



Regione Toscana



Comune di Fiesole



Comune di Pontassieve



Comune di Rignano sull'Arno



Comune di Reggello



Comune di Figline ed Incisa Valdarno

Progetto di realizzazione di un sentiero ciclo-pedonale  
dal Comune di Fiesole al Comune di Figline e Incisa Valdarno  
*Piano Operativo Fondo Sviluppo e Coesione 2014-2020 - Intervento*  
*"Infrastrutture ciclabili di interesse regionale: Sistema integrato*  
*Ciclopista Arno, Sentiero della bonifica e Ciclopista Tirrenica"*

CUP n° J11B18000200005



**Progettista:**

Dott. Geol. Michele Cecchi

**Il Responsabile Unico del Procedimento:**

Arch. Stefania Sassolini

**Supporto al RUP:**

Comune di Fiesole - Geom. Beatrice Fontani

Comune di Pontassieve - Arch. Giulia Sati

Comune di Rignano sull'Arno - Arch. Stefano Casali

Comune di Reggello - Ing. Agostino Mastrangelo

Comune di Figline ed Incisa Valdarno - Arch. Alessandro Parigi

**PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione geologica  
Tratto Reggello

PROT.	SCALA	FORMATO A4/A3/altro
CODICE REG-6-1	N. REV A	DATA 05/2022

**STUDIO DI GEOLOGIA DOTT. GEOL. MICHELE CECCHI**

Loc. La Querce, 58/A 500067 Rignano s/Arno (Fi)  
tel. 3293388892 mail: michelececchi@diluvio.it  
P.IVA 06003030480

## INDICE

Premessa .....	3
Pericolosità geologica e sismica .....	4
Condizioni di fattibilità in relazione agli aspetti geologici e sismici .....	6
Tratto Ponte sull'Arno – Borro del Borraccino (tratta 2) .....	6
Tratto Borro del Borraccino – Borro del Castellano (tratte 3 e 4) .....	6
Realizzazione della passerella sul Borro del Castellano (tratta 4) .....	7
Tratto Borro del Castellano – impluvio senza nome (tratta 5) .....	8
Tratto impluvio senza nome – Ponte di Bruschetto (tratta 6) .....	9
Tratto Ponte di Bruschetto - altezza imbocco sud galleria A1 (tratta 6) .....	10
Tratto altezza galleria A1 – altezza Palagetto (tratte 6 e 7) .....	11
Tratto fiume – Palagetto (tratta 8) .....	12
Tratto–Palagetto – cimitero – ponte sull'Arno a Incisa (tratte 9, 10, 11) .....	13
Norme di attuazione del PAI .....	13
Indagini geognostiche .....	14
Campagna geognostica passerella Borro del Castellano .....	16
Sondaggio a carotaggio continuo .....	16
Indagini sismiche .....	16
Inquadramento geologico .....	17
Unità Tettonica di Monte Morello .....	17
Formazione di Monte Morello .....	17
Depositi alluvionali .....	18
Alluvioni terrazzate, recenti e in evoluzione (b, bn) .....	18
Coperture recenti .....	18
Depositi eluvio colluviali (b2a) .....	18
Depositi antropici (h5) .....	18
Inquadramento geomorfologico .....	18
Inquadramento idrogeologico .....	22

Sismicità dell'area .....	22
Modello geologico.....	23
Zona di affioramento depositi alluvionali .....	24
Zona di affioramento depositi antropici area di cava.....	24
Zona di affioramento della Formazione di Monte Morello .....	25
Zona di affioramento dei depositi eluviali e colluviali .....	25
Passerella in progetto sul Borro del Castellano .....	25
Modello geotecnico.....	28
Zona di affioramento depositi alluvionali recenti.....	28
Zona di affioramento depositi alluvionali terrazzati.....	28
Zona di affioramento depositi antropici area di cava.....	29
Zona di affioramento della Formazione di Monte Morello .....	29
Zona di affioramento dei depositi eluviali e colluviali .....	30
Passerella in progetto sul Borro del Castellano .....	31
Caratterizzazione ai fini delle verifiche di stabilità del versante .....	32
Ammasso roccioso – Formazione di Monte Morello .....	32
Crib wall in legno di progetto .....	34
Verifiche di stabilità globale del versante .....	34
Allegato 1 - Piano Strutturale e Piano Operativo comunali.....	37
Allegato 2 - Piano di Bacino.....	66
Allegato 3 - Report delle verifiche di stabilità.....	69
Allegato 4 - Indagini geognostiche - Parametri sismici .....	76

## PREMESSA

La presente relazione geologica, realizzata ai sensi del Regio Decreto Legge 30 dicembre 1923 n. 3267, della Legge Regionale 21 marzo 2000 n. 39, del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 8 agosto 2003 n. 48/R e s.m.i., del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", della Circolare 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione dell' Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018" e del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 19 gennaio 2022 n. 1/R, è di supporto alla progettazione definitiva dell'intervento di realizzazione di un sentiero ciclo-pedonale dal Comune di Fiesole al Comune di Figline e Incisa Valdarno per il tratto che interessa il Comune di Reggello.

Il tracciato attraversa il territorio comunale, a partire a nord dal ponte sull'Arno di fronte a S.M. Maddalena per terminare a sud presso il ponte sull'Arno ad Incisa.

Il tracciato ha una larghezza costante di 2.5 m e pavimentazione in ghiaietto stabilizzato su tutto il tracciato ad eccezione dei tratti con forte pendenza, in cui si prevede la realizzazione di pavimentazione in asfalto.

Il tracciato lasciato il ponte sull'Arno di Pian dell'Isola segue la pianura alluvionale per andare ad intercettare la vecchia strada comunale denominata via di Bruschetto, in corrispondenza del Fosso del Borraccino. Da qui fino al Fosso di Cetina la pista segue la via di Bruschetto, ad eccezione del tratto tra il Borro del Castellano a nord ed il successivo impluvio senza nome a sud, che sarà realizzato ex-novo più a monte, per evitare un'area in frana.

Dopo il ponte sul Fosso di Cetina il tracciato seguirà l'Arno fino all'altezza del Palagetto, verso cui sale con alcuni tornanti. Dopo il Palagetto il tracciato seguendo anche la viabilità esistente giunge presso il ponte sull'Arno a Incisa.

La maggior parte del tracciato sarà realizzata con lievi interventi che consistono in modesti scavi, massimi previsti nell'ordine dei 40 cm, in cui sarà realizzato il sottofondo della ciclovia. Dal punto di vista geologico in senso lato, tale tipologia di intervento ha un impatto praticamente irrilevante. Nel tratto in progetto tra il Borro



del Castellano a nord e il successivo impluvio senza nome a sud, sono previsti scavi e riporti di maggior entità con scavi massimi nell'ordine del metro e riporti sostenuti da opere di ingegneria naturalistica massimi nell'ordine di 1- 2 metri. Anche nel tratto compreso tra il fiume e località Palagetto sono previsti scavi e riporti massimi inferiori al metro.

Il progetto infine prevede la realizzazione di una passerella per l'attraversamento del Borro del Castellano.

Il presente elaborato è finalizzato alla definizione del modello geologico dell'area in esame, alla modellazione sismica, alla ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo ed alla definizione dei parametri geotecnici del terreno di fondazione.

Trattandosi di un'area molto estesa, la definizione del modello geologico e geotecnico viene effettuata per zone omogenee: si tratta quindi di una modellizzazione media, suscettibile localmente di variazioni non prevedibili; pertanto, durante l'esecuzione dei lavori dovrà essere attentamente accertata la rispondenza delle indagini geognostiche e dei modelli geologici e geotecnici proposti, con lo stato effettivo dei terreni. In corrispondenza della passerella del Borro del Castellano la definizione del modello geologico e geotecnico viene effettuata puntualmente, considerata la maggior rilevanza dell'opera che necessita di una progettazione strutturale.

L'intervento in progetto non rientra nelle classi di indagine ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 19 gennaio 2022 n. 1/R.

La presente relazione non prende in esame le problematiche di natura idrologica e idraulica che sono trattate in uno specifico elaborato progettuale.

Il tracciato previsto attraversa per alcuni tratti aree perimetrate a Vincolo idrogeologico, ai sensi del Regio Decreto-legge 30 dicembre 1923 n. 3267.

## **PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E SISMICA**

Ai fini della valutazione delle condizioni di pericolosità del territorio e di fattibilità degli interventi si fa riferimento alle tavole degli S.U. comunali adottati e vigenti.

Si descrivono le condizioni di pericolosità geologica e sismica che interessano il tracciato andando da nord a sud. Le carte della pericolosità geologica del PS vigente e di quello adottato per l'area considerata in questo lavoro coincidono, come anche la carta geologica e la carta geomorfologica; pertanto, si riportano in allegato solo quelle del PS vigente. Per quanto riguarda le carte della pericolosità sismica vigente e adottata, relativamente alle porzioni che interessano il tracciato in progetto, solo tra il Borro di Cetina e il ponte sull'Arno a Incisa, si rilevano alcune differenze; pertanto, si riportano entrambe e si considera il dato più conservativo tra i due.

Il tracciato percorre aree in pericolosità geologica elevata G.3 o molto elevata G.4 tra il ponte sull'Arno a nord e la riva del fiume all'altezza del Palagetto. Poi nel tratto successivo fino al cimitero attraversa aree per lo più a pericolosità geologica media G.2, a parte brevi tratti all'altezza del Palagetto in pericolosità elevata G.3 e molto elevata G.4.

In particolare, i tratti ricadenti in pericolosità molto elevata G.4 risultano: parte del tratto compreso tra il Borro del Castellano a nord e il successivo impluvio senza nome a sud; parte del tracciato lungo la via di Bruschetto, che corre lungo il limite delle aree cartografate a G.4; un breve tratto all'altezza del Palagetto; un breve tratto poco prima del ponte sull'Arno a Incisa.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica il tracciato è interessato dalla relativa cartografia a partire dal Borro di Cetina fino al ponte sull'Arno a Incisa, sia nella cartografia vigente che in quella in adozione; mentre tra il ponte sull'Arno di Pian dell'Isola e l'area della cava (tratte 2 e 3) è interessato dalla relativa cartografia solo nello strumento in adozione. Comunque, laddove è stata redatta la cartografia della pericolosità sismica, il tracciato in progetto ricade praticamente del tutto in pericolosità sismica elevata S.3.

Per quanto riguarda il Piano di Bacino del Fiume Arno, nella vigente Mappa PAI "Frane nel bacino dell'Arno", ricadono in aree in pericolosità da frana molto elevata PF4 e/o elevata PF3: il tratto compreso tra il Borro del Castellano e il successivo impluvio senza nome; il tracciato lungo la via di Bruschetto, che corre lungo il limite delle aree cartografate a PF4 e PF3; il tratto tra il Borro di Cetina e la riva fluviale all'altezza

del Palagetto; un breve tratto all'altezza del Palagetto.

Nella Mappa PAI "Dissesti geomorfologici" in adozione, si rilevano aree in pericolosità elevata P3a e molto elevata classe P4 in corrispondenza delle stesse aree che risultano in PF3 e PF4 nella Mappa PAI "Frane nel bacino dell'Arno", inoltre risultano nuove perimetrazioni in pericolosità elevata P3b lungo la riva del fiume.

## CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ IN RELAZIONE AGLI ASPETTI GEOLOGICI E SISMICI

Per la valutazione delle classi di fattibilità degli interventi si fa riferimento agli abachi del POC adottato: a questo proposito l'intervento in progetto si può inquadrare, secondo quanto stabilito dal progettista, nel seguente tipo di intervento edilizio/urbanistico: *"Percorsi e aree di sosta pedonale"*.

In generale per tutto il tracciato le terre e rocce da scavo dovranno essere gestite nel rispetto della normativa vigente in materia.

### TRATTO PONTE SULL'ARNO – BORRO DEL BORRACCINO (TRATTA 2)

In questo tratto il tracciato segue una sorta di pista preesistente nelle vicinanze del ciglio di sponda del Fiume Arno. La pericolosità geologica rilevata in questo tratto è elevata G3, a causa della presenza dell'orlo della scarpata fluviale. La pericolosità sismica è elevata S3.

Fattibilità geologica e sismica senza particolari limitazioni FG1 – FS1: non sussistono particolari limitazioni.

Per quanto riguarda i movimenti terra, che saranno nell'ordine dei 40 cm senza particolari modifiche morfologiche, si rileva una fattibilità geologica e sismica con normali vincoli FG2 – FS2. Si prescrive di realizzare la pista a una distanza di almeno 2 m dal ciglio di sponda.

### TRATTO BORRO DEL BORRACCINO – BORRO DEL CASTELLANO (TRATTE 3 E 4)

Il tracciato segue la vecchia strada comunale. Trattandosi di area di cava attiva

il PS la inserisce in pericolosità geologica elevata G3. Per la tratta 3 la pericolosità sismica è elevata S3, mentre per la tratta 4 non rientra nelle aree oggetto degli studi di MS1 e MS2.

Fattibilità geologica e sismica senza particolari limitazioni FG1 – FS1: non sussistono particolari limitazioni.

Per quanto riguarda i movimenti terra, che saranno al massimo nell'ordine dei 40 cm senza particolari modifiche morfologiche, si rileva una fattibilità geologica e sismica con normali vincoli FG2 – FS2. Si prescrive di realizzare la pista a una distanza di almeno 2 m dal ciglio di sponda.

#### REALIZZAZIONE DELLA PASSERELLA SUL BORRO DEL CASTELLANO (TRATTA 4)

La passerella in progetto verrà realizzata a ridosso del limite tra due aree a pericolosità differente: la sponda sinistra del borro ricade in area a pericolosità geologica molto elevata G4 a causa della presenza di un'area molto instabile per franosità diffusa e la sponda destra in area a pericolosità elevata G3 per la presenza di un'area di cava attiva.

Fattibilità geologica senza particolari limitazioni FG1 e con normali vincoli FG2. Per quanto riguarda i movimenti terra, che saranno inferiori ai 150 cm senza particolari modifiche morfologiche, si rileva una fattibilità geologica con normali vincoli FG2 e condizionata FG3.

In riva destra sono state effettuate approfondite indagini geognostiche mediante sondaggio a c.c., indagini sismiche MASW e HVSR, mentre in riva sinistra solo indagini sismiche MASW e HVSR, in quanto non è stato possibile per motivi tecnico-economici accedere all'area con mezzi meccanici ed effettuare il sondaggio a c.c. Si prescrive di effettuare in riva sinistra un sondaggio a c.c. della profondità di almeno 15 m prima della realizzazione delle strutture di fondazione della passerella per verificare la correttezza del modello geologico e geotecnico proposto. A causa della possibilità di erosione all'interno dell'alveo del borro e di scalzamento delle sponde si prescrive l'esecuzione di fondazioni profonde.

TRATTO BORRO DEL CASTELLANO – IMPLUVIO SENZA NOME (TRATTA 5)

In questo tratto la vecchia via comunale di Bruschetto risulta interrotta a causa di frane attive; pertanto, il progetto prevede la realizzazione di un percorso alternativo che evita l'area interessata da tali movimenti di versante. In particolare, il percorso si allontana dal corso del fiume salendo di circa una ventina metri per poi ridiscendere di altrettanto dopo aver percorso un tratto a lieve pendenza. Per la realizzazione del tracciato si prevedono piccoli movimenti terra e la realizzazione di palificate semplici e doppie nei tratti più pendenti. Visto l'andamento in pendenza in questo tratto è prevista una pavimentazione in asfalto che potrà essere oggetto di migliorie in fase di gara con la proposta di una pavimentazione in calcestruzzo drenante di color sabbia.

Il nuovo tracciato ricade in parte in pericolosità geologica molto elevata G4 in corrispondenza di aree a franosità diffusa o interessate da soliflusso generalizzato, per il resto il tracciato ricade in pericolosità geologica elevata G3 pur non essendo interessato da criticità geomorfologiche di alcun tipo.

Fattibilità geologica senza particolari limitazioni FG1 e con normali vincoli FG2.

Per quanto riguarda i movimenti terra, inferiori ai 1.5 m, si rileva una fattibilità geologica con normali vincoli FG2 e condizionata FG3 per le aree rispettivamente in G3 e G4; per i movimenti terra superiori ai 1.5 m si rileva una fattibilità geologica condizionata FG3 e limitata FG4 per le aree rispettivamente poste in G3 e in G4.

La fattibilità degli interventi risulta subordinata all'esecuzione di verifiche di stabilità sullo stato attuale, di cantiere e di progetto degli interventi proposti. A questo scopo sono state effettuate verifiche di stabilità globali del versante, i cui risultati sono riportati in allegato, basate su dati geotecnici, geomeccanici e sismici ottenuti nella campagna geognostica presso il Borro del Castellano e nel rilevamento geostrutturale e geomeccanico di dettaglio sull'ammasso roccioso estesamente affiorante.

Non essendo stato possibile finora, per motivi tecnico-economici, accedere all'area con mezzi meccanici adeguati ad effettuare indagini di dettaglio, soprattutto rispetto alla valutazione degli spessori delle coperture detritiche e/o di suolo e/o ripor- to suscettibili di instabilità, si prescrive di effettuare una adeguata campagna geogno- stica mediante saggi con escavatore meccanico, prima dell'esecuzione dei lavori, per

valutare tali spessori e verificare la correttezza del modello geologico e geotecnico proposto in questa sede.

