

**COMUNE DI SORANO**

**PROVINCIA DI GROSSETO**

**REALIZZAZIONE DI IMPIANTO MINI - IDROELETTRICO  
CON DERIVAZIONE DA FIUME LENTE SENZA  
SOTTENSIONE D'ALVEO IN LOCALITA' COCCERIA**

***RELAZIONE GEOLOGICA***

***VERIFICA DEL RISCHIO IDRAULICO***

Committente: CORTILI Srl

Progetto: Ing. Gianluca Calzini



**Santa Fiora, gennaio 2017**

**Dott. Geol. ANDREA IRSARA**

Educatore ambientale - Tecnico del paesaggio

Via Poggio Lombardo, 10 - 58030 Santa Fiora (Grosseto)

Tel. 0564.95.30.21 - 349.09.07.326

Cod.fisc. RSR NDR 64A12 A952Y - P.IVA 00876220526

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>pag. 2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA .....</b>	<b>pag. 3</b>
2.1. Inquadramento topografico	
2.2. Inquadramento giuridico (vincoli e ambiti territoriali)	
2.3. Condizioni di fattibilità dell'intervento	
<b>3. INDAGINE GEOLOGICA .....</b>	<b>pag. 5</b>
3.1. Inquadramento geologico	
3.2. Lineamenti geomorfologici	
3.3. Successione litostratigrafica locale	
3.4. Assetto idrogeologico	
<b>4. MODELLAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>pag. 8</b>
4.1. Caratterizzazione geotecnica del sottosuolo	
4.2. Parametri di verifica delle azioni sismiche	
4.3. Movimenti di terreno	
4.4. Verifiche di stabilità di sito	
<b>5. VERIFICA DEL RISCHIO IDRAULICO .....</b>	<b>pag. 12</b>
5.1. Modalità e criteri di calcolo	
5.2. Verifiche idrauliche	
<b>ALLEGATI</b>	
Elaborati cartografici, documentazione fotografica e documentazione geotecnica	
<b>6. CONCLUSIONI .....</b>	<b>pag.15</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione riferisce sulle risultanze di un'indagine geologica e geotecnica effettuata per un appezzamento di terreno, presso il quale si prevede la costruzione di una micro centrale idroelettrica (potenza < 100 kW), consistente nelle opere di derivazione dal corso d'acqua Torrente Lente con costruzione di un locale tecnico completamente interrato con volume di circa 60 mc, sviluppo planimetrico di circa 25 mq e altezza di circa 3 m, per l'alloggiamento dell'impianto e per la restituzione delle acque derivate allo stesso corso d'acqua, in prossimità di una briglia fluviale esistente con altezza di circa 6 m.

L'opera in progetto, che implica interventi limitati sul terreno senza costruzioni fuori terra che possono costituire ostacolo alle acque superficiali, né modifiche alla sezione d'alveo, rientra nelle definizioni di cui alle norme del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Grosseto, delle classi di destinazione d'uso del territorio: A – 3) Nuovi interventi – strutture per liquidi non inquinanti e B-4) Infrastrutture nodali - Energetiche.

Secondo le norme tecniche per le costruzioni, di cui al D.M. 14.01.2008, le opere in progetto rientrano nella definizione di opere ordinarie (tipologia 2: opere infrastrutturali) con classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente), in riferimento al D.P.G.R. 36/R/2009 e successivo documento esplicativo ed applicativo, l'opera in progetto appartiene alla classe d'indagine 1, riferita alle opere di volume lordo inferiore a 150 mc.

Nella classificazione EC7 l'opera in progetto, che non costituisce volume di rilevanza edilizia, appartiene alla categoria geotecnica 1: piccoli scavi per posa di condutture e manufatti o edifici leggeri, di servizio di strutture a rete, poco sensibili ai cedimenti e di classe 1: costruzioni "normali" senza importanti conseguenze in termini di rischio per l'ambiente o per la pubblica incolumità.

Le finalità che l'indagine si propone sono rivolte alla definizione dell'assetto geologico, idrogeologico, geomorfologico e idraulico dell'area d'imposta delle condotte, allo scopo di stabilire sulla base dei dati geognostici in possesso e di nuova acquisizione, gli elementi indispensabili per la valutazione della compatibilità tra l'opera ed il contesto geologico ambientale, con particolare riguardo all'assetto sforzo-deformazione del terreno in funzione delle proprie caratteristiche geotecniche, e alle caratteristiche idrologiche e idrauliche del corso d'acqua oggetto di derivazione con completa restituzione.

A tale scopo, le indagini sui terreni e le relative risultanze di carattere geologico, vengono condotte secondo la normativa vigente in materia, con particolare riferimento alle prescrizioni di cui al D.M.LL.PP. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e Circ. Min. 617/2009, tenuto conto delle istruzioni tecniche per le indagini geologiche e geotecniche nelle zone soggette a rischio sismico, definite con D.G.R.T. 431/2006 e D.G.R.T. 878/2012, di cui al D.P.G.R. 36/R/2009 e al D.P.G.R. 58/R/2012, del "Programma Valutazione degli Effetti Locali" della Regione Toscana in applicazione della L.R. 56/1997, e delle condizioni di pericolosità e fattibilità definite dallo strumento urbanistico in vigore e dalle Norme di Piano Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino Fiume Fiora), in ottemperanza alle Norme del Piano di Coordinamento Territoriale della Provincia di Grosseto, e di governo del territorio della L.R. 1/2005 e successive modifiche, di cui alla L.R. 65/2014.

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

### 2.1. Inquadramento topografico

L'area d'intervento è situata nel territorio comunale di Sorano (Provincia di Grosseto), lungo il corso d'acqua Torrente Lente circa 200 m a ovest rispetto al centro abitato del capoluogo, in località Cocceria in prossimità di un vecchio fabbricato denominato Mulino Ubaldi.

Nella Carta topografica d'Italia l'area si trova alla tavoletta NO del IV quadrante del foglio 136, nella cartografia tecnica regionale al Foglio 333 – 3 in scala 1:25.000 ed Elemento 333.090 in scala 1:10.000, con coordinate geografiche in proiezione EPSG 25832: latitudine (Y) 4.729.310, longitudine (X) 722.204.

### 2.2. Inquadramento giuridico (vincoli e ambiti territoriali)

L'area oggetto d'intervento, censita alla particella n. 40 del Foglio n. 120 della Mappa Catastale del Comune di Sorano, non è soggetta a Vincolo idrogeologico ai sensi della L.R. 39/2000, in riferimento al R.D. 3267/1923, ed è sottoposta ai seguenti vincoli territoriali.

Vincolo paesaggistico in riferimento al R.D. 1497/1939 e alla let. c dell'art. 142 del D.Lgs. 42/2004

Zona sismica 3 (fascia B) ai sensi della D.G.R.T. 431/2006 e D.G.R. 878/2012.

Con riferimento alla Carta della proposta di perimetrazione del VINCOLO IDROGEOLOGICO della Provincia di Grosseto di cui alla Del.C.P. 58/1999, la zona appartiene a "Aree in ambito A", corrispondente a Pericolosità geomorfologica irrilevante e Pericolosità idrogeologica media.

Secondo le Norme del PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (Autorità di Bacino del Fiume Fiora), ai sensi della L. 183/1989 e D.C.R. 67/2006, con riferimento alla carta di adeguamento al P.A.I. del Piano Strutturale, la zona d'intervento è interessata da "Aree di pertinenza fluviale" come definite all'art. 8, ed appartiene a una zona definita con Pericolosità di Frana Elevata (P.F.3), mentre non risulta interessata da aree definite a Pericolosità Idraulica Elevata o molto Elevata (P.I.3, P.I.4).

Riguardo agli ambiti di RISCHIO IDRAULICO di cui alla Del.C.R. 230/1994 e Del.C.P. 30/1999, il corso d'acqua "Fiume Lente" è iscritto in elenco con ambito AB e codice GR 729, l'area risulta interna all'ambito A di "Assoluta pertinenza", trovandosi nella fascia compresa tra i cigli di sponda e adiacente per una larghezza minima di 10 m rispetto il ciglio di sponda.

Con riferimento alle INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE sviluppate, secondo la normativa di cui al D.P.G.R. 26/R/2007 e successiva modifica e integrazione secondo il D.P.G.R. 53/R/2011 per il Piano Strutturale del Comune di Sorano, si hanno per l'area in oggetto, le seguenti classi dei singoli elementi di pericolosità, costituenti nel complesso il rischio geologico ambientale.

Pericolosità Geologica sismica elevata di classe G.3

Pericolosità Idraulica bassa di classe I.1 in area di pertinenza fluviale

Area con assenza di problematica idrogeologiche (permeabilità media per porosità primaria)

## 2.3. Condizioni di fattibilità dell'intervento

Secondo le definizioni dell'intervento riportate in premessa, con riferimento alle norme del Piano Territoriale di Coordinamento provinciale e del Regolamento Urbanistico, tenuto conto del tipo di intervento che rientra nella definizione di riferimento per l'applicazione del DPGR 26/R/2007 di “nuovi edifici e ampliamenti < 50 mq e altri interventi che comportino modesti sovraccarichi sui terreno e/o sulle fondazioni (tipo 4)”, risultano le seguenti condizioni di fattibilità per la realizzazione delle opere in progetto, in relazione ai singoli elementi di pericolosità e agli di pianificazione del territorio.

**Fattibilità con normali vincoli – classe F.2**

Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

### **Rischio geologico - sismico**

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geologica e sismica elevata possono essere realizzati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area: della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto nel titolo abilitativo all'attività edilizia.

Rispetto alle Norme del Piano Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino del Fiume, l'intervento consistente nella realizzazione di un impianto alloggiato in un vano tecnico completamente interrato, non rappresentando incremento del carico urbanistico, rientra nella definizione di cui al comma 1 dell'art. 13 delle Norme di Piano di “opere che non sono qualificabili come volumi edilizi”.

In riferimento al D.P.G.R. 36/R/2009, l'intervento rientra in classe d'indagine 1 con le seguenti prescrizioni: sono sufficienti considerazioni di natura geologica, geofisica e geotecnica basate su indagini, da allegare in copia al progetto, già eseguite in prossimità dell'intervento o desunte da studi già compiuti e pubblicati con riferimento alle aree interessate. Tali considerazioni sono adeguatamente motivate, giustificate ed argomentate e sono compiute anche in presenza di problematiche di versante.

### **Rischio idraulico**

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica media per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico. Qualora si voglia perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica, possono essere indicati i necessari accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare aggravii di pericolosità in altre aree.

Rispetto alla adeguatezza con le prescrizioni di cui all'art. 8 delle norme P.A.I., le aree di pertinenza fluviale possono essere oggetto di atti di pianificazione territoriale per previsioni edificatorie non diversamente localizzabili, subordinando l'attuazione delle stesse alla preventiva o contestuale esecuzione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni risultante da idonei studi idrologici e idraulici, acquisito il parere favorevole dell'Ente competente; tali interventi, non devono incrementare il livello di rischio in altre aree e non aumentare i picchi di piena a valle.

Riguardo all'ambito A di cui alla D.C.R. 230/1996, in tali aree sono consentite le opere idrauliche o di attraversamento del corso d'acqua, gli interventi trasversali di captazione e restituzione delle acque, e gli adeguamenti di infrastrutture esistenti senza avanzamento verso il corso d'acqua a condizione che si attuino le precauzioni necessarie per la riduzione del rischio idraulico rispetto alla natura dell'intervento.

### 3. RELAZIONE GEOLOGICA

#### 3.1. Inquadramento geologico

L'area oggetto d'intervento a quota 300 m s.l.m., è localizzata in prossimità della sponda sinistra del corso d'acqua Fiume Lente, appartenente al bacino idrografico come affluente diretto del Fiume Fiora.

L'assetto geologico della Regione è riconducibile a un regime a carattere distensivo di zona di retroarco, seguito alla fase di corrugamento della catena appenninica a partire dal Tortoniano superiore (8 – 7 Ma), che ha provocato l'assottigliamento della crosta continentale, dando così luogo a fenomeni ignei intrusivi ed effusivi, ai quali è ascrivibile l'attività del gruppo vulcanico dei Monti Vulsini.

