DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

Cell. 338 2417768
nicola.dubaldo@gmail.com

RELAZIONE GEOLOGICA E INDICAZIONI GEOTECNICHE

PROGETTO	RIPRISTINO DI PARTE DI MURO FRANATO IN PIETRAME A SECCO CHE DELIMITA IL LATO DI VALLE DI VIA ORTO DELLA CERA IN CORTONA
COMMITTENTE	COMUNE DI CORTONA
COMUNE	CORTONA (AR)
UBICAZIONE	Loc. via Orto della Cera N.C.T. Foglio n°362 - Part.la n°358
DATA	Maggio 2023

Aggiornamento Professionale Continuo
A.P.C.
CERTIFICATO
Dott. Geol.
Nicola D'ubaldo
Triennio 2020-2022
Valido fino al 31 marzo 2026
Ordine dei Geologi
Umbria

P.P.V.

IL PROGETTISTA

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

La seguente relazione è composta da:
Parole 7250 - Pagine 56
Committente: COMUNE DI CORTONA

Città della Pieve (PG) – via ripavecchia, 29 – Tel. 0578 299143
Il sottoscritto si riversa a termini di legge la proprietà esclusiva del presente elaborato e fa divieto, salvo autorizzazione, di riprodurlo anche parzialmente, di usarlo per altri progetti e di renderlo noto a terzi.

INDICE

PREMESSA....3
NORMATIVE DI RIFERIMENTO....3
1 – CAMPAGNA INDAGINI....4
2 – UBICAZIONE....5
3 – VINCOLI....5
3.1 – VINCOLO IDROGEOLOGICO....5
3.2 – RISCHIO IDRAULICO....5
3.3 – OTTEMPERANZA NTA – R.U....5
3.4 – OTTEMPERANZA PAI ARNO....6
4 – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO....7
5 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO....11
RILIEVO GEOLOGICO STRUTTURALE (giaciture)....12
SISMICA A RIFRAZIONE (sezione lungo strada)....13
MAPPA VELOCITÀ SISMICA....13
AFFIORAMENTI ALLA BASE DEL MURO....14
6 – CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE - IDRAULICHE....15
7 – VITA NOMINALE, CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO e TIPOLOGIA DI PROGETTO....16
8 – CATEGORIA DI SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE....18
9 – SISMICITÀ....20
10 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO....22
11 – CARATTERIZZAZIONE SISMICA – SISTEMI TETTONICI ATTIVI....23
12 – SISMICITÀ STORICA....23
13 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA A FINI SISMICI....26
14 – STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE....26
15 – PREMESSA....27
16 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA - VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI....28
17 - VERIFICA DI STABILITA'....31
VERIFICA STATO MODIFICATO....36
18 - TERRE E ROCCE DA SCAVO....39
19 – CONCLUSIONI....40

INDICE ALLEGATI

TAV I (1:25.000): Inquadramento generale IGM
TAV II (1:10.000): Inquadramento generale CTR
TAV III (1:10.000): Carta geologica
TAV IV (---): Ubicazione indagini geognostiche
TAV V (---): Carta Pericolosità Geomorfologica
TAV VI (---): Carta Pericolosità Idraulica

PREMESSA

Ad evasione dell'incarico ricevuto dal COMUNE DI CORTONA è stato eseguito uno studio geologico finalizzato all'individuazione dei parametri geomeccanici e sismici dei terreni situati in Loc. via Orto della Cera nel comune di CORTONA (AR).

Lo studio è stato espletato al fine di ottimizzare le scelte progettuali per l'intervento di: RIPRISTINO DI PARTE DI MURO FRANATO IN PIETRAME A SECCO CHE DELIMITA IL LATO DI VALLE DI VIA ORTO DELLA CERA IN CORTONA.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». - NTC 2018

- CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

- Decreto del Presidente della Giunta regionale 19 gennaio 2022, n. 1/R

1 – CAMPAGNA INDAGINI

In riferimento alle prescrizioni previste nel Decreto del Presidente della Giunta regionale 19 gennaio 2022, n. 1/R, considerando la classe di pericolosità geologica pari a **2** e un volume complessivo dell'intervento non valutabile non è possibile identificare una classe d'indagine.

In considerazione delle caratteristiche dell'intervento, dello stato dei luoghi e in riferimento a quanto previsto dalla vigente normativa è stata eseguita la seguente campagna indagini:

CAMPAGNA INDAGINI			
Riferimento	**Indagine**	**Estensione**	**Ubicazione/Note**
RIL	Osservazioni geologiche in affioramento	---	---
MASW	Indagine sismica MASW	24 canali	---
RIFR	Indagine sismica a rifrazione	---	---

I dati ricavati dalla seguente campagna geognostica sono stati elaborati ed integrati successivamente da conoscenze acquisite in studi precedenti eseguiti per la stessa area, le indagini eseguite risultano adeguate al comportamento geomeccanico del terreno e forniscono valori attendibili con margini di errore accettabile.

2 – UBICAZIONE

L'area oggetto di studio è inserita topograficamente nel del CTR 299090, in prossimità del toponimo Loc. via Orto della Cera nel comprensorio comunale CORTONA (AR).

Cartograficamente l'area è individuabile secondo le seguenti coordinate:

COORDINATE WGS84 (EPSG:4326)	11.99224, 43.27544
RIFERIMENTI CATASTALI	F° 362 del N.C.T. CORTONA (AR) part.la n°358

3 – VINCOLI

3.1 – VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'area di progetto NON è soggetta a normativa in tema di vincolo idrogeologico.

3.2 – RISCHIO IDRAULICO

L'area di progetto non rientra in un'area a pericolosità idraulica elevata.

3.3 – OTTEMPERANZA NTA – R.U.

L'area oggetto di studio per il piano strutturale intercomunale è in una zona a pericolosità geologica media G2.

L'area oggetto di studio per il piano strutturale è posta in parte all'interno di una zona a pericolosità geomorfologica elevata ed in base al R.U. del Comune di Cortona l'intervento risulta fattibile a condizione che vengano rispettati i punti riportati di seguito.

"Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geomorfologica elevata è necessario rispettare i seguenti principi generali:

a) l'attuazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza.;

b) gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono essere comunque tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

c) in presenza di interventi di messa in sicurezza dovranno essere predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;

d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, devono essere certificati;

e) possono essere attuati 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 procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia.

Al fine di certificare l'ottemperanza siamo a precisare che è stata redatta la presente relazione geologica che attesta che sono necessarie opere di messa in sicurezza che verranno definite e progettata dal progettista strutturale. Tali opere risultano necessarie per garantire la sicurezza della viabilità esistente in ottemperanza alle NTC2018. Le opere in progetto sono necessarie per migliorare la stabilità del versante e non modificano negativamente i processi geomorfologici dell'area.

3.4 – OTTEMPERANZA PAI ARNO

L'area oggetto di studio è posta all'interno di una zona a pericolosità geomorfologica elevata P.F.1 ed in base allle NTA del PAI Arno l'intervento risulta fattibile.

4 – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico la zona è inserita nell'ambito di un sistema collinare costituito da formazioni torbiditiche, con asse morfologico N.O.-S.E.

In particolare l'area d'intervento si trova in prossimità del toponimo Loc. via Orto della Cera ad una quota topografica di circa 567m s.l.m.

La zona di studio si trova all'interno del bacino neoautoctono della Val di Chiana delimitato ad occidente dalla dorsale Medio-Toscana e nella parte orientale dalla struttura anticlinalica Cetona-Rapolano. La Val di Chiana fa parte di un sistema tettonico ad "Horst - Graben" con direzione appenninica formatosi a partire dal Tortoniano superiore con l'instaurarsi di un regime tettonico prevalentemente distensivo.

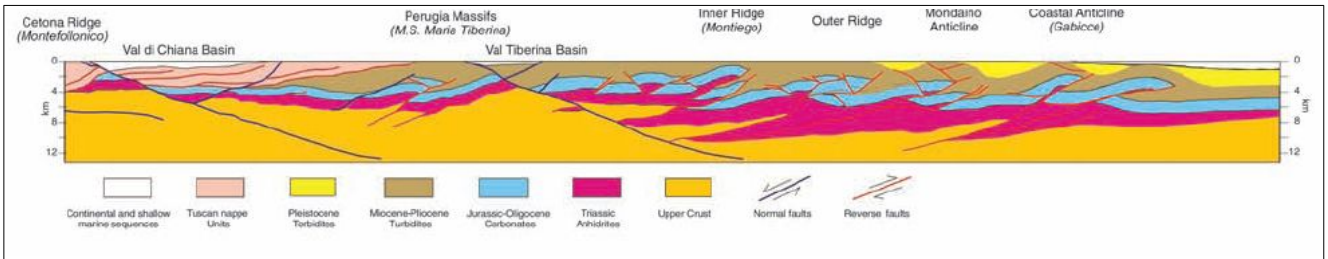


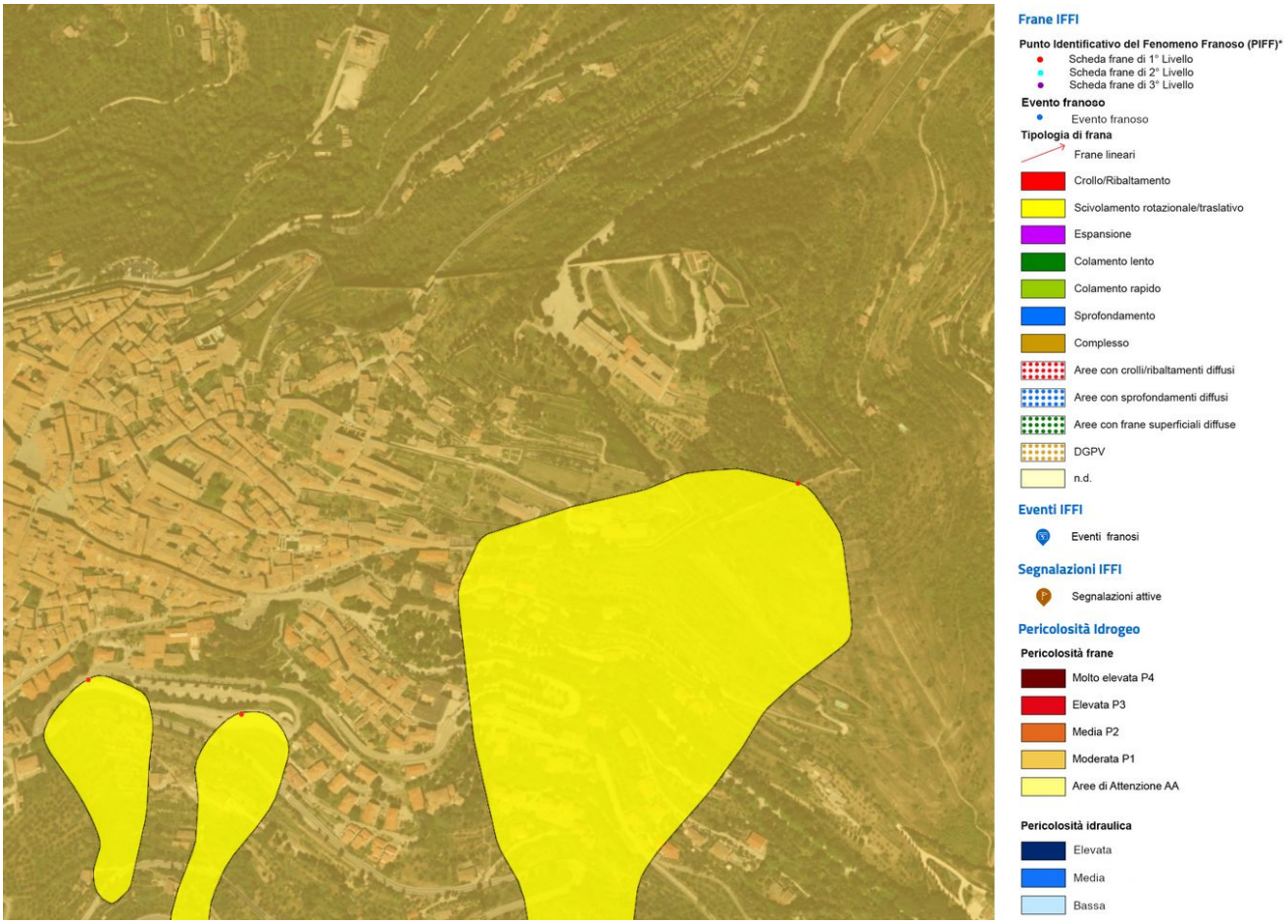
Fig. 3 - Geological interpretation of the seismic reflection line CROP 03, from the M. Cetona to the Adriatic Sea (modified after BARCHI *et alii*, 1998a).
- Interpretazione geologica del profilo sismico a riflessione CROP 03, nel tratto compreso tra il M. Cetona ed il Mare Adriatico (da BARCHI et alii, *1998a, modificato).*

In particolare l'area presenta una pendenza di circa 16° e una media propensione al dissesto geomorfologico come indicato nella cartografia IFFI.

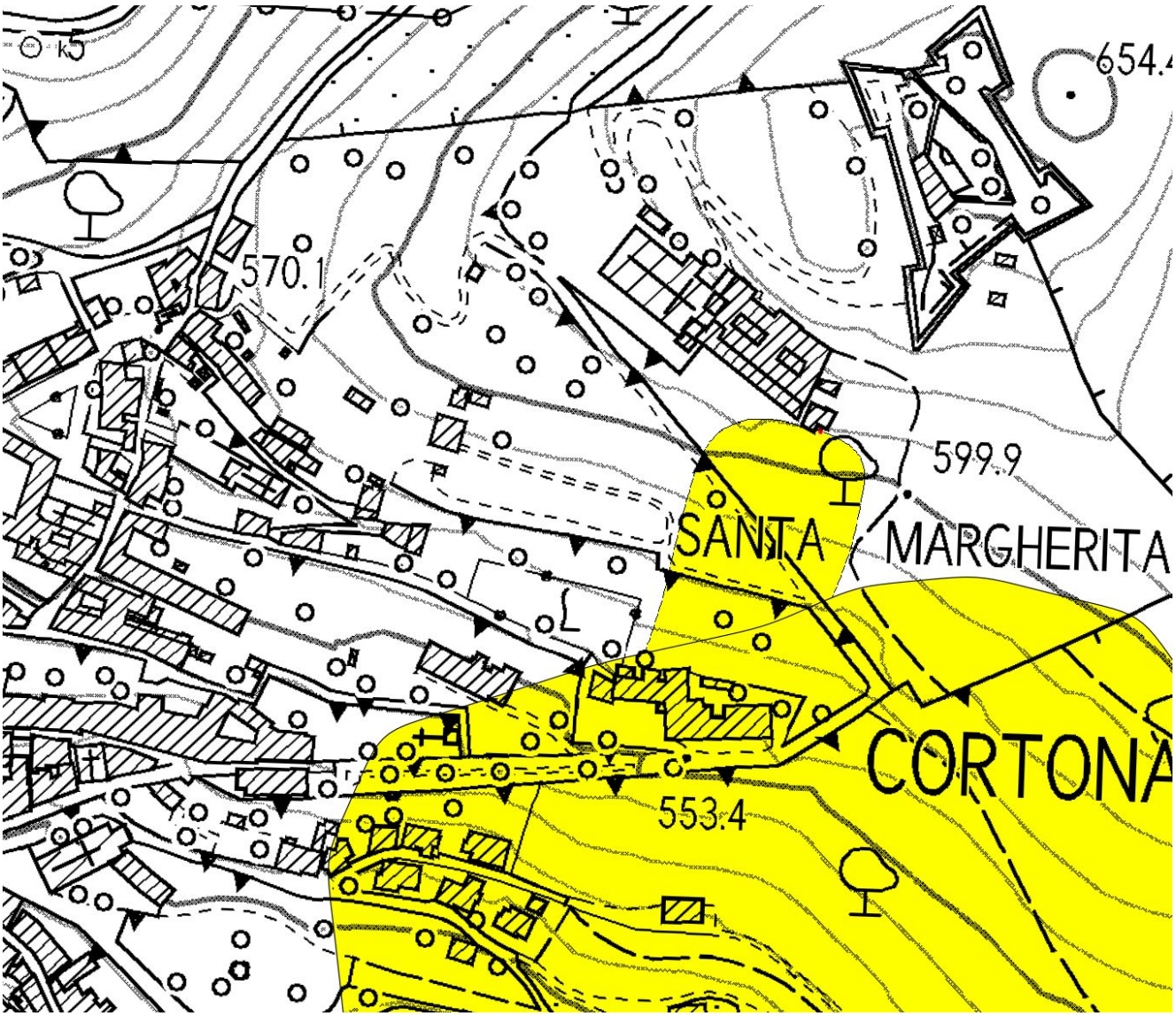
La pericolosità geologica per il piano intercomunale dell'area di studio risulta essere media in classe G2. Nella cartografia del Progetto IFFI non è indicata la presenza di dissesti in stato quiescente e/o attivo nello stretto contesto edificatorio.