Inoltre, dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- asportare il suolo e la coltre detritica suscettibile di instabilità per realizzare il piano di imposta del sottofondo della pista e di posa delle opere di sostegno in corrispondenza del substrato stabile;
- realizzare adeguati drenaggi e canalizzazioni per la raccolta e l'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale in modo tale da non creare fenomeni erosivi e di dissesto;
- per il riempimento dei crib wall a sostegno della pista ed in generale per i riporti, dovrà essere usato materiale grossolano con poco o nessun fine (GP) oppure con fine non plastico o poco plastico (GM), adeguatamente compattato in strati successivi di spessore di circa 0.20 m;
- poiché i crib wall e le palificate singole in legno hanno un ciclo di vita limitato e progressivamente i valori di resistenza si riducono nel tempo in funzione della degradazione del legno, si dovrà provvedere a colonizzare il pendio con piante e arbusti con radici che mantengano una coesione equivalente sostituendo progressivamente quella offerta dall'opera;
- la pista dovrà essere realizzata ad una distanza di sicurezza di almeno 10 m dal ciglio della scarpata posta a ovest e sede di conclamati fenomeni di instabilità;
- effettuare periodici controlli sulle condizioni di stabilità con cadenza almeno semestrale e una regolare manutenzione del tracciato.

#### TRATTO IMPLUVIO SENZA NOME – PONTE DI BRUSCHETO (TRATTA 6)

Il tracciato segue la vecchia via comunale di Bruschetto ed è posto al limite di aree perimetrate a pericolosità geologica elevata G3, a causa della presenza a monte di un versante interessato da area instabile per soliflusso generalizzato. Nella Mappa PAI frane il tracciato è posto al limite di aree interessate da perimetrazioni a pericolosità

elevata PF3.

Qui si prevedono interventi minimali perché il progetto della terza corsia autostradale prevede la realizzazione di un'area di cantiere e solo a fine lavori via del Bruschetto verrà ripristinata. Pertanto, gli interventi in questa fase si limitano alla pulizia dalla vegetazione in un primo tratto, tra la tratta 5 ed i viadotti autostradali esistenti. Nel secondo tratto invece si prevede anche la pavimentazione in ghiaietto stabilizzato e la stabilizzazione del terreno.

Fattibilità geologica senza particolari limitazioni FG1. Per quanto riguarda i movimenti terra, che saranno nell'ordine dei 40 cm senza particolari modifiche morfologiche, si rileva una fattibilità geologica con normali vincoli FG2.

Si prescrive di realizzare adeguati drenaggi e canalizzazioni per la raccolta e l'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale in modo tale da non creare fenomeni erosivi e di dissesto.

#### TRATTO PONTE DI BRUSCHETO - ALTEZZA IMBOCCO SUD GALLERIA A1 (TRATTA 6)

Il tracciato segue la vecchia via comunale di Bruschetto ed è posto al limite di aree perimetrata a pericolosità geologica molto elevata G4, a causa della presenza a monte di un versante interessato da un'area molto instabile per franosità diffusa. Nella Mappa PAI frane il tracciato è posto al limite di aree interessate da perimetrazioni a pericolosità molto elevata PF4.

Si prevede la pavimentazione in ghiaietto stabilizzato e la stabilizzazione del terreno.

Fattibilità geologica con normali vincoli FG2. Per quanto riguarda i movimenti terra, che saranno nell'ordine dei 40 cm al massimo senza particolari modifiche morfologiche, si rileva una fattibilità geologica con normali vincoli FG2.

A seguito del rilevamento geostrutturale e geomeccanico sull'ammasso roccioso estesamente affiorante a monte della pista in progetto, si dettano le seguenti prescrizioni: mettere in sicurezza la scarpata a monte da potenziali crolli mediante il disaggio dei blocchi lapidei instabili e la messa in opera di reti protettive; realizzare lungo la pista, alla base della scarpata, una struttura di protezione anche mediante le tec-

niche dell'ingegneria naturalistica dell'altezza di almeno 1.5 metri; gestione del rischio con adeguati avvisi riguardanti la possibilità di crolli e caduta massi dalla scarpata sulla pista; realizzare adeguati drenaggi e canalizzazioni per la raccolta e l'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale in modo tale da non creare fenomeni erosivi e di dissesto. Inoltre, si prescrive di effettuare periodici controlli sulle condizioni di stabilità della scarpata e sull'eventuale erosione del ciglio di sponda con cadenza semestrale e infine una regolare manutenzione (pulizia delle fossette, allontanamento materiali eventualmente franati, disaggio elementi litoidi pericolanti, ...).

TRATTO ALTEZZA GALLERIA A1 – ALTEZZA PALAGETTO (TRATTE 6 E 7)

Il tracciato segue la vecchia via comunale di Bruschetto fino a poco dopo il ponte sul Borro di Cetina, poi prosegue fino all'altezza Palagetto, ed è posto al limite di aree perimetrate a pericolosità geologica elevata G3 e molto elevata G4, a causa della presenza a monte di aree instabili per soliflusso generalizzato, in una limitata area per erosione profonda, inoltre è presente l'orlo di scarpata quiescente. Nella Mappa PAI frane il tracciato è posto al limite di aree interessate da perimetrazioni a pericolosità elevata PF3. La pericolosità sismica è elevata S3.

Gli interventi previsti sono minimali ed integrati nel contesto paesaggistico. Si prevede la pavimentazione in ghiaietto stabilizzato e la stabilizzazione del terreno. Tra i due viadotti ferroviari è previsto il superamento di un piccolo fosso tramite l'inserimento di uno scatolare.

Fattibilità geologica e sismica senza particolari limitazioni FG1 - FS1 e con normali vincoli FG2 – FS2. Per quanto riguarda i movimenti terra, che saranno inferiori a 1.50 m senza particolari modifiche morfologiche, si rileva una fattibilità geologica e sismica con normali vincoli FG2 – FS2 e condizionata FG3 – FS3.

Si prescrive di realizzare adeguati drenaggi e canalizzazioni per la raccolta e l'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale in modo tale da non creare fenomeni erosivi e di dissesto. Inoltre, si prescrive di effettuare periodici controlli sulle condizioni di stabilità della scarpata e sull'eventuale erosione di sponda con cadenza semestrale e regolare manutenzione.



TRATTO FIUME – PALAGETTO (TRATTA 8)

Questa parte del tracciato sarà realizzata ex novo su un versante esposto verso i quadranti settentrionali. Si prevede di passare dalla quota della sponda dell'Arno al crinale tramite un percorso a tornanti. Il tracciato è studiato in modo da assecondare le curve di livello e minimizzare le pendenze. Visto l'andamento in pendenza in questo tratto è prevista una pavimentazione in asfalto che potrà essere oggetto di migliorie in fase di gara con la proposta di una pavimentazione in calcestruzzo drenante di color sabbia. Il tracciato attraversa per lo più aree a pericolosità geologica media G2, interessate da erosione superficiale. Alla base del versante per un brevissimo tratto attraversa un'area a pericolosità geologica elevata G3, a causa della presenza di una modesta scarpata. Infine, poco prima di rientrare sulla viabilità esistente attraversa per un breve tratto un'area a pericolosità geologica molto elevata G4, corrispondente sulla Mappa PAI frane ad un'area in Pericolosità elevata PF3. La pericolosità sismica è elevata S3.

Fattibilità geologica e sismica senza particolari limitazioni FG1 – FS1 e con normali vincoli FG2 – FS2. Per quanto riguarda i movimenti terra, che saranno nell'ordine del metro senza particolari modifiche morfologiche, si rileva una fattibilità geologica e sismica con normali vincoli FG2 – FS2 e condizionata FG3 – FS3.

Si prescrive: di realizzare adeguati drenaggi e canalizzazioni per la raccolta e l'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale in modo tale da non creare fenomeni erosivi e di dissesto; di realizzare il piano di imposta del sottofondo della pista e dei riporti in seguito all'asportazione del suolo e della coltre detritica superficiale; i terreni utilizzati per il riporto dovranno essere dotati di buone caratteristiche geotecniche, e dovranno essere messi in posto previo adeguato compattamento in strati successivi di spessore di circa 0.20 m, utilizzando terreni limoso - sabbiosi, privi della frazione argillosa; di effettuare periodici controlli sulla condizioni di stabilità della scarpata lungo il fiume e del versante in località Palagetto con cadenza semestrale e regolare manutenzione .

TRATTO–PALAGETTO – CIMITERO – PONTE SULL’ARNO A INCISA (TRATTE 9, 10, 11)

Tale tratto è per lo più realizzato in corrispondenza o in adiacenza della viabilità esistente. Dal parcheggio del cimitero il tracciato prosegue su limite di campi agricoli prima e dell’area cortiliva della Torre della Bandinella poi. Si ripristina il sedime di una viabilità storica che collegava via delle Fornaci alla Torre.

Il tracciato attraversa per lo più aree a pericolosità geologica media G2. In corrispondenza di un orlo di scarpata in erosione, segnalato sulla Carta geomorfologica, il tracciato risulta in pericolosità geologica molto elevata G4 e elevata G3 nella relativa zona di influenza. Da sopralluoghi effettuati si evidenzia che in corrispondenza dell’orlo di scarpata esiste un muro di sostegno. Nella Mappa PAI frane non si rilevano perimetrazioni per il tratto in esame. La pericolosità sismica è elevata S3.

Fattibilità geologica e sismica senza particolari limitazioni FG1 – FS1 e con normali vincoli FG2 – FS2. Per quanto riguarda i movimenti terra, che saranno nell’ordine dei 40 cm senza particolari modifiche morfologiche, si rileva una fattibilità geologica e sismica con normali vincoli FG2-FS2 e condizionata FG3- FS3. Si prescrive di realizzare adeguati drenaggi e canalizzazioni per la raccolta e l’allontanamento delle acque di scorrimento superficiale in modo tale da non creare fenomeni erosivi e di dissesto. Inoltre, si prescrive una distanza di sicurezza di almeno 3 m dall’orlo di scarpata segnalato sulla Carta Geomorfologica.

NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI

Nelle porzioni del tracciato ricadenti in pericolosità da frana molto elevata PF4 nella Mappa PAI frane nel Bacino dell’Arno, come precedentemente indicato, gli interventi sono consentiti ai sensi dell’art 10 comma h delle NTA del PAI: “... *sono consentiti (...) h. “nuovi interventi relativi a opere pubbliche o di interesse pubblico, non diversamente localizzabili, a condizione che siano preventivamente realizzate le opere funzionali al consolidamento e alla bonifica del movimento franoso previo parere favorevole dell’Autorità di Bacino sulla conformità di tali interventi con gli indirizzi dalla stessa fissati”*”.

Nelle porzioni del tracciato ricadenti in pericolosità da frana elevata PF3 nella

Mappa PAI frane nel Bacino dell'Arno, come precedentemente indicato, gli interventi sono consentiti ai sensi dell'art 11 delle NTA del PAI: *“...i nuovi interventi ... sono consentiti a condizione che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relativamente al sito interessato dal nuovo intervento, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità di tali opere rispetto alle previsioni generali di sistemazione dell'area...”*

Pertanto, per tutti i tratti da realizzare ex novo in sede propria (vedi tratte 4, 5, 6, 7, 8) ricadenti in PF4 e PF3 si dovrà acquisire il relativo parere dell'Autorità di Bacino.

## INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la stesura del presente lavoro è stato realizzato un rilevamento geologico di dettaglio dell'area, uno studio geomorfologico della zona ed un'indagine idrogeologica sulle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti, basandosi sui dati esistenti del progetto CARG, delle indagini geologico tecniche di supporto alla pianificazione territoriale del comune di Reggello, degli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 e livello 2 del comune.

Nel dettaglio sono state consultate principalmente le seguenti fonti:

- Carta Tecnica Regionale, sezioni n. 276060 e n. 276100;
- Immagini aeree da Google Earth;
- Carta geologica regionale, progetto CARG, sezioni n. 276060 e n. 276100;
- Progetto VEL della Regione Toscana
- Studi di microzonazione sismica MS1 e MS2 del Comune di Reggello;
- Data-base geologico della Regione Toscana;
- Piano Regolatore e Piano Strutturale vigenti del Comune di Reggello;
- Piano Strutturale e Piano Operativo Comunale adottati del Comune di Reggello;

- Piano di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale;

Sono stati inoltre utilizzati i numerosi dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici reperibili sia in precedenti lavori professionali riguardanti l’area in oggetto che nella letteratura geologica.

Per la caratterizzazione idrogeologica, geotecnica e sismica dei terreni su cui sarà impostata la ciclovia si fa riferimento in generale ai risultati delle numerose indagini effettuate nell’area o in aree ad essa correlabili e presenti nei dati di base del Piano Strutturale, in quelli della Microzonazione sismica di cui si riporta in allegato l’ubicazione e a cui si rimanda per completezza.

Inoltre, è stato effettuato un rilievo geostrutturale e geomeccanico sull’ammasso roccioso rappresentato dalla Formazione di Monte Morello estesamente affiorante nell’area di cava e lungo la via comunale di Bruschetto fino a oltre il ponte di Bruschetto.

In corrispondenza della passerella sul Borro del Castellano è stata condotta un’approfondita campagna geognostica dalla ditta IBT Prospezioni srl di Rufina sotto la direzione dello scrivente. L’ubicazione delle indagini effettuate, la stratigrafia del sondaggio ed i risultati delle indagini sismiche sono riportati in allegato. Non è stato possibile per problemi di accessibilità dell’area completare la campagna di indagine con un sondaggio in sponda sinistra del Borro del Castellano; pertanto, la relativa caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica è presunta. Prima dell’inizio dei lavori di realizzazione delle strutture di fondazione della passerella dovrà essere effettuato un sondaggio in sponda sinistra di almeno 15 m di profondità. Ugualmente, non è stato possibile finora accedere all’area in sinistra del Borro del Castellano con mezzi meccanici adeguati ad effettuare indagini di dettaglio in corrispondenza del tratto di progetto Castellano – impluvio senza nome (tratta 5), soprattutto rispetto alla valutazione degli spessori delle coperture detritiche e/o di suolo e/o riporto suscettibili di instabilità. Prima dell’esecuzione dei lavori si dovrà effettuare un’adeguata campagna geognostica mediante saggi con escavatore meccanico, per confermare le caratterizzazioni litostratigrafica e geotecnica proposte.

CAMPAGNA GEOGNOSTICA PASSERELLA BORRO DEL CASTELLANO

È stato realizzato n. 1 sondaggio a carotaggio continuo della profondità di 10 metri dal piano di campagna con esecuzione di SPT in avanzamento. Date le caratteristiche litologiche dei terreni appartenenti ad un ammasso roccioso o a coperture detritiche, non è stato possibile prelevare campioni indisturbati. In corrispondenza del foro del sondaggio è stato installato un piezometro a tubo aperto in cui successivamente sono state effettuate misure del livello piezometrico.

Sono state eseguite n. 1 indagine sismica MASW e n. 1 HVSR in sponda destra e n. 1 indagine sismica MASW e n. 1 HVSR in sponda sinistra.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Sondaggio S<sub>1</sub>

Effettuato in destra idrografica del Borro del Castellano.

lunghezza 10.0 m

attrezzamento del foro di sondaggio con piezometro a tubo aperto fenestrato

esecuzione di n. 1 Standard Penetration Test (SPT) in avanzamento

livello piezometrico: - 7.10 m dal p.c.

SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m)	STRUMENTAZIONE	SPT (num.)	CAMPIONI (num.)
S <sub>1</sub>	10.00	piezometro a tubo aperto	1	-

*Tabella 1 - Caratteristiche principali del sondaggio a carotaggio continuo.*

SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m)	NUMERO COLPI	NSPT MISURATO
S <sub>1</sub>	2.95 – 2.40	17-22-29	51

*Tabella 2 - Risultati delle Standard Penetration Test*

INDAGINI SISMICHE

Ai fini della modellizzazione sismica sono state svolte n. 2 indagini sismiche MASW e n. 2 indagini sismiche HVSR rispettivamente in sinistra (MASW2 e HVSR2) ed

in destra idrografica (MASW1 e HVSR1) del Borro del Castellano.

Le strumentazioni utilizzate, le metodologie per l'analisi dei dati ed i risultati completi delle indagini sismiche sono riportati integralmente in allegato.

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il tracciato lasciato il ponte sull'Arno di Pian dell'Isola segue la pianura alluvionale per andare ad intercettare la vecchia strada comunale in corrispondenza del Fosso del Borraccino. Da qui fino al Fosso di Cetina la pista segue la vecchia strada comunale denominata via di Bruschetto, ad eccezione del tratto posto tra il Borro del Castellano a nord ed il successivo impluvio senza nome a sud, che sarà realizzato ex-novo, secondo un tracciato alternativo, per evitare un'area in frana. Dopo il ponte sul Fosso di Cetina il tracciato seguirà l'Arno fino all'altezza del Palagetto, verso cui sale con alcuni tornanti. Dopo il Palagetto il tracciato seguendo anche la viabilità esistente giunge presso il ponte sull'Arno a Incisa.

Nell'area attraversata dalla ciclovia sono presenti terreni riferibili all'Unità Tettonica di Monte Morello, ai depositi alluvionali, sia recenti che terrazzati, alle coperture recenti.

Si descrivono le unità litostratigrafiche che interessano direttamente il tracciato della ciclovia, partendo dalla più antica.

### UNITÀ TETTONICA DI MONTE MORELLO

#### FORMAZIONE DI MONTE MORELLO

Terreni di origine torbida, altrimenti noti come Alberese auctt..

Litologicamente sono costituiti da prevalenti calcari, calcari marnosi e marne calcaree, di colore biancastro al taglio fresco e giallastro all'alterazione, formanti grossi banchi con rari livelli basali calcarenitici.

Questi banchi sono separati da fitte alternanze di arenarie calcarifere grigio-brune e argilliti chiare; queste intercalazioni diminuiscono di spessore salendo nella

sequenza. Lo spessore degli strati calcarei è variabile da 0.5 a 3 m; gli interstrati argillifici hanno uno spessore di alcune decine di centimetri.

