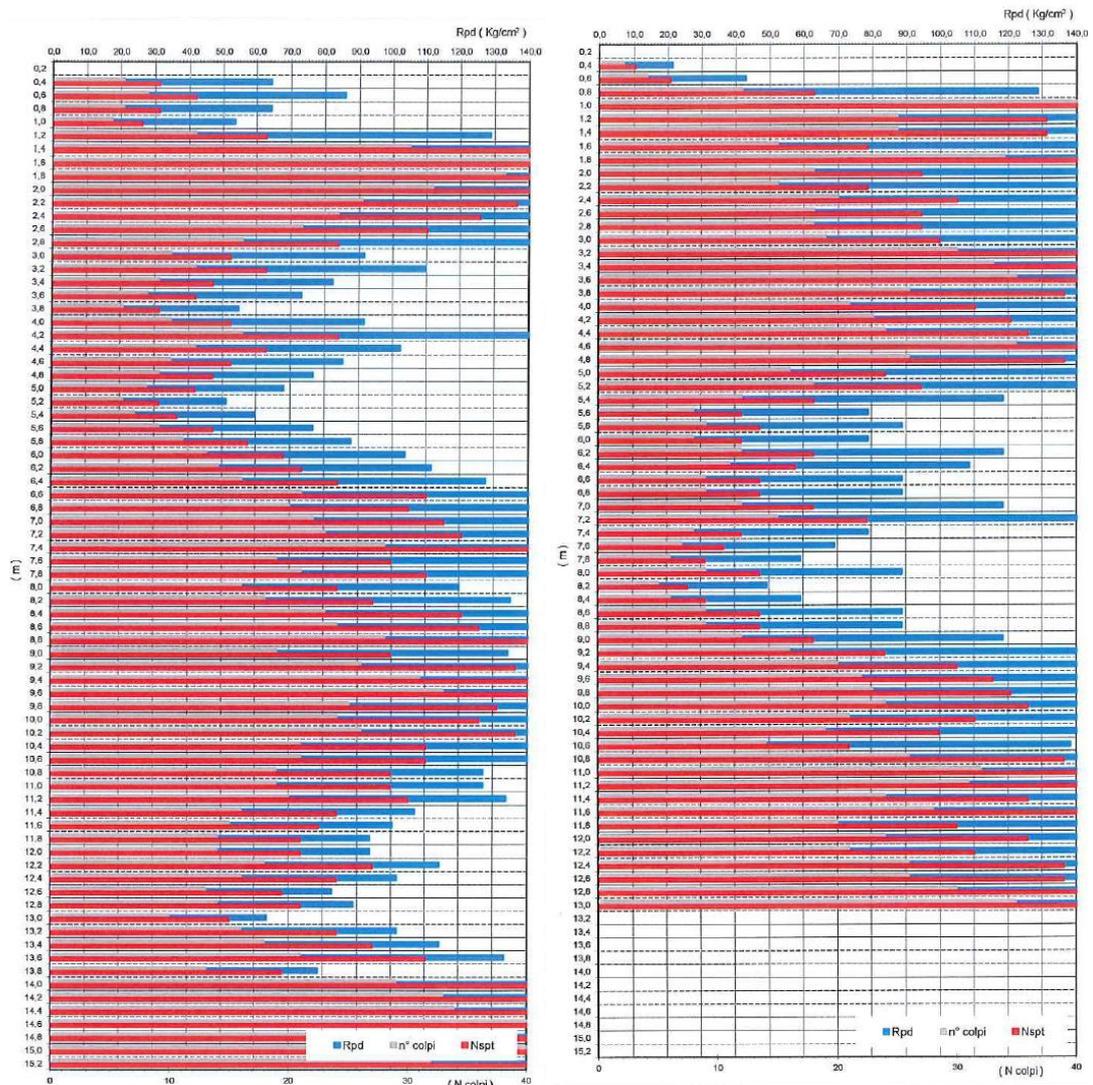
Lo **stendimento sismico LGS3** mostra risultati irregolari con velocità molto elevate a poca profondità ma con un andamento molto irregolare- I sondaggi prima descritti non hanno intercettato il substrato a queste profondità (il sondaggio S2 ha incontrato la roccia a 27m), quindi è da ritenere che queste irregolarità e anomalie siano dovute alla presenza di trovanti.



L'elaborazione in onde S evidenzia delle inversioni di velocità a conferma di quanto detto sopra.



Le prove penetrometriche PP4 e PP5, eseguite sul tratto di rilevato di approccio al viadotto hanno riscontrato valori di  $N_{PST}$  equivalenti > 20 fin dai primi metri. In entrambe le prove si incontrano livelli meno addensati.

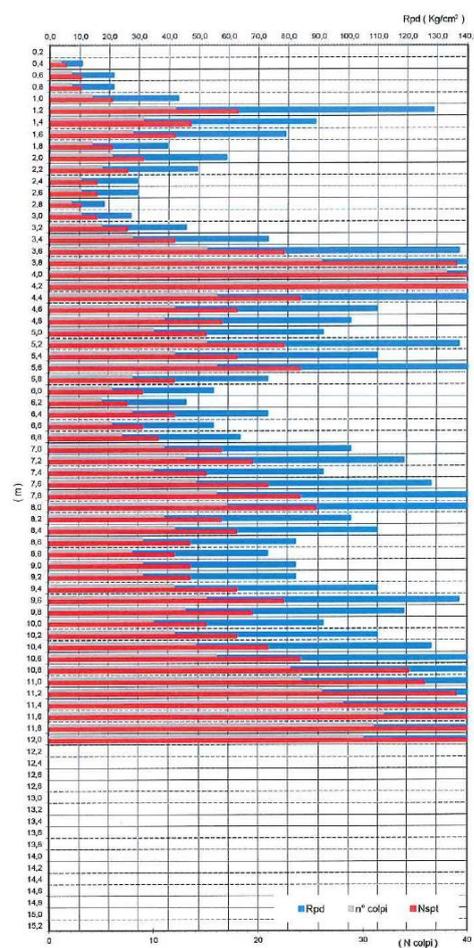


Dopo il viadotto Serdes il tracciato taglia per un breve tratto il versante boscato, a media acclività, formato da detriti a grana grossa, per poi spostarsi nuovamente su un tratto di versante poco acclive coperto da prati. Il **sondaggio S6** eseguito in questo settore (in corrispondenza del sottovia della variante di Via Senes) ha incontrato fino a fondo foro (20m) terreni detritici a grana grossa (anche con trovanti), con una copertura di terre limo-argillose con ghiaia di circa 2.5m. I valori di  $N_{SPT}$  sono sempre a rifiuto (già da 3m) ad eccezione della prova a m 6.4 ( $N_{SPT} = 46$ ). È stato attraversato uno strato di roccia (carotata in frammenti e carote) tra 11 e 13m circa, da associare verosimilmente ad un trovante.