L'area oggetto di studio appartiene all'affioramento dei sedimenti piroclastici prodotti dall'attività effusiva a carattere esplosivo di tale gruppo vulcanico datata in un periodo compreso tra 0.5 e 0.2 Ma e facente parte della Regione Comagmatica Romana. Le formazioni affioranti nell'area per un intorno significativo, sono pertanto costituite da litologie pleistoceniche di origine vulcanica, sulle quali giacciono in discordanza lungo le maggiori incisioni fluviali, depositi continentali olocenici di origine alluvionale.

In particolare, l'area d'intervento è costituita in ordine stratigrafico dalle seguenti formazioni litologiche.

##### DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI (sigla bna)

La formazione è costituita da depositi di materiale di origine alluvionale di terrazzo fluviale, composto da porzioni lapidee, ciottolami e ghiaie in una matrice prevalentemente sabbioso limosa con orizzonti omogenei limoso argillosi e sabbiosi di colore bruno rossastro di spessore variabile da 2 a 5 m.

##### FORMAZIONE DI CANINO (sigla CAN)

La formazione è composta da alternanze in orizzonti e lenti stratificate di predominanti tufi gialli a pomici chiare e grigie, sabbie e limi ghiaiosi tufacei cementati con ceneri diagenizzate e lapilli neri, e con sottili intercalazioni di rocce tefritiche e leucitiche. Lo spessore della complessiva formazione di origine vulcanica varia da zona a zona in funzione dell'assetto morfologico antecedente le effusioni vulcaniche, dai dati bibliografici disponibili si può comunque affermare che nell'area tale spessore è compreso tra 30 e 70 m.

Dal punto di vista geostrutturale non si rinvencono nell'area discontinuità tettoniche, né sistemi di faglie interessanti la coltre vulcanica descritta, i più vicini contatti stratigrafici si rilevano a monte della scarpata rocciosa a est dell'area di fondovalle, dove sono presenti estesi affioramenti della formazione vulcanica denominata "formazione di Sovana" che caratterizza il sottosuolo del centro abitato del capoluogo.

#### 3.2. Lineamenti geomorfologici

Il terreno oggetto d'intervento si trova lungo la fascia di terreno pianeggiante del fondovalle in sinistra idrografica del Fiume Lente, dove il corso d'acqua presenta un'ampia ansa fluviale con caratteristiche forme di deposito di barra laterale interna e di erosione lungo la sponda opposta.

Tale area caratterizzata da una serie di piccoli gradini morfologici per terrazzamenti fluviali presente una larghezza intorno a 50 m delimitata dalla sponda dell'alveo del corso d'acqua a ovest e dal piede della ripida scarpata rocciosa a est, che presenta dislivello di circa 70 m e inclinazione media di circa 70°.

L'area d'intervento si trova in evidenti condizioni di stabilità geomorfologica data la praticamente assenza di inclinazione del terreno, non essendo interessata per un intorno significativo da area di pendio o da rotture di pendenza rilevanti, fatta eccezione per il muro in pietra costituente la briglia fluviale.

La scarpata rocciosa tufacea che caratterizza il centro abitato di Sorano non presenta in questa zona segni o evidenze di fenomeni di crollo o slittamento di porzioni rocciose né antichi né recenti o in atto, in base al rilevamento effettuato lungo l'intero affioramento roccioso, percorribile con un vecchio sentiero di gallerie e scalinate, è risultato una discreta qualità dell'ammasso roccioso che si presenta massivo senza discontinuità strutturali, fessure o sistemi di giunti significativi rispetto al rischio per fenomeni di distacco.

L'intervento nella zona di fondovalle significativamente distante dal piede del versante, non implica quindi modifiche morfologiche all'attuale profilo del pendio, come confermano i risultati delle verifiche di stabilità effettuate per cui le condizioni di stabilità risultano indipendenti dalla realizzazione dell'intervento.

### 3.3. Successione litostratigrafica locale

Il terreno costituente il sottosuolo nell'area oggetto d'intervento, è composto dalle seguenti Unità Litologico Tecniche, in base al rilevamento effettuato in sito e ai dati ottenuti dai diversi sondaggi realizzati sia appositamente nel sito di costruzione che nell'area complessiva, secondo le definizioni di cui al programma Valutazione Effetti Locali della Regione Toscana.

TERRENO DI COPERTURA – da piano campagna fino a profondità massima 4 ml

U.L.T. (programma VEL): E.3 - materiali granulari non cementati - classe: a.3 – t.1

E' composto da terreni di origine alluvionale e materiale detritico derivante dal disfacimento della formazione tufacea, costituiti da terreno granulare fine sabbioso o limoso con ghiaia e frammenti litici, allo stato da poco a mediamente addensato ( $N_{spt} = 4 - 10$ ) con rapido miglioramento dello stato di addensamento e delle proprietà geotecniche con la profondità.

Tale litotipo costituisce il terreno oggetto di scavo e di fondazione dell'opera in progetto.

SUBSTRATO ROCCIOSO - sottostante

U.L.T. (programma VEL): A – rocce massicce non stratificate - classe: r.4 – d.3 – c.3.

Classificato in generale come "Roccia mediamente resistente" (classe R4 del sistema I SRM, con resistenza a compressione uniassiale 25 – 50 MPa) a struttura massiva, è costituito da porzioni litoidi scarsamente alterate con due principali famiglie di giunti ad andamento sub-verticale, a spaziatura media per lo più con discontinuità rugose e alterate per ossidazione e passaggio delle acque di infiltrazione, con prodotto di alterazione e riempimento, nelle maggiori aperture intorno a 0.5 cm, a matrice granulare.

### 3.4. Assetto idrogeologico

I terreni di copertura di origine alluvionale e le rocce di origine vulcanica, per porosità primaria e fessurazione, presentano un grado di permeabilità relativa medio e consentono un drenaggio interno buono con un coefficiente di infiltrazione valutato intorno al 75 % della precipitazione efficace.

Per tali condizioni, il complesso dei terreni vulcanici può essere sede di un acquifero litoide poroso e/o fessurato con buone potenzialità, dimostrate dalla produttività delle captazioni presenti nel territorio limitrofo all'interno della stessa formazione litologico stratigrafica.

Considerati i livelli piezometrici registrati nell'area, la falda libera classificabile come acquifero poroso litoide, si trova a profondità minime nell'ordine di 30 m dal piano campagna, confinata alla base dal substrato a bassa o molto bassa permeabilità rappresentato dalla sottostante unità idrogeologica sempre di origine vulcanica denominata Formazione di Sovana.

In virtù del livello idrico del corso d'acqua oggetto della derivazione, che si mantiene con una buona portata anche nel periodo di magra, e data la composizione granulometrica dei terreni adiacenti la sponda fluviale oggetto d'intervento, si ritiene che i terreni oggetto di scavo siano interessati da un cospicua circolazione idrica del sottosuolo, di cui si dovrà tenere conto nella realizzazione di fronti di scavo provvisori per la costruzione del vano tecnico.

Riguardo le possibili interferenze dell'opera in progetto sull'equilibrio idrogeologico dell'area, la realizzazione dell'intervento previsto non può comportare alcuna interferenza con la falda, né alcuna modifica al regime di deflusso sotterraneo tramite una significativa riduzione dei tempi di percolazione delle acque superficiali e del suolo verso la falda, che avviene lungo le fratture e per porosità dell'ammasso roccioso sottostante i terreni oggetto di scavo di origine alluvionale.

Con riferimento alla normativa vigente in materia di opere di derivazione per uso idroelettrico, il progetto prevede la restituzione in alveo delle acque derivate e non nel sottosuolo, non sono pertanto necessarie considerazioni riguardanti l'influenza dell'opera in progetto sulle caratteristiche geometriche della falda e sulle proprietà chimico fisiche delle acque presenti nel sottosuolo.



## 4. RELAZIONE GEOTECNICA

### 4.1. Caratterizzazione geotecnica del sottosuolo

Premesso che attualmente il sito di costruzione risulta inaccessibile con mezzi di indagine, dato che la viabilità esistente lungo il corso d'acqua necessita di lavori di ripristino della funzionalità, i criteri d'indagine utilizzati si ritengono comunque adeguati rispetto alla costituzione del sottosuolo, sulla base del grado di conoscenza dell'area derivante da precedenti indagini e del rilevamento geologico effettuato, tenuto conto delle finalità e caratteristiche dell'intervento e delle condizioni di fattibilità definite in precedenza.

In particolare, per la definizione della caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, sono state utilizzate analisi di laboratorio su campioni di terreno considerati rappresentativi della unità litologica di copertura osservata in sito, consistenti in due prove di taglio diretto con condizioni drenate e non drenate, i cui risultati vengono confermati dai parametri di resistenza al taglio ottenuti da sondaggi effettuati in aree limitrofe nello stesso contesto litologico.

Riguardo alla caratterizzazione geotecnica dell'ammasso roccioso in particolare finalizzata alle verifiche di stabilità di sito, è stato effettuato un rilievo lungo gli affioramenti rocciosi descritti secondo il metodo di Beniaowski esposto in allegato e il programma Valutazione Effetti Locali della Regione Toscana (volume 6).

I seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici sono stati scelti sulla base del criterio che prescrive, secondo la normativa vigente, di cui al paragrafo C.6.2.2 della Circolare Ministeriale 617/2009, l'adozione dei valori minimi ottenuti dalle diverse prove disponibili, da applicare *nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo*.

#### Valori caratteristici dei parametri geotecnici terreno di copertura

Definizione	Sabbia fine debolmente ghiaiosa con frammenti litici			
Classificazione	<i>Materiale granulare, sottogruppo SM: sabbia fine con fine non plastico. Gruppo A-3, indice di gruppo: 0.</i>			
Peso di volume	$\gamma$	kN/mc	18.0	
Peso di volume secco	$\gamma_d$	kN/mc	16.0	
Numero di colpi SPT da correlazione	N <sub>spt</sub>	-	10	
Angolo d'attrito drenato	$\varphi'$	(°)	35	
Compressione semplice	q <sub>u</sub>	daN/cm <sup>2</sup>	0.8	
Coesione non drenata	c <sub>u</sub>	daN/cm <sup>2</sup>	0.4	
Modulo di deformazione	E	daN/cm <sup>2</sup>	180	
Modulo di reazione unitario	k <sub>h</sub>	daN/cm <sup>2</sup>	1.3	

## 4.2. Parametri di verifica delle azioni sismiche

Per la definizione dei parametri sismici, secondo le prescrizioni di cui alle Norme Tecniche del D.M. 14.01.2008, sono stati utilizzati dati noti disponibili riferiti alla unità litologica che costituisce il sottosuolo in profondità a partire dalla base dei depositi alluvionali, che dato il modesto spessore non costituiscono variazioni significative ai valori caratteristici della risposta sismica locale.

Per la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2) sulla base dei dati riportati in allegato, risulta il valore per la stratigrafia che caratterizza l'area oggetto d'intervento, nel campo di valori caratteristici per la formazione tufacea nell'area complessiva  $V_{s,30} \geq 400 - 500$  m/s per cui la stratigrafia è ascrivibile sicuramente al sottosuolo di tipo B caratterizzato da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 e 800 m/s, con coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s = 1.20$ .

Per le condizioni topografiche di sito, il pendio adiacente all'area d'intervento presenta una altezza limitata maggiore a 30 m e una inclinazione media maggiore a  $15^\circ$ , tuttavia l'area piana comprendente il sito di costruzione, rientra nella definizione di ubicazione in zona al piede del pendio, quindi risulta di classe T1 con coefficiente di amplificazione topografica  $S_t = 1.00$ .