Lo spessore massimo della formazione è di circa 800 m e la tettonizzazione è generalmente elevata. L'età è compresa tra il Paleocene superiore e l'Eocene medio-superiore.

#### DEPOSITI ALLUVIONALI

##### ALLUVIONI TERRAZZATE, RECENTI E IN EVOLUZIONE (B, BN)

Depositi alluvionali attuali, recenti e terrazzati originati dal Fiume Arno e dai suoi affluenti. Generalmente si tratta di limi, limi sabbiosi, sabbie e ghiaie con netta prevalenza delle frazioni più fine su quelle grossolane.

#### COPERTURE RECENTI

##### DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI (B2A)

Materiale eterogeneo ed eterometrico derivante dall'alterazione della roccia del substrato ed accumulato in posto o dopo breve trasporto per ruscellamento.

##### DEPOSITI ANTROPICI (H5)

Si tratta di materiali eterogenei messi in posto in seguito ad attività antropiche in senso lato. Risultano difficilmente cartografabili a causa spesso della scarsa continuità areale. Nelle carte riprodotte tali terreni risultano cartografati solo in corrispondenza di alcune aree, ma risultano presenti, anche se con spessori estremamente variabili, lungo gran parte del tracciato stesso.

## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il tracciato lasciato il ponte sull'Arno segue la pianura alluvionale per andare ad intercettare la vecchia strada comunale in corrispondenza del Fosso del Borraccino. Da qui fino al Fosso di Cetina la pista segue la vecchia strada comunale denominata via di

Bruscheto, ad eccezione del tratto posto tra il Borro del Castellano a nord ed il successivo impluvio senza nome a sud, che sarà realizzato ex-novo, secondo un tracciato alternativo, per evitare un'area in frana. Dopo il ponte sul Fosso di Cetina il tracciato seguirà l'Arno fino all'altezza del Palagetto, verso cui sale con alcuni tornanti. Dopo il Palagetto il tracciato seguendo anche la viabilità esistente giunge presso il ponte sull'Arno a Incisa.

Nell'area attraversata dalla ciclovia sono presenti terreni riferibili all'Unità Tettonica di Monte Morello, ai depositi alluvionali, sia recenti che terrazzati, alle coperture recenti.

Dall'esame della carta geomorfologica del Piano Strutturale partendo da nord, si evince che, nell'area in cui il tracciato attraversa la pianura alluvionale dell'Arno, non sono presenti particolari criticità, a parte la presenza della scarpata in corrispondenza del ciglio di sponda del fiume; altre particolarità geomorfologiche da evidenziare nelle aree pianeggianti e subpianeggianti in generale, sono i riporti antropici che, non sempre cartografati nelle carte del Piano Strutturale per la loro limitata estensione e/o continuità e/o spessore, risultano presenti, con spessori estremamente variabili, lungo gran parte del tracciato. Successivamente il tracciato attraversa un'area di cava attiva. L'area di cava è limitata a sud dall'impluvio del Borro del Castellano che localmente è interessato da erosione del letto. A partire da questo borro il tracciato attraversa un'area in cui sono rilevabili numerosi fenomeni geomorfologici di versante attivi essenzialmente riconducibili a due tipologie: *“area molto instabile per franosità diffusa”* e *“area instabile per soliflusso generalizzato”*. In effetti dal rilevamento geomorfologico effettuato si conferma la presenza di tali criticità. In particolare, si rilevano vari fenomeni di instabilità dovuti principalmente a frane di crollo e più raramente a frane di scioglimento, in corrispondenza della parete rocciosa sub verticale parallela al fiume Arno in erosione. Si tratta di fenomeni che interessano la porzione superficiale più alterata dell'ammasso roccioso. L'assetto della formazione di Monte Morello rispetto alla scarpata risulta a traverpoggio. Tale assetto conferisce al versante in profondità una buona stabilità. I crolli e le frane della scarpata esposta verso i quadranti occidentali, seppur non coinvolgendo in profondità il versante, hanno reso del tutto impraticabile la



via comunale di Bruschetto tra il Borro del Castellano e l'impluvio senza nome, tant'è che è stato previsto un percorso alternativo per aggirare tale area instabile. Le condizioni di stabilità dei versanti in corrispondenza dei due impluvi in cui si è previsto il nuovo tracciato sono molto diverse dalle precedenti. Infatti, pur essendo aree cartografate al 10.000 come aree instabili attive, ad un approfondito rilevamento non si evidenziano fenomeni di movimenti di versante conclamati. I versanti mostrano pendenze molto inferiori a quelle della parete rocciosa, e risultano impostati sulla Formazione di Monte Morello con deboli coperture eluvio – colluviali e di suolo, il cui spessore è da accertare nel dettaglio con le successive indagini previste. Tali coperture semmai possono potenzialmente dar luogo a locali fenomeni di instabilità; tuttavia, dato il loro limitato spessore non inficiano la realizzazione del tracciato alle condizioni della presente relazione geologica. L'assetto della formazione di Monte Morello è a reggipoggio in corrispondenza del versante in sinistra del Borro del Castellano, esposto verso nord-est, mentre è a traverpoggio con componente a franapoggio presso il versante dell'impluvio senza nome esposto sud-ovest, con strati moderatamente più inclinati del versante (figura 1).

A sud dell'area precedente il tracciato seguendo la via di Bruschetto parallelamente al corso del fiume fino all'affluenza del Borro di Cetina, è posto alla base di versanti instabili, in cui si rilevano dissesti in atto e potenziali consistenti per lo più in crolli di pezzame litoide e a tratti a vere e proprie cadute di massi, che possono interessare il tracciato stesso e costituire un pericolo per i relativi fruitori.

A sud del Borro di Cetina il tracciato interseca altre aree instabili per soliflusso generalizzato, pertanto fenomeni potenzialmente interessanti solo la coltre più superficiale di terreno.

La Carta Geomorfologica del Piano Strutturale riporta un orlo di scarpata poco prima del ponte sull'Arno di Incisa.

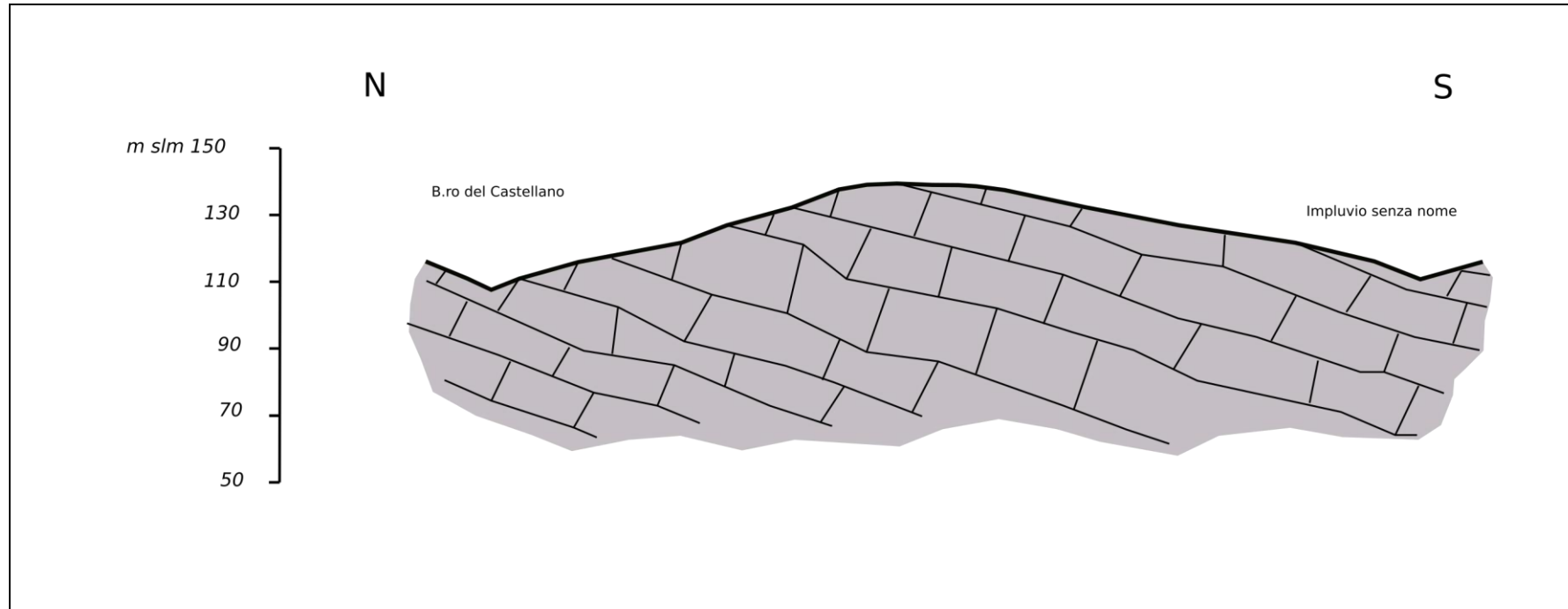


Figura 1 – Sezione geologica interpretativa tra Borro del Castellano e l'impluvio senza nome, in scala 1.2000. I terreni rappresentati si riferiscono alla Formazione di Monte Morello.

## INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I terreni presenti nell'area presentano, dal punto di vista idrogeologico, caratteristiche estremamente variabili.

La Formazione di Monte Morello è dotata di una permeabilità medio-alta per porosità secondaria. La rete di fratture e diaclasi che interessano la massa rocciosa consente una discreta infiltrazione, una buona circolazione idrica delle acque e la formazione di importanti falde idriche sotterranee, ubicate a diverse decine di metri di profondità.

I depositi alluvionali recenti, attuali e terrazzati risultano variamente permeabili a seconda della litologia e della granulometria. Le altre coperture recenti presentano valori di permeabilità estremamente variabili in funzione della litologia prevalente, ma generalmente medio-bassi.

I depositi eluvio-colluviali sono caratterizzati da una permeabilità medio-bassa.

I depositi alluvionali terrazzati sono dotati di una permeabilità generalmente bassa a causa della loro intensa pedogenizzazione, mentre quelli recenti e attuali, mostrano una permeabilità estremamente variabile lungo il loro spessore, a seconda della prevalenza di litologie sabbioso-ghiaiose o limoso-sabbiose.

In corrispondenza dei depositi alluvionali nella pianura alluvionale dell'Arno è presente una importante falda freatica. Dalle misure disponibili nei dati di base nella pianura alluvionale, si rileva che tale falda è posta a profondità di circa 5 – 6 m dal piano di campagna.

In corrispondenza del piezometro a tubo aperto installato nel perforo del sondaggio S1 presso il Borro del Castellano si è rilevato un livello piezometrico di – 7.10 m dal piano di campagna.

## SISMICITÀ DELL'AREA

Il territorio del Comune di Reggello è stato dichiarato sismico con Decreto Ministeriale 19 marzo 1982 e classificati in seconda categoria.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n. 3274, all'Allegato 1 Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, inserì il comune in zona 2, caratterizzata da valori dell'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compresi tra 0.15g e 0.25g.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale 19 giugno 2006 n. 431, Riclassificazione sismica del territorio regionale: "Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11.5.2006", il territorio comunale fu inserito in zona 3s.

Attualmente il comune di Reggello risulta in zona 3 ai sensi della Delibera della Giunta Regionale della Toscana n. 878 del 26 maggio 2014.

In corrispondenza della passerella in progetto sul Borro del Castellano sono state effettuate campagne di indagine sismica costituite da n. 2 indagini MASW e n. 2 indagini HVSR.

Dai dati ricavati e riportati integralmente in allegato, ai fini della classificazione relativamente alle categorie di sottosuolo ai sensi della Tab. 3.2.II delle NTC 2018 è possibile classificare il suolo di fondazione nella categoria B corrispondente a *“rocce tenere e depositi 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”*.

Viste le caratteristiche litologiche e geomeccaniche dell'ammasso roccioso estesamente affiorante nell'area in esame e quelle delle coperture detritiche, il rischio di liquefazione è da escludere.

## MODELLO GEOLOGICO

Il tracciato che si sviluppa all'interno del territorio comunale interessa un'area molto estesa. Si propongono di seguito modelli geologici medi per zone omogenee dal punto di vista geologico in riferimento alla carta geologica del Piano Strutturale. Si trat-

ta di una modellizzazione media, suscettibile localmente di variazioni non prevedibili; pertanto, durante l'esecuzione dei lavori dovrà essere accertata la rispondenza delle indagini geognostiche e dei modelli geologici e geotecnici proposti, con lo stato effettivo dei terreni. Per la caratterizzazione dei terreni ci si riferisce ai numerosi dati di base disponibili. Per l'area compresa tra il Borro del Castellano e l'impianto senza nome ci si basa sulla campagna geognostica e sismica effettuata e sul rilevamento geologico e geostrutturale - geomeccanico degli affioramenti presenti. Prima dell'esecuzione dei lavori in tale area, al momento inaccessibile ad adeguati mezzi meccanici, si dovrà approfondire le indagini mediante l'esecuzione di un sondaggio a c.c. e saggi con escavatore meccanico.

#### ZONA DI AFFIORAMENTO DEPOSITI ALLUVIONALI

##### ORIZZONTE 0

Suolo e/o riporto spessore 0.5 – 1.5 m

##### ORIZZONTE 1

Depositi alluvionali – costituiti prevalentemente da limi sabbiosi, spessore 1.5 - 8 m

#### ZONA DI AFFIORAMENTO DEPOSITI ANTROPICI AREA DI CAVA

##### ORIZZONTE 0

Suolo e/o detrito e/o riporto, spessore 0.5 – 1.5 m

##### ORIZZONTE 1

depositi alluvionali costituiti da limi sabbiosi, spessore 1- 3 m

##### ORIZZONTE 2

Coltre di alterazione della Formazione di Monte Morello costituita marne e/o calcari marnosi molto alterati, spessore 1 m

##### ORIZZONTE 3

Formazione di Monte Morello - Alternanza di calcari marnosi e marne prevalenti con subordinate argilliti e calcareniti, spessore >30 m.

ZONA DI AFFIORAMENTO DELLA FORMAZIONE DI MONTE MORELLO

ORIZZONTE 0

Suolo e/o detrito e/o riporto, spessore 0.5 – 1.5 m

ORIZZONTE 1

Coltre di alterazione costituita marne e/o calcari marnosi molto alterati, spessore 0.5 – 1.5 m

ORIZZONTE 2

Alternanza di calcari marnosi e marne prevalenti con subordinate argilliti e calcareniti, spessore >30 m.

Per il tratto Borro del Castellano - l'impluvio senza nome (tratta 5), prima dell'inizio dei lavori dovrà essere eseguito un approfondimento di indagine mediante saggi con scavatore meccanico per valutare con maggior precisione lo spessore e le caratteristiche litologiche del suolo e/o detrito e/o coltre di alterazione.

ZONA DI AFFIORAMENTO DEI DEPOSITI ELUVIALI E COLLUVIALI

ORIZZONTE 0

Suolo e/o riporto, spessore 0.5 – 1.5 m

ORIZZONTE 1

Pezzame litoide eterogeneo, eterometrico e eteromorfo in matrice prevalentemente limoso argillosa, a luoghi la matrice risulta nettamente prevalente sugli inclusi, spessore 1 - 3 m.

PASSERELLA IN PROGETTO SUL BORRO DEL CASTELLANO

Il modello è basato sul sondaggio S1 effettuato in destra idrografica del Borro del Castellano. Non è stato possibile, causa impossibilità di accesso ai mezzi meccanici, effettuare un secondo sondaggio in sinistra idrografica. Al fine di un primo indicativo confronto dei terreni di fondazione presenti, sulle due opposte sponde del corso

d'acqua sono state effettuate indagini sismiche MASW e HVS2. Dalla HVS2 in sinistra, emerge un netto picco con frequenza pari a 14 Hz, per cui dal confronto con le velocità delle onde s ( $V_s = 420$  m/sec c.a.) si evince un netto contrasto di impedenza a profondità nell'ordine dei 7 – 8 m dal p.c., da mettere in relazione presumibilmente con il contatto tra i livelli superficiali costituiti da limi sabbiosi, depositi eluvio – colluviali, coltre di alterazione e il substrato litoide rappresentato dalla Formazione di Monte Morello.

Il modello geologico e successivamente geotecnico proposto è comunque da considerarsi indicativo. Prima dell'inizio dei lavori della passerella dovrà essere eseguito un sondaggio in sinistra del Borro del Castellano per confermare o meno il modello qui proposto.

#### ORIZZONTE 0

Suolo e/o terreno di riporto eterogeneo ed eterometrico. Spessore 0.5 m

#### ORIZZONTE 1

Depositi alluvionali ed eluvio - colluviali costituiti da limi sabbiosi e limi inglobanti pezzame litoide marnoso e calcareo-marnoso, eterometrico e spigoloso. Spessore 1.5/6.5m

#### ORIZZONTE 2

Coltre detritica di alterazione della Formazione di Monte Morello. Si tratta di marne e/o calcari marnosi molto alterati. Spessore di circa 1 m

#### ORIZZONTE 3

Formazione di Monte Morello - Ammasso roccioso fratturato, costituito da alternanze di calcari marnosi, marne, calcareniti e argilliti.

Spessore: l'orizzonte è presente dalla base dell'orizzonte 2 fino a profondità non rilevabili con precisione, ma superiori alle varie decine di metri.