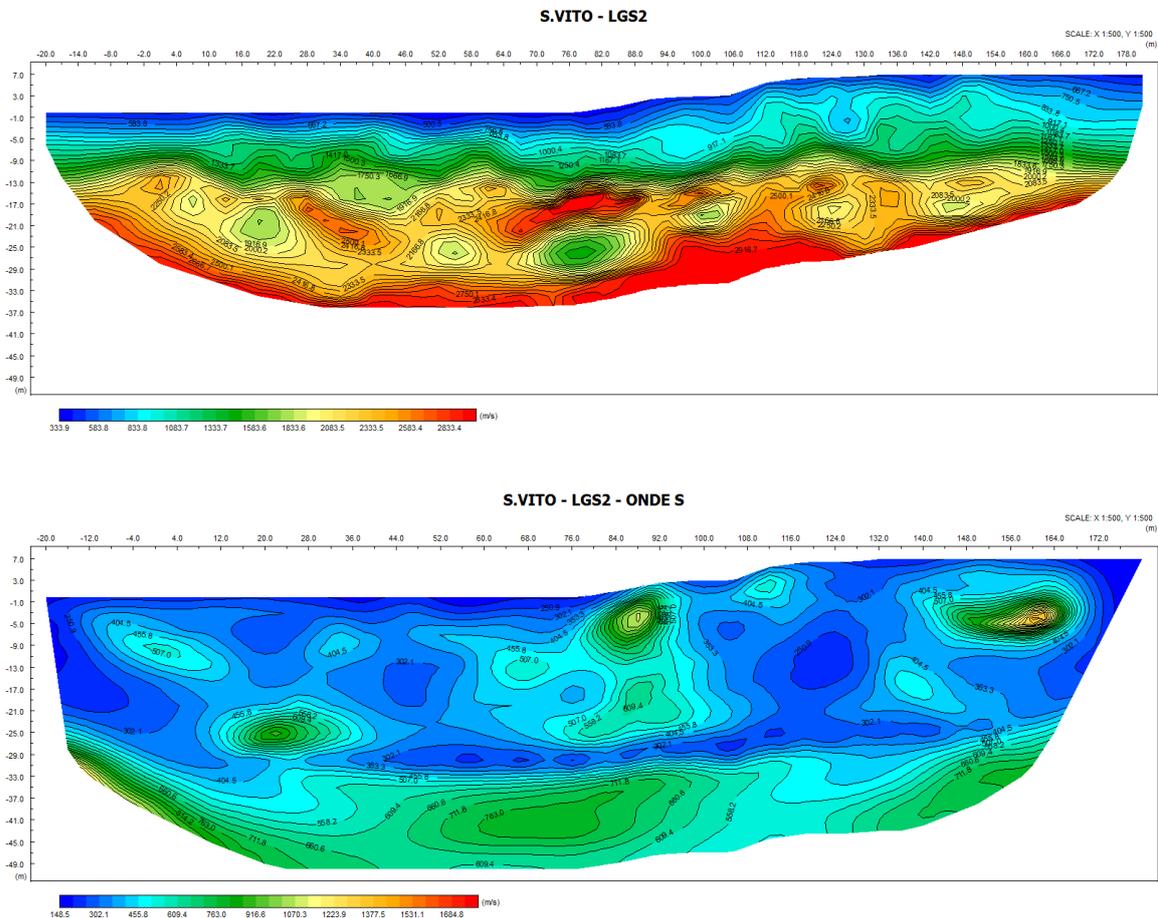
Sondaggio SS6 da m 0 a m 5 e da m 10 a m 15

La vicina prova penetrometrica PP 3 misura valori di  $N_{SPT}$  equivalenti inferiori a 10 fino a 10m dal p.c...

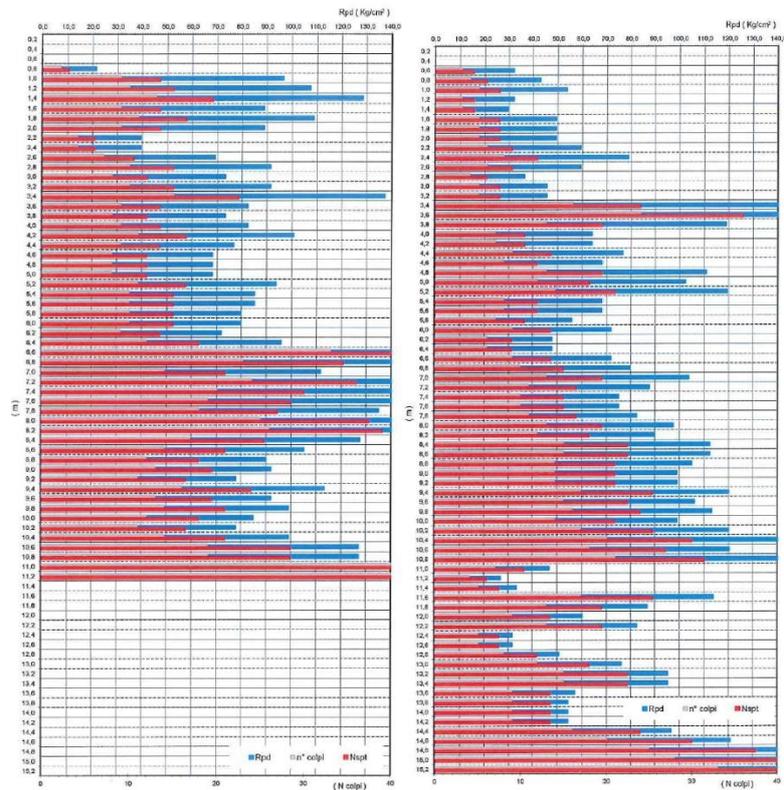


La prova penetrometrica PP3

Lo **stendimento sismico LGS2** mostra risultati analoghi a quelli degli altri stendimenti della zona bassa; uno strato superficiale meno addensato dello spessore di circa 5m, quindi uno strato molto addensato con velocità fino a 1500 m/s fino a profondità di circa 20m, quindi uno strato con trovanti che fa da passaggio al substrato vero e proprio, individuabile alla profondità di circa 30m.



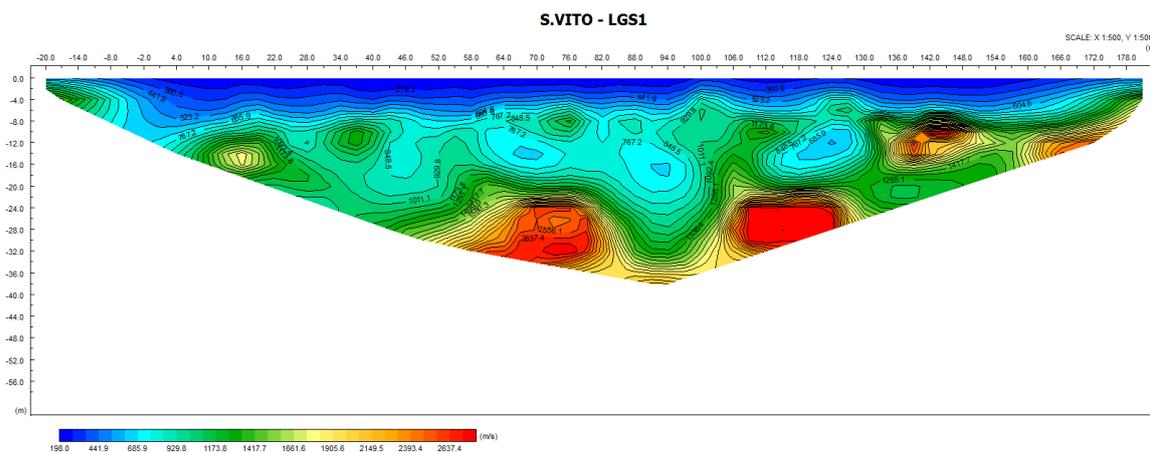
Nel tratto finale il tracciato si sviluppa nella fascia compresa tra il Boite (che percorre un'ansa verso destra) e la SS51 esistente. Il sottosuolo è formato sempre da terreni detritici a grana grossa, qui verosimilmente nella zona di inter digitazione tra i depositi di conoide e quelli alluvionali. In questa zona sono state eseguite le prove penetrometriche PP1 e PP2.



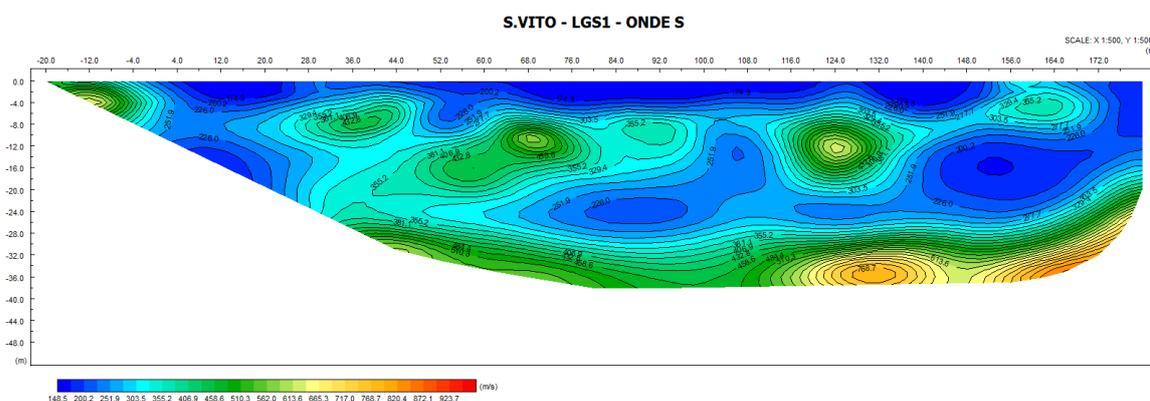
Prove penetrometriche PP1 e PP2

Le prove penetrometriche PP1 e PP2 evidenziano valori equivalenti di NPST generalmente bassi nei primi 10m per poi aumentare progressivamente; sono sempre presenti strati e intercalazioni meno addensate.