I dati riportati sono risultati dalla applicazione del programma “Geostru PS” con riferimento all'allegato A delle NTC – 2008, secondo la media ponderata dei siti di riferimento elencati di seguito, con l'accelerazione sismica attesa calcolata dal prodotto dell'accelerazione su sito di riferimento per i coefficienti sismici  $a_{max} = a_g * S_s * S_t$ , e la vita nominale e di riferimento (§ 2.4.1, 2.4.3 delle NTC - 2008) riferita alla classificazione dell'intervento, secondo quanto esposto in premessa.

Sito in esame (coordinate in WGS84)		Siti di riferimento (allegato A delle NTC – 2008)			
latitudine:	42.684033	Sito 1	ID: 24948	Sito 3	ID: 24727
longitudine:	11.712571	Sito 2	ID: 24949	Sito 4	ID: 24726

### Parametri sismici (stabilità del pendio e fondazioni)

Classe:	2	Periodo di riferimento:	50anni	Categoria sottosuolo:	B
Vita nominale:	50	Coefficiente cu:	1.0	Categoria topografica:	T1

### Danno (SLD)

Probabilità:	63	%	Ss:	1,200
Tr:	50	[anni]	Cc:	1,450
ag:	0,059	g	St:	1,000
Fo:	2,510		Kh:	0,013
Tc*:	0,253	[s]	Kv:	0,006

### Salvaguardia della vita (SLV)

Probabilità:	10	%	Ss:	1,200
Tr:	475	[anni]	Cc:	1,420
ag:	0,140	g	St:	1,000
Fo:	2,492		Kh:	0,040
Tc*:	0,279	[s]	Kv:	0,020

#### 4.3. Movimenti di terreno

Riguardo ai movimenti di terreno, il progetto prevede l'esecuzione di fronti di scavo non permanenti con sbancamenti localizzati alla ristretta area d'intervento e finalizzati alla realizzazione del manufatto nonché alla necessaria pista di accesso provvisoria nelle fasi di cantiere, per un volume di terreno movimentato nell'ordine di 80 mc nelle fasi di cantiere per lo scavo oggetto della costruzione del locale tecnico completamente interrato; al termine dei lavori si prevede il ripristino dello stato dei luoghi con utilizzo dello stesso terreno di risulta degli scavi.

In base alle caratteristiche litologiche dei terreni oggetto di scavo nelle fasi di cantiere, quindi in condizioni di breve termine, utilizzando i parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate, dalla relazione di Taylor  $H_c = 2 \cdot c_u / \gamma$ , l'altezza critica per fronti di scavo verticali in condizioni di breve termine, risulta  $H_c = 2.5$  m, tenuto conto di un coefficiente dato dal prodotto del fattore di sicurezza 1.1 e del fattore di riduzione della coesione 1.4, secondo la normativa, che risulta inferiore alle profondità di scavo previste.

Per tale motivo i fronti di scavo dovranno essere effettuati con particolari criteri finalizzati alla temporanea messa in sicurezza degli stessi durante le fasi di costruzione del manufatto, utilizzando sistemi di sostegno provvisorio o adottando una inclinazione adeguata per il primo metro di terreno con pendenze di rapporto di 1 : 2 n modo da ridurre l'altezza del fronte di scavo verticale.

Inoltre, tenuto conto che lo scavo andrà ad interessare il terrapieno del muro in pietra esistente in proseguo lungo l'ala sinistra della briglia fluviale, prima della dello scavo si dovrà realizzare un'opera di sostegno a carattere provvisorio funzionale a garantire l'assenza di danneggiamenti alla muratura esistente, la quale potrà essere realizzata mediante la costruzione di una paratia tipo "berlinese", con micropali di diametro e armatura adeguati, ancorati per una profondità minima di 3 m nel substrato roccioso e collegati in testa con cordolo in calcestruzzo armato.

Nelle condizioni di lungo termine le scarpate ottenute per riprofilatura morfologica, tramite scavo o riporto dovranno rispettare una inclinazione limite di valore non superiore a quello dell'angolo di attrito interno del terreno che risulta pari a  $35^\circ$ , pertanto una inclinazione  $\beta = 26.5^\circ$  corrispondente alla pendenza limite di rapporto alzata / scarpa di 1 / 2, tenuto conto di un coefficiente di sicurezza pari a 1.5.

Riguardo ai riporti del terreno di risulta degli scavi per i lavori di ripristino dello stato dei luoghi nell'area circostante il manufatto in progetto, si dovrà procedere con gli opportuni accorgimenti in funzione della stabilità dei terreni stessi; quindi, una volta preparate le aree d'imposta tramite scotico della fascia di terreno vegetale, il deposito dei terreni di risulta degli scavi, dai quali dovranno essere separate eventuali frazioni litoidi di maggiori dimensioni, dovrà essere effettuato per fasce successive con conseguente immediata azione di costipamento, in modo da assicurarne il graduale compattamento.

Al termine dei lavori, le aree interessate dovranno essere opportunamente inerbite con essenze vegetali autoctone adeguate e oggetto di opere di regimazione delle acque superficiali e di filtrazione in modo di assicurare il drenaggio delle acque di ruscellamento provenienti da monte e quindi evitare fenomeni di ristagno idrico e imbibizione o saturazione dei terreni di copertura.

Il terreno di risulta degli scavi in eccesso rispetto al volume riutilizzato in sito, dovrà essere trasportato in altro sito autorizzato per il deposito o smaltito in discarica secondo le prescrizioni di cui al D.Lgs. 4/2008, considerate le prescrizioni dettate dalle Norme di Piano Assetto Idrogeologico per l'area in oggetto.

#### 4.4. Verifica di stabilità di sito

Riguardo alla possibilità di fenomeni di liquefazione nei terreni conseguenti all'evento sismico atteso, viene fatto riferimento alle limitazioni, verifiche e circostanze elencate al § 7.11.3.4.2 della Circ. Min. 617/2009, per cui i terreni di fondazione delle opere in progetto, data l'assenza della falda per una profondità significativa e la componente lapidea del sottosuolo, non rientrano nella definizione dei materiali terrosi potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione indotti dall'evento sismico atteso.

Le verifiche di stabilità del pendio sono state effettuate utilizzando il programma di calcolo automatico denominato "Geo-Tec B ver. 7", con algoritmo di calcolo basato sul metodo di Bishop rigoroso, ritenuto rappresentativo dei fenomeni di instabilità potenziali per il pendio in oggetto.

Le condizioni di stabilità vengono indicate dalla definizione del fattore di sicurezza ( $F_s$ ) dato dal rapporto tra resistenza disponibile e sforzo mobilitato, il cui calcolo viene affrontato con il metodo dell'equilibrio limite tramite la discretizzazione della massa instabile in "n" conci delimitati da superfici piane verticali.

Senza entrare nei dettagli del sistema di calcolo, la soluzione semplificata viene rappresentata dalla seguente equazione, che applicata al profilo morfologico meno favorevole in modo iterativo consente di individuare la superficie di scorrimento per la quale  $F_s$  raggiunge il valore minimo.

$$F_s = \frac{\sum [c \cdot \partial x_i + (W_i - U_i \cdot \partial x_i) \cdot \tan \varphi_i] \cdot [\sec \alpha_i / (1 + \tan \varphi_i \cdot \tan \alpha_i)]}{\sum W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $W_i$  è il peso del "concio",  $U_i \cdot \partial x_i$  è la spinta idrostatica agente,  $\partial x_i$  la lunghezza della superficie di rottura, ai l'angolo che questa forma con l'orizzontale.

Rispetto ai criteri adottati, si è tenuto conto di quanto esposto in precedenza e dei seguenti fattori:

- vengono adottati i parametri geotecnici del terreno di copertura e del substrato roccioso secondo i criteri esposti in precedenza, con la definizione geometrica della discontinuità litologica risultante dalle osservazioni in sito, lungo il profilo morfologico che rappresenta la maggiore inclinazione quindi le condizioni maggiormente critiche rispetto alla stabilità;
- vengono analizzate le condizioni di stato attuale in base ai rilevamenti effettuati e alle cartografie disponibili di maggior dettaglio e di stato modificato secondo i dati progettuali, senza tenere conto in favore della sicurezza della presenza della muratura costituente la briglia fluviale con funzionalità di opere di sostegno dei terreni lungo la sponda del corso d'acqua;
- nel modello vengono applicati i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale  $k_h = 0.040$  e  $k_v = 0.020$ , relativi al sito di costruzione e allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), e quindi i relativi incrementi delle forze inerziali  $F_h = k_h \cdot W_i$  e  $F_v = k_v \cdot W_i$ , con utilizzo dei parametri di resistenza al taglio drenati considerata la costituzione del sottosuolo per cui non si ritengono influenti variazioni delle pressioni interstiziali neutre.

I dati risultanti dall'applicazione del metodo hanno portato alla definizione del cerchio critico, che individua una superficie di slittamento del tipo frana al piede, come rappresentato e definito nelle pagine seguenti, con il fattore di sicurezza che risulta sovrabbondante rispetto alle condizioni di equilibrio tra forze resistenti e forze mobilitanti  $F_s > 1.5$ , che non va ad interessare l'area oggetto d'intervento, e risulta pertanto, indipendente dalla realizzazione delle opere in progetto e dei relativi movimenti di terreno previsti in fase realizzativa, in virtù delle distanze del sito di costruzione dal pendio.

## 5. VERIFICA DEL RISCHIO IDRAULICO

### 5.1. Modalità e criteri di calcolo

Per quanto esposto riguardo alle condizioni di fattibilità idraulica dell'intervento, risulta necessario verificare le attuali condizioni di rischio idraulico dell'area e l'eventuale necessità di effettuare interventi di messa in sicurezza, premesso che le opere in progetto non possono costituire alcun ostacolo al naturale deflusso del corso d'acqua nemmeno in caso di fenomeni di sormonto, dato che il manufatto in progetto risulterà completamente interrato senza modifiche significative al profilo della scarpata.

Per la stima della portata di massima piena viene adottato il metodo "razionale", anche se alcuni parametri vengono quantificati da formule empiriche, per la trasformazione afflussi deflussi, considerando la sezione di chiusura del bacino imbrifero come coincidente con la sezione d'alveo in prossimità del punto di derivazione ovvero adiacente verso monte alla briglia trasversale lungo il corso d'acqua.

La relazione per il calcolo della portata di massima piena è la seguente.

$$Q_{mp} = (C \cdot p \cdot A) / 3,6$$

per la quale si definiscono i seguenti parametri idrologici.

#### COEFFICIENTE DI DEFLUSSO (C)

Il dato viene calcolato adottando i criteri utilizzati nella relazione idraulica di cui al quadro conoscitivo delle Norme del Piano Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino del Fiume Fiora; in particolare, la stima del parametro è funzione della permeabilità delle formazioni litologiche presenti e dei relativi terreni di copertura, quindi delle capacità di ritenzione del suolo, nonché dell'uso del suolo per le formazioni di origine vulcanica attraversate, secondo le tabelle di riferimento esposte nella relazione suddetta, in base alla quale risultano i seguenti singoli coefficienti.

Formazione geologica	Terreni prodotti	Uso del suolo	Classe di Permeabilità	Coefficiente di deflusso
Tufi e ignimbriti	sabbie	aree boscate	A (alta)	0.360
Tufi e ignimbriti	sabbie	oliveto - vigneto	A (alta)	0.450
Alluvioni	sabbie e argille	alveo fluviale	MA (medio-alta)	0.490
Alluvioni	sabbie e argille	aree boscate	MA (medio-alta)	0.546
Alluvioni	sabbie e argille	oliveto - vigneto	MA (medio-alta)	0.612
Tufi e ignimbriti	sabbie	seminativo	A (alta)	0.700
Tufi e ignimbriti	sabbie	urbano	A (alta)	0.770
Alluvioni	sabbie e argille	seminativo	MA (medio-alta)	0.781
Alluvioni	sabbie e argille	urbano	MA (medio-alta)	0.834

Sulla base delle quantità relative di estensione delle diverse destinazioni d'uso del suolo, osservate dalla cartografia tematica (Regione Toscana - ISTAT) e dalla foto aerea più recente, in base alla media ponderata risulta per l'intera area del bacino imbrifero il valore **C = 0.650**.