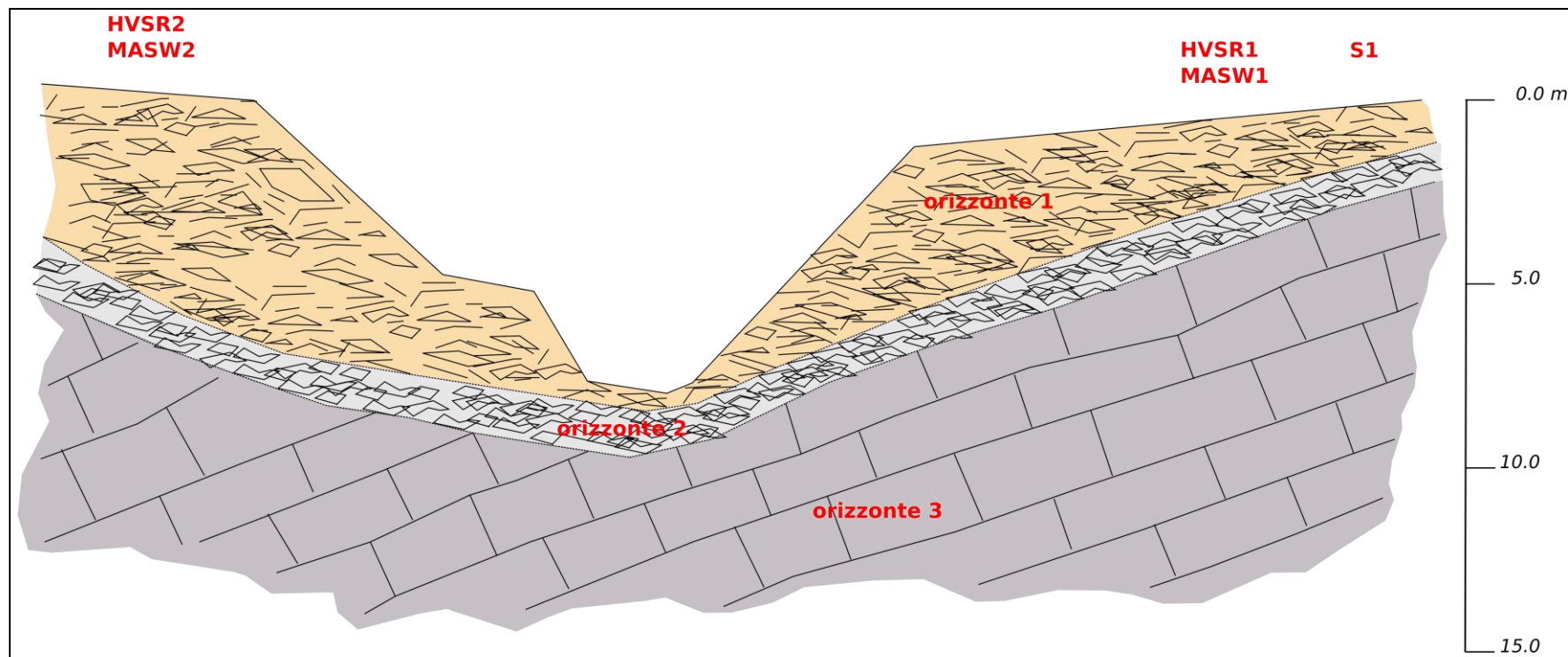


Figura 2 – Sezione geologico -tecnica interpretativa presso il Borro del Castellano, su sezione di rilievo S-2.



## MODELLO GEOTECNICO

La definizione del modello geotecnico viene effettuata per le rispettive unità individuate nel modello geologico. Ad ogni unità vengono attribuiti dei valori indicativi dei loro parametri geotecnici, suscettibili di locali variazioni.

Sono di seguito definiti i valori caratteristici  $f_k$  dei parametri geotecnici.

### ZONA DI AFFIORAMENTO DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI

#### ORIZZONTE 0

Suolo e/o riporto spessore 0.5 – 1.5 m

#### ORIZZONTE 1

Depositi alluvionali – costituiti prevalentemente da limi sabbiosi, spessore 1.5 - 8 m

$$\gamma_k = 1.9 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 27^\circ$$

$$c'_k = 0.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{0k} = 40 \text{ kg/cm}^2$$

### ZONA DI AFFIORAMENTO DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI

#### ORIZZONTE 0

Suolo e/o riporto spessore 0.5 – 1.5 m

#### ORIZZONTE 1

Depositi alluvionali terrazzati – costituiti prevalentemente da limi argillosi, spessore 1.5 -8 m

$$\gamma_k = 1.9 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 18^\circ$$

$$c'_k = 0.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{0k} = 60 \text{ kg/cm}^2$$

ZONA DI AFFIORAMENTO DEPOSITI ANTROPICI AREA DI CAVA

ORIZZONTE 0

Suolo e/o detrito e/o riporto, spessore 0.5 – 1.5 m

ORIZZONTE 1

depositi alluvionali ed eluvio colluviali costituiti da limi sabbiosi inglobanti pez-  
zame litoide eterometrico, spessore 1- 3 m

$$\gamma_k = 1.80 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 20^\circ$$

$$c'_k = 0.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{0k} = 50 \text{ kg/cm}^2$$

ORIZZONTE 2

Coltre di alterazione della Formazione di Monte Morello costituita marne e/o  
calcarei marnosi molto alterati, spessore 1 m

$$\gamma_k = 1.9 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 25^\circ$$

$$c'_k = 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

ORIZZONTE 3

Alternanza di calcari marnosi e marne prevalenti con subordinate argilliti e cal-  
careniti, spessore >30 m.

$$\gamma_k = 2.1 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 35^\circ$$

$$c'_k = 1.5 \text{ kg/cm}^2$$

ZONA DI AFFIORAMENTO DELLA FORMAZIONE DI MONTE MORELLO

ORIZZONTE 0

Suolo e/o detrito e/o riporto, spessore 0.5 – 1.5 m

ORIZZONTE 1

Coltre di alterazione costituita marne e/o calcari marnosi molto alterati, spessore 0.5 – 1.5 m

$$\gamma_k = 1.9 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 25^\circ$$

$$c'_k = 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

ORIZZONTE 2

Alternanza di calcari marnosi e marne prevalenti con subordinate argilliti e calcareniti, spessore >30 m.

$$\gamma_k = 2.1 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 35^\circ$$

$$c'_k = 1.5 \text{ kg/cm}^2$$

Per il tratto Borro del Castellano - l'impluvio senza nome (tratta 5) prima dell'inizio dei lavori dovrà essere eseguito un approfondimento di indagine mediante saggi con scavatore meccanico per valutare con maggior precisione lo spessore e le caratteristiche geotecniche del suolo e/o detrito e/o coltre di alterazione.

ZONA DI AFFIORAMENTO DEI DEPOSITI ELUVIALI E COLLUVIALI

ORIZZONTE 0

Suolo e/o riporto, spessore 0.5 – 1.5 m

ORIZZONTE 1

Pezzame litoide eterogeneo, eterometrico e eteromorfo in matrice prevalentemente limoso argillosa, a luoghi la matrice risulta nettamente prevalente sugli inclusi, spessore 1 - 3 m

$$\gamma_k = 1.80 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 15^\circ$$

$$c'_k = 0.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{0k} = 50 \text{ kg/cm}^2$$

PASSERELLA IN PROGETTO SUL BORRO DEL CASTELLANO

ORIZZONTE 0

Suolo e/o terreno di riporto eterogeneo ed eterometrico.

Spessore 0.5 m

ORIZZONTE 1

Limi sabbiosi e limi inglobanti pezzame litoide marnoso e calcareo-marnoso, eterometrico e spigoloso.

Spessore 1.5/6.5m

Depositi alluvionali ed eluvio - colluviali normalconsolidati, a comportamento intermedio fra coesivo e granulare, compressibili.

$$\gamma_k = 1.80 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 20^\circ$$

$$c'_k = 0.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_{u k} = 0.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo edometrico } M_{0k} = 50 \text{ kg/cm}^2$$

ORIZZONTE 2

Coltre detritica di alterazione del substrato lapideo. Si tratta di marne e/o calcari marnosi molto alterati.

Spessore di circa 1 m

Terreni, da mediamente a scarsamente compressibili, a comportamento intermedio fra coesivo e granulare.

$$\gamma_k = 1.9 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 25^\circ$$

$$c'_k = 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

ORIZZONTE 3

Ammasso roccioso fratturato, costituito da alternanze di calcari marnosi, marne, calcareniti e argilliti. L'orizzonte è riferibile alla Formazione di Monte Morello.

L'orizzonte è praticamente incompressibile.

Spessore: l'orizzonte è presente dalla base dell'orizzonte 2 fino a profondità non rilevabili con precisione, ma superiori alle varie decine di metri.

$$\gamma_k = 2.1 \text{ g/cm}^3$$

$$\phi'_k = 35^\circ$$

$$c'_k = 1.5 \text{ kg/cm}^2$$

livello piezometrico 7.10 da p.c.

CARATTERIZZAZIONE AI FINI DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE

AMMASSO ROCCIOSO – FORMAZIONE DI MONTE MORELLO

Le verifiche di stabilità interessano i versanti in sinistra del Borro del Castellano e in destra dell'impluvio senza nome. Le seguenti considerazioni sono applicabili a tali versanti. Non essendo presenti condizioni di instabilità del versante riferibili a natura strutturale si utilizza il criterio di rottura di Hoek et al (2002 -2006). Tale criterio definisce un involucro di rottura curvo all'interno del diagramma sforzi normali e tangenziali (figura 3). In tal modo la definizione dei parametri  $\phi'$  e  $c'$  equivalenti per l'ammasso roccioso passa attraverso la valutazione locale dello stato tensionale e successivamente definisce i parametri  $\phi'$  e  $c'$  equivalenti attraverso la retta tangente l'involucro nel punto considerato (figura 3). La conseguenza più importante è che all'interno del pendio avremo diversi valori di  $\phi'$  e  $c'$  equivalenti in funzione della posizione e della profondità (Borselli, 2021).

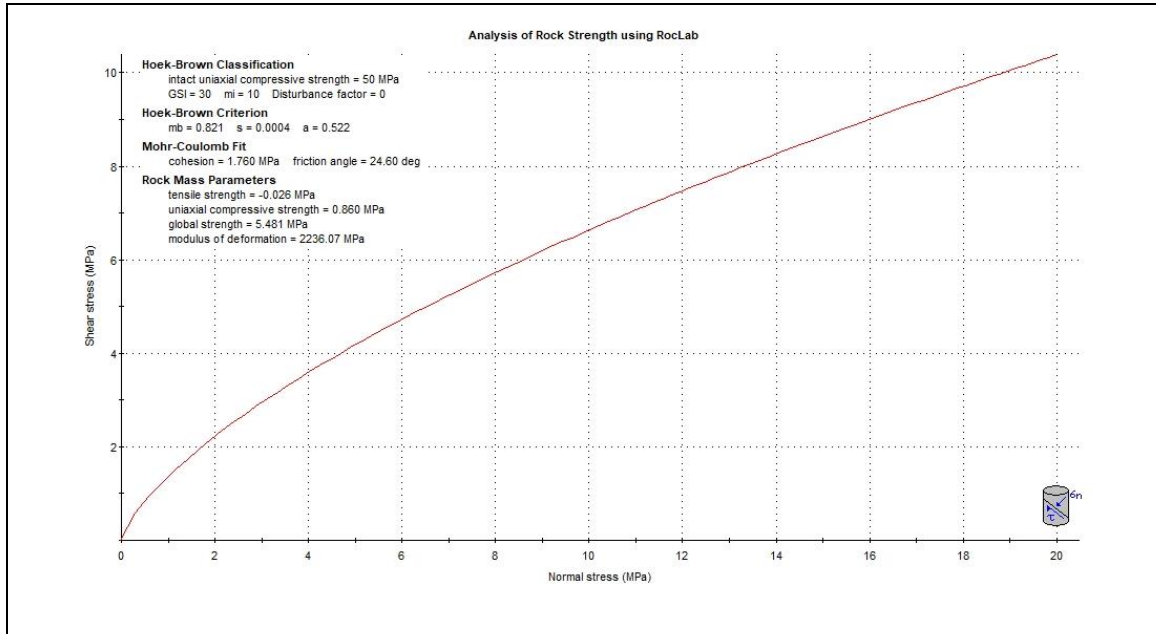


Figura 3 – Diagramma sforzi normali e tangenziali per l'ammasso roccioso (RocLab 1.0)

Per l'applicazione di tale criterio è necessario determinare per l'ammasso roccioso quattro parametri:

- 1 resistenza a compressione uniassiale degli elementi di roccia intatta ( $\sigma_{ci}$ )
- 2 l'indice geologico di resistenza che sintetizza le caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso (GSI)
- 3 la costante litologica che dipende dalla litologia dell'ammasso roccioso ( $m_i$ )
- 4 il fattore di disturbo che rappresenta il grado di disturbo indotto da operazioni di scavo meccanico o esplosivi (D)

Per l'ammasso roccioso rilevato in dettaglio, utilizzando anche il software Roclab 1.0, si ottengono i seguenti valori:

$$\sigma_{ci} = 50 \text{ MPa}$$

$$\text{GSI} = 30$$

$$m_i = 10$$

$$D = 0$$

## CRIB WALL IN LEGNO DI PROGETTO

Per il riempimento dei crib wall in legno a sostegno della pista, dovrà essere usato materiale grossolano con poco o nessun fine (GP) oppure con fine non plastico o poco plastico (GM). A queste condizioni ipotizzando per il legno una resistenza nell'ordine dei 200 kPa si possono utilizzare i seguenti parametri caratteristici ponderati per effettuare la verifica:

$$\phi'_k = 28.5^\circ$$

$$c'_k = 44.0 \text{ kPa}$$

$$\gamma'_k = 16.00 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat } k} = 17.00 \text{ kN/m}^3$$

Queste opere hanno un ciclo di vita limitato e progressivamente i valori di resistenza si riducono nel tempo in funzione della degradazione del legno. Pertanto, si dovrà provvedere a colonizzare il pendio con piante e arbusti con radici che mantengano una coesione equivalente sostituendo progressivamente quella offerta dall'opera.

## VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEL VERSANTE

In corrispondenza dell'area esaminata sono state realizzate verifiche di stabilità globali i cui risultati salienti sono riportati in allegato. Le verifiche di stabilità interessano i versanti in sinistra del Borro del Castellano e in destra dell'impluvio senza nome utilizzando i dati planialtimetrici forniti dal progettista.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate nello stato attuale, durante la fase di cantiere con scavi aperti e nello stato di progetto considerando cautelativamente il terreno saturo fino al piano di campagna.

Le condizioni del pendio sono state riferite, per le verifiche effettuate rispetto sia allo stato attuale che alle condizioni di progetto, in presenza di sisma, al raggiungimento di uno stato limite ultimo (SLC) con  $K_h = 0.057$  (allegato). Per le verifiche sulla

fase di cantiere si è operato in assenza di sisma ai sensi dell'articolo 2.4.1 delle NTC 2018.

La schematizzazione del versante è quella riportata nel modello geotecnico utilizzando il criterio di rottura GSI di Hoek et al. (2002-2006) e la combinazione dei coefficienti parziali dell'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2). Dato il limitato spessore, gli orizzonti 0 e 1, compresi i riporti di progetto limitati a pochi decimetri di spessore, sono stati accorpati all'orizzonte 2 (strato I).

Per il riempimento dei crib wall in legno a sostegno della pista, otteniamo i seguenti parametri di progetto

$$\phi'_d = \arctg(\text{tg}\phi'_k / \gamma_{\phi'}) = \arctg(\text{tg } 28.5^\circ / 1.25) = 23.5^\circ$$

$$c'_d = c'_k / \gamma_{c'} = 44.0 \text{ kPa} / 1.25 = 35.2 \text{ kPa}$$

$$\gamma'_d = \gamma'_k = 16.00 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat } d} = \gamma_{\text{sat } k} = 17.00 \text{ kN/m}^3$$

Per il calcolo è stato utilizzato il software SSAP versione 5.0.2 (2021), sviluppato da Lorenzo Borselli. Il modello di calcolo è stato quello di Morgenstern Price (1965), sviluppando 10.000 superfici convesse teoriche di rottura per ogni verifica. Il software dai parametri indicati nel modello geotecnico, relativi al criterio di rottura Hoek et alii (2002-2006), ha ricavato i parametri equivalenti geomeccanici caratteristici di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso considerato ( $\phi'$ ,  $c'$ ) alle varie profondità e posizioni con il criterio non-lineare generalizzato, secondo Lee et Pietruszczack (2017); tali parametri equivalenti sono stati infine ridotti, per ricavare i valori di progetto, tramite i coefficienti parziali di cui alla tab. 6.2.II delle NTC 2018 (Fattori di riduzione NTC2018:  $\gamma_{\phi}=1.25$  e  $\gamma_{c'}=1.25$ ).

Il coefficiente di sicurezza si ottiene dalla seguente

$$F_s = (\tau_s/R_2)/\tau_m$$

dove



- $\tau_s$  è la resistenza al taglio disponibile con i parametri ridotti (M2)
- $\tau_m$  è lo sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento potenziale
- R2 è  $\gamma_R = 1.1$ .

Il coefficiente di sicurezza, pertanto si ottiene dal fattore di sicurezza minimo in uscita dalle verifiche effettuate, cioè  $\tau_s/\tau_m$ , ridotto da  $\gamma_R = 1.1$ .

Per la sezione in sinistra del Borro del Castellano, si ottiene:

stato attuale

$$F_s = (\tau_s/\tau_m) / \gamma_R = 2.49 / 1.1 = 2.2$$

stato di cantiere

$$F_s = (\tau_s/\tau_m) / \gamma_R = 2.95 / 1.1 = 2.6$$

stato di progetto

$$F_s = (\tau_s/\tau_m) / \gamma_R = 2.44 / 1.1 = 2.2$$

Per la sezione in destra dell'impluvio senza nome, si ottiene:

stato attuale

$$F_s = (\tau_s/\tau_m) / \gamma_R = 8.96 / 1.1 = 8.1$$

stato di cantiere

$$F_s = (\tau_s/\tau_m) / \gamma_R = 7.56 / 1.1 = 6.8$$

stato di progetto

$$F_s = (\tau_s/\tau_m) / \gamma_R = 9.47 / 1.1 = 8.6$$

Le sezioni risultano pertanto verificata ( $F_s > 1$ ) nelle condizioni attuali, durante la fase di cantiere e nelle condizioni di progetto.