Nella zona della rotatoria terminale lato Belluno lo stendimento sismico LGS1 evidenzia la presenza di terreni sciolti di medio stato di addensamento (velocità onde P <1000 m/s) nei primi 20m, per poi aumentare in profondità. I risultati di questo stendimento sono in accordo con le prove penetrometriche prima commentate. È probabile che le elevate velocità misurate in alcuni punti a profondità di circa 20m siano dovute a trovanti o forse alla parte più superficiale alterata e fratturata del substrato. Questo tuttavia è probabile che si trovi a profondità maggiore.



L'elaborazione con le onde di taglio indica velocità delle Vs nell'ambito dei primi 30m variabili tra 200 e 450 m/s.



#### 4.4. Geomorfologia e condizioni di stabilità

Il quadro geomorfologico di area vasta delineato nel precedente capitolo, riferito all'intero territorio comunale, è alquanto articolato e complesso.

Tuttavia, se si esaminano le condizioni della fascia di territorio direttamente interessata dal nuovo tracciato stradale non si evidenziano particolari criticità geomorfologiche.

Tutte le segnalazioni riportate nel capitolo precedente si riferiscono a zone esterne all'abitato o a zone in alta quota a monte dell'abitato stesso, ad eccezione degli eventi (misti alluvionali e di colata di detrito) che hanno riguardato il Ru Secco. Questo tuttavia è "tombinato" in corrispondenza dell'abitato, quindi il punto di criticità è localizzato proprio in questo settore. In effetti i danni legati all'evento del 2015 si sono creati proprio nella zona dell'abitato dove la tombinatura e la presenza di manufatti in alveo creano una strozzatura nei riguardi del deflusso solido.

Gli interventi realizzati sull'asta torrentizia (briglie) introducono sicuramente un miglioramento delle condizioni di deflusso delle acque, ma non è assicurato che questi interventi abbiano eliminato o ridotto significativamente il rischio nel caso di una ripetizione dei fenomeni di debris flow.

Anche gli interventi previsti sulla tombinatura (nell'ambito di un'altra opera sempre compresa nel Piano Cortina 2021) porteranno ad un miglioramento del deflusso delle acque (le analisi idrauliche dimostrano che le portate con tempo di ritorno 100 anni riescono a defluire attraverso la tombinatura), ma questo manufatto rappresenta comunque una strozzatura nel caso di ingente trasporto solido, con conseguente riduzione della sezione di deflusso e conseguente possibilità di tracimazione delle acque sul piazzale del paese.

Il tracciato di progetto, che si sviluppa a valle dell'abitato, in un certo senso è "protetto" proprio dalla zona abitata. Ovviamente a valle dell'abitato (dove peraltro sono stati eseguiti interventi di regimazione tramite briglie, una delle quali subito a valle del ponte di progetto) le potenzialità di deflusso delle acque e del materiale detritico devono essere tenute in debito conto. In tale contesto l'inserimento di una struttura di scavalco con un ponte di ampia luce (80m) fornisce ampie garanzie.

Le analisi idrauliche che prendono in conto la possibilità di trasporto solido (in parte trattenuto e/o "diluito" dalla strozzatura della tombinatura) consentono di valutare la nuova opera di scavalco idonea anche considerando che un nuovo evento di debris flow si possa propagare a valle dell'abitato rimanendo comunque confinato all'interno dell'alveo, che in corrispondenza dell'attraversamento è molto ampio. La scelta di una struttura di luce molto ampia con le spalle posizionate sul ciglio delle sponde, ampiamente al di sopra dei massimi livelli di deflusso, risponde proprio a questa necessità. Specifiche valutazioni di rischio nei riguardi dei fenomeni di debris flow del Ru Secco sono riportate in **Appendice**.

Con riferimento alla restante parte del tracciato, pur trattandosi di un tracciato a mezza costa, i tagli necessari per l'inserimento della strada non vanno a interessare aree in condizioni di equilibrio precario.

Sono state ovviamente presi tutti gli accorgimenti per evitare che si creino le condizioni per la formazione di instabilità locali e globali di versante oltre che per l'attivazione di fenomeni erosivi. A tale scopo sono state scelte le migliori soluzioni per le opere di sostegno, privilegiando le paratie (che peraltro consentono di realizzare la struttura di sostegno senza sbancamenti provvisori).

Con riguardo alle segnalazioni del PAI e come già indicato nel capitolo precedente, il fenomeno di DGPV segnalato nella zona finale del tracciato, in località La Scura, è stato perimetrato con maggiore dettaglio nella cartografia IFFI e non interessa le opere in progetto.

Come indicato in Premessa il Distretto Alpi Orientali con nota prot. n. 00003754/INFRA fascicolo 2096 del 23/11/2017 ha evidenziato che *"le perimetrazioni cogenti sono quelle indicate nelle cartografie del PAI"* che come detto perimetra le aree a pericolosità media.

Confermando ovviamente la coerenza delle perimetrazioni del PAI si specifica che il rimando alla cartografia IFFI non era indirizzata ad un superamento del vincolo, ma solo ad un chiarimento circa le effettive condizioni geomorfologiche di questa area, correttamente rappresentate, a parere degli scriventi, nella cartografia IFFI. Come è noto, può verificarsi che le perimetrazioni del PAI siano state tracciate su cartografia a scale tale da non consentire un adeguato dettaglio della perimetrazione.

Come già indicato nella precedente Relazione, nella zona perimetrata P2 è stato peraltro costruito da poco un importante insediamento commerciale (La Scura) proprio a monte della rotonda di progetto, come è evidente dalla foto aerea seguente e dalla foto successiva.



*La nuova zona artigianale La Scura edificata di recente in area P2 e la rotonda di progetto.*



*La nuova zona artigianale La Scura edificata di recente in area P2*

Ciò ovviamente non significa che non sia necessario esaminare criticamente le condizioni di pericolosità dell'area (anche se questa sembra essere stata superata vista la presenza del nuovo insediamento). Insediamento che peraltro non presenta segni di dissesto a conferma della sostanziale stabilità dell'area. Ad ulteriore garanzia si fa presente che l'opera in progetto è costituita da una rotonda ubicata in area di fondovalle, al piede del versante e quindi in un'area che geomorfologicamente non può incidere sulla stabilità del pendio (a meno che l'opera contribuisca ad attivare fenomeni di erosione con scalzamento al piede). È evidente che tale azione non solo non è possibile, ma anzi, il rilevato su terre rinforzate sul quale viene realizzata la rotonda, andrebbe a costituire un terrapieno stabilizzante (nell'ottica di stabilità a grande scala del versante). Tale circostanza è ben evidente dallo stralcio della planimetria di progetto su ortofoto precedente (e dalla planimetria di progetto seguente), che evidenzia la presenza del rilevato di progetto in zona di terrazzo alluvionale, al piede del versante.



I rilievi geomorfologici eseguiti in sito hanno confermato le ipotesi riportate nella cartografia IFFI e tendono a far escludere che questa zona sia riconducibile ad una frana attiva e in ogni caso le opere in progetto sono ubicate al di fuori dell'area di versante.

A conclusione di questa analisi geologica si evidenzia che le Norme di Attuazione del PAI (Art. 11) indicano che per le aree classificate a pericolosità media P2 la pianificazione urbanistica e territoriale può prevedere nuove zone di espansione per infrastrutture stradali. Nel caso in esame si tratta di un'infrastruttura già inserita nel PRG e nel PAT.