Il valore risulta coerente rispetto al valore di  $C_{def} = 0.682$  definito dallo studio idrologico idraulico della Autorità di Bacino del Fiume Fiora, relativo al Fiume Lente, censito con Bacino FIO – 030, il quale comprende anche l'intero centro abitato di Pitigliano.

#### INTENSITÀ DI PIOGGIA (p)

Tale valore corrisponde alla massima precipitazione attesa nell'intervallo di tempo pari al tempo di corrivazione, funzione dei tempi di ritorno (Tr) espressi in anni, la cui determinazione è stata eseguita facendo riferimento alla Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme (LSPP - 2012) della Regione Toscana con riferimento ai dati derivanti dalla stazione pluviometrica di Pitigliano - TOS07000046, presente in prossimità del tratto finale del corso d'acqua con coordinate geografiche di lat. 4.718.770 e long. 1.713.238, in cui si determinano le curve isoparametriche per le piogge orarie, secondo la relazione

$$p(Tr) = a \cdot tc^n$$

dove i parametri delle curve di possibilità climatica in funzione dei tempi di ritorno, nel caso considerati pari a 200 anni secondo la normativa, risultano: **a = 95.07 mm**, **n = 0.36355**,

con il tempo di corrivazione alla sezione di chiusura  $tc = 3.64$  ore risultante dal calcolo della formula

$$tc = (4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L) / 0.8 \cdot (H_m - H_o)^{0.5}$$

in cui A (kmq) è l'area del bacino imbrifero alla sezione di chiusura, L (km) la lunghezza dell'asta principale alla chiusura,  $H_m$  (m) l'altitudine media del bacino sotteso,  $H_o$  (m) l'altitudine alla sezione di chiusura.

#### AREA DEL BACINO IMBRIFERO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (A)

Il bacino imbrifero definito tra linee spartiacque su base cartografica di maggior dettaglio disponibile, viene calcolato con applicazione di programma automatico alla cartografia: l'estensione del bacino imbrifero di alimentazione del corso d'acqua Fiume Lente sotteso alla sezione di chiusura risulta  $A = 23.50$  kmq.

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei principali parametri idrologici e idraulici utilizzati e risultanti.

#### DATI IDENTIFICATIVI

Denominazione corso d'acqua	Fiume Lente
Ubicazione C.T.R.	El. 333.090
Inquadramento P.A.I. Fiora	reticolo idrografico
Codice e Ambito D.C.R. 230/1994	GR 729 – AB
Acque pubbliche R.D. 1775/1933	presente in elenco
Corpo idrico D.Lgs 152/1999	significativo

#### BACINO IMBRIFERO

Area di bacino	A (kmq)	23,50
Lunghezza asta principale	L (km)	8,50
Quota massima s.l.m.	Qt max (m)	670
Quota minima (alla chiusura)	Qt min (m)	298
Quota media s.l.m.	Qt med (m)	420
Tempo di corrivazione	tc (ore)	3,64
Coefficiente di deflusso	C (-)	0,650

## 5.2. Verifiche idrauliche

Per quanto esposto, dalla relazione  $Q_{mp} = (C \cdot p \cdot A) / 3.6$ , per tempi di ritorno duecentennali secondo le prescrizioni di cui alla normativa citata, risulta la portata di massima piena del corso d'acqua Fiume Lente alla sezione di chiusura considerata in prossimità dell'area oggetto d'intervento, pari a

$$Q_{mp} = 177.34 \text{ mc/s}$$

data l'intensità di pioggia del bacino risultante  $p$  (Tr200) = 41.80 mm/h, con altezza di pioggia ricadente nell'intero bacino nel tempo di corrivazione  $t_c = 3.64$  ore pari a  $h$  (Tr200) = 155.33 mm.

La portata di colmo o portata critica del corso d'acqua viene calcolata secondo la seguente relazione

$$Q_c = v \cdot S$$

In cui  $S$  (m) è la sezione d'alveo,  $v$  (m/s) è la velocità della corrente calcolata con la formula di Chezy

$$v = x_s \cdot (R \cdot i)^{0.5}$$

dove  $x_s$  è il coefficiente empirico di scabrezza espresso in  $\sqrt{m}/s$  dato dalla formula di Bazin

$$x_s = 87 \cdot \sqrt{R} / (\sqrt{R} + \gamma)$$

in cui  $R$  (m) è il raggio idraulico pari al rapporto tra area bagnata e contorno bagnato,  $\gamma$  ( $\sqrt{m}$ ) il coefficiente empirico di scabrezza, per il quale è stato adottato il valore massimo 2.3  $\sqrt{m}$  rispetto ai valori riferiti a corsi d'acqua naturali 1.3  $\sqrt{m}$  o con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo 2.0 – 2.3  $\sqrt{m}$ .

Alla sezione di chiusura considerata, il corso d'acqua presenta una sezione idraulica con larghezza della base d'alveo di 12.5 m e di 17 m tra i cigli delle sponde che presentano una altezza minima di 1.5 m.

Nel caso specifico quindi, secondo la relazione  $Q_c = v \cdot S$ , in cui risulta la sezione  $S = 0.67 \text{ mq}$ , utilizzando la formula di Chezy  $v = x_s \cdot (R \cdot i)^{0.5}$ , in cui risulta  $X_s = 13.2 \sqrt{m}/s$  e  $R = 0.29 \text{ m}$ , data la pendenza media della base d'alveo misurata su base cartografica  $i = 0.07$ , da cui si ottiene la velocità della corrente

$$v = 8.35 \text{ m/s}$$

la portata di colmo o portata critica del corso d'acqua alla sezione di chiusura considerata risulta

$$Q_c = 183.49 \text{ mc/s}$$

Pertanto, viene dimostrata l'assenza di rischio idraulico per il corso d'acqua nell'area oggetto di studio, essendo  $Q_{mp} < Q_c$ .

In base alle caratteristiche morfologiche dell'alveo, il livello idrico per portata di piena con tempi di ritorno duecentennali risulta pari a  $h_{mp} = 1.45 \text{ ml}$ , quindi a quota solo lievemente inferiore rispetto al livello di colmo  $h_c = 1.50 \text{ ml}$ , con scarso franco di sicurezza inferiore al decimetro e coefficiente 1.03.

Pertanto, la realizzazione dell'intervento in progetto non comporta l'insorgere o l'incremento di situazione di rischio idraulico nell'area o in aree adiacenti, e risulta fattibile senza necessità di realizzare opere idrauliche finalizzate alla messa in sicurezza dell'area, tuttavia nella progettazione delle opere di derivazione si dovrà tenere conto del rischio elevato a cui è sottoposta la piana alluvionale oggetto dell'intervento, dimostrata dai valori di portata paragonabili della massima piena e di colmo.

# VERIFICA STABILITA' DEI PENDII

## DATI GENERALI

Unità di misura utilizzate: lunghezza: m; pressione: Kg/cm2; peso specifico: kg/m3; forza lineare: Kg/m.

Massima larghezza concio di calcolo: 7.000  
 Prodotto dei coefficienti sismici : 0.040  
 Coefficiente sismico verticale : 0.020  
 Coefficiente riduzione attrito : 1.000  
 Coefficiente riduzione coesione : 1.300  
 Coeff. amplific. carichi esercizio : 1.300  
 Coeff. carichi esercizio per sisma : 1.000

## COORDINATE DEI PROFILI

Profilo	Nodo	X	Y
Pendio	1	0.000	0.000
Pendio	2	11.000	0.000
Pendio	3	11.000	6.000
Pendio	4	16.000	6.000
Pendio	5	25.000	6.000
Pendio	6	36.000	6.000
Pendio	7	42.000	8.000
Pendio	8	50.000	12.000
Pendio	9	53.000	16.000
Pendio	10	73.000	26.000
Pendio	11	77.000	32.000
Pendio	12	85.000	36.000
Pendio	13	91.000	46.000
Pendio	14	95.000	56.000
Pendio	15	100.000	71.000
Pendio	16	109.000	71.000
Pendio	17	109.000	76.000
Pendio	18	119.000	76.000
Pendio	19	119.000	81.000
Pendio	20	127.000	81.000
Pendio	21	127.000	86.000
Pendio	22	142.000	87.000
2	1	0.000	0.000
2	2	11.000	0.000
2	3	11.000	2.000
2	4	24.000	3.000
2	5	39.000	4.000
2	6	46.000	7.000
2	7	50.000	12.000
2	8	53.000	16.000
2	9	68.000	20.000
2	10	73.000	26.000
2	11	77.000	32.000
2	12	85.000	36.000
2	13	91.000	46.000
2	14	95.000	56.000
2	15	100.000	71.000
2	16	109.000	71.000
2	17	109.000	76.000
2	18	119.000	76.000
2	19	119.000	81.000
2	20	127.000	81.000
2	21	127.000	86.000
2	22	142.000	87.000

## CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Num	Descrizione	Gamma	CU	FI	Porosità
1	Terreno di copertura	1800.0	0.00	35.00	0.40
2	ammasso roccioso	2000.0	1.50	35.00	0.20



## CARICHI SUL PENDIO (STATO MODIFICATO)

Tratto	Lunghezza	Permanente sin	Permanente des
4 - 5	9.00	4.000	4.000

## GRIGLIA DI CALCOLO

X vertice basso a sinistra rettang.: 0.000  
 Y vertice basso a sinistra rettang.: 70.000  
 Larghezza rettangolo della griglia : 100.000  
 Altezza rettangolo della griglia : 70.000  
 Passo della griglia lungo X : 7.000  
 Passo della griglia lungo Y : 7.000

## RISULTATI (STATO ATTUALE E STATO MODIFICATO)

Calcolo effettuato con il metodo di Bishop

Larghezza del concio.....=6.959  
 Coordinata X centro =42.000  
 Coordinata Y centro =105.000  
 Raggio =97.549

**Coefficiente di sicurezza F =1.602**

Numero iterazioni = 1  
 Precisione =0.05058

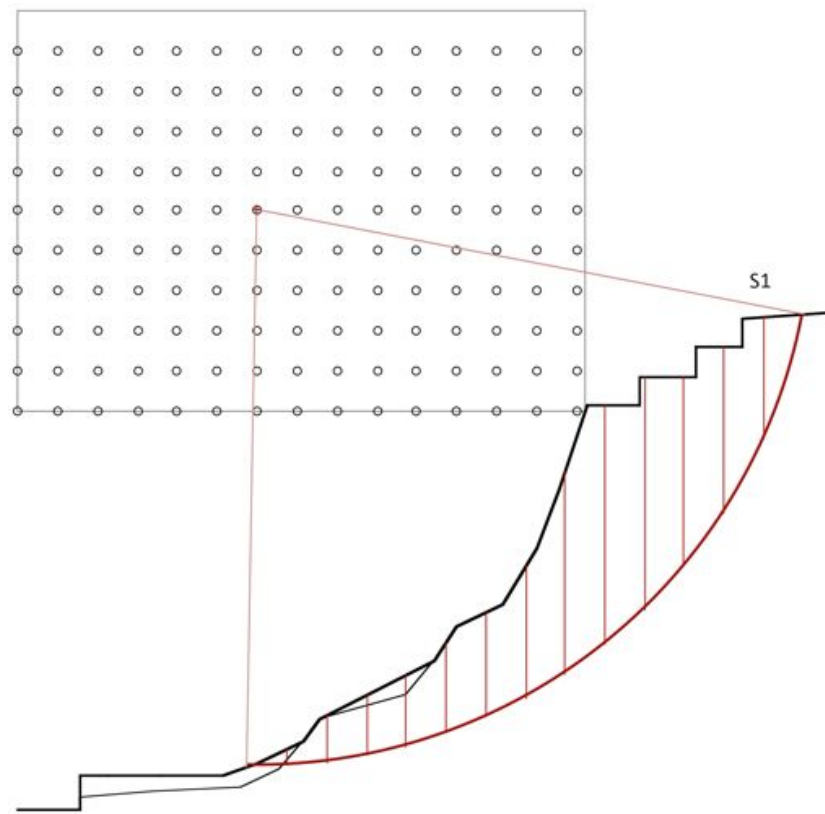
## ANALISI DEI CONCI

Concio n°	Alfa °	L ml	CU kg/cm2	FI °	W kg/ml	WS kg/ml
1	1.10	6.960	1.500	35.0	20829.1	837.2
2	5.20	6.988	1.500	35.0	74631.9	2999.9
3	9.32	7.052	1.500	35.0	137109.5	5511.3
4	13.50	7.157	1.500	35.0	166585.4	6696.1
5	17.74	7.307	1.500	35.0	188383.1	7572.3
6	22.10	7.511	1.500	35.0	258794.0	10402.5
7	26.59	7.782	1.500	35.0	273926.5	11010.8
8	31.27	8.142	1.500	35.0	402815.9	16191.6
9	36.19	8.623	1.500	35.0	616202.9	24768.9
10	41.45	9.285	1.500	35.0	556191.8	22356.7
11	47.19	10.241	1.500	35.0	530930.5	21341.3
12	53.65	11.741	1.500	35.0	482885.9	19410.1
13	61.37	14.523	1.500	35.0	400381.2	16093.8
14	72.42	23.039	1.500	35.0	183638.4	7381.5
Σ			2045254.1			