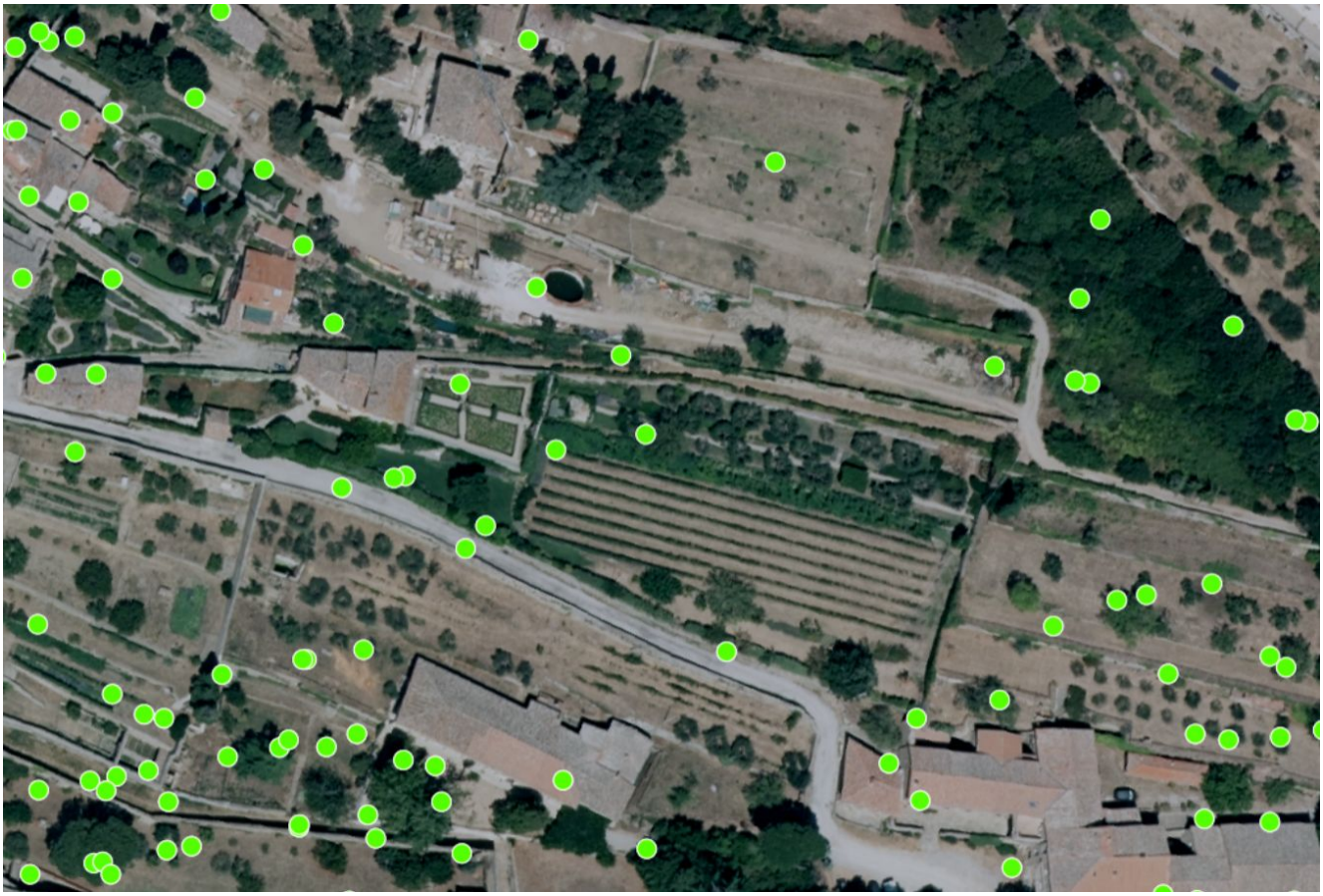
Inquadramento morfologico da immagine satellitare radar SRTM



Estratto cartografia Progetto IFFI (fonte idroGEO)



Estratto cartografia Progetto IFFI + Database Regione Toscana (Geoscopio)



Interferometria SAR satellitare (Regione Toscana)

5 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il bacino Neoautoctono della Val di Chiana delimitato ad occidente dalla dorsale Medio-Toscana ed a oriente dalla dorsale Cetona-Rapolano, fa parte di un sistema Horst-Graben con fosse tettoniche allungate con direzione appenninica, formatesi a partire dal Tortoniano superiore con l'instaurarsi di una tettonica prevalentemente distensiva.

In base alla cartografia Geologica della Regione Toscana nell'area di studio è presente l'Unità di M. Cervarola. In base ad informazioni di letteratura (Servizio Geologico - CNR) questa è generalmente formata da alternanze di depositi torbiditici in facies arenacea (C1, C2e D1) e pelitica (D2e D3); frequenti sono le intercalazioni di torbiditi calcareo-marnose (caratteristiche della porzione medio-bassa, e spesse da pochi decimetri fino a qualche metro), di marne siltose (grigio-marroni e scheggiose, in spessi letti), di calcareniti, di argilliti nere e liste o noduli di selce nera caratteristiche della parte alta dell'unità.

Le arenarie variano da grossolane a fini (con prevalenza di queste ultime) in strati da centimetrici a metrici; le peliti, in genere marnose, sono di colore grigio scuro con patine di alterazione superficiale biancastre. Il rapporto S/P è in genere superiore a 1 nella parte medio-bassa dell'unità, e inferiore a 1 in quella medio-alta. Le sequenze di Bouma presenti sono del tipo Tc-e o Tde, e solo negli strati più grossolani, le sequenze sono complete.

La porzione inferiore dell'unità è caratterizzata dalla presenza di megaritmi della successione torbiditica, alla cui base è sempre presente uno strato (di 5-10 m) di arenaria grossolana (in cui, frequenti sono le inclusioni di frammenti di argilla, paralleli alla stratificazione subito al di sopra dell'intervallo gradato), seguito da una porzione pelitica, spessa 40-60 m, nella quale sono intercalati strati, in genere sottili, di arenarie, calcareniti e marne. Frequenti negli strati di arenaria medio-grossolana sono i fenomeni di amalgamazione ed erosione basale, oltre a una certa lenticolarità alla scala dell'affioramento. Questi isolati megastrati (spessi fino a 16 m) costituiscono buoni livelli guida plurichilometrici (15-20 km), e le megatorbiditi più potenti sono caratterizzate da una porzione conglomeratica basale, spessa fino a 50 cm, con ciottoli arrotondati fino a 5 cm di diametro.

Le "torbiditi calcaree" (intercalate nella porzione inferiore e media dell'unità) sono spesse da pochi centimetri fino a 12 m (mediamente 50-200 cm); si possono seguire con continuità dal Pratomagno fino all'altezza di Castiglion Fiorentino, mentre più a sud, esistono livelli litologicamente analoghi, ma non è chiara la loro relazione con le suddette

torbiditi. A Nord Ovest del Pratomagno fino all'altezza di Campotizzoro-Porretta, queste torbiditi sono praticamente assenti, mentre ancora più a Nord vengono segnalate intercalazioni calcarenitiche.

Le torbiditi calcaree sono costituite da una porzione inferiore a grana da media (talora grossolana) a fine, seguita da una porzione pelitica marnosa che, negli strati superiori al metro, rappresentano il 50-65% dello strato. Quest'ultima è caratterizzata da una frattura scheggiosa e da spalmature color ocra, al taglio fresco il colore è grigio (grigio scuro, e grigio avana all'alterazione, per la porzione arenacea).

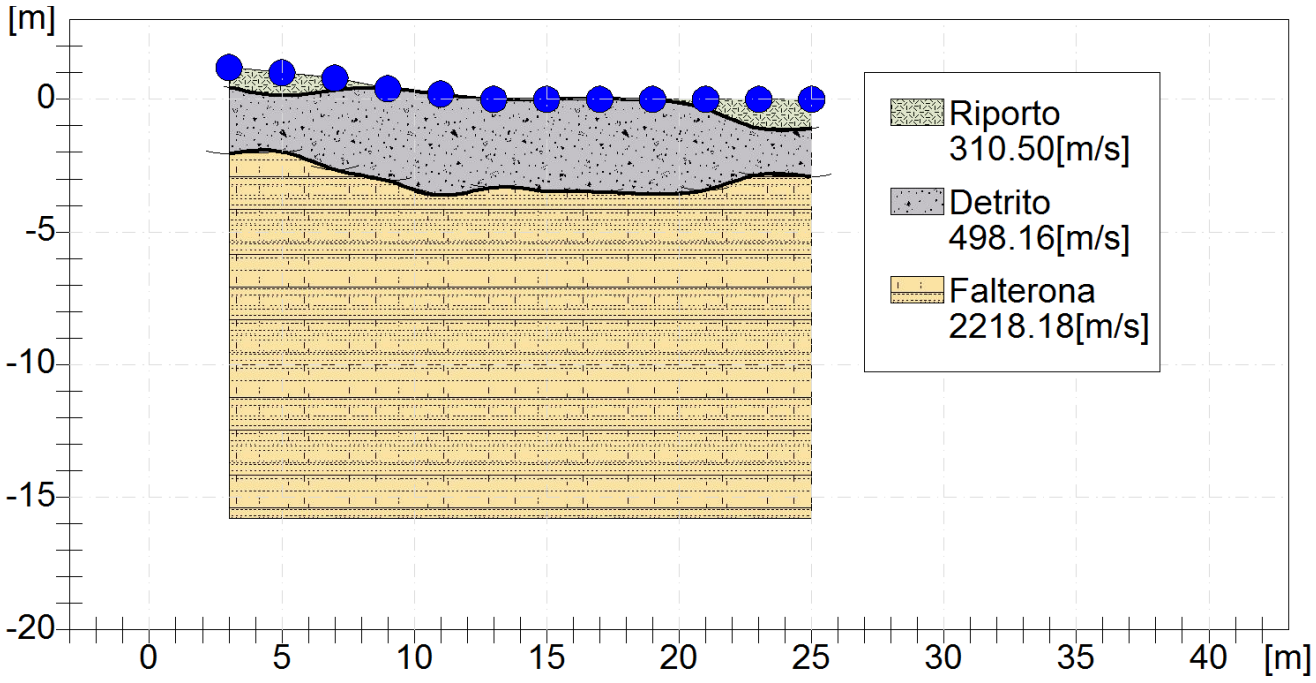
Nello stretto contesto edificatorio non sono presenti lineamenti tettonici o famiglie di faglie legate a tettonica recente e/o attiva (Fonte INGV).

La viabilità è formata da terreno vegetale poggiante su depositi formati da detrito litoide immerso in una matrice limosa per uno spessore medio di circa 3m, alla base sono presenti depositi torbiditici.



RILIEVO GEOLOGICO STRUTTURALE (giaciture)

SISMICA A RIFRAZIONE (sezione lungo strada)





MAPPA VELOCITÀ SISMICA

AFFIORAMENTI ALLA BASE DEL MURO









6 – CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE - IDRAULICHE

L'area di studio si trova all'interno del bacino imbrifero della Val di Chiana, che presenta un pattern di tipo dendritico ed è caratterizzato da valori di portata bassi, mentre le caratteristiche idrografiche della zona sono individuabili per la presenza di fossi/canali utilizzati per scopi agronomici e per regolarizzare il deflusso idrico dell'area. La densità di drenaggio risulta essere elevata a causa delle regimazioni idrauliche.

Nelle aree collinari sono presenti impluvi a carattere stagionale, che convogliano le acque meteoriche di ruscellamento verso l'area valliva.

L'ipotizzata circolazione idrica ipogea si sviluppa attraverso le formazioni litoidi, l'intensa fratturazione all'interno di queste formazioni genera un resevoir fratturato contenuto da barriere impermeabili generate da livelli siltitici o da sistemi di faglie distensive.

Nei pressi dell'area di progetto il sistema plicativo-tettonico ha generato una famiglia di faglie che regolano localmente il deflusso idrico del bacino idrogeologico, alterando la circolazione idrica profonda.

In prossimità dell'area la regimazione delle acque meteoriche è tenuta in PESSIMO stato di funzionalità e servizio, al fine di ottimizzare l'efficienza di smaltimento delle acque di corrivazione, evitando fenomeni di concentrazione di liquidi superficiali e l'innesco di fenomeni che potrebbero coinvolgere il fabbricato, si consiglia di ottimizzare il sistema di canalizzazione delle acque di corrivazione superficiale (canalette e/o fossi drenanti dall'adeguata sezione idraulica).

In particolare dovrà essere migliorata la regimazione delle acque meteoriche provenienti da monte che dovranno essere convogliate verso valle fino al vicino impluvio naturale.

Dovrà inoltre essere migliorata la regimazione idrica della viabilità in modo che non vada ad interagire con le opere di contenimento. L'opera di contenimento dovrà essere provvista di un adeguato drenaggio retromuro.

7 – VITA NOMINALE, CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO e TIPOLOGIA DI PROGETTO

Il progetto prevede il consolidamento di un muro di contenimento.

In considerazione del quadro litotecnico indagato e dal valore di carico ammissibile indicato, si CONSIGLIA di adottare scelte progettuali che mirino all'ottimizzazione dei carichi normali (Nc) al p.p.f.; ciò consentirà di contenere entro range ottimali i valori di cedimento assoluto, differenziale, di distorsione angolare e l'attivazione di problematiche ambientali/strutturali riconducibili all'edificabilità di progetto. Si raccomanda d'impostare il piano di posa fondale a diretto contatto con la roccia in posto.