Per i motivi descritti in precedenza, ai sensi dell'Art. 8 delle Norme di Attuazione, gli interventi previsti in progetto "non aumentano le condizioni di pericolo dell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa" e non pregiudicano la "definitiva sistemazione né la realizzazione degli altri interventi previsti dalla pianificazione di bacino vigente".

Per i motivi descritti l'opera è da ritenere compatibile con le condizioni geomorfologiche dell'area.

Con riguardo la **pericolosità idraulica**, il tracciato di progetto non interessa aree perimetrate. La zona classificata P1 in zona Ciampes non viene direttamente interessata dal tracciato.

#### 4.5. Condizioni idrogeologiche del sito

Nel contesto idrogeologico di area vasta delineato nel capitolo precedente non si segnala la presenza di acquiferi che danno luogo a sorgenti che possano interferire, direttamente o indirettamente, con il tracciato di progetto.

Tutto il tracciato si sviluppa a mezza costa con rilevati e scavi che però generalmente, a parte brevissimi tratti, non interessano ambiti di profondità superiori ai 5-6m dal piano di campagna.

Nella tabella seguente sono riportate le letture piezometriche eseguite durante il periodo di progetto.

Piezometro	03/08/2017 (prof./quota)		25/8/2017 (prof./quota)	
	SS2	9.40	940.60	9.40
SS3	19.00	967.00	19.50	966.50
SS5	18.00	993.00	18.10	992.90

Le misure piezometriche, commentate nel paragrafo relativo alle condizioni tecniche del tracciato e riportate nella tabella precedente, indicano che la falda è presente a profondità dell'ordine o superiori alla decina di metri e quindi non si prevedono interferenze con le opere in progetto.

Solo i pali di fondazione profondi delle principali opere d'arte potranno interferire con la falda senza peraltro che tale interferenza costituisca una importante modifica dei percorsi idrici di sottosuolo e più in generale del regime idrogeologico.

#### 4.6. Caratterizzazione sismica

Nei siti di progetto sono state eseguiti 6 stendimenti sismico con tecnica della doppia energizzazione ed acquisizione delle velocità delle onde P ed onde S.

I valori delle velocità delle onde di taglio nei terreni detritici che formano i primi 30 m di terreno si possono evincere dai grafici riportati in precedenza.

Pur con le variazioni tra un sito e l'altro, in tutti gli stendimenti i valori delle Vs spaziano in un range generalmente compreso tra 300 e 600 m/s. Tranne un solo sondaggio nella zona dell'incrocio per Serdes, la roccia è posta a profondità superiori a 30 m.

Su tali basi si possono classificare tutti i terreni interessati dal tracciato nella **categoria B**, caratterizzati cioè da  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Questi valori sono compatibili con i valori delle prove SPT.

Per tutti i siti la **categoria topografica** ricade nella classe **T1**.

Con questi dati potranno ricavarsi i vari spettri sismici di progetto a seconda delle varie condizioni progettuali e delle tipologie di opere.

## 5. APPENDICE. PERICOLOSITA' PER FENOMENI DI DEBRIS FLOW

Come illustrato nel testo della Relazione, il corso del Ru Secco è caratterizzato da fenomeni di trasporto solido che possono evolvere in fenomeni di vero e proprio "debris flow". Tali fenomeni sono alla base degli eventi del 2015 che hanno provocato importanti danni nella zona dell'abitato, dove il corso d'acqua scorre tombinato sottopassando la piazza.

Una analisi specifica dei fenomeni di trasporto solido che accompagnano la propagazione delle onde di piena lungo i corsi d'acqua principali è stata sviluppata nello Studio di Compatibilità idraulica del PAT del Comune, dal quale sono estratti alcuni dati, elaborati e commentati nell'ottica dell'inserimento della nuova infrastruttura di progetto. Si deve evidenziare che tale studio è stato realizzato prima degli eventi citati del 2015.

Come è noto, affinché si stabiliscano le condizioni per l'attivazione di fenomeni di trasporto solido di intensità particolarmente elevata (debris flow) devono verificarsi particolari fattori geomorfologici:

- ✓ presenza di coltri detritiche incoerenti, anche se non particolarmente potenti, su versanti ad elevata acclività;
- ✓ alveo con elevata pendenza longitudinale con sponde prive di protezioni/rivestimenti di origine artificiale.

Il primo fattore assicura una notevole disponibilità di materiale solido che va ad alimentare la corrente di fondovalle attraverso un processo di erosione spondale (alimentazione solida laterale distribuita) e/o fenomeni gravitativi di versante concentrati (alimentazione solida laterale concentrata).

Il secondo fattore consente un'elevata capacità di trasporto solido dell'alveo ovvero la possibilità che la corrente sia accompagnata da elevate concentrazioni solide e che ingenti volumi di sedimento si propaghino verso valle.

Il bacino del Ru Secco e la relativa asta torrentizia nella parte a monte dell'abitato presentano entrambi i fattori prima citati. I depositi detritici hanno una granulometria molto grossolana, conseguenza del disfacimento della roccia fratturata, con presenza di blocchi anche di dimensioni notevoli.

Non mancano le cause di innesco, individuabili nei possibili distacchi franosi dai versanti.

Inoltre, la pendenza dell'asta torrentizia, soprattutto a monte dell'abitato, è in grado di fornire una componente gravitativa sufficiente a mantenere in movimento una massa di elevata viscosità come quella che si viene a formare in presenza di colate detritiche.

In alternativa, sono da attendersi processi di trasporto solido iperconcentrato, comunque temibili in quanto capaci, in caso di precipitazioni prolungate, di accumulare progressivamente significativi volumi di sedimento all'interno del collettore.

Nello Studio di Compatibilità idraulica del PAT è stata effettuata una valutazione della capacità di trasporto solido su basi teoriche sulla base di formulazioni che tengono conto delle caratteristiche della corrente e della disponibilità di sedimento mobilizzabile lungo l'alveo.

Quest'ultima è di difficile determinazione e soggetta a fluttuazioni repentine e imprevedibili (fenomeni franosi, cedimenti spondali, ecc.).

La *capacità di trasporto solido* della corrente viene definita come la massima quantità di sedimento che può essere convogliata verso valle.

Per la valutazione della quantità di materiale mobilizzato nel corso di un evento di piena è possibile fare riferimento alla formula proposta da Schoklitsch (1962):

$$Q_s = \frac{K}{\rho_s} 1^{\frac{3}{2}} (Q - Q_c)$$

dove:

$\rho_s$  è la densità dei sedimenti ( $\text{kg/m}^3$ );

K un parametro che mediamente assume valore pari a 5000;

$Q_c$  è la portata liquida (critica) che innesca il trasporto di fondo ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

La portata critica può essere dedotta dalla:

$$Q_c = 0.6 \frac{d_{50}^{1.5}}{i^{7/6}} B$$

Una seconda espressione molto riconosciuta è quella proposta da Smart e Jaeggi (1983), ottenuta da esperienze di laboratorio condotte con concentrazioni solide spinte fino all'inizio della generazione di un debris flow. Tale espressione risulta particolarmente idonea alla modellazione di fenomeni particolarmente critici, per pendenze longitudinali molto elevate:

$$Q_s = 2.5i^{1.6}Q\left(1 - \frac{\tau_c}{\tau}\right)$$

dove:

$Q_s$  = la portata solida convogliata come trasporto di fondo ( $m^3/s$ );

$Q$  = la portata liquida ( $m^3/s$ );

$i$  = la pendenza media del collettore ( $m/m$ );

$\tau$  = lo sforzo tangenziale medio sul contorno in funzione di  $Q$  ( $N/m^2$ );

$\tau_c$  = lo sforzo tangenziale di incipiente trasporto solido ( $N/m^2$ ).

Le suddette formulazioni sono state utilizzate nello studio del PAT per valutare il volume di sedimento solido che può essere trascinato a valle durante il passaggio di un'onda di piena per quattro torrenti presenti nel territorio comunale: Rio Frates, Rio Chianzia, Ru Secco e Rio Orsolina.

La sezione studiata per il Ru Secco è ubicata a monte dell'abitato, dove il corso d'acqua presenta una pendenza di circa il 20 %. Si è considerata una sezione di larghezza 8 m con sponde inclinate di 1/1.