Concio n°	C*Lc+(Wc+u*Lc)*tg(φ) kg/ml	m	Ms kg/ml	Mr kg/ml
1	118972.5	1.0	117971.4	1237.3
2	156645.6	1.0	151087.5	9760.9
3	200392.9	1.1	189063.6	27720.1
4	221032.2	1.1	205087.0	45572.2
5	236295.0	1.1	216780.3	64985.4
6	285597.3	1.1	260490.9	107753.9
7	296193.2	1.1	270172.1	133617.8
8	386442.6	1.1	354832.7	225264.1
9	535857.8	1.1	499106.7	388632.2
10	493837.5	1.0	471050.2	390559.1
11	476149.3	1.0	471072.9	410836.0
12	442508.2	0.9	462705.2	408324.8
13	384737.7	0.9	439474.1	367513.2
14	232972.8	0.7	318074.8	182441.7
Σ			4426969.6	2764218.7

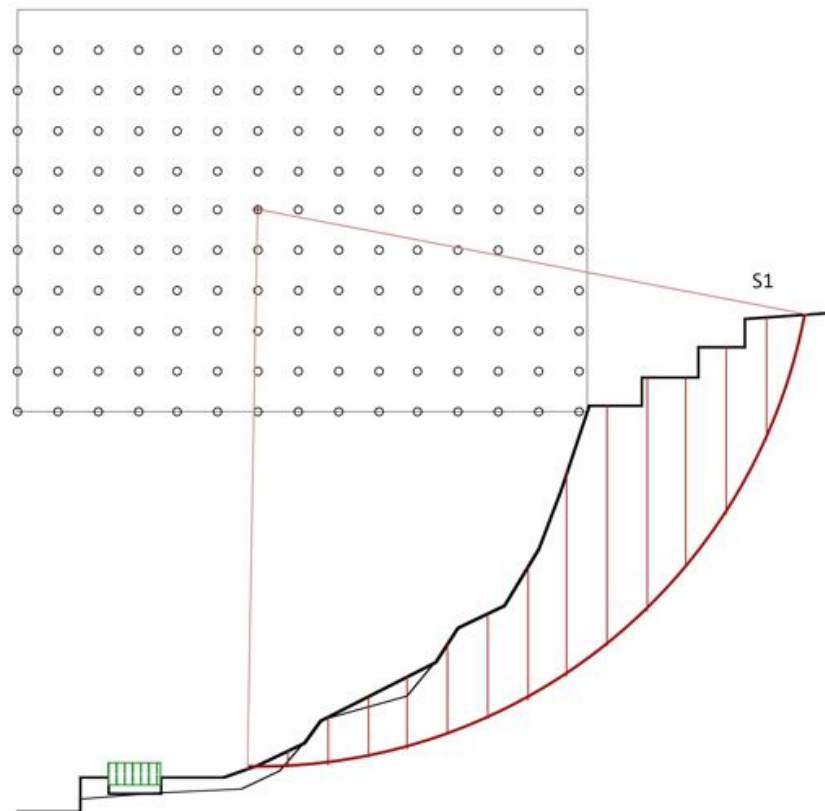
## RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

Stato attuale



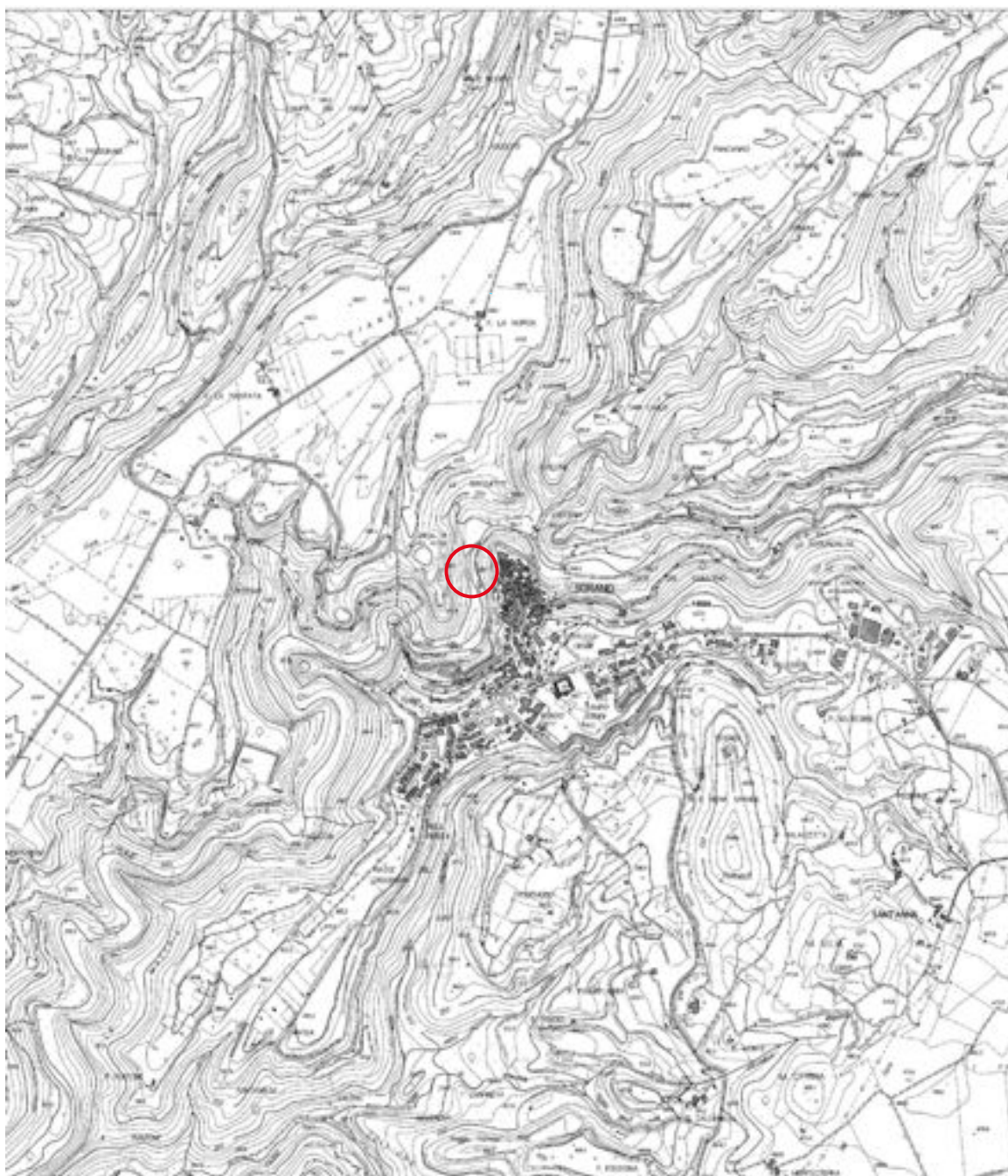
Coefficiente di sicurezza  $F = 1.602$

Stato modificato



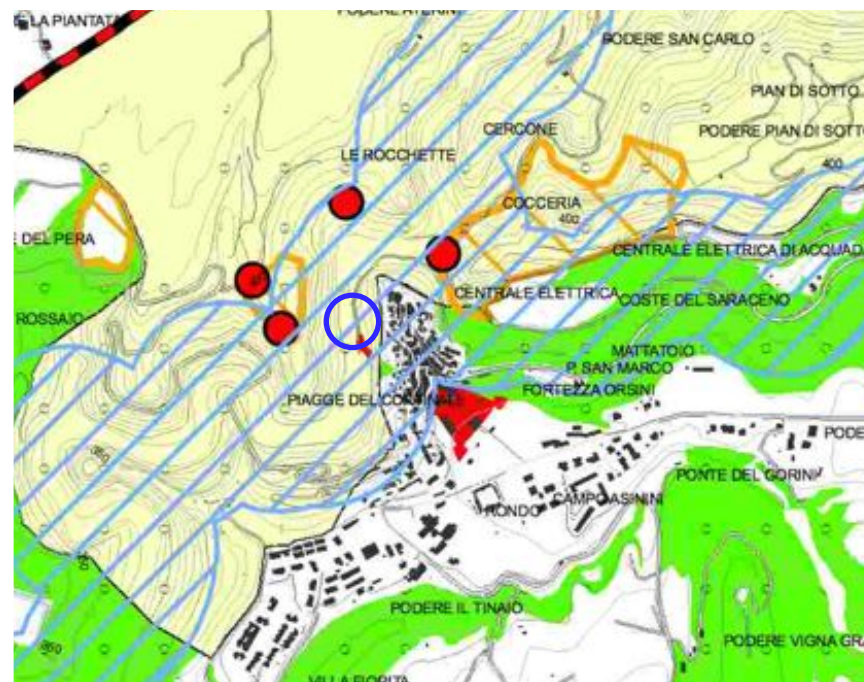
Coefficiente di sicurezza  $F = 1.602$

COROGRAFIA DELL'AREA D'INTERVENTO - C.T.R. 333.090 - SCALA 1:20.000





## UBICAZIONE DELL'INTERVENTO IN CARTA DEI VINCOLI IDROGEOLOGICO PAESAGGISTICO DEL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI PITIGLIANO