Michele Cecchi  
geologo

# ALLEGATO 1

PIANO STRUTTURALE E PIANO OPERATIVO COMUNALI



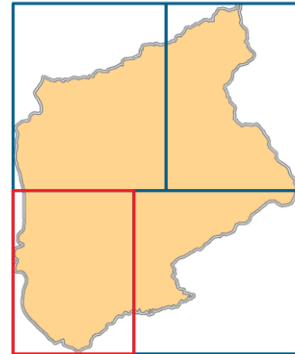
# COMUNE DI REGGELLO

PROVINCIA DI FIRENZE

INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO  
AL NUOVO PIANO STRUTTURALE  
AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO

## CARTA GEOLOGICA

T.GEO 01 - SW



Scala 1:10.000

Professionista incaricato:  
Prof. Geol. Eros Aiello

Emesso: settembre 2016	Revisionato:	Adottato con	Approvato con:
---------------------------	--------------	--------------	----------------

**GEOECO**  
PROGETTI

VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055 571393-575954  
C.F. e P. IVA 02287880484

**WEST**  
Systems s.r.l.

Divisione **PHYSIS**  
INGEGNERIA DEL TERRITORIO

PHYSIS DIVISIONE WEST SYSTEMS  
SEDE VIA BONIFACIO LUPI, 1  
50139 FIRENZE  
Tel. 055.4684253 Fax 055.4627182  
P. IVA 01071300501

## Legenda

### COPERTURE RECENTI

#### DEPOSITI ANTROPICI

 h5 Terreni di riporto, bonifica per colmata

#### CORPI DI FRANA

 F Corpi di frana

#### DEPOSITI QUATERNARI

 a3a Falde di detrito (Olocene)

 aa Depositi di versante (Olocene)


 b Depositi alluvionali attuali (Olocene)


 bna Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (Olocene)

 b2a Depositi eluvio-colluviali (Olocene)

### SUBSISTEMA DEL VALDARNO SUPERIORE

#### Sub-sistema di Monticello-Ciuffenna

 LAT Limi di Latereto e di Plan di Tegna - Limi sabbioso-argillosi, bruno giallastri e rossi, di regola pedogenizzati, con intercalazioni di sabbie e sabbie limose e di ciottolami ad elementi arenacei. (Pleistocene medio)


 STA Sabbie del Tasso - Sabbie quarzoso-feldspatiche, mal classate e di colore da bruno-giallastro a grigio-giallastro, ma talvolta ocracee per alterazione. Locali intercalazioni lentiformi di ciottolami minuti ad elementi arenacei e di limi e argille talora torbose. (Pleistocene medio)


 LOC Sabbie di La Loccaia - Sabbie e ghiaie con clasti prevalentemente arenacei con intercalazioni di limi sabbiosi bruno-rossastri spesso pedogenizzati. (Pleistocene medio)


 SLE Sabbie di Lavane - Sabbie fluviali quarzoso-feldspatiche di colore giallo chiaro o grigiastre e ciottolotti silicei talora arenacei ed intercalazioni di livelli limosi. (Pleistocene Inferiore)


 CLO Ciottolami di Loro Ciuffenna - Ciottolami ad elementi arenacei di colore da giallo-rossastro a bruno con matrice sabbioso-limosa relativamente abbondante. (Pleistocene medio)


#### Sub-sistema di Montevarchi


 CPE Ciottolami della Penna - Limi sabbioso-argillosi, bruno giallastri e rossi, di regola pedogenizzati, con intercalazioni di sabbie e sabbie limose e di ciottolami ad elementi arenacei. (Pleistocene medio)


 CCQ Formazione di Casa la Querce - Alternanza irregolare di sabbie giallastre, sabbie limose e limi sabbioso-argillosi grigi o grigio-giallastri con intercalazioni di banchi di argille limoso-sabbiose grigio-azzurrognole e di lenti di ciottolami ad elementi arenacei. Presenza di paleosuoli. (Pleistocene Inferiore)

 SBC Sabbie di Borro Cave - Alternanza irregolare di sabbie giallastre, sabbie limose e limi sabbioso-argillosi grigi o grigio-giallastri con intercalazioni di banchi di argille limoso-sabbiose grigio-azzurrognole e di lenti di ciottolami ad elementi arenacei. Presenza di paleosuoli. (Pleistocene Inferiore)

 CL Ciottolami di Leccio - Conglomerati e ciottolami ad elementi arenacei, molto alterati, di colore ocraceo o bruno-rossastro, con matrice sabbioso-limosa relativamente abbondante. I ciottolami possono essere ad elementi arenacei o ad elementi calcareo-marnosi. (Pleistocene Inferiore)

 LSO Limi del Torrente Oreno - Limi grigi e grigio-azzurrognoli, talora argillosi o sabbiosi, spesso intensamente bioturbati, con intercalazioni di sabbie e sabbie limose grigie o giallastre, talora arrossate; frequenti le intercalazioni di banchi di argille grigio-azzurrognole e locali lenti di ciottolami ad elementi arenacei, paleosuoli e concrezioni calcaree. (Pleistocene Inferiore)

 ASC Argille del Torrente Ascione - Argille, argille limose e sabbie argillose di colore grigio contenenti abbondanti frammenti vegetali; argille torbose nerastre e livelli di lignite; frequenti intercalazioni di banchi di sabbie e sabbie ciottolose giallastre, talora arrossate. (Pleistocene Inferiore)

 TER Limi di Terranuova - Limi argilloso-sabbiosi grigi e argille talora sabbiose grigio-azzurrognole; frequenti intercalazioni di banchi e lenti di sabbie giallastre talora arrossate; locale presenza di paleosuoli. (Pleistocene Inferiore)

**DOMINIO LIGURE ESTERNO**

**Unita' di Monte Morello**

- MLL** Formazione di Monte Morello - è un'alternanza di marne giallo-brune con frattura a seponetta, calcari marnosi bianco-giallastri a grana finissima e frattura concoidale, argilliti ed argilliti marnose grigie, arenarie calcarifere micacee avana e rare calcareniti biancastre, di natura torbiditica (talora la base degli strati è calcarenitica). Localmente sono presenti liste di selce nera. Lo spessore degli strati varia da pochi centimetri ad alcuni metri. Verso la base è presente talora una litofacies prevalentemente marnosa con colorazioni che variano dal rose al verdastro e con rare intercalazioni di marne argillose brune. (Eocene)
- PTF** Pietraforte - Regolare alternanza di arenarie torbiditiche quarzoso-calcaree grigie e di peliti argillitiche, in strati gradati da medi a molto spessi con granulometria alla base degli strati medio-grossolana e rapporto A/P generalmente > 1. Le arenarie si presentano marroni-giallastre in superficie alterata e grigie al taglio. Si tratta di depositi torbiditici presumibilmente intercalati nella Formazione di Sillano. (Cretaceo Superiore)
- SIL** Formazione di Sillano - Argilliti e siltiti fogliettate, grigio scure, nerastre, rosse, marroni e verdastre, alternate a strati calcarei, calcarenitici e calcareo-marnosi torbiditici a grana fine, talora litografici, da sottili a molto spessi, di colore nocciola o giallastri all'alterazione, grigio chiari al taglio, talvolta con patina verdastro. Frequenti strati gradati calcarenitici da medio-fini a grossolane grigio-scuri, marroni all'alterazione. I livelli calcarei si presentano spesso con fatturazione ad Incudine. (Cretaceo Superiore-Eocene Inferiore)

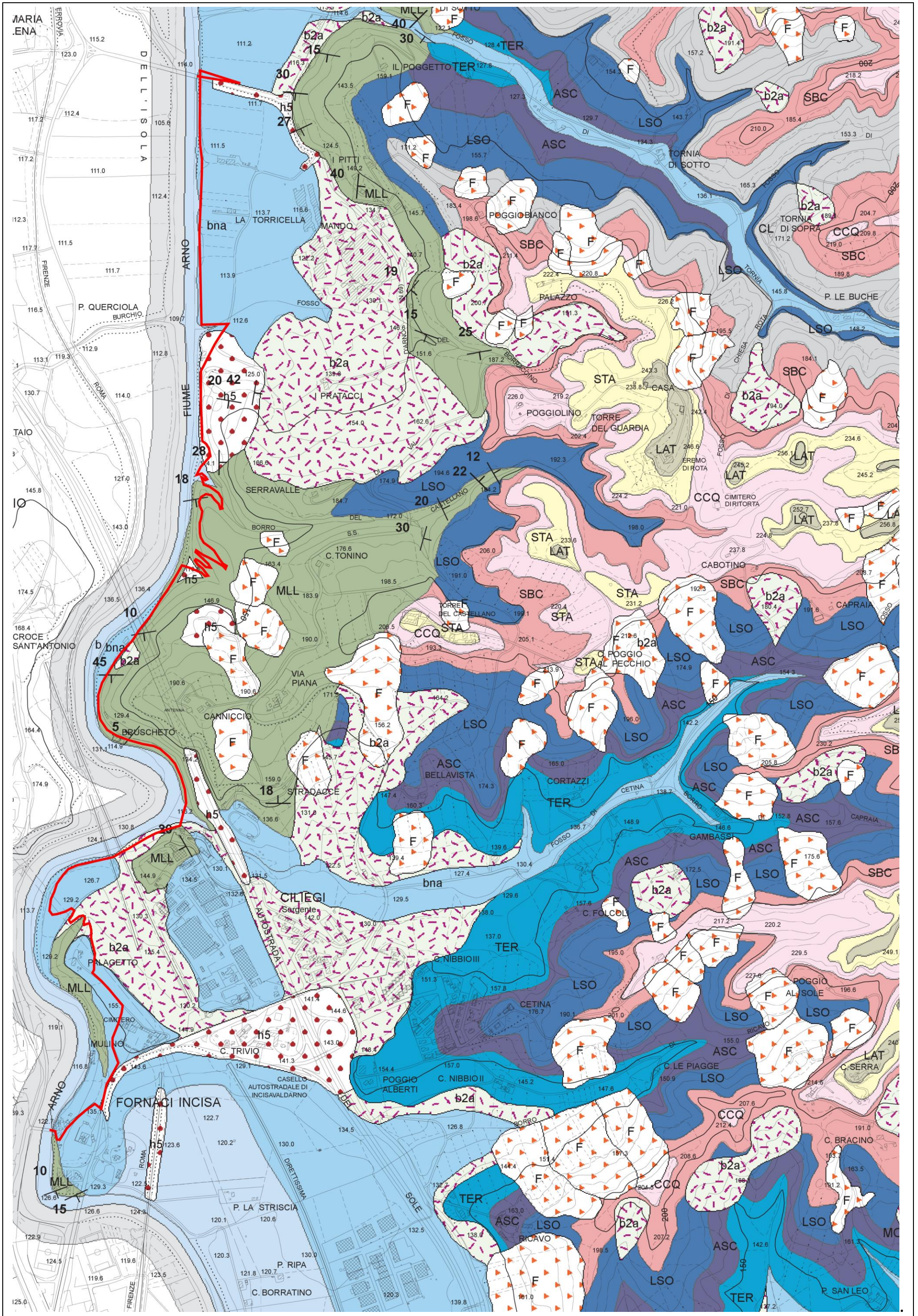
**DOMINIO TOSCANO**

**Unita' di Monte Cervarola -Falterona**

- FAL3** Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto - Arenarie, marne, argilliti e siltiti con  $1/4 < A/P < 2$ . Stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a banchi o strati molto spessi ravvicinati. Sono presenti, specialmente verso la base, numerosi livelli calcarenitici, in strati da medi a molto spessi. Nella parte alta del membro prevalenti peliti con rari banchi arenacci. All'interno del Membro di Montalto si rinviene una litofacies siltoso arenacea (FAL3c) costituita da prevalenti livelli siltitico arenacci color grigio in strati da fini a medi, talora grossolani. (Oligocene Superiore - Miocene Inferiore)
- FAL2** Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli - Arenarie grigio chiare e grigio verdi in strati dello spessore di 0,5-2 metri o peliti subordinato,  $2 < A/P < 10$ , arenarie sono sempre molto grossolane e con quasi totale assenza di componenti carbonatici (néclasti, nécementi), si presentano in pacchi di 7-10 strati di arenaria con assenza di pelite, alternati a livelli dello spessore di un paio di metri di siltiti e argilliti scure con poche marne. Sono presenti livelli calcarenitici in strati da medi a spessi. (Oligocene Superiore)

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
-









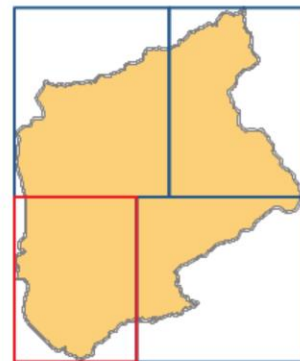
# COMUNE DI REGGELLO

PROVINCIA DI FIRENZE

INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO  
AL NUOVO PIANO STRUTTURALE  
AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO

## CARTA GEOMORFOLOGICA

T.GEO 03 - SW



Scala 1:10.000

Professionista incaricato:  
Prof. Geol. Eros Aiello

Emesso: settembre 2016	Revisionato:	Adottato con	Approvato con:
---------------------------	--------------	--------------	----------------

**GEOECO**  
PROGETTI









VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P. IVA 02287880484

**WEST**  
Systems s.r.l.  
PHYSIS

PHYSIS DIVISIONE WEST SYSTEMS  
SEDE VIA BONIFACIO LUPI, 1  
50139 FIRENZE  
Tel. 055.4684253 Fax 055.4627182  
P. IVA 01071300501






## Legenda

### 1 FORME E PROCESSI DI EROSIONE IDRICA E DEL PENDIO

-  Orlo di scarpata fluviale o di terrazzo
-  Orlo di scarpata in erosione
-  Orlo di scarpata quiescente
-  Creste
-  Orlo rimodellato di scarpata o debole rottura di pendio
- E** Area soggetta ad erosione profonda
- Ar** Affioramento roccioso
- Es** Area soggetta ad erosione superficiale
-  Idem di limitata estensione
-  Alveo con tendenza all'approfondimento
-  Erosione laterale di sponda

### 2 FORME E PROCESSI DOVUTI A GRAVITA'






#### 2.1 Forme di denudazione

-  Orlo attivo di scarpata di frana
-  Orlo non attivo di scarpata di frana
-  Traccia di scarpata di frana
-  Frana di limitata estensione
- Fd** Area molto instabile per franosità diffusa
- i** Area instabile per soliflusso generalizzato
- ds** Area interessata da deformazioni superficiali lente
-  Soliflusso di limitata estensione

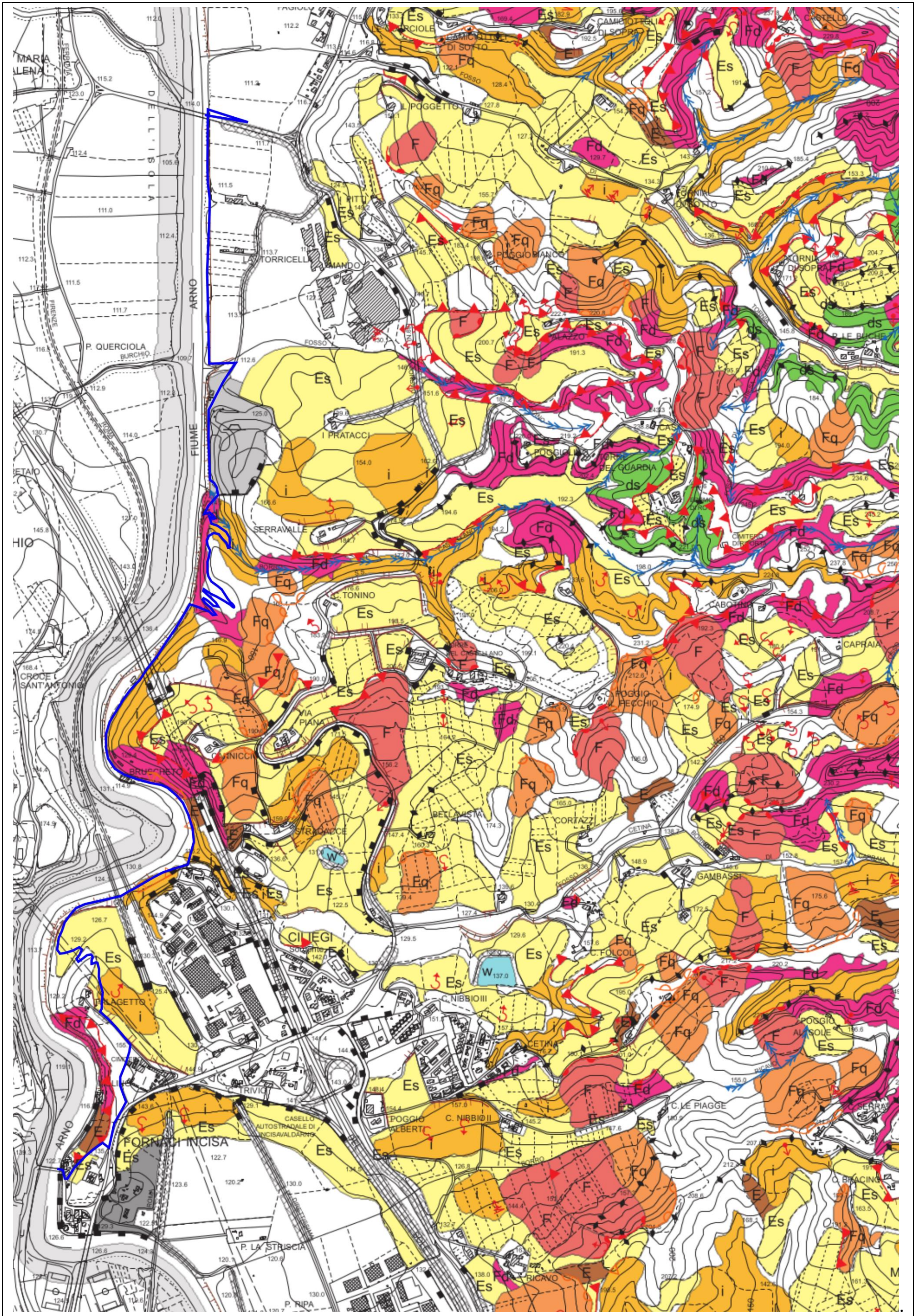
#### 2.2 Forme di accumulo e relativi depositi