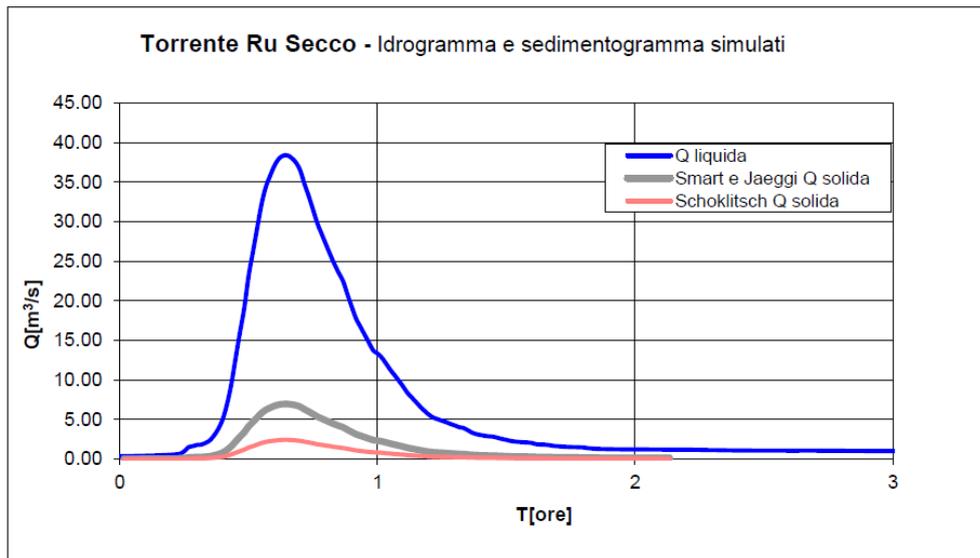
Data l'irregolarità del fondo e le dimensioni grossolane del materiale che costituisce l'alveo, ma soprattutto il contenuto elevato di solido trascinato, la scabrezza idraulica risulta molto elevata e nelle valutazioni idrauliche è stato considerato un coefficiente di scabrezza secondo Strickler pari a  $15 m^{1/3}/s$  e un  $D_{50}$  di 5 cm.

Il bacino sotteso dal Ru Secco ha un'estensione di  $7.05 km^2$ . Lo studio del PAT ricava che in occasione dell'evento centenario, una precipitazione di durata oraria è in grado di produrre una portata di picco di  $38 m^3/s$ . L'equazione di Schoklitsch è stata applicata assumendo:  $S=0.1$ ;  $\rho_s=2600 kg/m^3$ .

La portata critica ( $Q_c$ ) è risultata pari a  $Q_c=0.5 m^3/s$ , valore piuttosto alto se confrontato con le portate che compaiono negli idrogrammi di piena presi in esame.

Volendo simulare uno scenario particolarmente critico che prevede l'innescio di fenomeni di trasporto solido iperconcentrato, è stata utilizzata anche la formula di Smart e Jaeggi (1983).

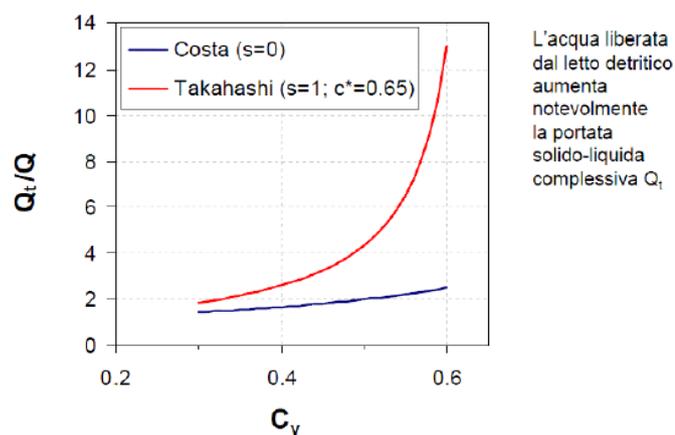
Nella seguente figura viene riportato lo scenario atteso con tempo di ritorno pari a 300 anni per il quale il volume complessivo mobilizzato è stato stimato in poco più di 25 000 e circa 72 000  $m^3$  rispettivamente per le formulazioni di Schoklitsch (1962) e Smart e Jaeggi (1983).



Qualora si innescassero fenomeni di tipo colata detritica, escludendo il collasso del fondo del canale, rivestito in massi cementati, applicando la formulazione di Costa (1984) si otterrebbero portate di picco circa doppie di quelle calcolate.

Viceversa, nel caso si verificasse il collasso del fondo varrebbe la formulazione di Takahashi, che fornisce portate pari a 10 volte la portata liquida, come indicato nel grafico seguente.

<p><b>Takahashi, 1991:</b></p> $Q_{d \max} = Q_{l \max} \frac{C_s}{(C_s - C)}$	<p><b>Costa, 1984:</b></p> $Q_{s \max} = Q_{l \max} / (1 - C)$
--	--



Rapporto tra la portata totale del debrisflow e la portata liquida per grado di saturazione 0 (formula di Costa) e grado di saturazione 1 (formula di Takahashi) (D'Agostino 2008)

Il meccanismo di innesco di una colata detritica è essenzialmente idraulico. Il modello di innesco utilizzato si compone di un modello idrologico per la stima dei deflussi superficiali, un metodo per stabilire la capacità di

questi di mobilitare un deposito di sedimenti di dimensioni e pendenza definite, un modello per la stima della portata di picco di una colata ed un bilancio di massa delle volumetrie solido-liquide.

L'insieme di questi fattori porta alla definizione di un idrogramma solido-liquido.

Il modello di innesco utilizzato nello studio del PAT per la determinazione dell'idrogramma solido liquido di colata detritica per un evento con tempo di ritorno 300 anni si compone di un modello idrologico per la stima dei deflussi superficiali e di una relazione che stabilisce il verificarsi di una colata di detrito note la portata liquida, le caratteristiche morfologiche del canale nel punto di generazione di una colata (larghezza ed inclinazione) e le caratteristiche granulometriche dei sedimenti presenti sul fondo del canale.

Acquisito l'idrogramma liquido si confronta il suo valore di picco  $Q_P$  con la portata critica  $Q_{CRIT}$  per la formazione della colata (Fig. A.1), determinata mediante relazioni per l'inizio del trasporto ad elevate pendenze.

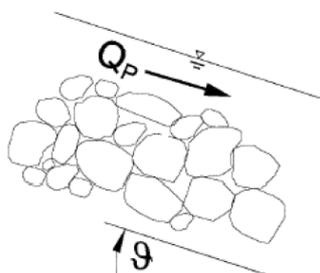


Fig. A. 1 *Trasporto di sedimenti da parte della colata di detrito (Gregoretti – Degetto 2012)*

Se risulta superiore si verifica la colata di detrito e si determina la parte di idrogramma liquido potenzialmente contribuente alla colata (Figura A. 2).

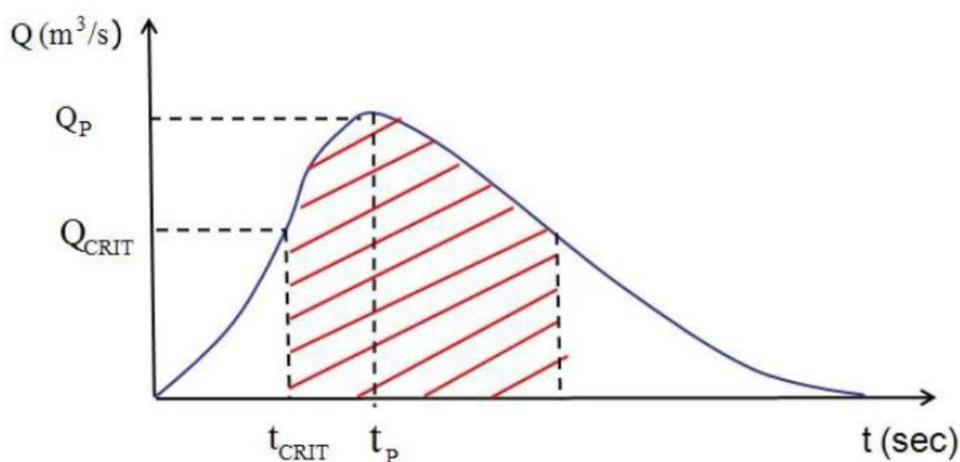


Fig. A. 2 *Volume di deflusso superficiale potenzialmente contribuente alla colata (Gregoretti-Degetto 2012)*