## ZONE DI TUTELA E DI RISPETTO DELLE SORGENTI

200 m. dalle captazioni

## ZONE DI SALVAGUARDIA DELLE SORGENTI TERMALI

## VINCOLI RELATIVI AGLI ASPETTI IDROGEOLOGICI

Aree boscate vincolate ai sensi della L.R. 39 del 21/03/2000

R.D. 3267/23

D. Lgs. 42/2004 – Art. 142, 1° comma, lettera g

D. Lgs. 42/2004 – Art. 136, 1° comma (ex lege 1497/39)

D. Lgs. 42/2004 – Art. 142, 1° comma, lettera c

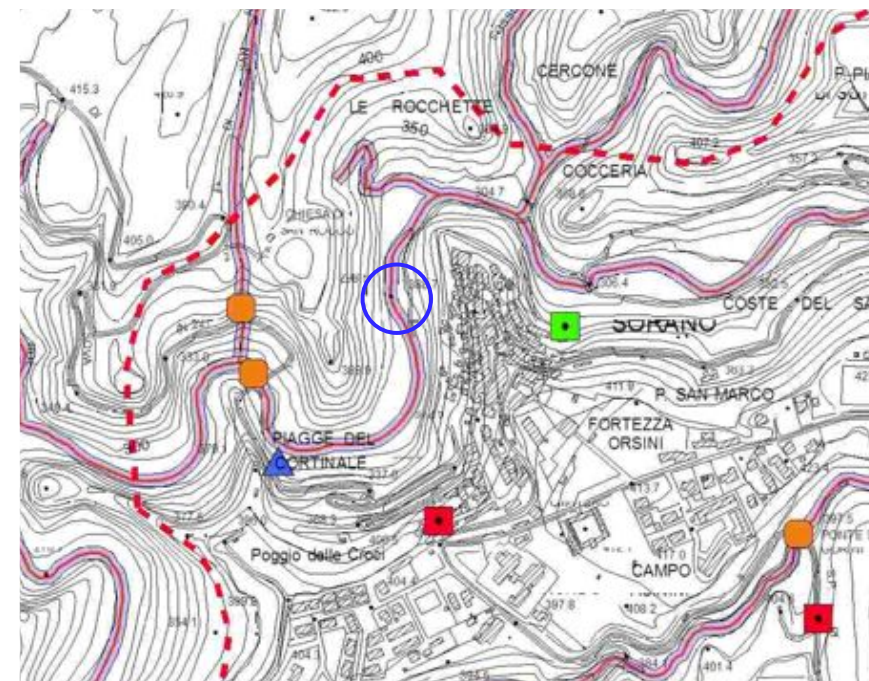
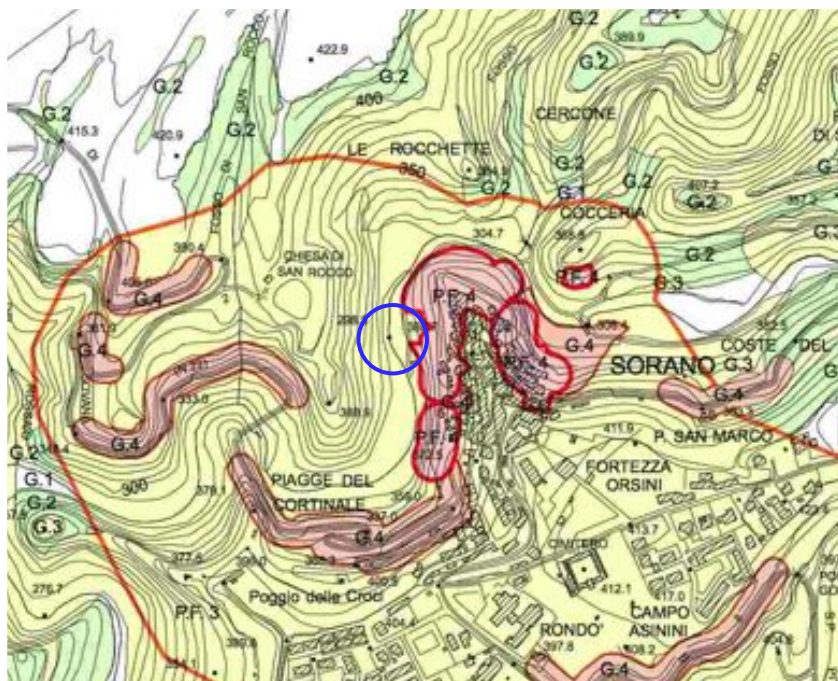
● Ambiti e siti che costituiscono risorsa archeologica

▨ individuati dal piano

Zone di interesse archeologico individuate nel PTC della Provincia di Grosseto ai sensi del DCR 296/88



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO IN CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA DEL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI PITIGLIANO



G.4 CLASSE G.4 (Pericolosità geomorfologica molto elevata)

G.3 CLASSE G.3 (Pericolosità geomorfologica elevata)

G.2 CLASSE G.2 (Pericolosità geomorfologica media)

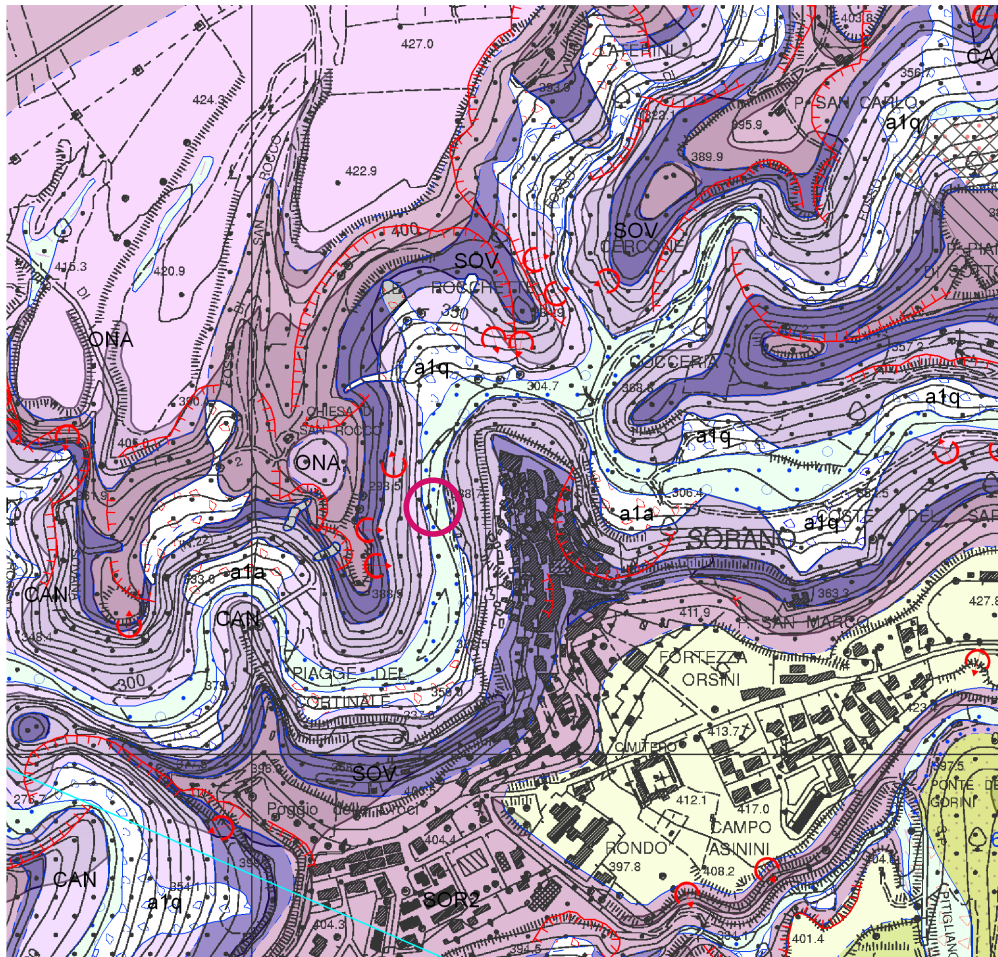
G.1 CLASSE G.1 (Pericolosità geomorfologica bassa)

Pertinenza fluviale (ai sensi dell'art. 36 D.C.R. 24/07/2007 n° 72 Piano di Indirizzo Territoriale 2005-2010 Regione Toscana)

Area oggetto d'intervento






## TAVOLA 4

Elemento C.T.R. 333.090 - scala 1 : 10.000



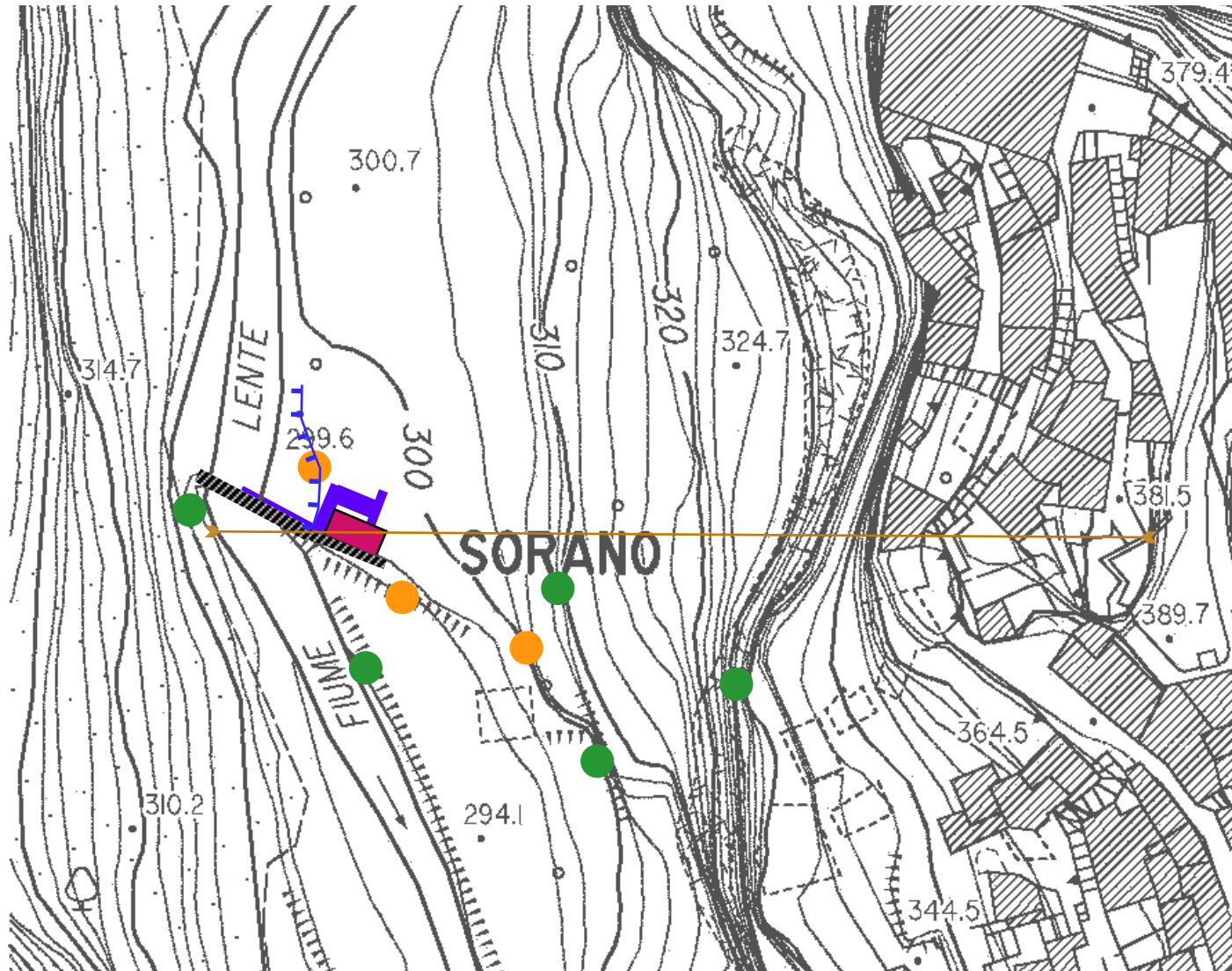
UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO IN CARTA GEOLOGICA  
 PROGETTO CARG - REGIONE TOSCANA

Legenda - ordine stratigrafico

	bn (G)	Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati Olocene
	PIT3	FORMAZIONE DI PITIGLIANO Pomici piane alla base, flusso piroclastico con abbondanti litici, ash-flow saldato grigio con struttura a fiamme. Pleistocene
	SOR2	FORMAZIONE DI SORANO Flusso piroclastico, matrice gialla con pomici bianche e gialle. Pleistocene
	SOV	FORMAZIONE DI SOVANA Pleistocene
	CAN	FORMAZIONE DI CANINO Pleistocene



## TAVOLA 5





UBICAZIONE INDAGINI IN SITO E AREA  
D'INTERVENTO IN CARTA TECNICA  
COMUNE DI SORANO - SCALA 1:1.000


-  Ubicazione del vano tecnico per impianto mini idroelettrico
-  Ubicazione del sistema di derivazione da corso d'acqua
-  Ubicazione della briglia in muratura esistente
-  **Sa**  
Affioramenti delle litologie rocciose oggetto di studio
-  **SI**  
Affioramenti delle litologie granulari oggetto di studio
-  Ciglio di sponda rilevato
-  Traccia della sezione delle verifiche di stabilità del pendio