La vita nominale di progetto Vn di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di Vn da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – *Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni*

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Tab. 2.4.II – *Valori del coefficiente d'uso* C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

TIPOLOGIA DI PROGETTO				
TIPO COSTRUZIONE	VITA NOMINALE	CLASSE D'USO	COEFF.CU	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA
2	50	II	1,0	50

8 – CATEGORIA DI SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

La valutazione dell'amplificazione stratigrafica può essere eseguita mediante la seguente tabella:

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_S e di C_C*

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per valutare l'amplificazione topografica e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite nel par.3.2.2 del NTC2018 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Preme precisare che la categoria di suolo è stata individuata mediante le indagini masw.

AZIONE SISMICA				
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA		CATEGORIA TOPOGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA
	Ss	Cc		
A	1,000	1,000	T2	1,2

9 – SISMICITÀ

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- Stato **Limite di Operatività** (**SLO**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- Stato **Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli **stati limite ultimi** (**SLU**) comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- Stato Limite di **prevenzione del Collasso** (**SLC**): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Tab. 3.2.I – *Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato*

Stati Limite		P_{V_R}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

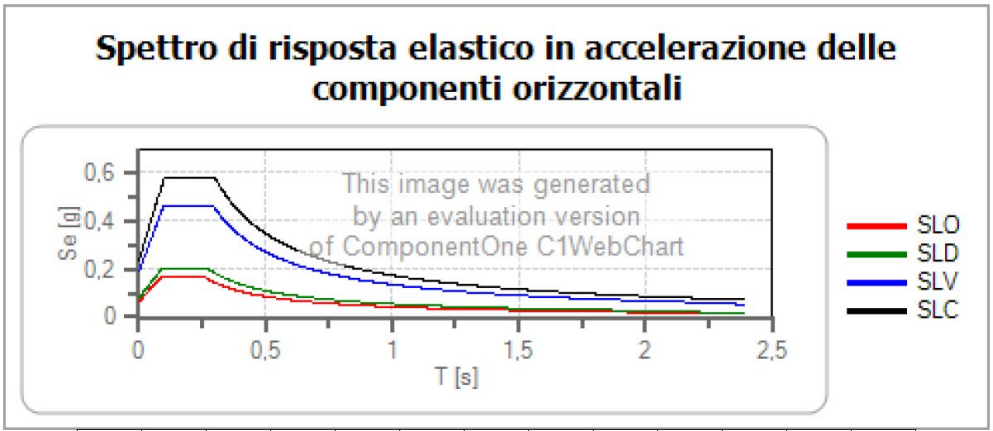
PARAMETRI SISMICI					
SITO IN ESAME (ED50)		**CELLA DI RIFERIMENTO**			
latitudine:	43,276344	Sito 1 ID: 22289	Lat: 43,2751	Lon: 11,9793	Distanza: 1131,131
longitudine:	11,993172	Sito 2 ID: 22290	Lat: 43,2759	Lon: 12,0480	Distanza: 4436,475
Classe:	2	Sito 3 ID: 22068	Lat: 43,3259	Lon: 12,0468	Distanza: 7016,596
Vita nominale:	50	Sito 4 ID: 22067	Lat: 43,3251	Lon: 11,9781	Distanza: 5553,298

PARAMETRI SISMICI			**COEFFICIENTI SISMICI**	
Categoria sottosuolo: A Categoria topografica: T2 Periodo di riferimento: 50anni Coefficiente cu: 1				
Operatività (SLO):			SLO:	
Probabilità di superamento:	81	%	Ss:	1,000
Tr:	30	[anni]	Cc:	1,000
ag:	0,054 g		St:	1,200
Fo:	2,521		Kh:	0,013
Tc*:	0,261	[s]	Kv:	0,007
			Amax:	0,641
			Beta:	0,200
Danno (SLD):			SLD:	
Probabilità di superamento:	63	%	Ss:	1,000
Tr:	50	[anni]	Cc:	1,000
ag:	0,067 g		St:	1,200
Fo:	2,529		Kh:	0,016
Tc*:	0,272	[s]	Kv:	0,008
			Amax:	0,785
			Beta:	0,200
Salvaguardia della vita (SLV):			SLV:	
Probabilità di superamento:	10	%	Ss:	1,000
Tr:	475	[anni]	Cc:	1,000
ag:	0,158 g		St:	1,200
Fo:	2,453		Kh:	0,051
Tc*:	0,292	[s]	Kv:	0,026
			Amax:	1,856
			Beta:	0,270
Prevenzione dal collasso (SLC):			SLC:	
Probabilità di superamento:	5	%	Ss:	1,000
Tr:	975	[anni]	Cc:	1,000
ag:	0,197 g		St:	1,200
Fo:	2,455		Kh:	0,064
Tc*:	0,300	[s]	Kv:	0,032
			Amax:	2,318
			Beta:	0,270

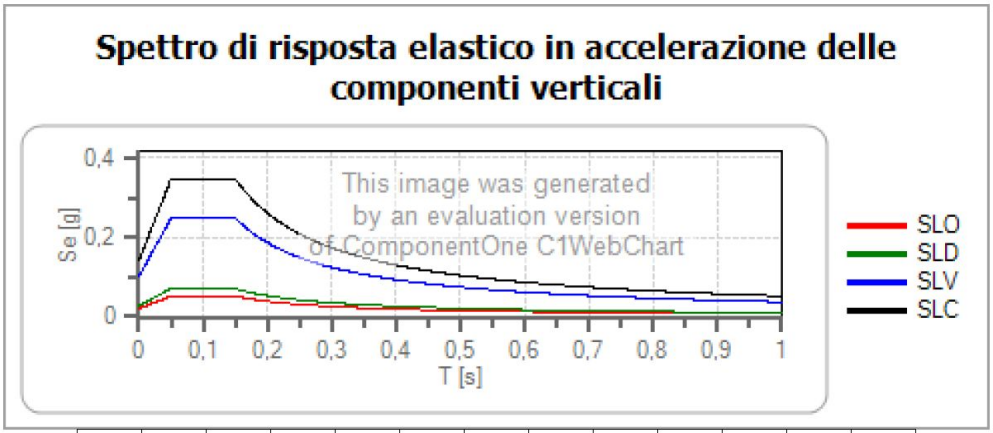
10 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali
Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

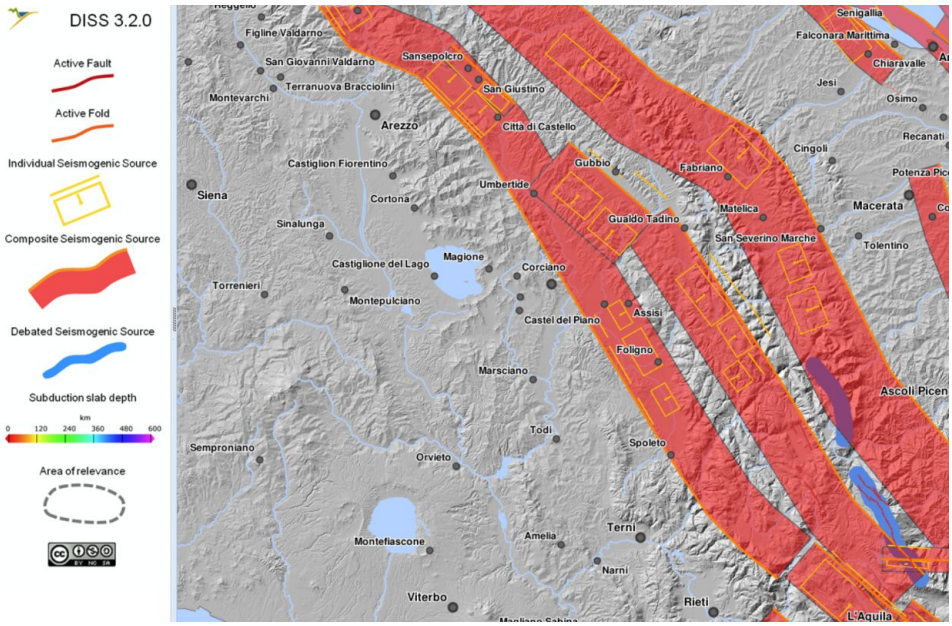


	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,054	2,521	0,261	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,087	0,261	1,818
SLD	1	0,067	2,529	0,272	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,091	0,272	1,867
SLV	1	0,158	2,453	0,292	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,097	0,292	2,231
SLC	1	0,197	2,455	0,300	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,100	0,300	2,388



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,054	2,521	0,261	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,067	2,529	0,272	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,158	2,453	0,292	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,197	2,455	0,300	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000

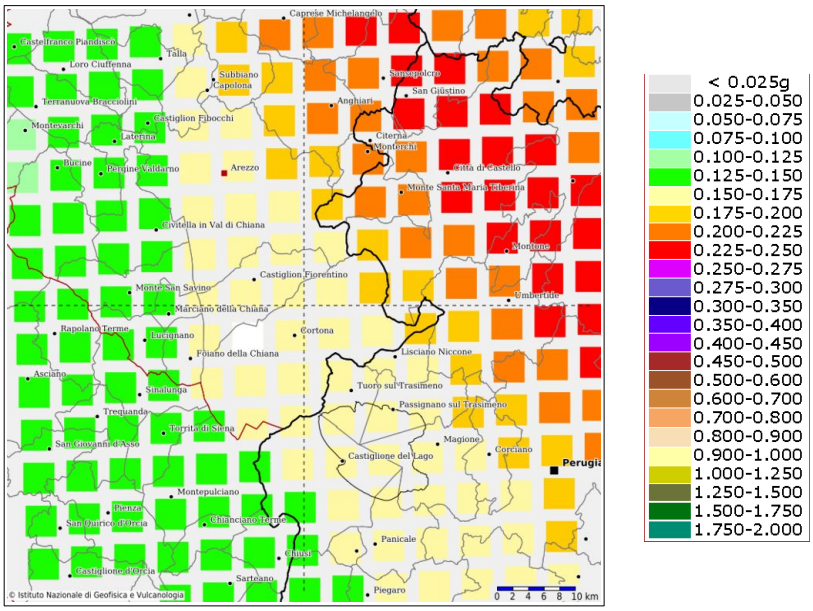
11 – CARATTERIZZAZIONE SISMICA – SISTEMI TETTONICI ATTIVI

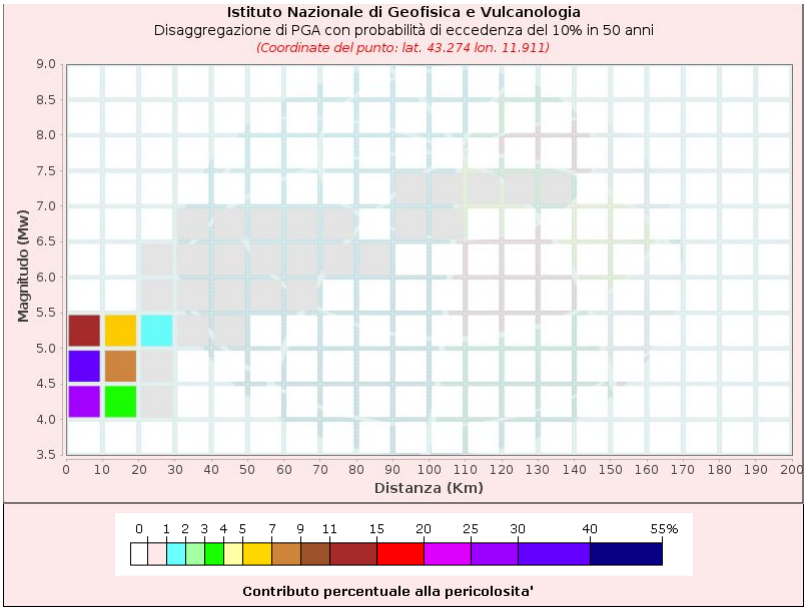


In base alle informazioni geologico-strutturali fornite dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, l'area di progetto non è direttamente interessata da sistemi tettonici attivi.

12 – SISMICITÀ STORICA

Come richiesto al punto 3.2 delle NTC2018 siamo a definire la pericolosità sismica storica dell'area, la seguente valutazione si basa sulle informazioni fornite dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.274 lon. 11.911)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	27.9000	36.5000	12.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.8100	8.5400	5.2400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0019	0.4630	1.2700	0.7600	0.6760	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.1840	0.7150	0.8460	0.0075	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.1690	0.4240	0.0112	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.1740	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0521	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0093	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0058	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0164	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0073	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.76	7.93	1.05

Per l'area in esame il valore medio di magnitudo attesa è pari 4,760.

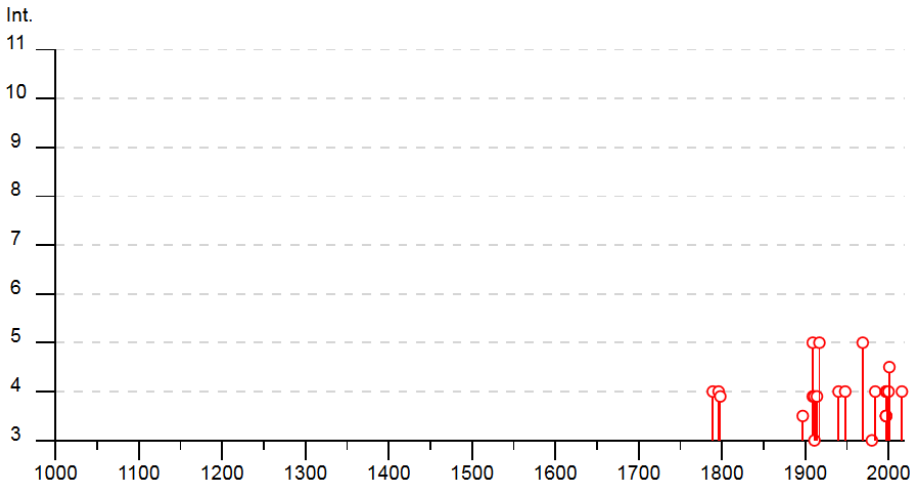
Siamo inoltre ad elencare gli eventi sismici con magnitudo maggiore avvenuti in prossimità dell'area di studio, al fine di verificare la massima magnitudo attesa sul sito.