Le relazioni in letteratura che possono essere utilizzate per stimare la portata critica  $Q_{CRIT}$  sono rispettivamente quelle di Gregoretti & Dalla Fontana (2008) e Tognacca et al (2000):

$$q_{crit} = 0.78 \frac{d_M^{1.5}}{\tan\theta^{1.27}}$$

$$q_{crit} = 4 \frac{d_M^{1.5}}{\tan\theta^{1.27}}$$

Dove  $q_{crit}$  è la portata critica per unità di larghezza,  $d_M$  è il diametro medio dei sedimenti e  $\theta$  l'angolo di inclinazione del canale. Entrambe le relazioni sono state ottenute per via empirica da dati sperimentali di laboratorio, relativi alla fase iniziale della colata la prima ed a una colata pienamente sviluppata la seconda. All'idrogramma solido-liquido, inoltre, vengono associate due possibili forme. La prima è quella dell'idrogramma liquido e la seconda è triangolare con lato ascendente quasi verticale. Il primo tipo di forma è relativo ad idrogrammi solido-liquido in corrispondenza dell'area di formazione di una colata mentre il secondo è relativo ad idrogrammi di una colata già sviluppata.

Il modello per l'individuazione dell'idrogramma liquido e dell'idrogramma solido liquido della colata detritica a partire dai deflussi superficiali costruito nello studio del PAT è stato implementato sulla piattaforma GIS sviluppata da Degetto – Gregoretti (2013) nell'ambito del progetto Interreg IIIb PARAMount dell'Alpine Space Programme.

Come già indicato nel testo della relazione, la zona indagata è classificata come zona di attenzione geologica come "Parte attiva di coni detritici e alluvionali".

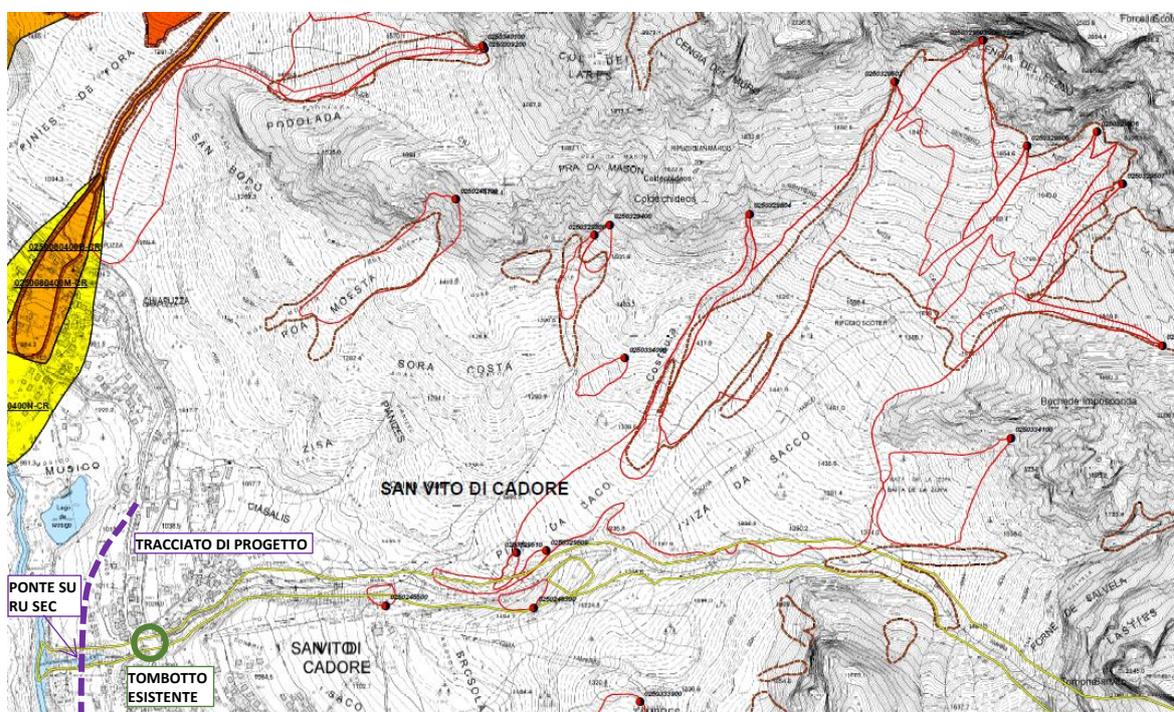


Fig. A. 3 Estratto dal PAI

La sezione di innesco è stata ubicata in modo da simulare l'effetto che potrebbe avere il distacco di una frana dal bacino di produzione segnalato in occasione di una piena del Ru Secco. Tale situazione rappresenta una criticità in quanto in corrispondenza dell'abitato di San Vito di Cadore la sezione utile al deflusso del corso d'acqua subisce un restringimento e poi una ostruzione per la presenza della tombinatura.

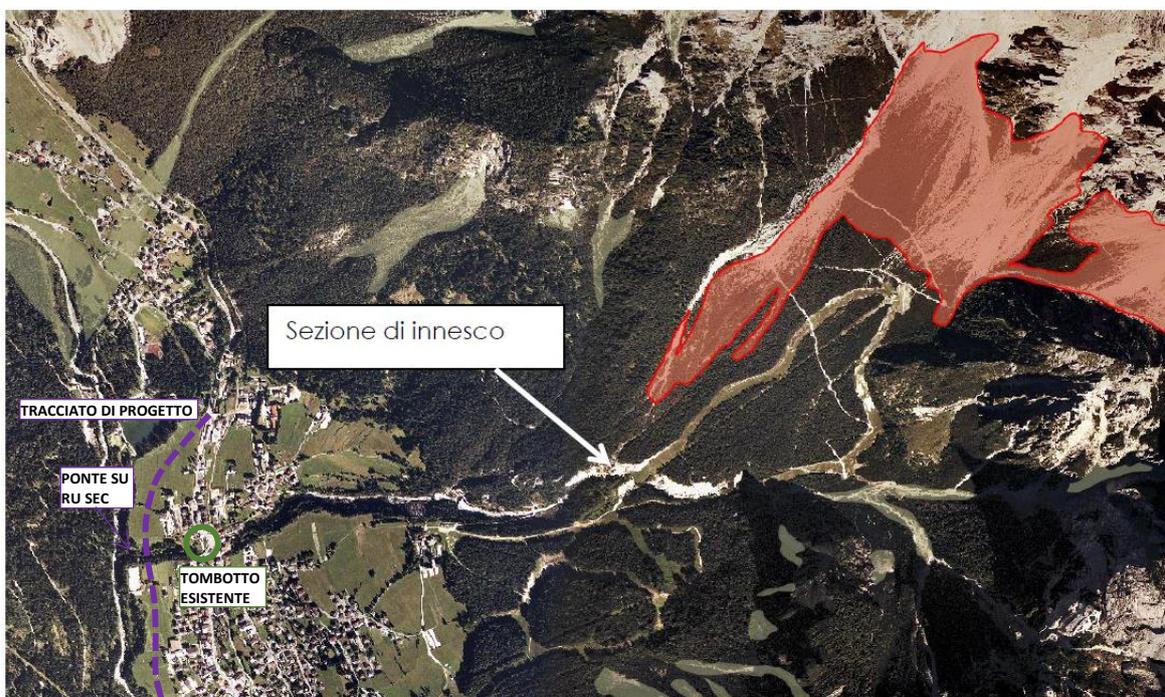


Fig. A. 4 Sezione di innesco rispetto all'infrastruttura di progetto

La sezione di innesco è stata ubicata a quota 1247 mslm.