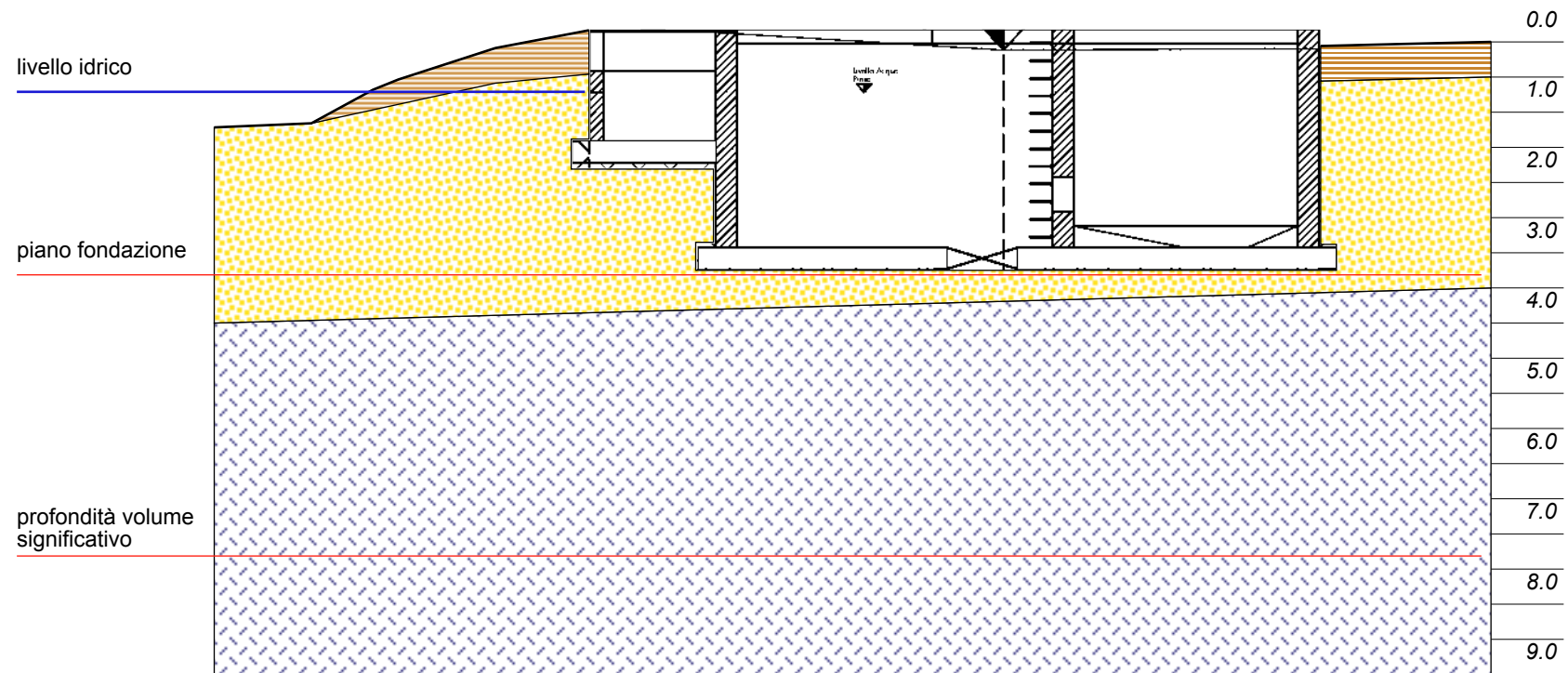
## TAVOLA 6

SEZIONE GEOLOGICA DEI TERRENI IN SEZIONE DI PROGETTO - SCALA 1:100

 Suolo a componente vegetale  
limoso sabbioso poco addensato

 Terreni di copertura misti ghiaiosi  
limosi mediamente addensati  
di origine alluvionale

 Substrato roccioso tufaceo  
di resistenza media o elevata





Documentazione fotografica  
Torrente Lente - Comune di Sorano (GR), 19.12.2016





**PANGEO**

Registrazione Dati

Cantiere: Loc. Sorano (GR)  
Data consegna: 24/02/00 Data esecuzione: 25/02/00  
Sondaggio: 1 Campione: 1  
Prof. (m): 1.00-1.25  
Modalità di campionatura: Cubico  
Qualità del campione: Indisturbato



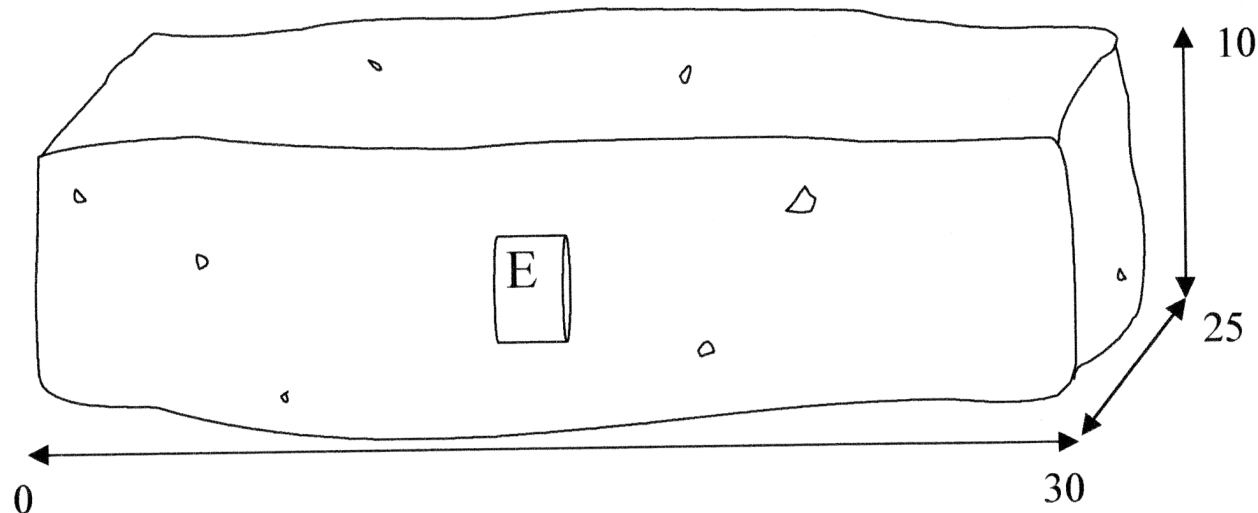
Pocket Penetrometer:



Pocket Vane Test:

Descrizione sommaria non impegnativa:

Limo sabbioso marrone (Rif. Munsell 10YR 4/4 Dark Yellowish Brown)  
con rari clasti centimetrici e numerosi resti di radici.



Il Direttore del Laboratorio

# **PANGEO**

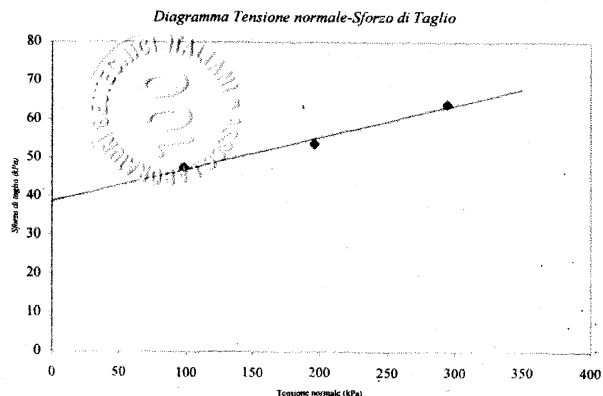
mittente: Andrea Irsara

crizione sommaria

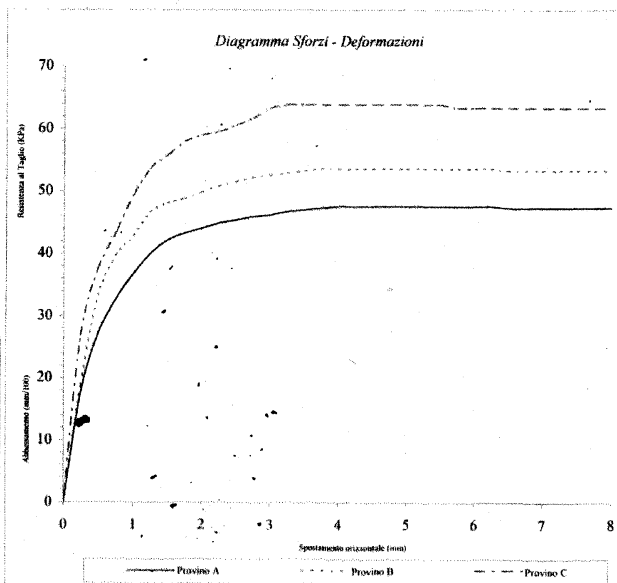
no argilloso marrone (Rif. Munsell 7.5YR 4/3 Brown)

locità di spostamento (mm/min) 0.5

Provino	A	B	C
Tensione verticale $\sigma_v$ (kPa)	98.07	196.14	294.21
Sforzo di taglio max. $\tau_f$ (kPa)	47.56	53.61	63.84
Spostamento (mm)	6.25	6.25	5.5



## Prova di Taglio Diretto C.U.



### Proprietà Indici:

W (%) 24.20%  
 $\gamma$  (g/cm<sup>3</sup>) 1.798  
 $\gamma_d$  (g/cm<sup>3</sup>) 1.454

Attrito Interno  $\phi$  4.7°  
 Coesione  $c'$  (kPa) 38.719

*[Handwritten signature]*

# **PANGEO**

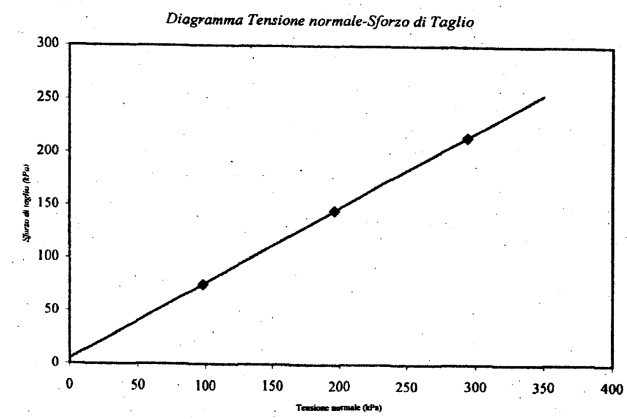
ondaggio:

Campione: C1

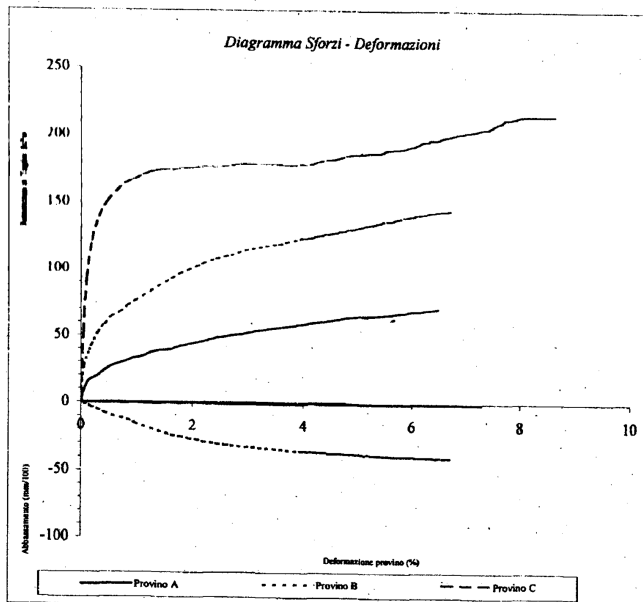
elocità di spostamento: (mm/min) 0.002

ertificato n°

Provino	A	B	C
Tensione verticale $\sigma_v$ (kPa)	98.07	196.14	294.21
Sforzo di taglio max. $\tau_f$ (kPa)	74.71	145.04	214.81
Deformazione provino (%)	7.234	6.720	8.060
Abbassamento (mm)	-0.005	-0.405	-0.005



## Prova di Taglio Diretto C.D. (Sp. Committente)



### Proprietà Indici:

W (%) 13.40%  
 $\gamma$  (g/cm<sup>3</sup>) 1.694  
 $\gamma_d$  (g/cm<sup>3</sup>) 1.492

Attrito Interno  $\phi'$  35°  
 Coesione  $c'$  (kPa) 3.7

*[Handwritten signature]*  
 Lo Sperimentatore

Visto: Il Direttore di Laboratorio

## CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO DI BENIAWSKY

### FORMAZIONE DEL TUFO DI CANINO IN LOCALITA' SORANO

#### A1 = resistenza a compressione uniassiale = 4

Da prove di laboratorio e dati pubblicati risulta il valore medio della resistenza a compressione uniassiale  $S_u = 30$  Mpa.