Storia sismica di Cortona

[43.275, 11.986]

ELEBORAZIONE ESEGUITA MEDIANTE DATABASE INGV DBMI15

Effetti		In occasione del terremoto del			
Int.	***Anno Me Gi Ho Mi Se***	***Area epicentrale***	***NMDP***	***Io***	***Mw***
4	1789 09 30 10	Alta Valtiberina	73	9	5.89
4	1796 02 05 02	Aretino	9	7	4.96
F	1798 05 26	Senese	15	6-7	4.85
NF	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96
NF	1897 11 15 23 52	Val d'Orcia	26	5	4.10
3-4	1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
NF	1908 11 07 15 23	Val di Chiana	17	5	4.25
F	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
3	1911 02 19 07 18 3	Forlivese	181	7	5.26
F	1911 09 13 22 29 0	Chianti	115	7	5.08
F	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
NF	1915 03 26 23 37	Perugino	40	6	4.55
5	1917 04 26 09 35 5	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
NF	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	67	7-8	5.36
2	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
4	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	106	7-8	5.29
4	1948 06 13 06 33 3	Alta Valtiberina	142	7	5.04
5	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7	4.70
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1993 01 17 10 51 2	Alta Valtiberina	76	5	4.26
NF	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
4	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3-4	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
3-4	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
3-4	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
2	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4	2000 06 22 12 16 3	Bacino di Gubbio	107	5	4.47
4-5	2001 11 26 00 56 5	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
NF	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21
4	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61



13 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA A FINI SISMICI

Come richiesto al punto 7.11.2 delle NTC2018 siamo a specificare il comportamento geotecnico a fini sismici.

In caso di sisma i terreni di progetto sono da considerarsi litoidi con eventuali fenomeni di cedimento differenziale per fondazioni superficiali in roccia molto fratturata.

14 – STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

In considerazione delle caratteristiche gemoccaniche e granulometriche delle litologie torbiditiche presenti la verifica a liquefazione può essere omessa.

INDICAZIONI GEOTECNICHE

15 – PREMESSA

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito comprende la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini sono finalizzate alla ricostruzione del modello geologico.

Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Il valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito.

I valori geotecnici forniti e le indagini eseguite dovranno essere validate dal progettista geotecnico, il quale ai sensi delle NTC2018 risulta il responsabile della loro ottemperanza e completezza al progetto definitivo; il sottoscritto rimane a disposizione del progettista per eventuali ulteriori indagini geotecniche.

16 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA - VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati raccolti attraverso la campagna geognostica, ha permesso di stimare i parametri del terreno utili ai fini del calcolo strutturale per le opere di fondazione.

Il litotipo ipotizzato per l'imposta fondale (P.P.F.) è di qualità geomeccanica MEDIO-ALTA, correlabile per proprietà litologiche a *Torbiditi*, il comportamento geotecnico è di natura litoide/granulare (condizione drenata).

I valori geotecnici correlati dalle indagini sismiche sono stati ricavati mediante le correlazioni proposte da Uzielli et al. (2013) e Mayne (2014) per l'angolo di attrito interno, la coesione non drenata da Levesques et al (2007) e il modulo edometrico da Mayne (2002).

ELABORAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI

PARAMETRI GEOTECNICI CORRELATI					
LIVELLO	INDAGINE	1	2	3	4
Vs (m/sec)	SISM	152	420	475	655
Vs_1 (m/sec)	SISM	157,73	300	324,28	397,36
PESO DI VOLUME γ (Kg/m^3)	SISM	1540	1985	2047	2218
ANGOLO D'ATTRITO INTERNO Ø (°)	SISM	23,55	35,37	37,04	41,69
COESIONE EFFICACE **C'** (Kg/cm^2)	SISM	---	---	---	---
RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA **Cu** (Kg/cm^2)	SISM	0,31	0,86	0,97	1,34
MODULO EDOMETRICO **Mv** (Kg/cm^2)	SISM	24,59	117,29	141,71	232,21
SPESSORE **H** (m)	SISM	1	1,1	1	1,9
PROFONDITÀ **P** (m)	SISM	1	2,1	3,1	5

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI				
LIVELLO	1	2	3	4
PESO DI VOLUME γ_K (Kg/m^3)	1540	1900	2050	2200
ANGOLO D'ATTRITO INTERNO $Ø_K$ (°)	23	30	36	40
COESIONE EFFICACE C'_K (Kg/cm^2)	---	---	---	---
RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA Cu_K (Kg/cm^2)	---	---	---	---
MODULO EDOMETRICO Mv_K (Kg/cm^2)	24	60	120	200
SPESSORE H (m)	1,0	1,1	1,0	1,9
PROFONDITÀ P (m)	1	2,1	3,1	5

QUOTA DI RIFERIMENTO ATTUALE PIANO CAMPAGNA – TESTA MURO,si suppone che il muro verrà attestato a diretto contatto con il livello 3



AFFIORAMENTO NELL'AREA DI STUDIO





17 - VERIFICA DI STABILITA'

La seguente verifica è stata eseguita in una sezione fornita dall'Ing. Marchetti Maurizio passante per la massima pendenza, il modello di analisi prende in considerazione lo stato modificato, di seguito è proposta una sintesi di calcolo dove è indicato il cerchio con fattore di sicurezza più basso.

Il presente studio è volto alla verifica della stabilità globale, ulteriori verifiche sulle opere d'intervento (muri, palificate, tiranti...) quali il ribaltamento, lo scivolamento e la rottura generale sono di competenza esclusiva del progettista delle strutture.

DEFINIZIONE

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI STABILITÀ

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

VERIFICA DI STABILITA' – N.T.C. 2018

In base a quanto indicato nelle NTC 2008 le verifiche di stabilità dei pendii naturali devono rispettare la condizione di S.L.U.:

$$Ed \leq Rd$$

Dove:

Rd: forze resistenti

Ed: forze destabilizzanti

Il paragrafo 6.4.2.1 delle N.T.C. indica che la verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'**Approccio 1- Combinazione 2: (A2+M2+R2)** tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali.

Tab. 6.8.I - *Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo*

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

METODO DEI CONCI

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n, il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali Ni agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio Ti

(n-1) forze normali Ei agenti sull'interfaccia dei conci;

(n-1) forze tangenziali Xi agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle Ei;

(n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle Xi;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F.

Complessivamente le incognite sono (6n-2).

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni 4n

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :
i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a (n-2) in quando si fa l'assunzione che Ni sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

METODO DI JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \dfrac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

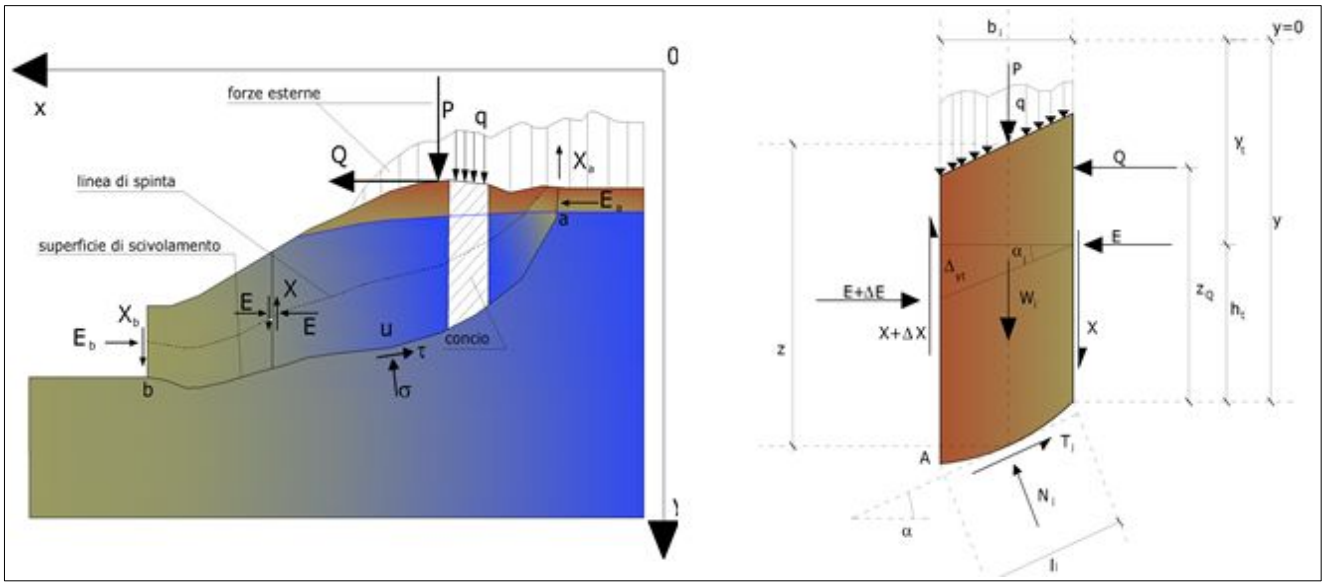
Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

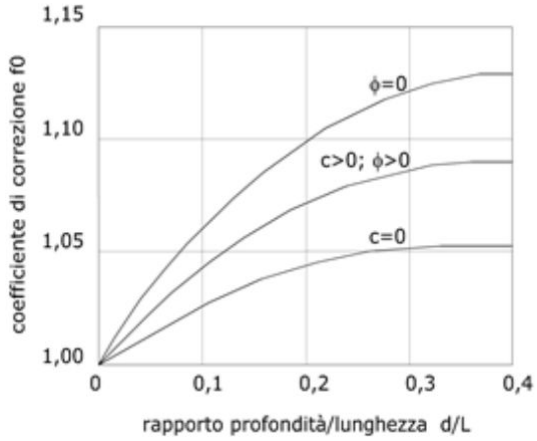
$$F_{corretto} = f_o F$$

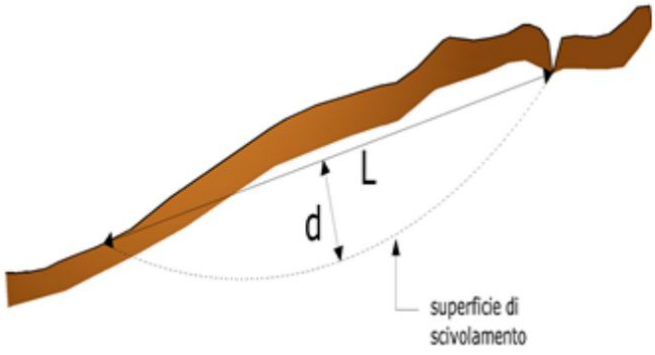
dove f_O è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



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





VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_x W$$
$$F_V = K_y W$$

Essendo:
F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
K_o: Coefficiente sismico orizzontale
K_V: Coefficiente sismico verticale.

RICERCA DELLA SUPERFICIE DI SCORRIMENTO CRITICA

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia mxn e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

VERIFICA STATO MODIFICATO

Analisi di stabilità dei pendii con : JANBU (1967)

Lat./Long.	43.275381/11.992214 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	99.59 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	108.4 m
Ascissa vertice destro superiore xs	112.69 m
Ordinata vertice destro superiore ys	118.54 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.521	0.261
S.L.D.	50.0	0.657	2.529	0.272
S.L.V.	475.0	1.549	2.453	0.292
S.L.C.	975.0	1.932	2.455	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.636	0.2	0.013	0.0065
S.L.D.	0.7884	0.2	0.0161	0.008
S.L.V.	1.8588	0.27	0.0512	0.0256
S.L.C.	2.3184	0.27	0.0638	0.0319

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.051
Coefficiente azione sismica verticale	0.026

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	101.78	100.76
2	103.16	100.77
3	103.81	101.69
4	106.96	101.67
5	106.98	101.95
6	107.3	103.93
7	111.33	103.93
8	111.33	107.93
9	111.35	106.38
10	115.03	106.39

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	101.78	100.16
2	102.7	100.34
3	103.61	100.62
4	104.22	100.92
5	105.44	101.44
6	106.03	101.63
7	107.0	101.63
8	107.23	104.62
9	107.97	104.64
10	109.32	104.65
11	110.19	104.71
12	110.93	104.85
13	111.16	105.52
14	112.71	105.54
15	115.03	105.64

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	101.78	99.67
2	102.42	99.74
3	104.23	100.19
4	105.13	100.94
5	106.11	101.65
6	106.81	101.65
7	107.28	101.68
8	108.13	101.79
9	109.63	102.59
10	110.84	103.29
11	111.43	103.73
12	113.58	104.7
13	115.03	104.96

Coefficienti parziali azioni

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia
1			23	1540	1640	vegetale
2			30	1900	2000	riporto + detrito
3			36	2100	2200	falterona

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m³)
1	107.3	101.95	0.95	0.25	2.7	0.3	0.3	2300
2	111.33	103.93	0	0	4	0.3	0.4	2100

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kgm)
1	108.167	104.6616	0	500	0

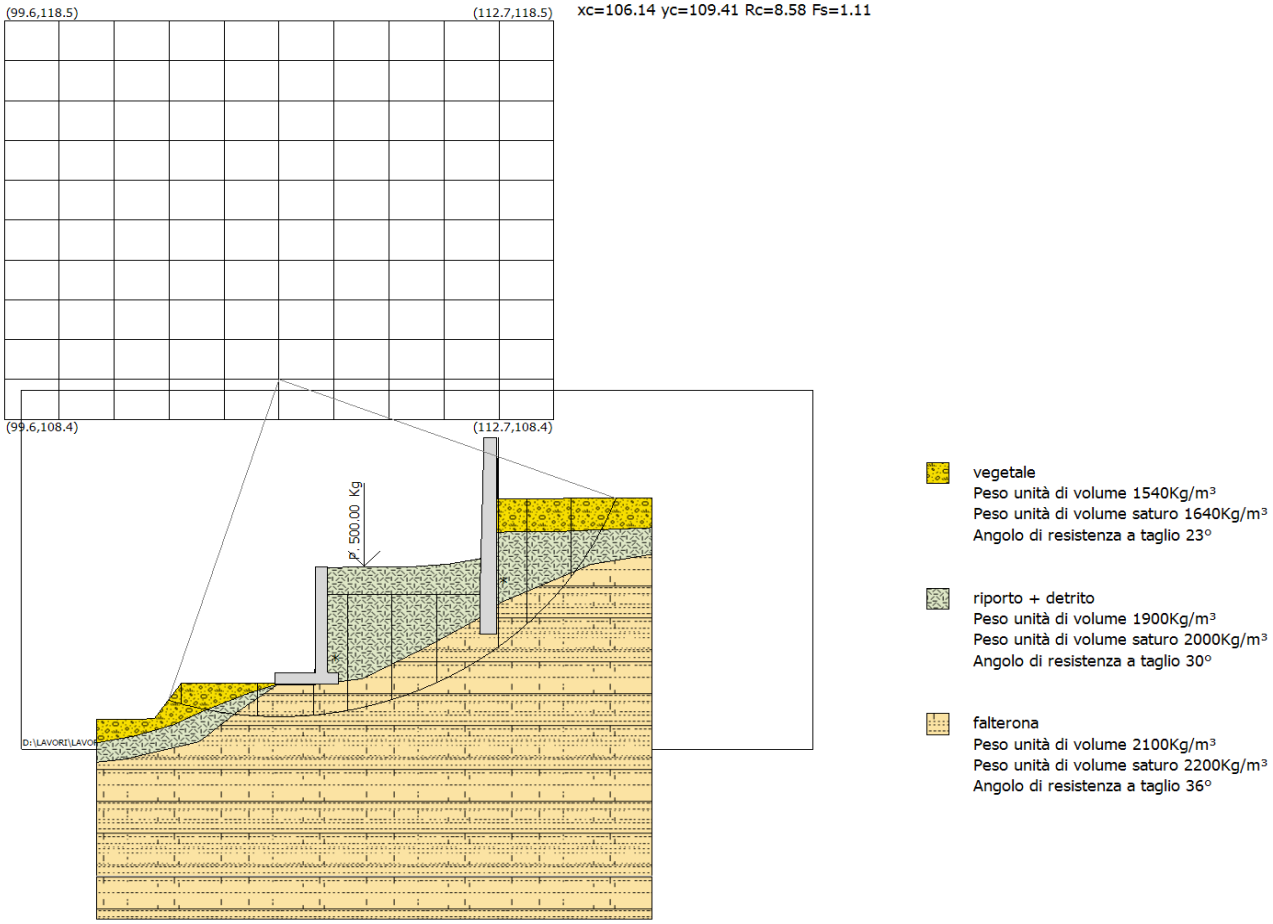
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.11
Ascissa centro superficie	106.14 m
Ordinata centro superficie	109.41 m
Raggio superficie	8.58 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 106.139 yc = 109.413 Rc = 8.584 Fs=1.115