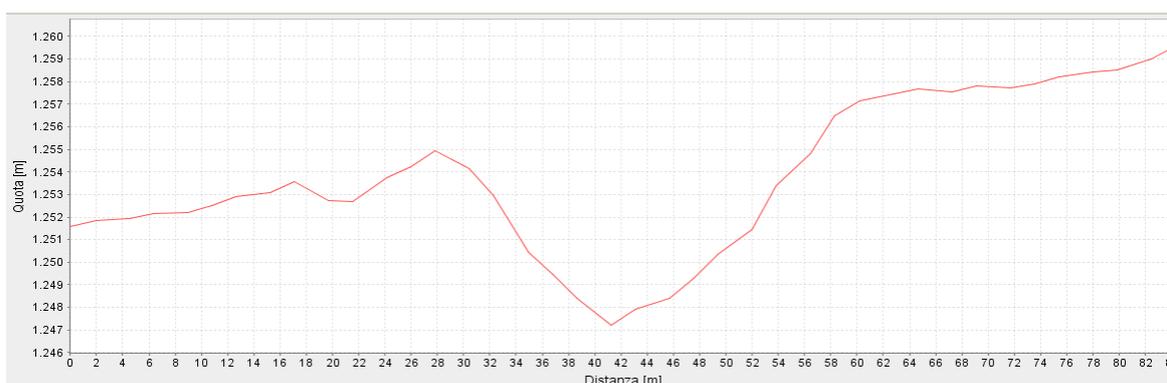


Fig. A. 5 Sezione di innesco

Sulla base del software modellistico utilizzato nella analisi, sono state effettuate le elaborazioni morfologiche necessarie alla caratterizzazione idrografica ed idrologica del bacino, necessarie al calcolo dell'idrogramma liquido. A partire dal DTM globale privo di depressioni, ritagliato sul bacino si ricava l'area drenata, ogni cella viene collegata alla cella della sezione di chiusura attraverso un percorso univoco che, definisce la lunghezza totale del percorso del deflusso superficiale da ogni cella alla sezione di chiusura (lunghezza dei percorsi).

La Figura seguente mostra l'area drenata calcolata col metodo sopra descritto nel tratto di canale a valle della piazza di deposito alta fino al Boite.

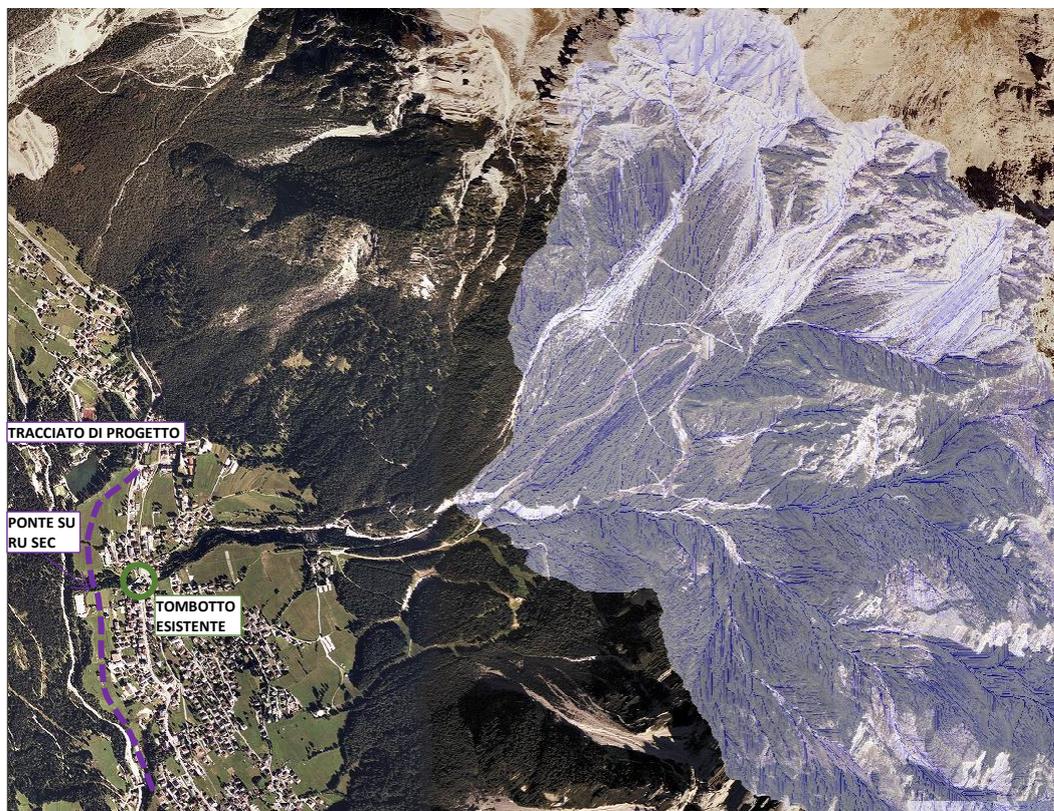


Fig. A. 6 Area drenata rispetto all'infrastruttura di progetto

Le velocità di versante utilizzate nella simulazione sono state ricavate da letteratura scientifica (Gregoretti e Degetto 2012), in particolare per le classi di copertura del suolo del bacino si sono utilizzati i valori della seguente Tabella.

Codice copertura del suolo	Descrizione copertura del suolo	Velocità di deflusso della lama d'acqua su versante (m/s)
322	Arbusti e cespugli su suoli ghiaiosi	0.1
332	Rocce e rupi	0.3
333	Aree nude ghiaiose con vegetazione sparsa	0.1
340	Ghiaioni ed erosioni attive	0.1

Per i dati pluviometrici si sono utilizzate le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica LSP di durata inferiore all'ora, della stazione meteorologica di Faloria ubicata a 2 240 m s.l.m

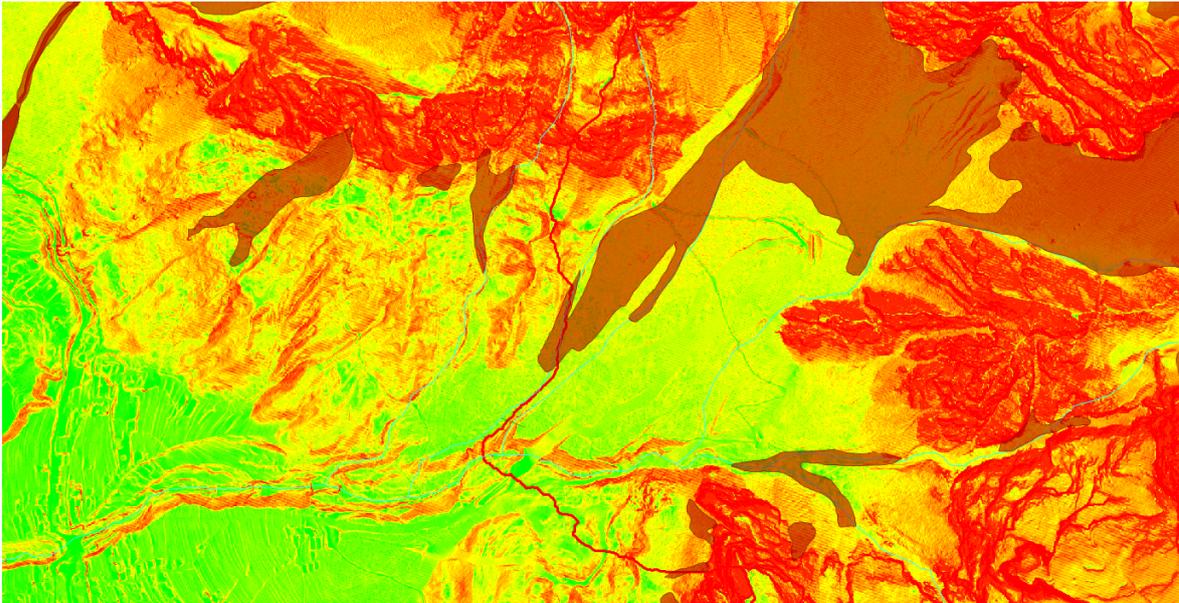
La velocità nella rete di drenaggio è assunta pari a quella corrispondente al picco simulato nella sezione di innesco calcolata tramite la legge di Gauckler-Strickler con coefficiente di scabrezza pari  $9^{1/3}$  m/s.