- F** Corpo di frana attiva
- Fq** Corpo di frana quiescente
- Fs** Corpo di frana stabilizzata

### 3 FORME ARTIFICIALI (ANTROPICHE)

-  Orlo di scarpata di origine antropica
-  Cava attiva
-  Cava inattiva
- w** Corpo d'acqua
-  Diga in terra
- T** Terrazzamento
-  Rilevato stradale, terrapieno
- \*** Area intensamente modellata da interventi umani









# COMUNE DI REGGELLO

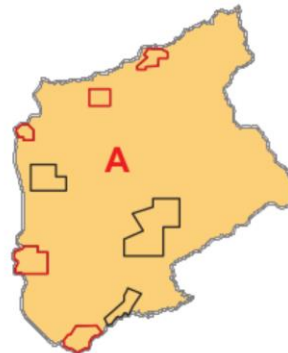
PROVINCIA DI FIRENZE

INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO  
AL NUOVO PIANO STRUTTURALE  
AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO

## CARTA DELLE INDAGINI

T.GEO 07 - A

Tosi, Donnini, San Clemente, Ciliegi, Matassino



Scala 1:5.000










Professionista incaricato:  
Prof. Geol. Eros Aiello

Emesso: settembre 2016	Revisionato:	Adottato con	Approvato con:
---------------------------	--------------	--------------	----------------

**GEOECO**  
PROGETTI  
VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P. IVA 02287880484

**WEST**  
Systems S.r.l.  
PHYSIS  
PHYSIS DIVISIONE WEST SYSTEMS  
SEDE VIA BONIFACIO LUPI, 1  
50139 FIRENZE  
Tel. 055.4664253 Fax 055.4627182  
P. IVA 01071300501

## **Legenda**

-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Sondaggio con piezometro
-  Sondaggio a carotaggio con campioni
-  Sondaggio con downhole
-  Sondaggio a carotaggio continuo con inclinometro
-  Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPT)
-  Prova penetrometrica dinamica pesante
-  Pozzo per acqua
-  Stazione microtremore a stazione singola

 MASW

 Profilo sismico a riflessione

 Profilo sismico a rifrazione

## **Altre notazioni**

 Limite approfondimento

 *Riquadri a scala di maggior dettaglio per una migliore visualizzazione delle indagini.*









# COMUNE DI REGGELLO

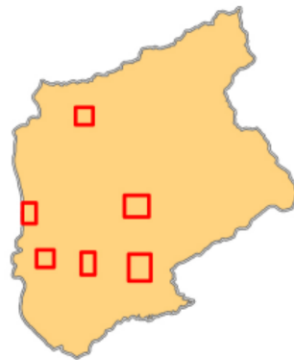
PROVINCIA DI FIRENZE

## INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO AL PIANO OPERATIVO CON AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO DEL PIANO STRUTTURALE

### CARTA DELLE INDAGINI

T.G 01

Poggio Giubbiani, Ponte all'Ulivo, Podere Giusti, Torricella,  
Le Campacce, C. Nibbio



Scala 1:5.000

Professionista incaricato:  
Prof. Geol. Eros Aiello

Emesso: marzo 2020	Revisionato:	Adottato con	Approvato con:
-----------------------	--------------	--------------	----------------












VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P. IVA 02287880484



PHYSIS DIVISIONE WEST SYSTEMS  
SEDE VIALE DONATO GIANNOTTI  
50126 FIRENZE  
Tel. 055.461429 Fax 055.6580564  
P. IVA 01071300501

## Legenda

-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Sondaggio con piezometro
-  Sondaggio a carotaggio con campioni
-  Sondaggio con downhole
-  Sondaggio a carotaggio continuo con inclinometro
-  Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPT)
-  Prova penetrometrica dinamica pesante
-  Pozzo per acqua
-  Stazione microtremore a stazione singola

 MASW

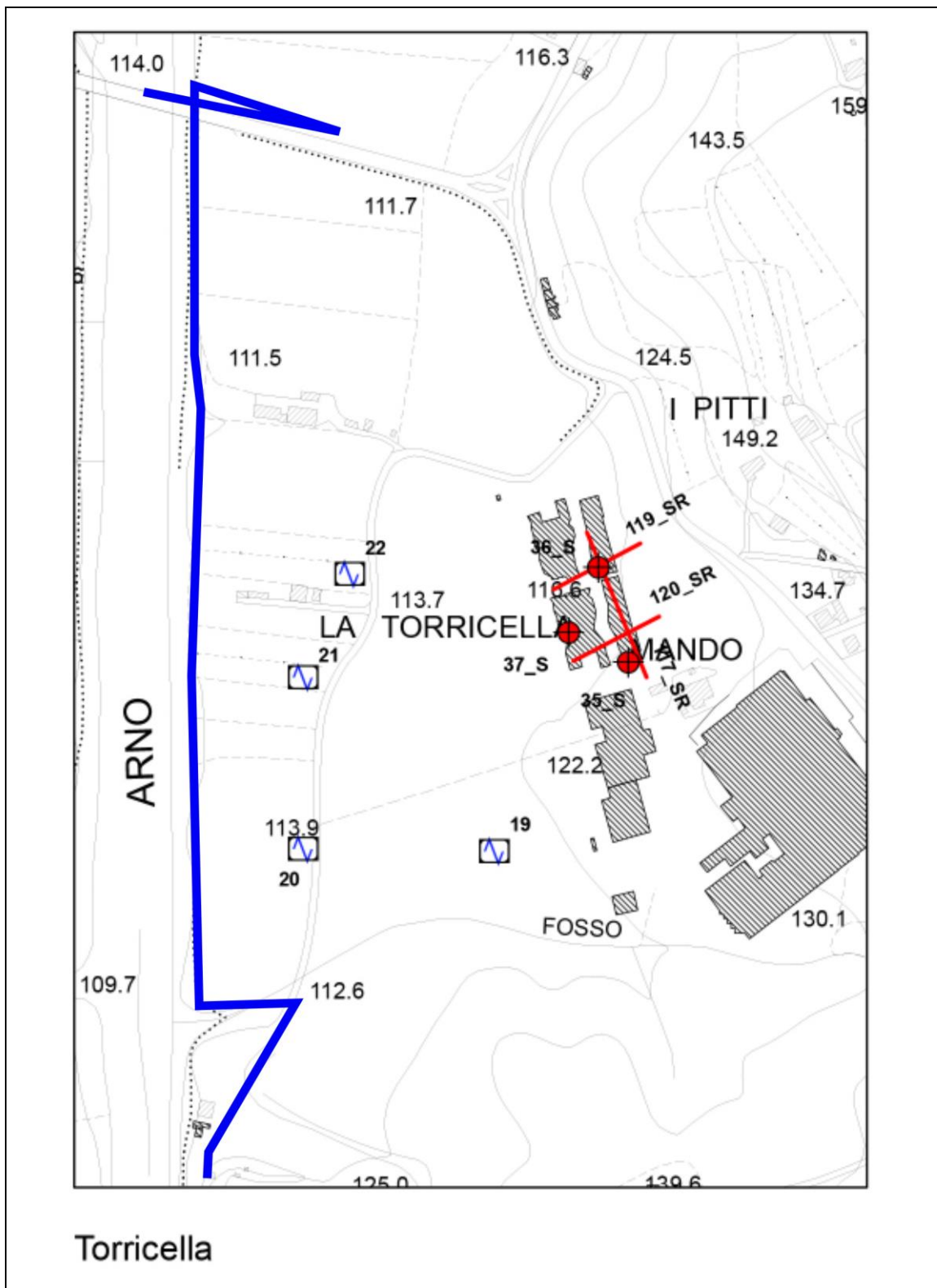
 Profilo sismico a riflessione

 Profilo sismico a rifrazione

## Altre notazioni

 Limite approfondimento

 *Riquadri a scala di maggior dettaglio per una migliore visualizzazione delle indagini.*





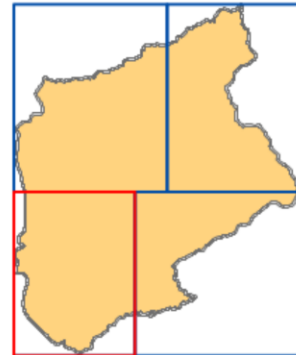
# COMUNE DI REGGELLO

PROVINCIA DI FIRENZE

INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO  
AL NUOVO PIANO STRUTTURALE  
AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

T.GEO 05 - SW



Scala 1:10.000

Professionista incaricato:  
Prof. Geol. Eros Aiello

Emesso: settembre 2016	Revisionato: gennaio 2017 marzo 2020	Adottato con	Approvato con:
---------------------------	--	--------------	----------------



VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P. IVA 02287880484



PHYSIS DIVISIONE WEST SYSTEMS  
SEDE VIA BONIFACIO LUPI, 1  
50139 FIRENZE  
Tel. 055.4684253 Fax 055.4627182  
P. IVA 01071300501



## Legenda

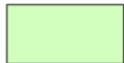
### Pericolosità geologica (D.P.G.R. N.53/R DEL 25 OTTOBRE 2011)



Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici attivi e relative aree di influenza e di possibile evoluzione, aree interessate da soliflussi.  
Comprendono le aree P.F.4. (pericolosità molto elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.



Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici quiescenti e relative aree di influenza; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versante con pendenze superiori al 25%.  
Comprendono le aree P.F.3 (pericolosità elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.



Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versante con pendenze inferiori al 25%.



Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

### Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana - da Piano Assetto Idrogeologico (A.d.B. Arno)



P.F.3 - Aree a pericolosità geomorfologica elevata



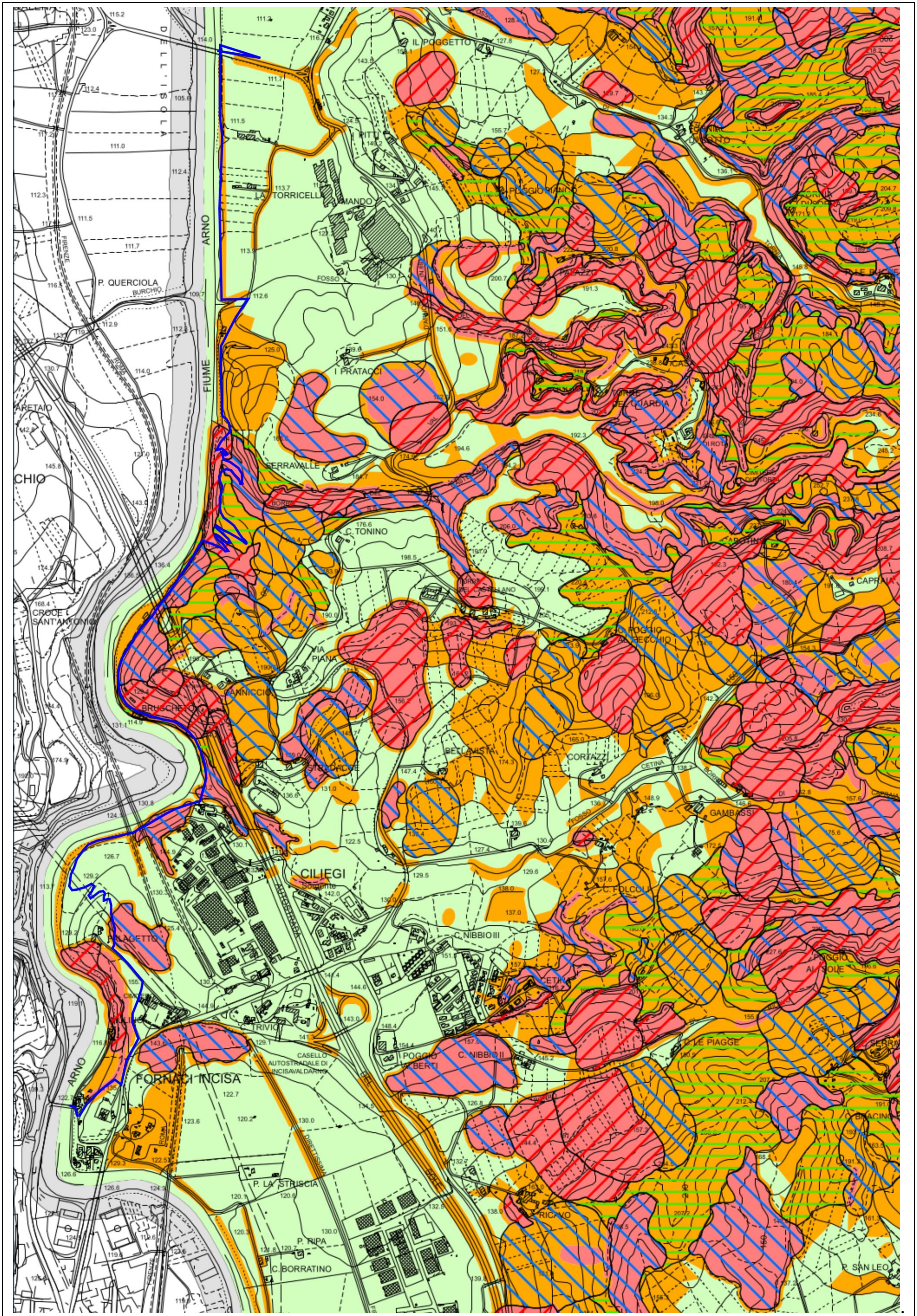
P.F.4 - Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata

### Perimetrazione delle aree a pericolosità da dissesti di natura geomorfologica da Piano Assetto Idrogeologico (A. d. B. Arno Distretto Appennino Settentrionale) Adottato con D.C.I.P. n. 20 del 20.12.2019 pubblicato su G.U. n.9 del 13.01.2020)



P.3b - Aree a pericolosità elevata - Aree interessate da possibili instabilità di tipo gravitativo che determinano elevata possibilità di propensione al dissesto.









# COMUNE DI REGGELLO

PROVINCIA DI FIRENZE

## INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO AL PIANO OPERATIVO CON AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO DEL PIANO STRUTTURALE

### CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

T.G 07

Tosi, Donnini, San Clemente, Ciliegi, Matassino



Scala 1:5.000

Professionista incaricato:  
Prof. Geol. Eros Aiello

Emesso: marzo 2020	Revisionato:	Adottato con	Approvato con:
-----------------------	--------------	--------------	----------------

**GEOECO**  
PROGETTI

VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P. IVA 02267880484

**WEST**  
Systems s.r.l.  
Divisione PHYSIS

PHYSIS DIVISIONE WEST SYSTEMS  
SEDE VIALE DONATO GIANNOTTI  
50126 FIRENZE  
Tel. 055.461429 Fax 055.6580564  
P. IVA 01071300501

## Legenda



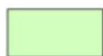
### **Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4)**

Zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2;



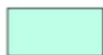
### **Pericolosità sismica locale elevata (S.3)**

Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dare luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contenuto di impedenza sismica atteso fra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.



### **Pericolosità sismica locale media (S.2)**

Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)



### **Pericolosità sismica locale bassa (S.1)**

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.



Limite aree oggetto di approfondimento







# COMUNE DI REGGELLO

PROVINCIA DI FIRENZE

## INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO AL PIANO OPERATIVO CON AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO DEL PIANO STRUTTURALE

### CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

T.G 05

Poggio Giubbiani, Ponte all'Ulivo, Podere Giusti, Torricella,  
Le Campacce, C. Nibbio



Scala 1:5.000

Professionista incaricato:  
Prof. Geol. Eros Aiello

Emesso: marzo 2020	Revisionato:	Adottato con	Approvato con:
-----------------------	--------------	--------------	----------------

**GEOECO**  
PROGETTI

VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P. IVA 02287880484

**WEST**  
Systems S.r.l.  
PHYSIS

WEST SYSTEMS DIVISIONE PHYSIS  
SEDE VIALE DONATO GIANNOTTI, 24  
50126 FIRENZE  
Tel. +39 055 461429 Fax +39 055 6580564  
P. IVA 01071300501



## **Legenda**



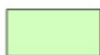
### **Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4)**

Zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2;



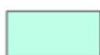
### **Pericolosità sismica locale elevata (S.3)**

Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dare luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contenuto di impedenza sismica atteso fra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.