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.31	-16.9	0.3	129.45	6.6	3.37	0.0	18.8	0.0	146.6	38.9
2	1.82	-9.6	1.8	2181.4	111.25	56.72	0.0	24.8	0.0	2348.7	822.2
3	1.32	1.0	1.3	2312.73	117.95	60.13	0.0	30.2	0.0	2294.9	997.1
4	0.81	8.2	0.8	7867.15	401.22	204.55	0.0	30.2	0.0	7480.2	3282.8
5	1.07	14.6	1.1	6672.12	340.28	173.48	0.0	30.2	0.0	6193.7	2780.4
6	1.07	22.2	1.2	5503.35	280.67	143.09	0.0	30.2	0.0	5049.0	2368.1
7	1.48	31.8	1.7	9681.78	493.77	251.73	0.0	30.2	0.0	8974.7	4587.1
8	0.66	40.5	0.9	4314.14	220.02	112.17	0.0	30.2	0.0	4138.3	2364.1
9	1.07	48.8	1.6	5169.43	263.64	134.41	0.0	30.2	0.0	5246.0	3460.7
10	1.07	61.8	2.3	2021.01	103.07	52.55	0.0	24.8	0.0	2601.6	1900.1



18 - TERRE E ROCCE DA SCAVO

In riferimento a quanto previsto dall'art.185 del D.L. 152/2006, siamo a specificare quanto segue:

TERRE E ROCCE DA SCAVO	
TIPOLOGIA	Formazione del Falterona
NATURA E QUALITÀ DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	Depositi detritici
CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	Depositi detritici
CARATTERIZZAZIONE CHIMICA	Obbligatoria D.P.R. n.120/2017
CAMPIONAMENTO	Non eseguito
CARATTERISTICHE DEL SITO	Sito posto in prossimità di viabilità
PRESUNTA CONTAMINAZIONE	Ipotizzata l'assenza di contaminazione
IDONEITÀ ALL'UTILIZZO IN AREA ESTERNA	---
UTILIZZO	Riutilizzo in sito
QUANTITÀ UTILIZZATA	Utilizzo INTEGRALE
TRATTAMENTI NECESSARI	Nessuno
POSSIBILI RISCHI SANITARI	Improbabili

19 – CONCLUSIONI

CONCLUSIONI RELAZIONE GEOLOGICA	
MODELLO GEOLOGICO	Formazione del Monte Falterona
DISSESTI GEOMORFOLOGICI	Non sono presenti gravi lineamenti di dissesto geomorfologico attivo e/o quiescente
MODELLO GEOLOGICO-STRUTTURALE	Non sono presenti lineamenti tettonici e/o strutture sepolte legate a tettonica attiva
FALDA	Falda non rilevata nei primi 10m dal p.c.
PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	Media G.2
PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA PAI	PF1
PERICOLOSITÀ IDRAULICA	Bassa I.1
PERICOLOSITÀ SISMICA	Media S.2
Sulla base delle informazioni raccolte si può asserire che non esistono controindicazioni alla realizzazione delle opere in oggetto.	

CONCLUSIONI RELAZIONE SISMICA					
Vs,eq (m/sec)	**CLASSE DI SOTTOSUOLO**	**CATEGORIA TOPOGRAFICA**	**AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA**		**FREQUENZE DI SITO (Hz)**
			Ss	**Cc**	
860	**A**	**T2**	**1,000**	**1,000**	**---**

INDICAZIONI GEOTECNICHE
La modellazione geologica e sismica ha evidenziato la presenza in prossimità dell'attuale viabilità di depositi detritici appoggiati sulla formazione del Monte Falterona. **La verifica di stabilità indica la necessità di realizzare un muro di contenimento a valle della viabilità al fine di contenere il dissesto morfologico osservato.**
Nel caso durante i lavori si riscontrassero situazioni anomale o comunque non previste nel presente elaborato sarà necessaria una nuova visione dell'area per suggerire gli interventi appropriati.

PRESCRIZIONI

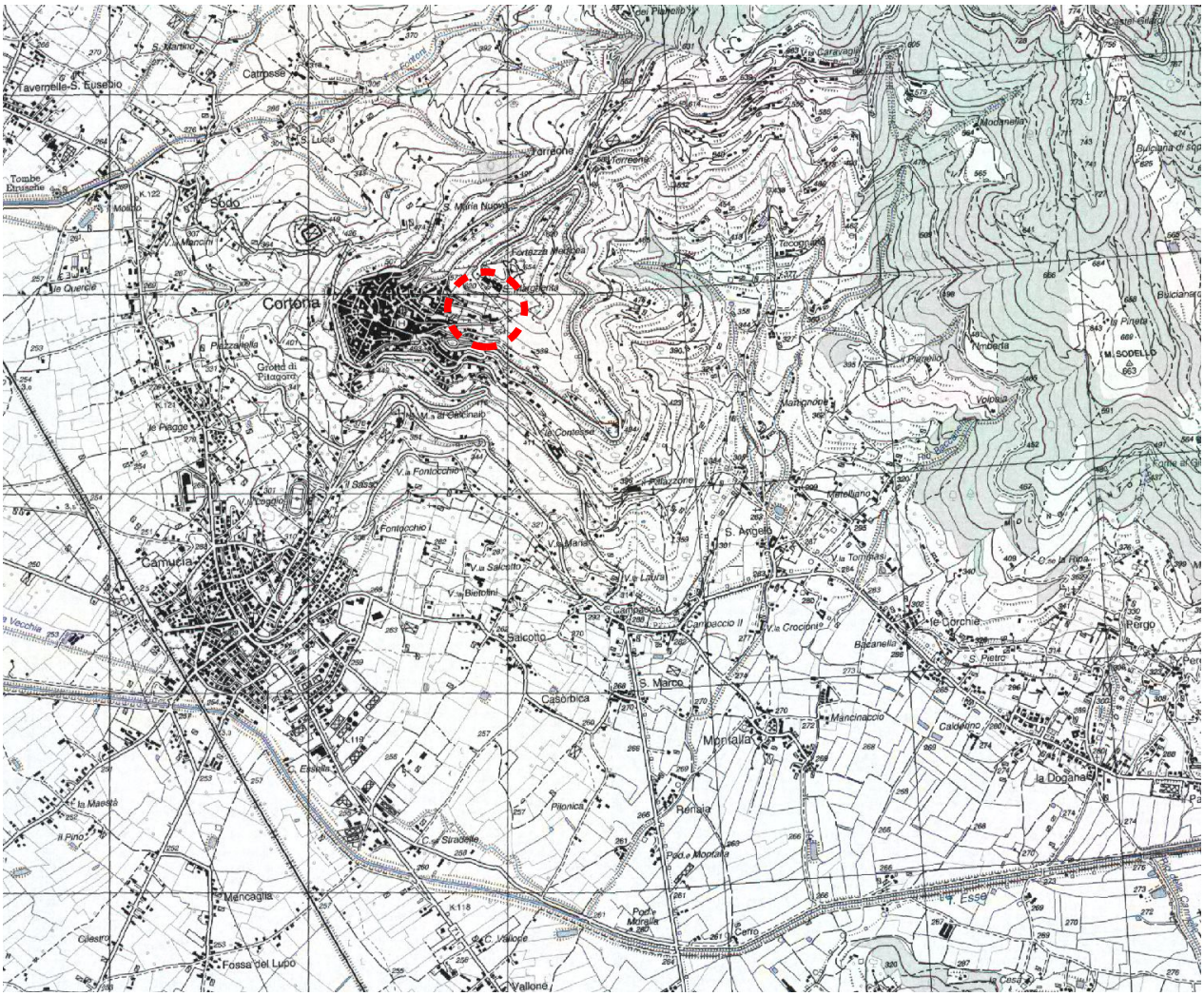
In fase esecutiva il **Direttore Lavori** dovrà:

1. **verificare** il rinvenimento dell'effettiva quota del livello litologico individuato per la posa della fondazione e la sua omogeneità laterale, al fine d'appurare la corrispondenza delle indicazioni geotecniche progettuali con le proprietà in situ;
2. **verificare** che la quota del piano di posa di fondazione non sia interessata da possibili circolazioni di fluidi e/o flange capillari, da cui conseguirebbero inevitabili scadimenti delle caratteristiche geotecniche-geomeccaniche dei terreni fondali.
3. **predisporre** tutte le misure/opere necessarie per limitare l'infiltrazione dei fluidi verso le opere fondali, al fine di limitare l'imbibizione dei terreni e l'incremento di pressioni neutre/totale sulle superfici fondali e/o muri.
4. **Verificare** che il piano di posa fondale del muro di contenimento sia attestato a diretto contatto con le litologie litoidi.
5. **Verificare** che sia realizzato un adeguato drenaggio retro-muro.
6. Prestare attenzione ad eseguire uno scavo che non destabilizzi l'attuale equilibrio del muro di monte.
7. Predisporre opere e tecniche di scavo volte a contenere il terreno di riporto di monte durante le fasi esecutive.

ALLEGATI

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

TAVOLA: Inquadramento generale IGM		Scala ---
TAV. I	Committente: COMUNE DI CORTONA	
Base Cartografica: Tavoletta IGM		Scala originale 1:25.000

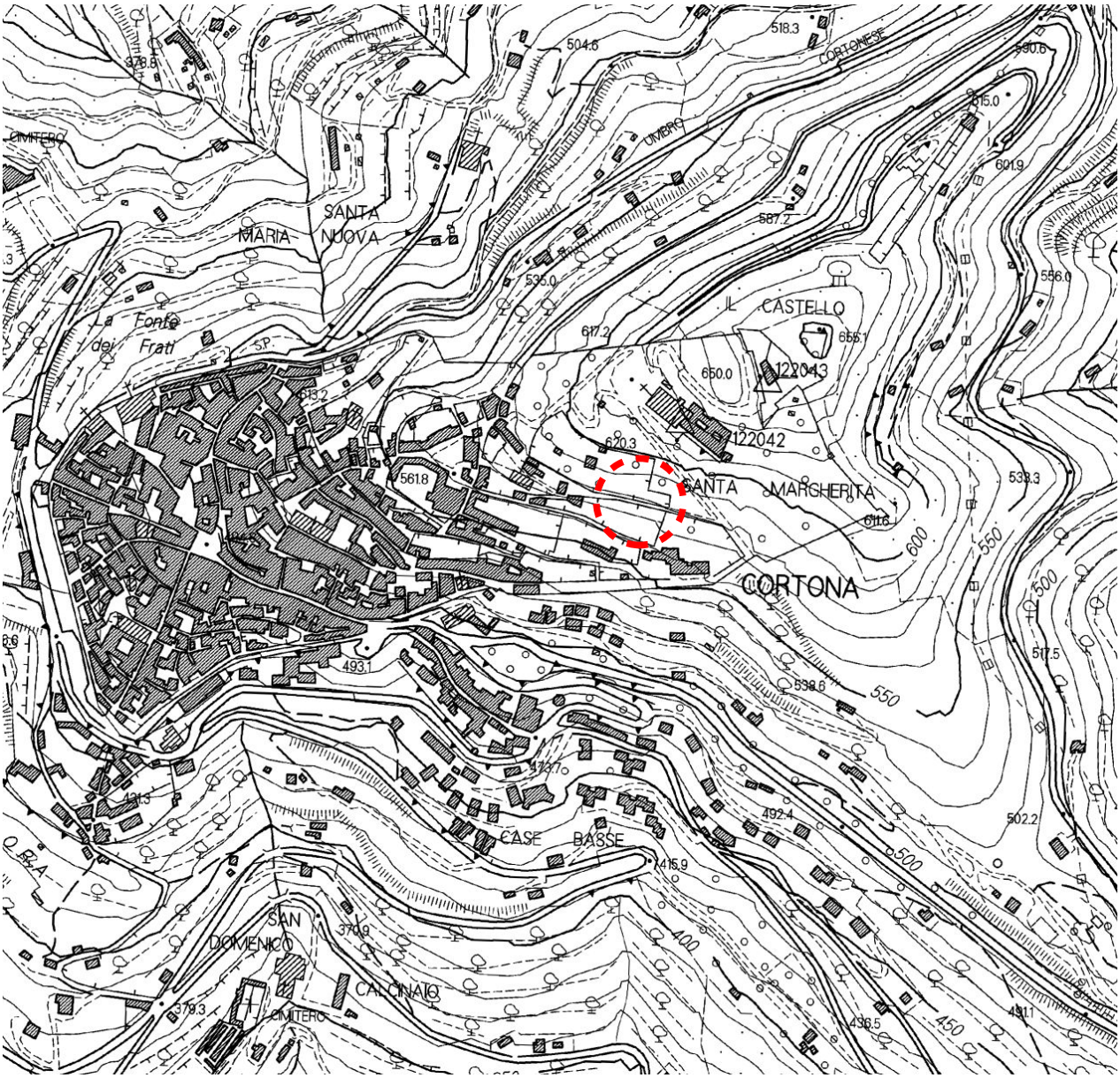


Legenda:

Area di studio

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

TAVOLA: Inquadramento generale CTR		Scala ---
TAV. II	Committente: COMUNE DI CORTONA	
Base Cartografica: CTR 299090		Scala originale 1:10.000



Legenda:

Area di studio

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

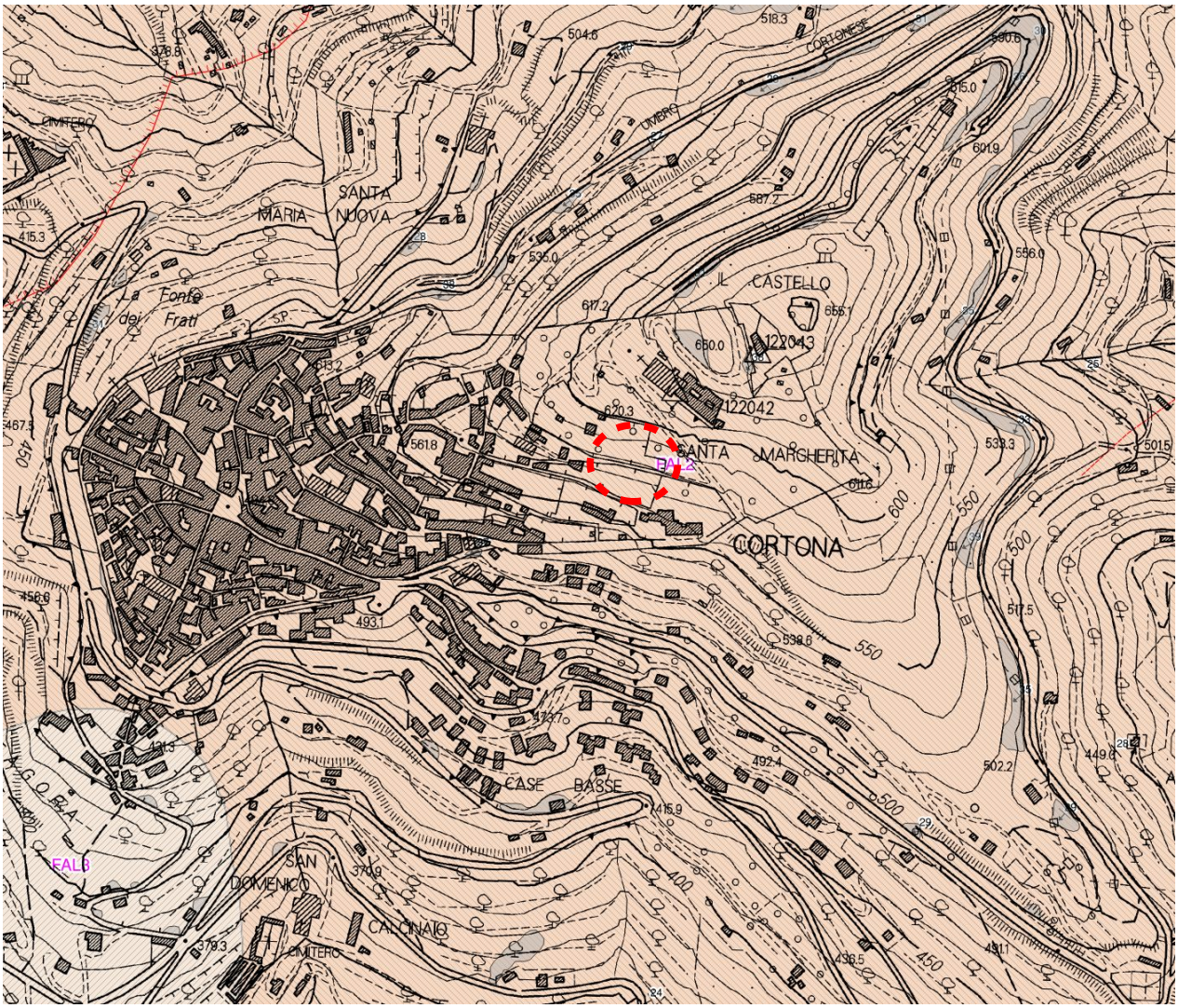
TAVOLA: Carta geologica

Scala ---

TAV. III | **Committente: COMUNE DI CORTONA**

Base Cartografica: Carta geologica della Regione Toscana

Scala originale 1:10.000



Legenda:

Area di studio

CEV *nota*[a] — **FAL**

5
4b
4
3c
3b
3a
3
2
1
1a

ARENARIE DI M. FALTERONA
Arenarie torbiditiche silicoclastiche in strati spessi. *(Arenarie di Pratomagno)*
Membro di Fosso delle Valli (FAL5).
Marne di Galiga, siltiti e arenarie (FAL4a).
Membro di Lonnano, siltiti e arenarie (FAL4).
Litofacies siltoso-arenacea (FAL3c).
Litofacies marnosa (FAL3b).
Litofacies argillitica (FAL3a).
Membro di Montalto: membro arenaceo pelitico (FAL3).
Membro di Camaldoli (FAL2).
Membro di Montefalco: arenarie grigie in strati spessi in banchi amalgamati talora a base microconglomeratica (FAL1).
Olistostromi di materiale proveniente dalle unità liguri (FALa).
Aquitaniano-Burdigaliano.

DOTT. NICOLA D'UBALDO GEOLOGO	**TAVOLA: Ubicazione indagini geognostiche**	**Scala ---**
	TAV. IV — **Committente: COMUNE DI CORTONA**	
	Base Cartografica: NCT CORTONA (AR) - Foglio 362	**Scala originale ---**



Legenda:

Area di studio

MS Sismica MASW

RIL Rilevamento geologico in affioramento

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

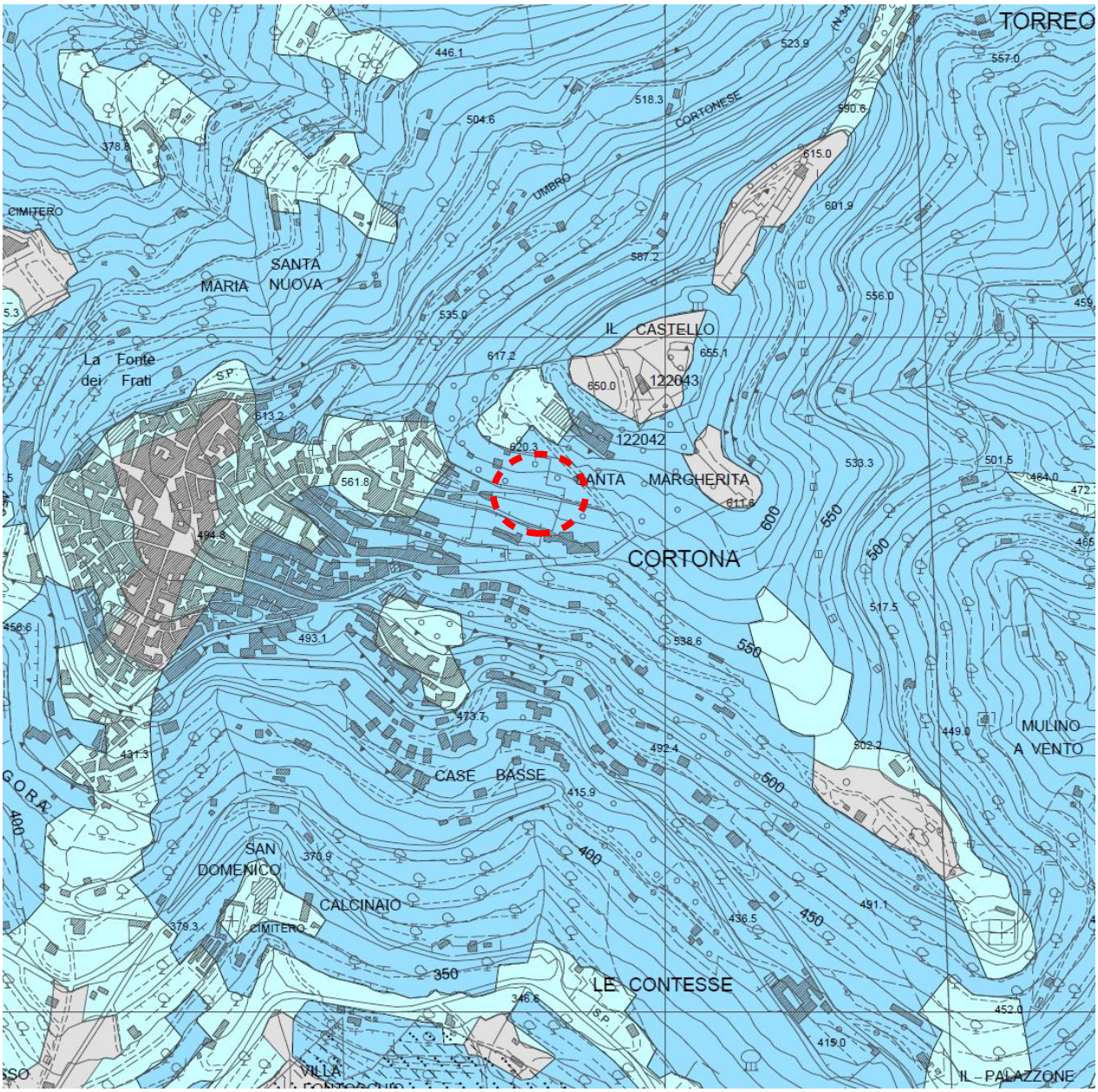
TAVOLA: Carta Pericolosità Geomorfologica

Scala ---

TAV. V | **Committente: COMUNE DI CORTONA**

Base Cartografica: Piano Strutturale

Scala originale ---



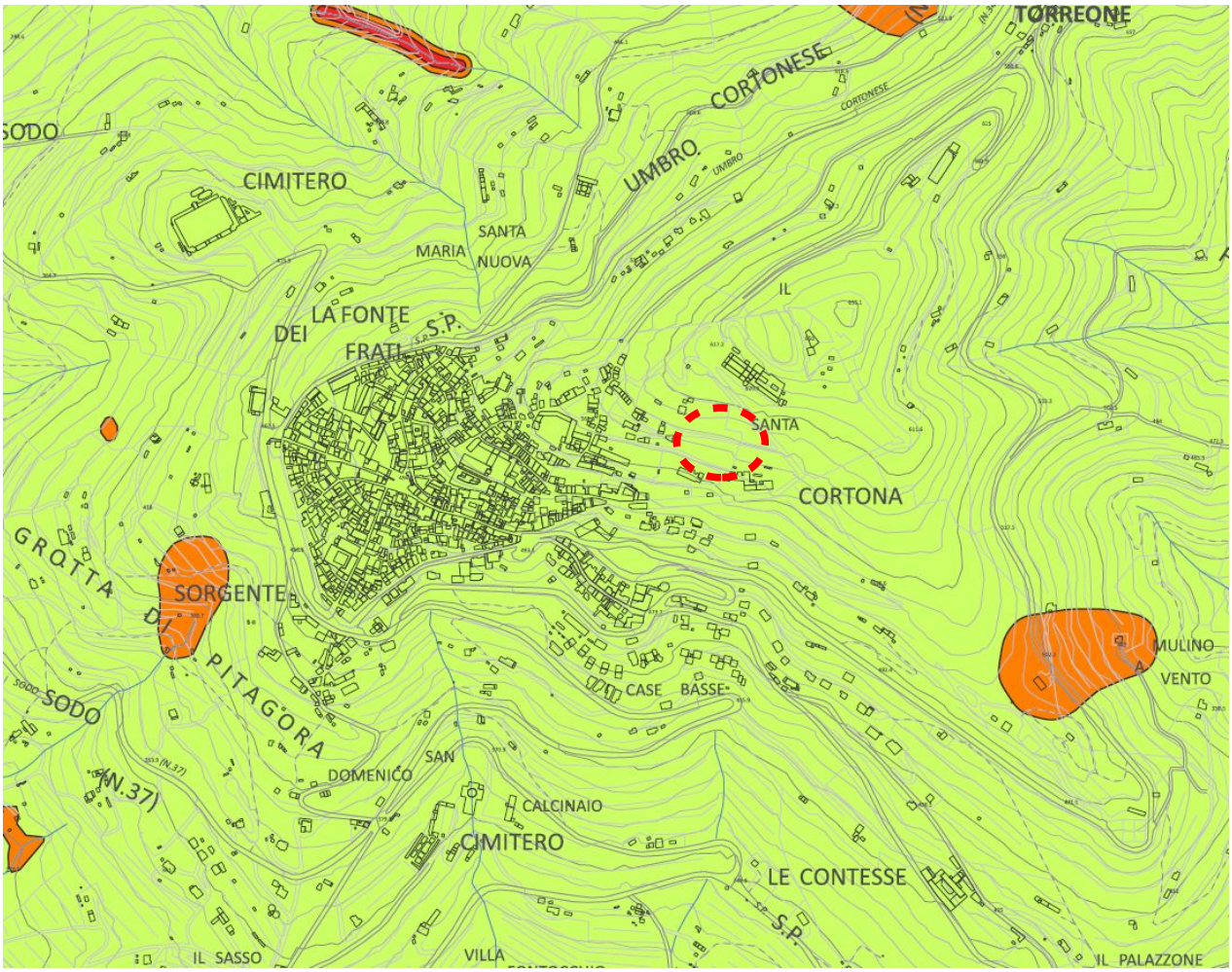
Legenda:

Area di studio

Pericolosità Geologica

- G.4 Pericolosità geologica molto elevata
- G.3 Pericolosità geologica elevata
- G.2 Pericolosità geologica media
- G.1 Pericolosità geologica bassa

DOTT. NICOLA D'UBALDO GEOLOGO	**TAVOLA: Carta Pericolosità Geologica**	**Scala ---**
	TAV. V — **Committente: COMUNE DI CORTONA**	
	Base Cartografica: Piano Strutturale Intercomunale	**Scala originale ---**



Legenda:

Area di studio

AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA

G.4 - Pericolosità geologica molto elevata
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione
ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo

G.3 - Pericolosità geologica elevata
Aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione;
aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività,
a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di
microdinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico;
aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni
con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze
superiori a 15 gradi

G.2 - Pericolosità geologica media
Aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici,
litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto;
corpi detritici su versanti inferiori a 15 gradi

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

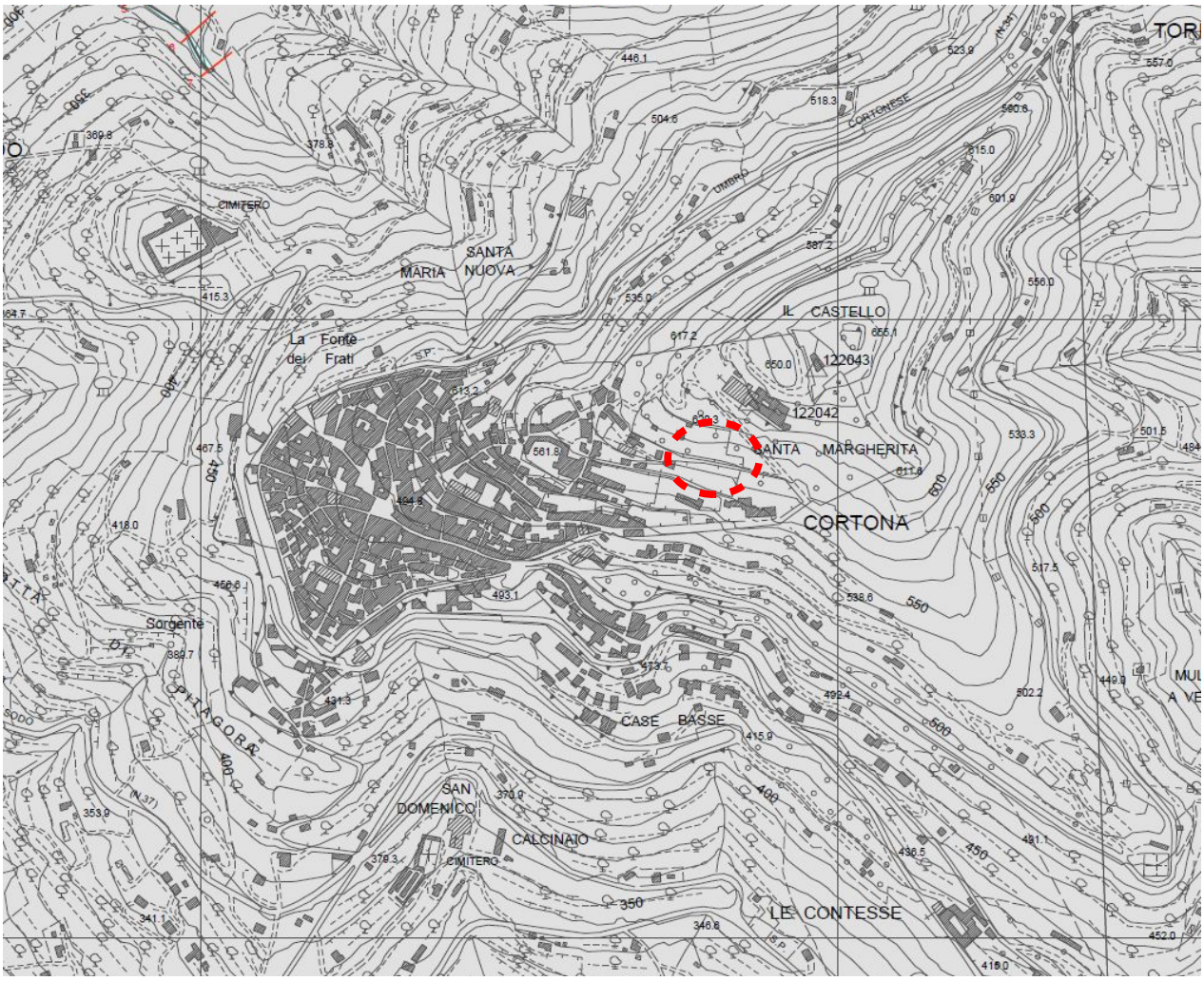
TAVOLA: Carta Pericolosità Idraulica

Scala ---

TAV. VI | **Committente: COMUNE DI CORTONA**

Base Cartografica: Piano Strutturale

Scala originale ---



Legenda:

Area di studio

Perimetrazione individuata a seguito degli studi idrologico - idraulici

- I.4 Pericolosità idraulica molto elevata
- I.3 Pericolosità Idraulica elevata
- I.2 Pericolosità Idraulica media
- sezioni indagate

Perimetrazione individuata su base storico - inventariale

- I.4 Pericolosità idraulica molto elevata
- I.3 Pericolosità Idraulica elevata
- I.2 Pericolosità Idraulica media
- I.1 Pericolosità idraulica bassa

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

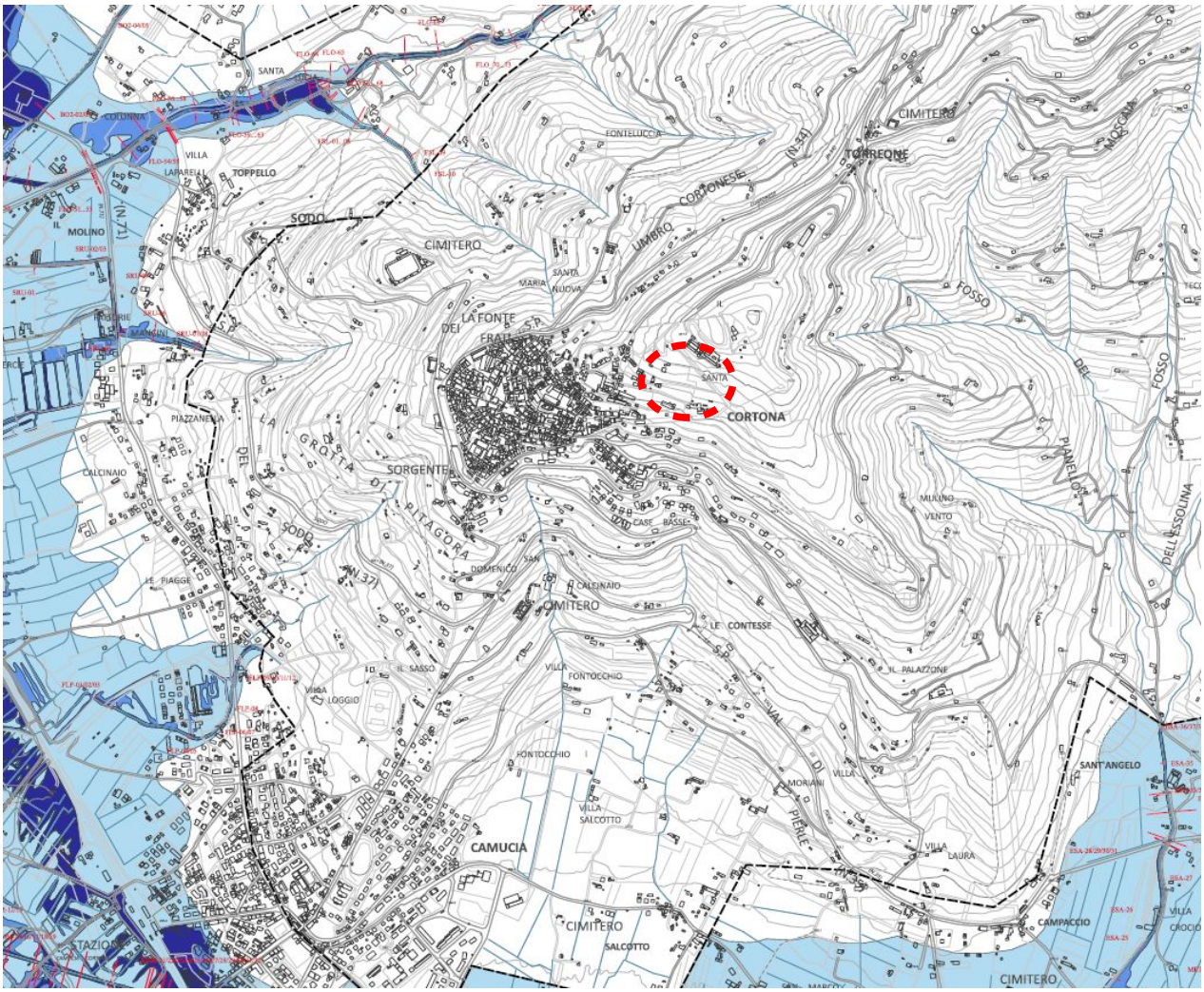
TAVOLA: Carta Pericolosità Idraulica

Scala ---

TAV. VI | **Committente: COMUNE DI CORTONA**

Base Cartografica: Piano Strutturale Intercomunale

Scala originale ---



Legenda:

Area di studio

Aree a pericolosità da alluvione

- P1 - aree a pericolosità per alluvoni rare (200 anni < Tr ≤ 500 anni)
- P2 - aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (30 anni < Tr ≤ 200 anni)
- P3 - aree a pericolosità per alluvioni frequenti (Tr ≤ 30 anni)

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

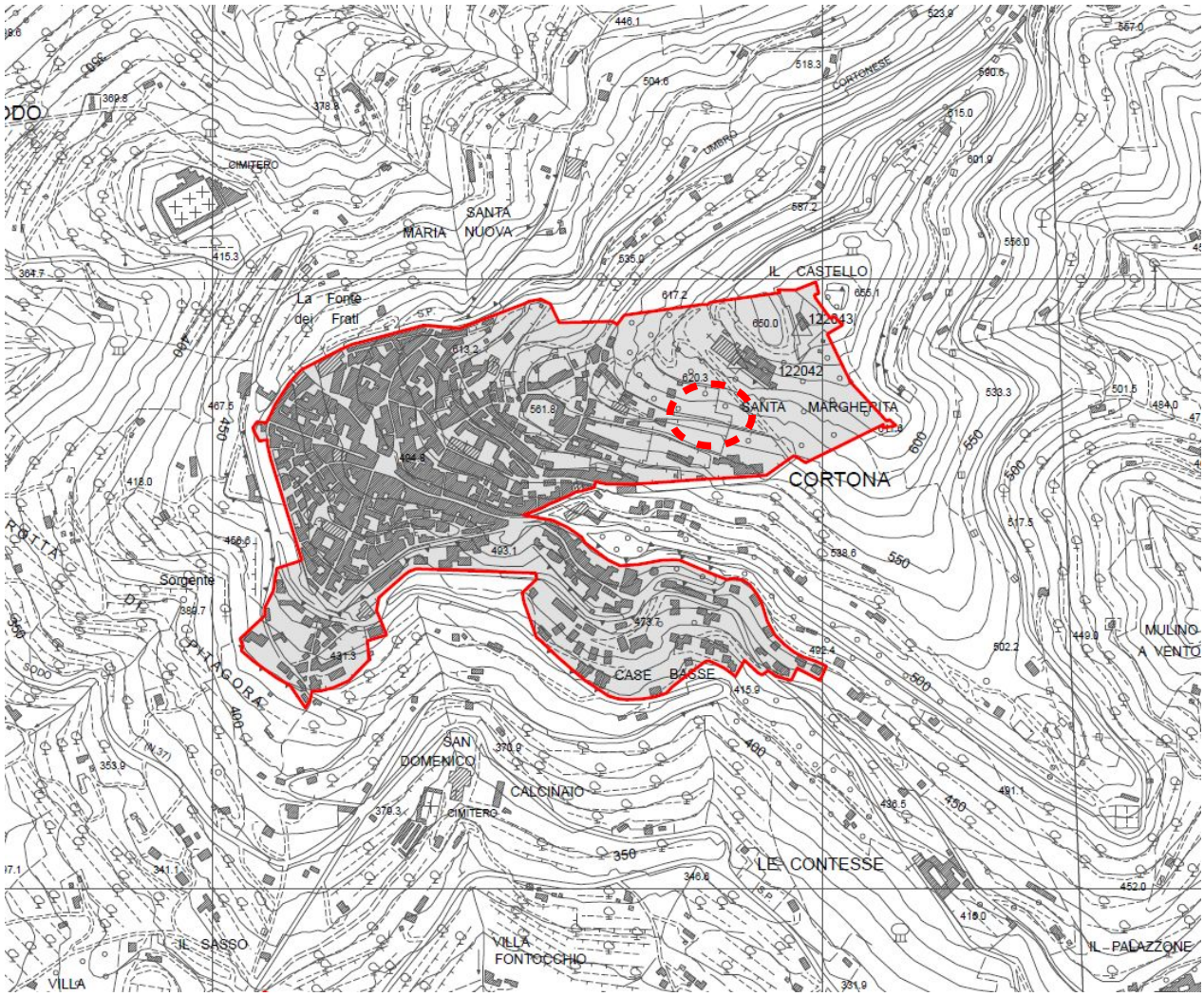
TAVOLA: Carta Pericolosità Sismica

Scala ---

TAV. VII | **Committente: COMUNE DI CORTONA**

Base Cartografica: Piano Strutturale

Scala originale ---



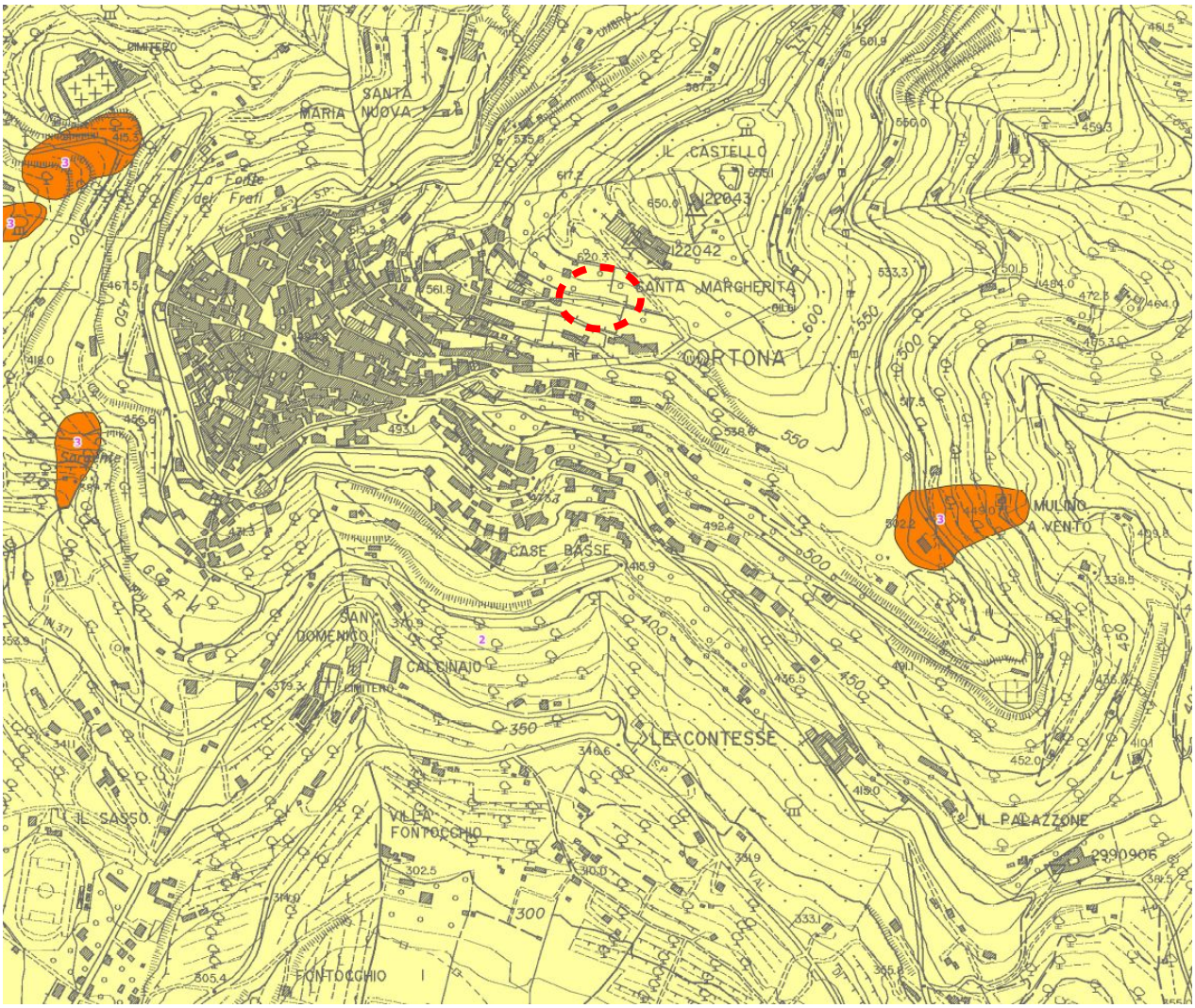
Legenda:

Area di studio

Pericolosità Sismica

- S.4 Pericolosità sismica locale molto elevata
- S.3 Pericolosità sismica locale elevata
- S.2 Pericolosità sismica locale media
- S.1 Pericolosità sismica locale bassa

DOTT. NICOLA D'UBALDO GEOLOGO	**TAVOLA: Carta Pericolosità Sismica**	**Scala ---**
	TAV. VII — **Committente: COMUNE DI CORTONA**	
	Base Cartografica: Piano Strutturale Intercomunale	**Scala originale ---**



Legenda:

Area di studio

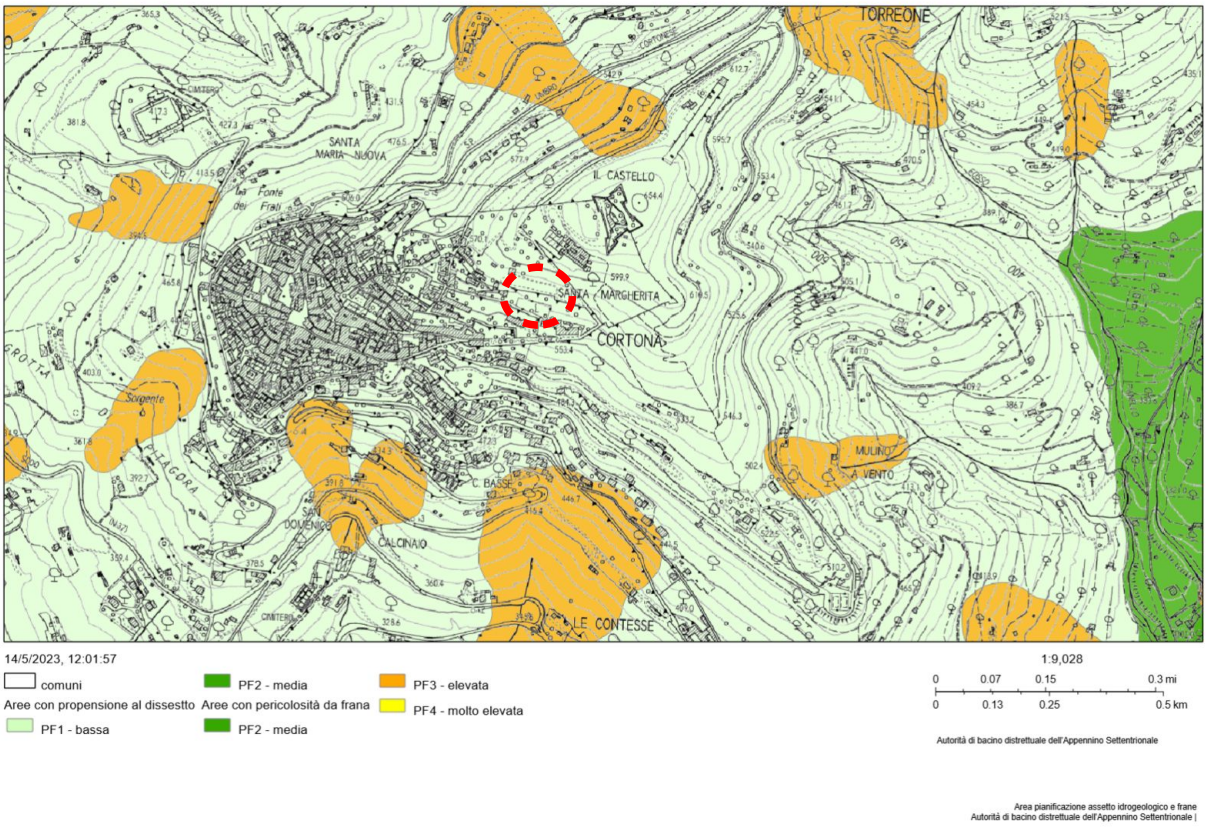
Classi di Pericolosita Sismica Locale

- Classe 2
- Classe 2*
- Classe 3
- Classe 4

- Limiti area di studio
- Limite amministrativo comunale

DOTT. NICOLA D'UBALDO GEOLOGO	**TAVOLA: Carta Pericolosità Geomorfologica PAI**	**Scala ---**
	TAV. V — **Committente: COMUNE DI CORTONA**	
	Base Cartografica: PAI DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE	**Scala originale ---**

Mappa "PAI frane nel bacino dell'Arno"

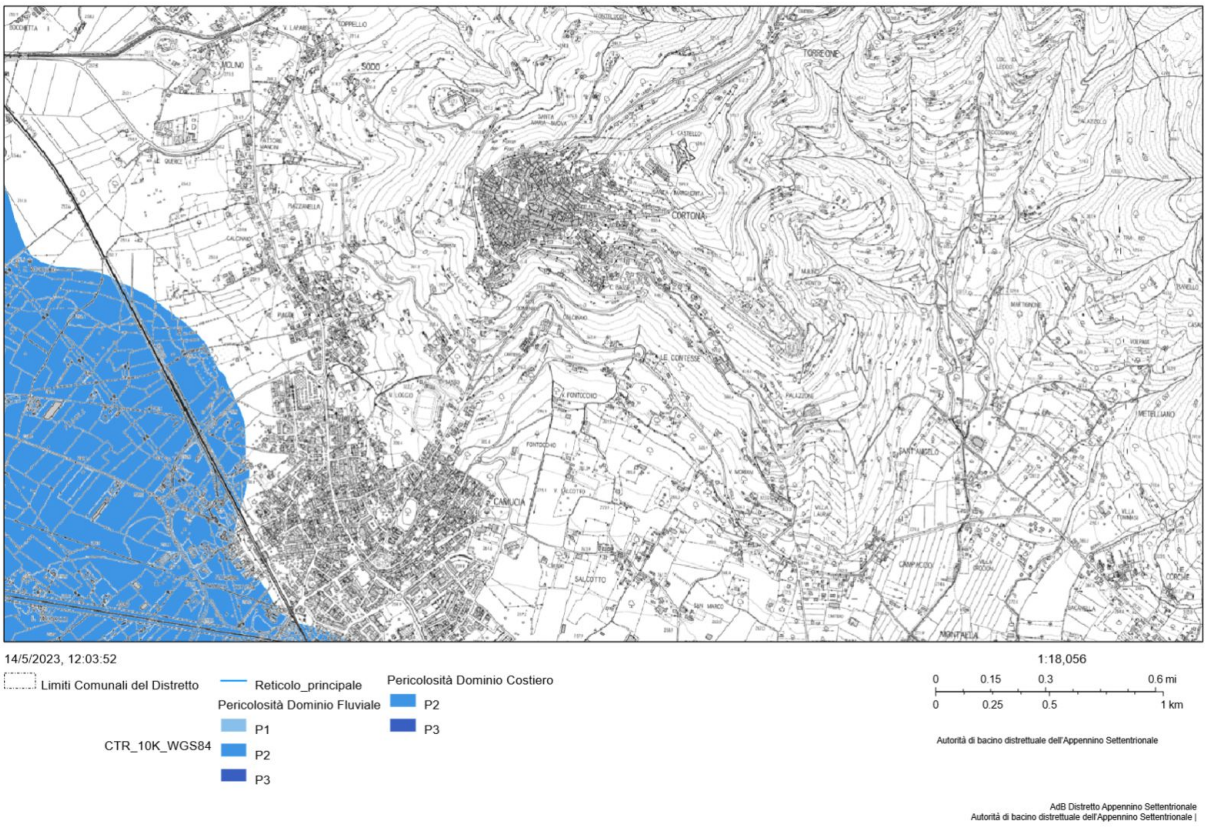


Legenda:

Area di studio

DOTT. NICOLA D'UBALDO GEOLOGO	**TAVOLA: Carta Pericolosità Idraulica PAI**	**Scala ---**
	TAV. V — **Committente: COMUNE DI CORTONA**	
	Base Cartografica: PAI DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE	**Scala originale ---**

Mappa della Pericolosità da alluvione



Legenda:

Area di studio

DOTT. NICOLA D'UBALDO
GEOLOGO

Cell. 338 2417768
nicola.dubaldo@gmail.com

INDAGINE SISMICA MASW

Caratteristiche Strumentali DOREMI (SARA electronic instruments)

Convertitore:tipo SAR a 16 bit (96 dB)
Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
Diafonia (crosstalk): zero, trasmissione è digitale

Dinamica del sistema
Risoluzione: 7.6 µV @ 27dB; 0.076 µV @ 60dB
Dinamica di base: 96dB (16 bit)
S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)

Software di Elaborazione
EasyMasw di Geostru vers. 2020.26.5.932

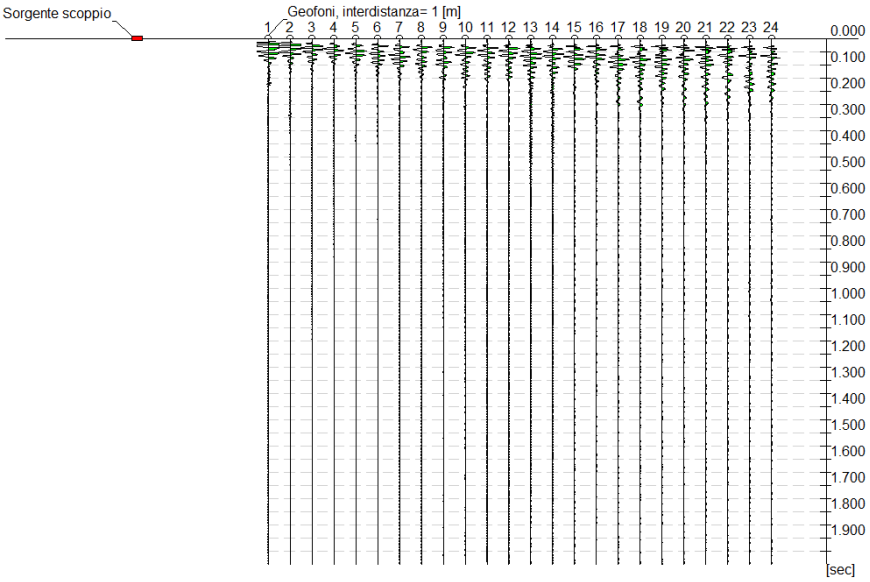
Geofoni 4,5Hz

Note: ---



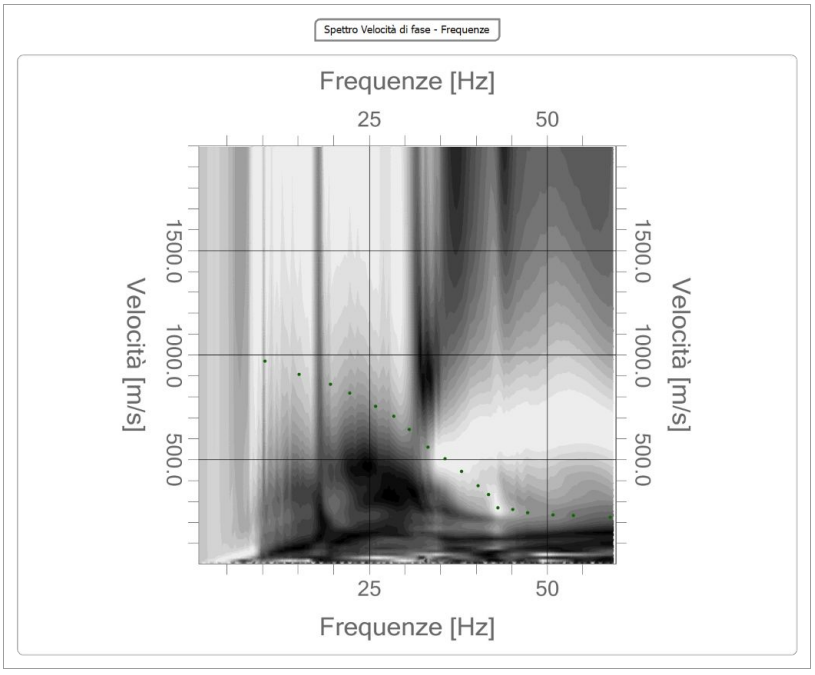
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	0,333



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocta minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	2000
Intervallo velocità [m/sec]	1

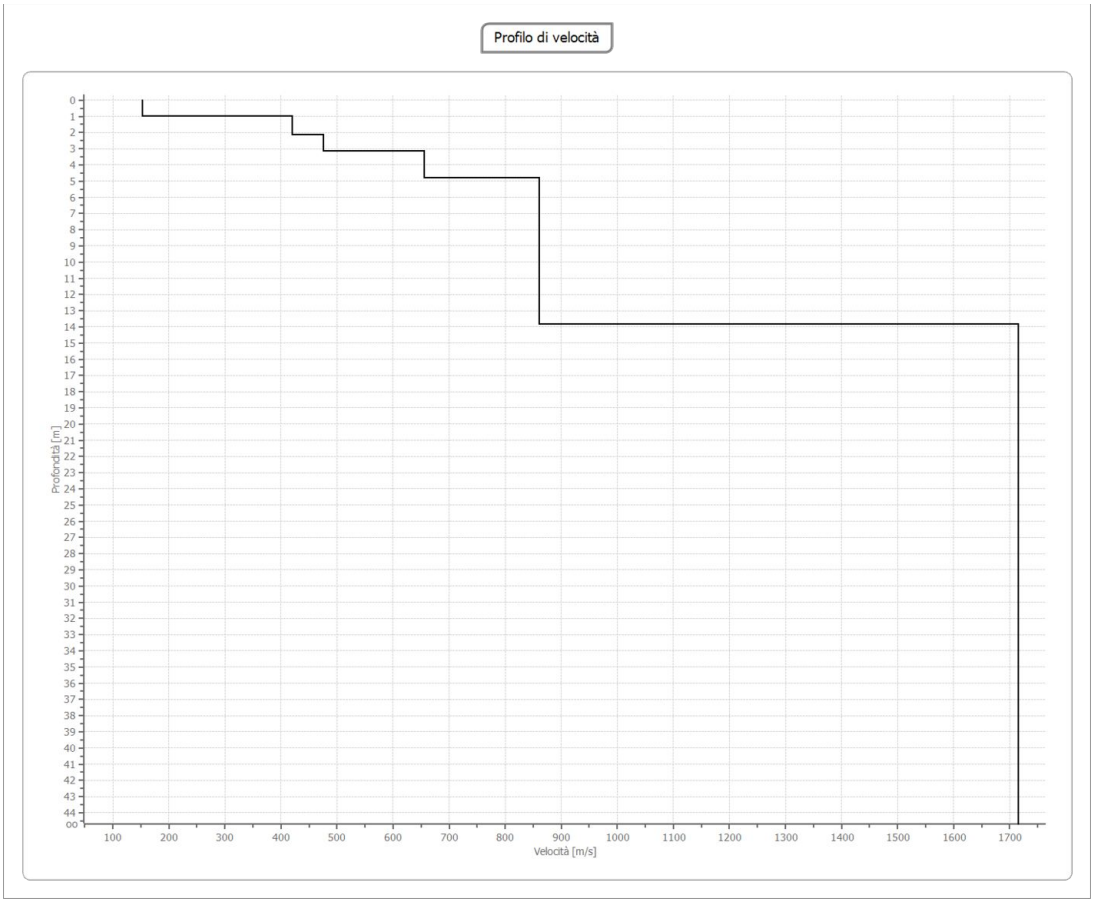


Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	1800.0	0.20	No	248.8	152.4
2		2.14	1.14	1800.0	0.20	No	686.5	420.4
3		3.16	1.02	1800.0	0.20	No	776.0	475.2
4		4.83	1.67	1800.0	0.20	No	1070.8	655.8
5		13.83	9.00	1800.0	0.20	No	1404.7	860.2
6		oo	oo	1800.0	0.20	No	2802.1	1715.9

Percentuale di errore 4.902 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.185



Risultati

Profondità piano di posa [m]	1
Vs,eq [m/sec]	860

H = 1,8m

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.