#### Idrogramma di debris flow

In assenza di rilievi eseguiti in campo, per la stima dei parametri sedimentologici della zona di innesco sono stati utilizzati valori di letteratura. In particolare si è fatto riferimento allo Studio interdisciplinare idraulico ed idrologico del bacino del Rio Chiesa (Regione Veneto – Genio Civile di Belluno 2009).

Nella sezione di innesco per i depositi detritici è stato assunto un diametro medio  $d_M = 0.104$  m. La larghezza della sezione di deflusso B è pari a 5 m, mentre la pendenza  $s$  è pari al 20%°.

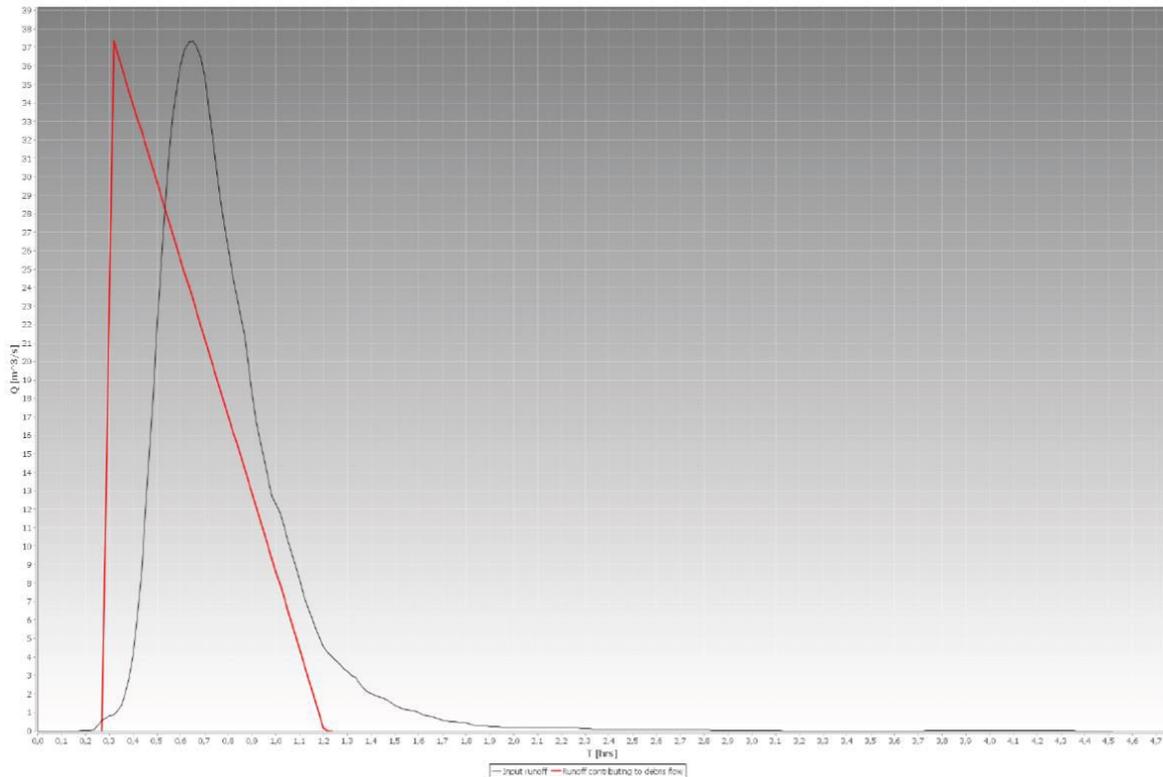
La carta delle pendenze dal bacino di produzione è stata determinata mediante le analisi GIS.



*Fig. A. 7 Carta delle pendenze*

Per quanto riguarda la concentrazione volumetrica dei sedimenti del deposito si è fatto riferimento a quelle di Gregoretti et al (2012) relative agli studi condotti sulla valle del Boite.

L'idrogramma solido liquido risultante dalle elaborazioni condotte è indicato nella seguente figura. La simulazione indica la **possibilità di innesco di un debris flow, alla portata critica  $0.61 \text{ m}^3/\text{s}$ .**



**Complessivamente vengono movimentati circa 5700 m<sup>3</sup> di materiale solido che corrispondono ad una concentrazione media di 0.082.**

Tale valore induce a considerare il fenomeno come al limite con il trasporto solido iperconcentrato.

Confrontando questi risultati con le altre analisi riportate nello studio di Compatibilità Idraulica del PAT, si evidenzia che questo valore è decisamente inferiore a quello indicato per la frana di Chiappuzza, per la quale si stima un volume movimentabile di 26500 m<sup>3</sup> di materiale solido che corrispondono ad una concentrazione media di 0.45.

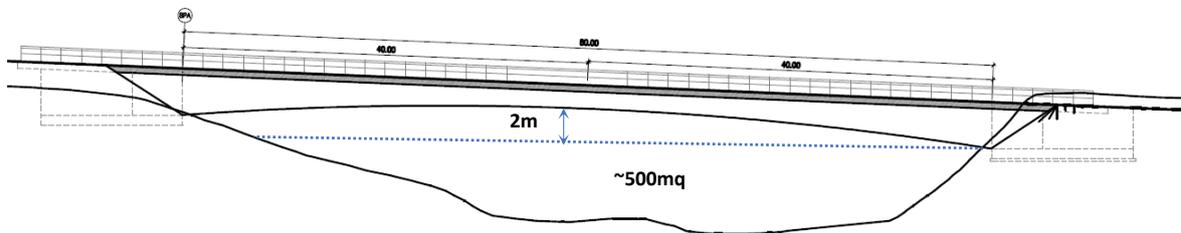
**Considerazioni circa l'interazione con la nuova infrastruttura.**

Come evidenziato in precedenza nel testo della Relazione e richiamato anche nello studio di Compatibilità Idraulica del PAT, l'evoluzione del debris flow del Ru Secco troverebbe nella tombinatura del paese una strozzatura che provocherebbe una possibile tracimazione (come sembra essere successo nell'evento del 2015). Questa situazione è ben evidenziata dalle figure A.4 e A.6.

L'infrastruttura di progetto si trova a valle del paese, quindi in un certo senso "protetta" dalla sorta di argine provocata dal piazzale del paese.

Peraltro la larghezza dell'alveo del torrente a valle dell'abitato è ben maggiore di quella, molto stretta, del tronco di alveo a monte dell'abitato stesso, con una larghezza sul fondo tra 30 e 40m e una ampiezza tra i due cigli delle sponde di circa 80m.

La soluzione progettuale per l'attraversamento del Ru Secco è stata quella di realizzare un ponte ad unica luce a profilo arcuato molto snello, con le spalle posizionate e incassate nelle sponde in modo da non interferire minimamente con il regime idraulico del torrente e con il suo eventuale trasporto solido.



*Fig. A.8 Soluzione del ponte sul Ru secco proposto nel progetto definitivo*

Anche considerando l'ipotesi, da ritenere poco realistica, che l'intero volume di 5700 m<sup>3</sup> di materiale solido mobilizzabile possa defluire lungo l'alveo a valle (dopo aver attraversato il paese e/o defluito al di sotto della tombinatura), si deve assumere che questa colata si debba propagare con una lingua la cui lunghezza dipenderà da vari fattori (velocità, pendenza, scabrezza delle superfici, densità della colata, ecc..).

Assumendo un franco di 2m sotto l'estradosso del ponte, rimarrebbe una sezione libera di deflusso di circa 500 metri quadri. Basterebbe quindi che la colata si propagasse con una con una lingua di una decina di metri di lunghezza affinché la colata stessa defluisca senza interagire con il ponte; si ritiene che una lingua di 10m di lunghezza sia alquanto improbabile poiché le colate si propagano in genere su corpi più allungati.

Si ribadisce inoltre la scarsa probabilità che il debris flow potenziale possa superare la strozzatura del paese mantenendo le stesse potenzialità di trasporto e le stesse caratteristiche geometriche e cinematiche.

Si può quindi ragionevolmente ritenere che le condizioni di pericolo connesse ai fenomeni di debris flow rispetto all'inserimento dell'infrastruttura siano non significative e comunque tali da non richiedere l'implementazione di uno specifico modello di analisi.