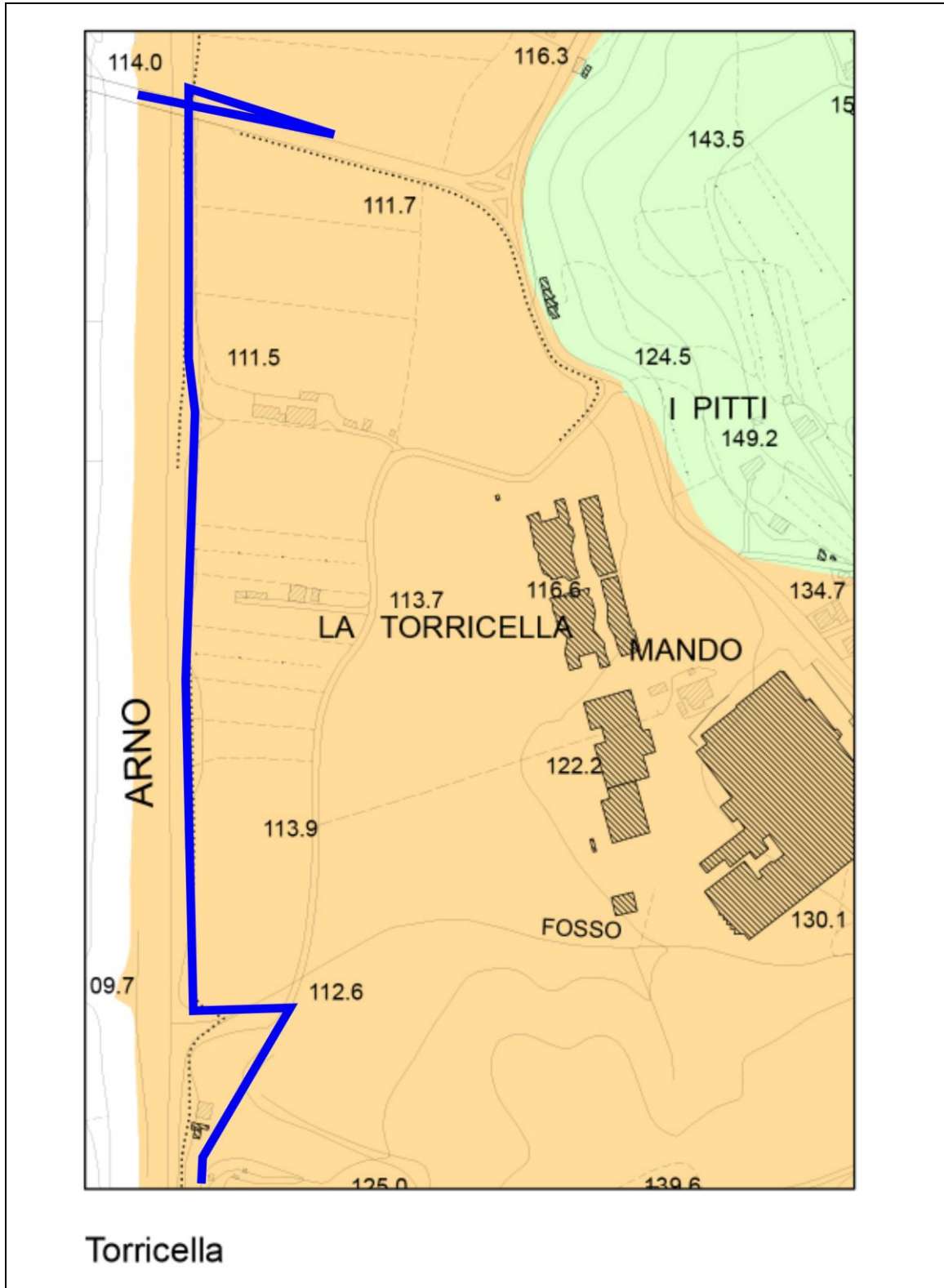
### **Pericolosità sismica locale media (S.2)**

Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)



### **Pericolosità sismica locale bassa (S.1)**

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.







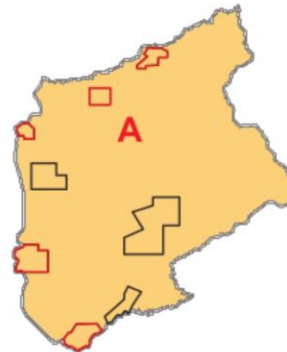
# COMUNE DI REGGELLO

PROVINCIA DI FIRENZE

INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO  
AL NUOVO PIANO STRUTTURALE  
AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

T.GEO 11 - A  
Tosi, Donnini, San Clemente, Ciliegi, Matassino



Scala 1:5.000

Professionista incaricato:  
Prof. Geol. Eros Aiello

Emesso: settembre 2016	Revisionato:	Adottato con	Approvato con:
---------------------------	--------------	--------------	----------------



VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571335-575954  
C.F. e P. IVA 02287880484



PHYSIS DIVISIONE WEST SYSTEMS  
SEDE VIA BONIFACIO LUPI, 1  
50139 FIRENZE  
Tel. 055.4684253 Fax 055.4627182  
P. IVA 01071300501

## LEGENDA

*Pericolosità della pericolosità sismica locale (D.P.G.R. N.53/R DEL 25 OTTOBRE 2011)*



**Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4)**

Zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2;



**Pericolosità sismica locale elevata (S.3)**

Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dare luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contenuto di impedenza sismica atteso fra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.



**Pericolosità sismica locale media (S.2)**

Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)



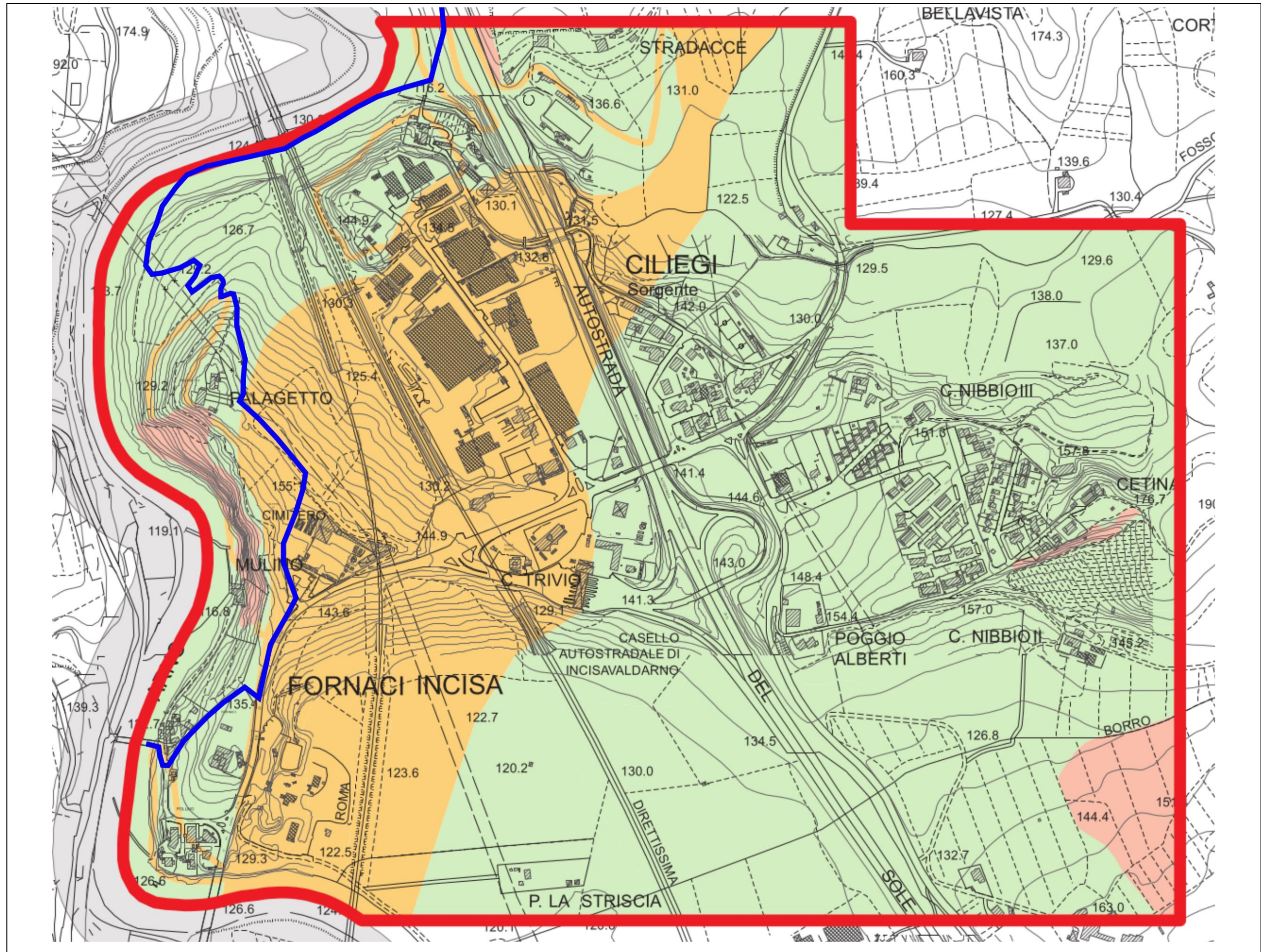
**Pericolosità sismica locale bassa (S.1)**

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.




Llimite aree oggetto di approfondimento









**Comune di Reggello**  
Città Metropolitana di Firenze

# Piano Strutturale

Art. 92 della Legge Regionale 10 Novembre 2014, n. 65

*Sindaco e Assessore all'Urbanistica*  
**Cristiano Benucci**

*Responsabile del Procedimento*  
**Stefano Ermini**

*Garante dell'Informazione e della Partecipazione*  
**Simone Piccioli**

*Coordinatrice del Gruppo di Lavoro*  
**Maria Clelia Mele**

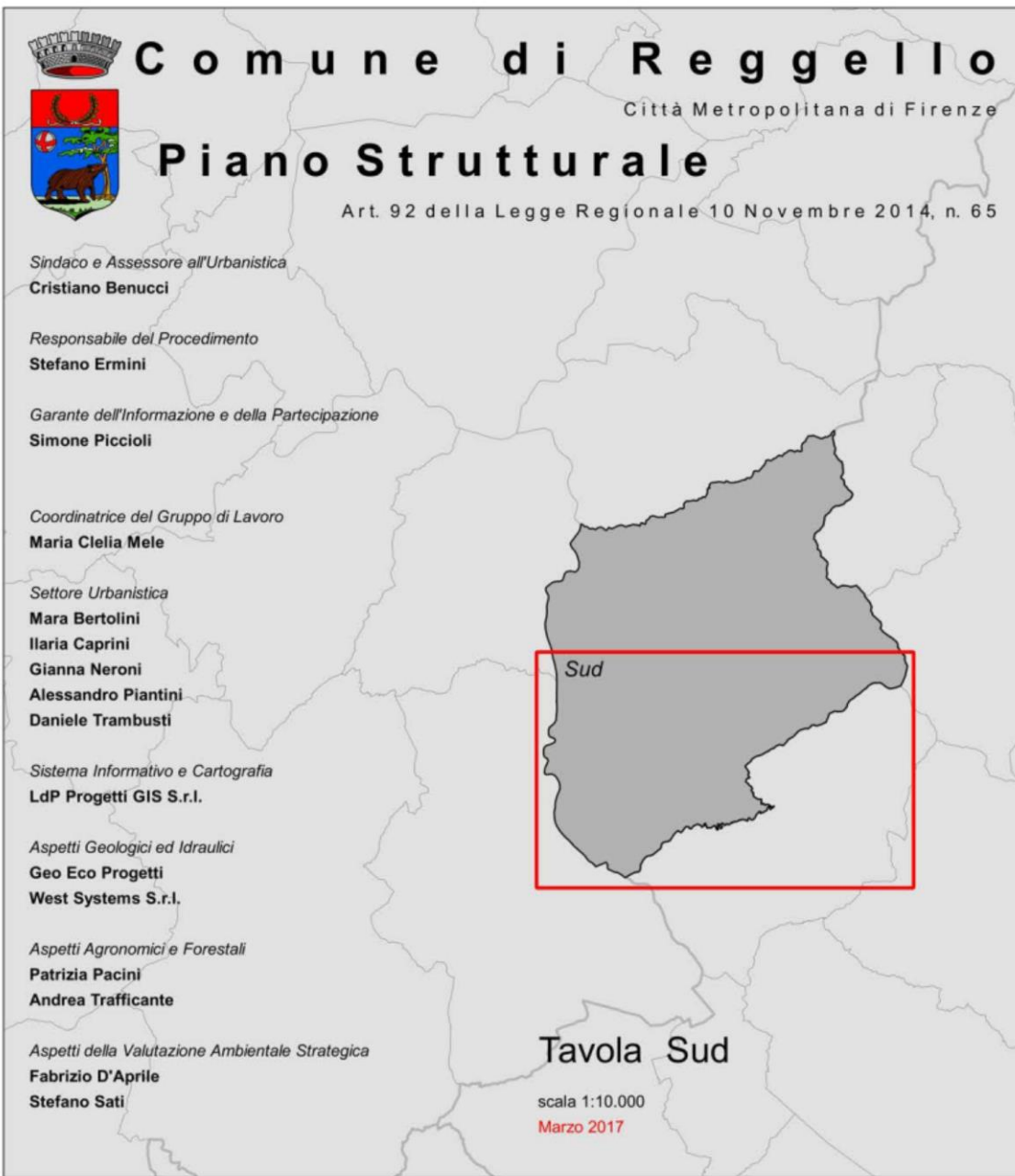
*Settore Urbanistica*  
**Mara Bertolini**  
**Ilaria Caprini**  
**Gianna Neroni**  
**Alessandro Piantini**  
**Daniele Trambusti**

*Sistema Informativo e Cartografia*  
**LdP Progetti GIS S.r.l.**

*Aspetti Geologici ed Idraulici*  
**Geo Eco Progetti**  
**West Systems S.r.l.**

*Aspetti Agronomici e Forestali*  
**Patrizia Pacini**  
**Andrea Trafficante**

*Aspetti della Valutazione Ambientale Strategica*  
**Fabrizio D'Aprile**  
**Stefano Sati**



**Tavola Sud**

scala 1:10.000  
Marzo 2017

**TAV 6 Quadro Conoscitivo**  
**Vincoli paesaggistici, culturali e ambientali**

Adozione: Delibera C.C. n. 89 del 17/10/2016 (pubblicazione sul B.U.R.T. n. 46 parte II del 16/11/2016)

Approvazione

**Beni culturali**



Beni culturali

**Beni paesaggistici**

Immobili ed aree di notevole interesse pubblico



Zona ai lati dell'Autostrada del Sole. Istituita con D.M. del 13/06/1967, G.U. 182/1967



Zona del Pratomago con l'Abbazia di Vallombrosa. Istituita con D.M. del 26/04/1967, G.U. 152/1973



Zona dell'area di San Giovanale. Istituita con D.M. del 08/06/1977, G.U. 174/1977



Zona panoramica Saltino-Vallombrosa. Istituita con D.M. del 27/11/1952, G.U. 3/1953

Aree tutelate per legge



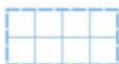
Lettera b) territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri



Lettera c) fiumi, torrenti, corsi d'acqua e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri



Lettera d) montagne per la parte eccedente 1.200 metri s.l.m. per la catena appenninica e per le isole