Da prove di laboratorio disponibili e Point Load (prove penetrometriche) risulta il valore minimo  $I_s = 22$  kg/cm<sup>2</sup> a cui corrisponde per valore minimo di conversione  $K = 14$  il valore  $S_u = 30.8$  MPa.

Dalle prove in sito l'ammasso rientra nella seguente definizione a cui corrisponde il campo di valori  $S_u = 25 - 50$  MPa: La roccia si frattura con un colpo.

#### A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD) = 9

In mancanza di un sondaggio in sito a carotaggio continuo, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura, dalla relazione di Palmström:  $RQD = 115 - 3,3 J_v$ , con il valore medio di  $J_v$  osservato 15 - 20 risulta  $RQD = 49$ .

L'indice corrispondente è dato dalla relazione  $A2 = 5/23.4 RQD - 1.4 = 9.1$

#### A3 = spaziatura delle discontinuità = 8

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante la relazione  $A3 = 10 s + 6$ , in cui dalle misure risulta  $s = 0.25$  m.

#### A4 = condizioni delle discontinuità = 14

Per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:  $A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$ . Da quanto rilevato si ha:

V1 - Persistenza del giunto	1 - 3 m	V1 = 4
V2 - Apertura del giunto	≥ 5 mm	V2 = 0
V3 - Rugosità del giunto	rugosa	V3 = 5
V4 - Alterazione delle pareti	medio	V4 = 3
V5 - Riempimento delle discontinuità	compatto	V5 = 2

#### A5 = condizioni idrauliche = 15

Il valore deriva dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte complessivo di 10 m secondo le tabelle fornite da Beniawsky per superfici asciutte.

#### A6 = orientamento delle discontinuità = -7

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni. Nel caso specifico le famiglie di giunti si rilevano orizzontali continue e subverticali anastomizzate quindi in situazione mediocre rispetto alle fondazioni superficiali.

### Indice Rock Mass Rating

Da questi sei parametri si ricava l'indice Rock Mass Rating di base (RMRb) e l'indice Rock Mass Rating corretto (RMRC)

$$RMR \text{ di base} = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) \quad RMRb = 50$$

$$RMR \text{ corretto} = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6 \quad RMRC = 43$$

con  $RMRC = 43$  : **Qualità Media di classe III**

### Parametri geotecnici

I parametri geotecnici si possono ottenere dalle seguenti relazioni

$$\begin{aligned} \text{coesione} \quad c \text{ (kPa)} &= 4 RMRb \\ \text{angolo di attrito} \quad \varphi \text{ (}^\circ\text{)} &= 0,5 RMRb + 10 \end{aligned}$$

da cui, con  $RMRb = 50$  si ottiene:

$$c = 2.0 \text{ daN/cm}^2; \varphi = 35^\circ$$

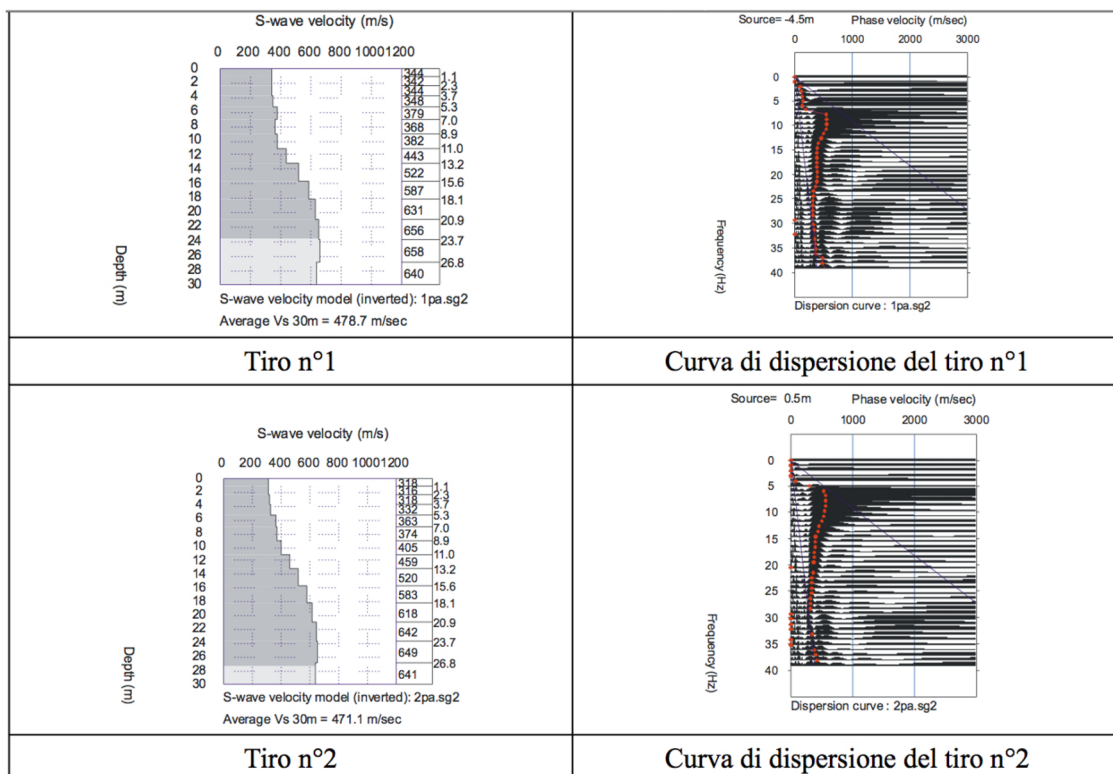
## CARATTERIZZAZIONE FORMAZIONE TUFACEA DI CANINO (LOC. SORANO)

La potenza degli affioramenti lavici limitrofi al centro abitato (zona occidentale), alla base delle formazioni ignimbriche, risulta intorno ai 25 metri (banca dati pozzi idrici), mentre la colata lavica più antica presso il fiume Fiora ha una potenza stimata intorno ai 30 metri.

La colata lavica più recente, presente al margine nord orientale del comune, ha uno spessore massimo stimato di circa 10 m.

Le proprietà geotecniche delle lave sono state desunte dalla bibliografia e dalla banca dati dello studio scrivente:

<b>LITOTIPO E – LAVE DI DIVERSA ETA' E PROVENIENZA</b>	
Spessore stimato	25 - 30 m
Peso di volume naturale	$\gamma' = 2,2 - 2,4 \text{ gr/cmc}$
Resistenza a compressione semplice	$q > 300 \text{ kg/cmq}$
Velocità onde sismiche secondarie	$V_s > 400 - 500 \text{ m/s}$



## 6. CONCLUSIONI

L'inquadramento geologico pone l'area d'indagine all'interno dei prodotti vulcanici della Formazione di Canino (sigla CAN), sottostante nel sito di costruzione a terreni di copertura di origine alluvionale (sigla bna), secondo le definizioni del programma Valutazioni Effetti Locali della Regione Toscana.

In ordine all'assetto geomorfologico, l'area oggetto di studio presenta buone condizioni di stabilità in virtù della praticamente assente inclinazione e della distanza della zona di fondovalle oggetto d'intervento, rispetto al ripido pendio, sottostante il centro abitato di Sorano, costituito dall'ammasso roccioso tufaceo.

Le verifiche di stabilità condotte a livello di pendio complessivo, delimitato a monte dal pianoro in quota dove sorge il centro abitato e a valle dalla incisione d'alveo del corso d'acqua oggetto della derivazione, hanno dimostrato l'assenza di condizioni di rischio riguardo alla possibilità di fenomeni franosi di massa, con fattori di sicurezza risultati sovrabbondanti rispetto alle condizioni di equilibrio tra forze resistenti e forze mobilitanti, e indipendenti dalla realizzazione delle opere in progetto.

Riguardo alle verifiche della fattibilità dell'intervento rispetto all'assetto idrogeologico e idraulico del territorio, non sono emerse condizioni critiche relativamente alla possibilità di modifiche indotte all'equilibrio idrogeologico dell'area complessiva sia in termini qualitativi che quantitativi, conseguenti alla realizzazione dei lavori e delle opere in progetto.

Rispetto in particolare alle condizioni di rischio idraulico, il corso d'acqua Fiume Lente, oggetto della derivazione, è risultato nell'area per caratteristiche morfologiche, idrologiche e idrauliche, idoneo al completo deflusso delle portate di massima piena calcolate per tempi di ritorno duecentennali, tuttavia con scarso franco di sicurezza, tale da rendere non necessarie misure finalizzate alla messa in sicurezza dell'area o alla mitigazione del rischio, ma non da escludere il rischio nell'area di fenomeni di sormonto o esondazione oltre il ciglio di sponda lungo il primo terrazzamento fluviale.

Con riferimento alla normativa vigente rispetto in particolare alle condizioni di fattibilità geologico ambientale definite per le opere in progetto sulla base della classificazione dei fattori di pericolosità dell'area oggetto d'intervento negli atti di pianificazione territoriale, si attesta quanto segue.

Per il rischio geologico sismico, la realizzazione dell'intervento secondo i dati di progetto e nel rispetto delle prescrizioni espresse nella presente relazione, non determina condizioni di instabilità e non modifica negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area.

Per il rischio idraulico, le opere in progetto non costituiscono ostacolo al naturale deflusso delle acque nemmeno in caso di sormonto oltre il ciglio di sponda, e non incrementano il livello di rischio idraulico in altre aree, non comportando condizioni predisponenti all'aumento delle portate di piena nelle zone a valle.

La modellazione geotecnica del sito di costruzione ha evidenziato mediocri caratteristiche meccaniche del terreno di copertura oggetto della realizzazione dell'opera interrata e una discreta qualità del substrato roccioso che costituisce il sottosuolo per un volume significativo, la cui stima dei parametri geotecnici consente di definire valori della resistenza dei terreni rispetto alla rottura per taglio e alla deformabilità per sovraccarico, senza dubbio sufficienti rispetto alla pressione unitaria esercitata dall'opera in progetto di valore paragonabile a quella attuale del terreno che sarà oggetto dei lavori di scavo.

Pertanto, tenuto conto dei risultanti esigui sovraccarichi sui terreni rappresentati dalle opere in progetto, le caratteristiche dei terreni di fondazione garantiscono l'assenza di cedimenti tali da poter compromettere la funzionalità della struttura prevista dal progetto.

Particolare attenzione dovrà comunque essere posta nelle operazioni di scavo, date le scarse caratteristiche di resistenza dei terreni rispetto alla stabilità di fronti scavo verticali anche se a carattere provvisorio, e la presenza di circolazione idrica nel sottosuolo, tenendo quindi conto di quanto riportato nella presente relazione in merito ai movimenti di terreno e alle condizioni di stabilità nelle fasi di cantiere.

Per quanto esposto, sulla base delle osservazioni di carattere geologico e delle valutazioni degli elementi oggettivi raccolti, alla condizione che vengano tenute in debito conto le risultanze della presente indagine, nel rispetto di modalità esecutive, prescrizioni e valori limite ammissibili specificati, per la realizzazione dell'intervento previsto secondo gli elaborati di progetto, esprimo a riguardo parere di fattibilità geologica e idraulica e compatibilità idrogeologica e ambientale.

\*\*\*\*\*

SANTA FIORA, GENNAIO 2017

Dott. Geologo Andrea Irsara

Ordine dei Geologi della Toscana n° 791