Lettera f) parchi e riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi



Lettera g) territori coperti da foreste e da boschi



Lettera m) zone di interesse archeologico

Beni ambientali



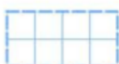
Anpil - Le Balze



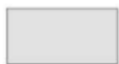
Anpil - Foresta di Sant'Antonio



SIR 46 - Vallombrosa e Bosco di S. Antonio

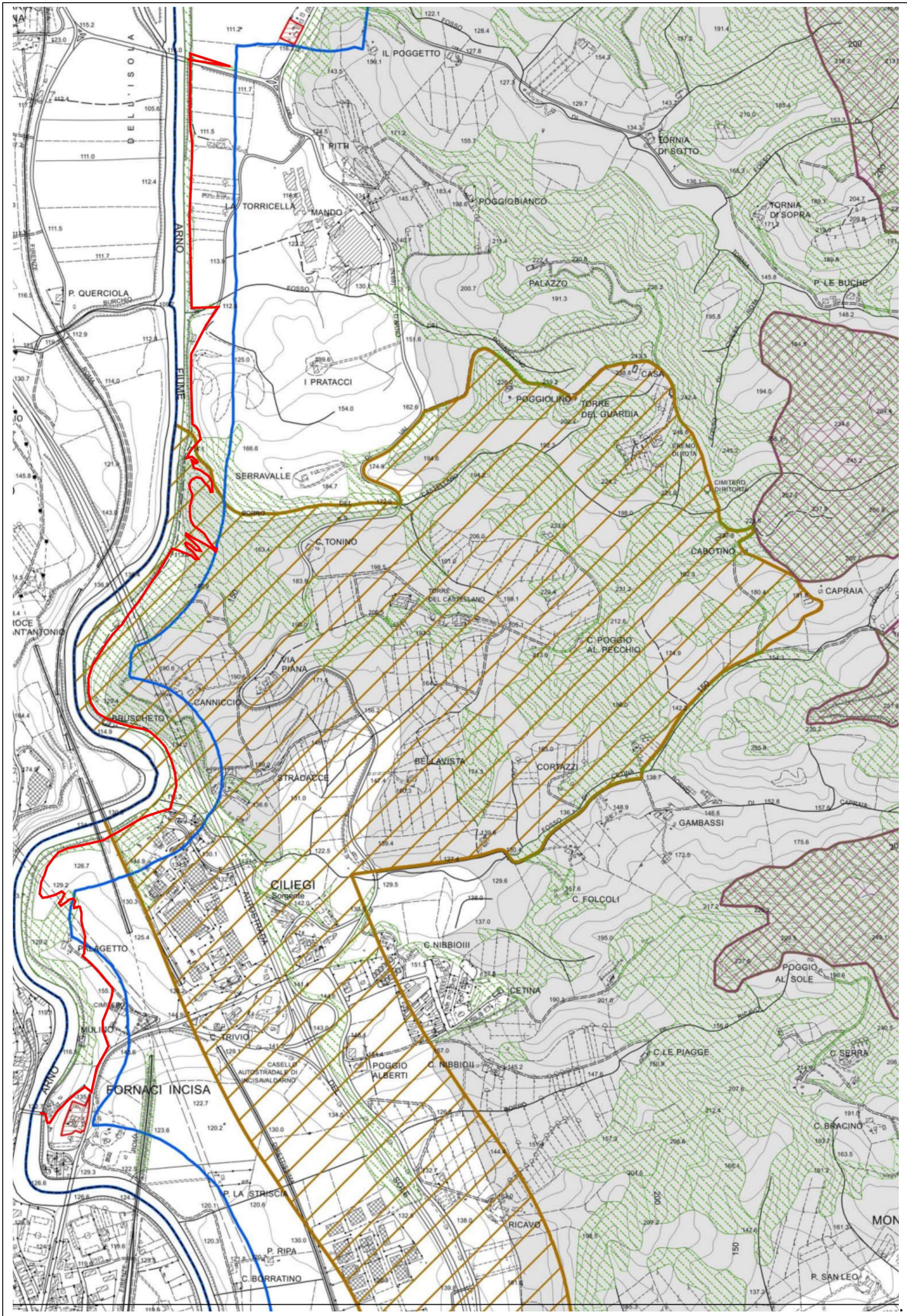


Riserva naturale di Vallombrosa



Vincolo idrogeologico





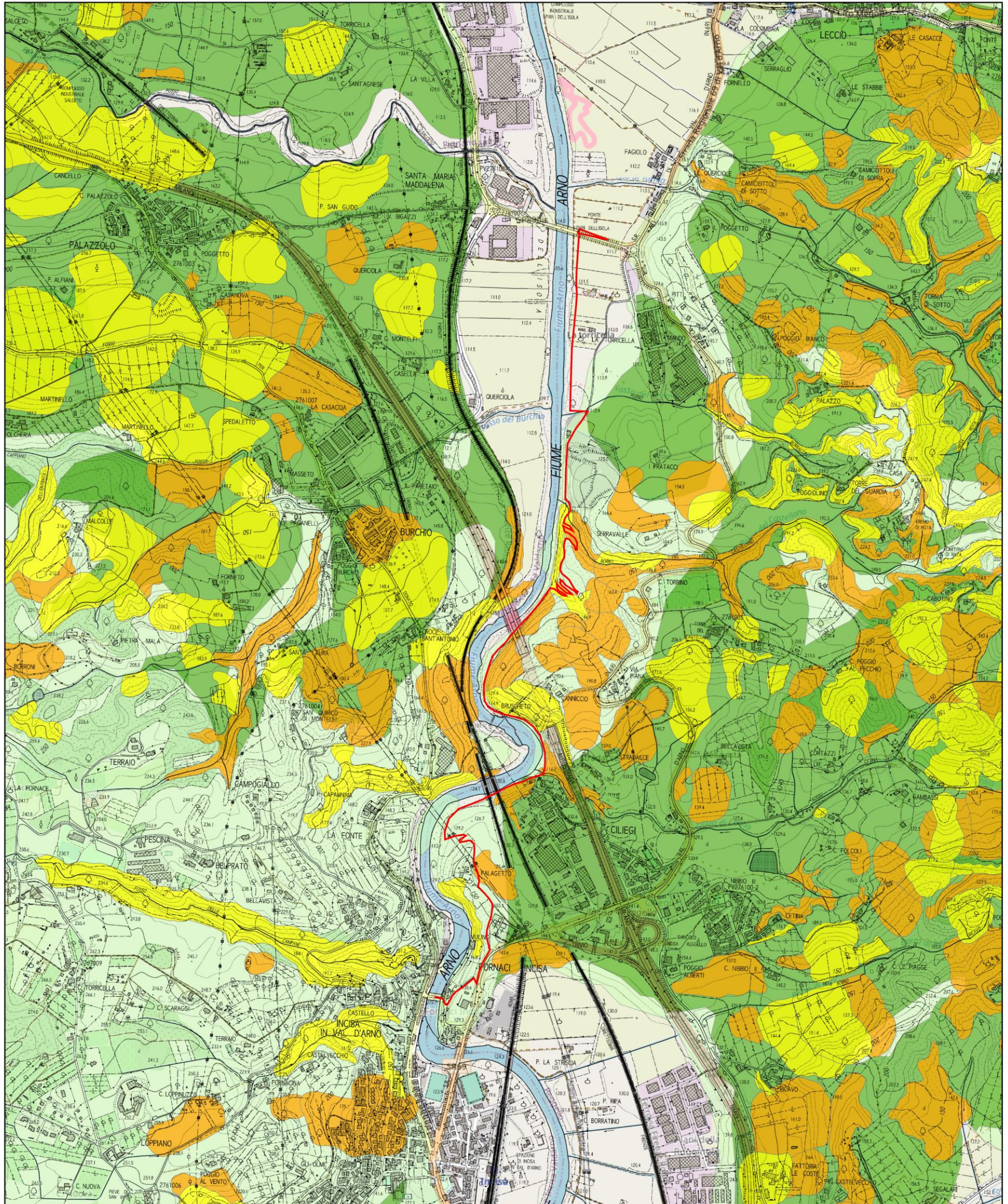


## ALLEGATO 2

PIANO DI BACINO



# Mappa "PAI frane nel bacino dell'Arno"

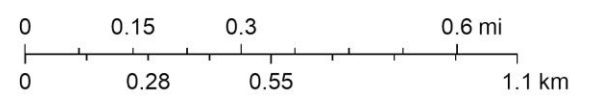


13/5/2022, 16:57:14

Aree con propensione al dissesto Aree con pericolosità da frana

- |  |  |
|--|--|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #d9ead3; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PF1 - bassa | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #5499c7; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PF2 - media         |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4f81bd; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PF2 - media | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #f4b400; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PF3 - elevata       |
|  | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PF4 - molto elevata |

1:20,000

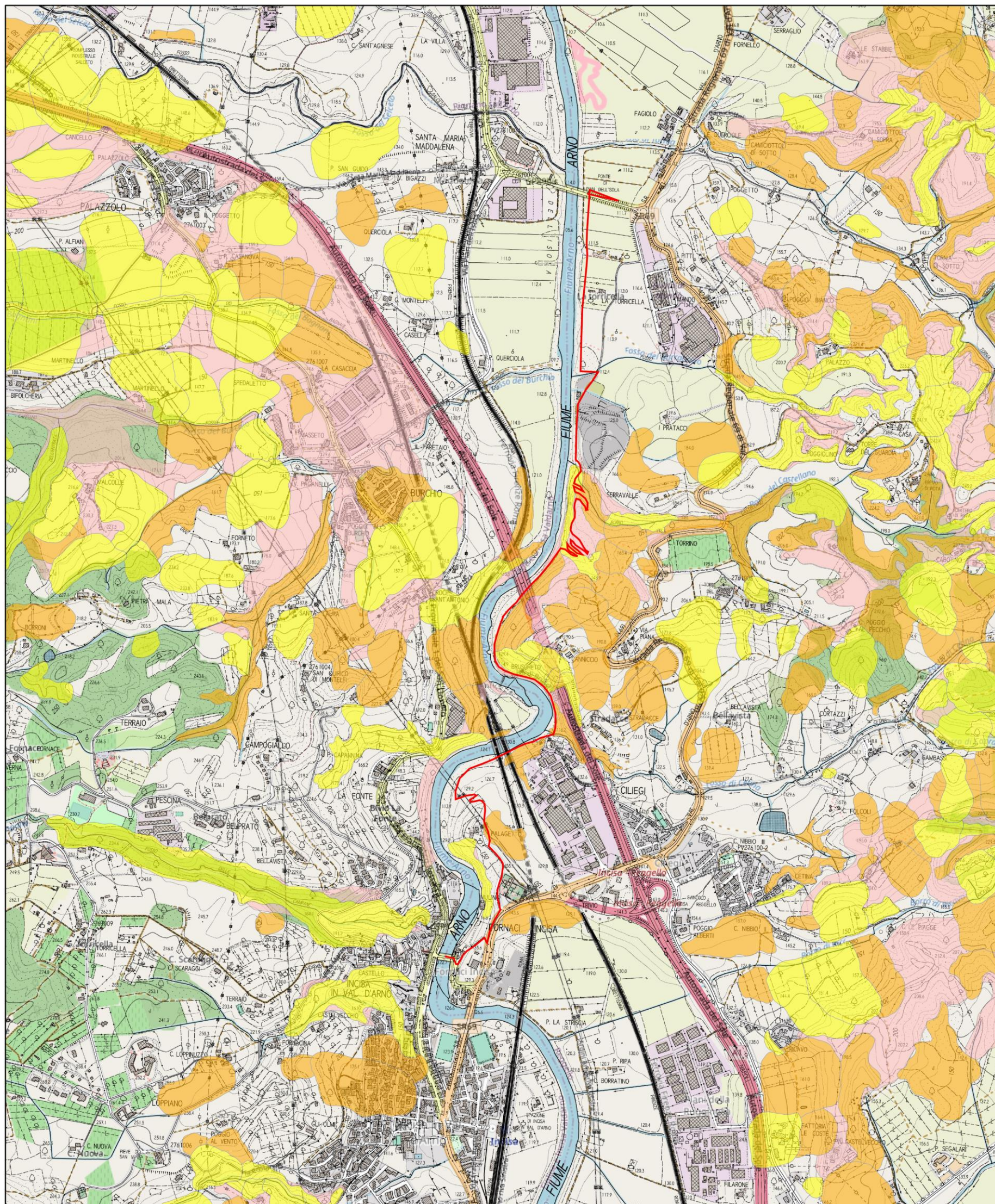


© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA, Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale

Area pianificazione assetto idrogeologico e frane  
Map data © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA | Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale |



# Mappa PAI "Dissesti geomorfologici"



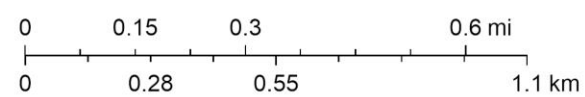
13/5/2022, 17:25:17

▭ Limiti UoM

Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica

- P2 - pericolosità media
- P3a - pericolosità elevata (tipo a)
- P3b - pericolosità elevata (tipo b)
- P4 - pericolosità molto elevata

1:20,000



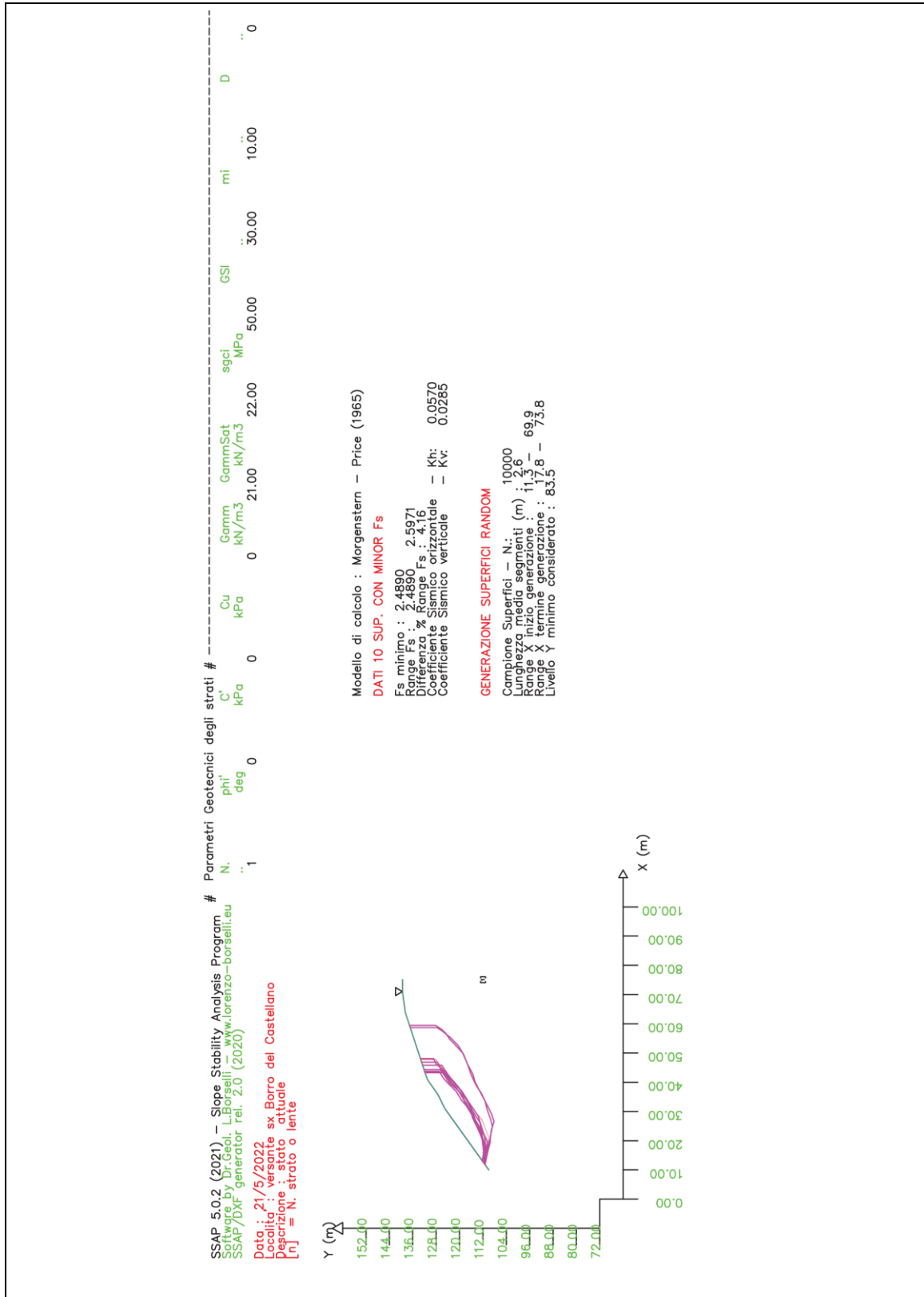
© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA, Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale

Area pianificazione assetto idrogeologico e frane  
Map data © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA | Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale |

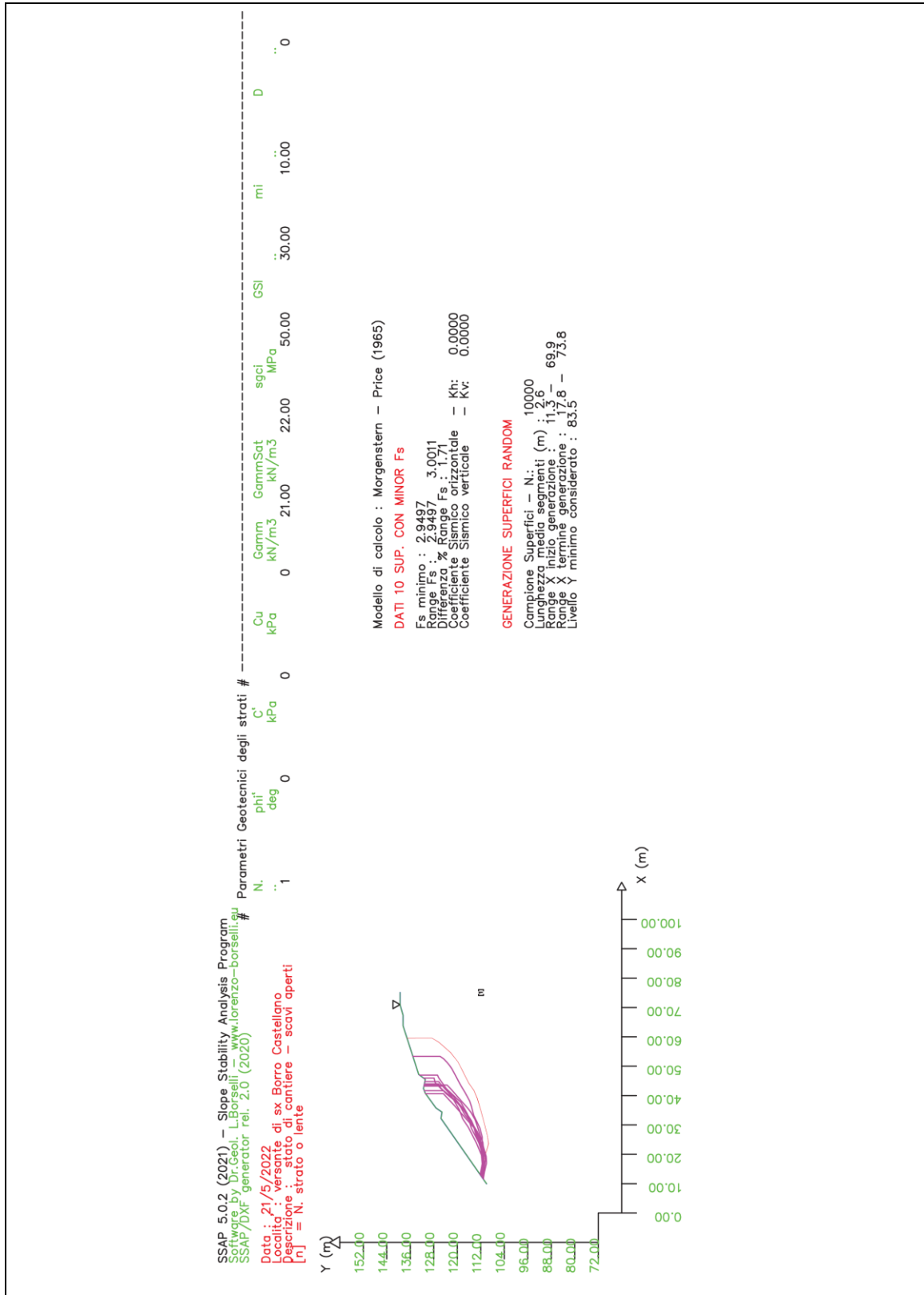


## **ALLEGATO 3**

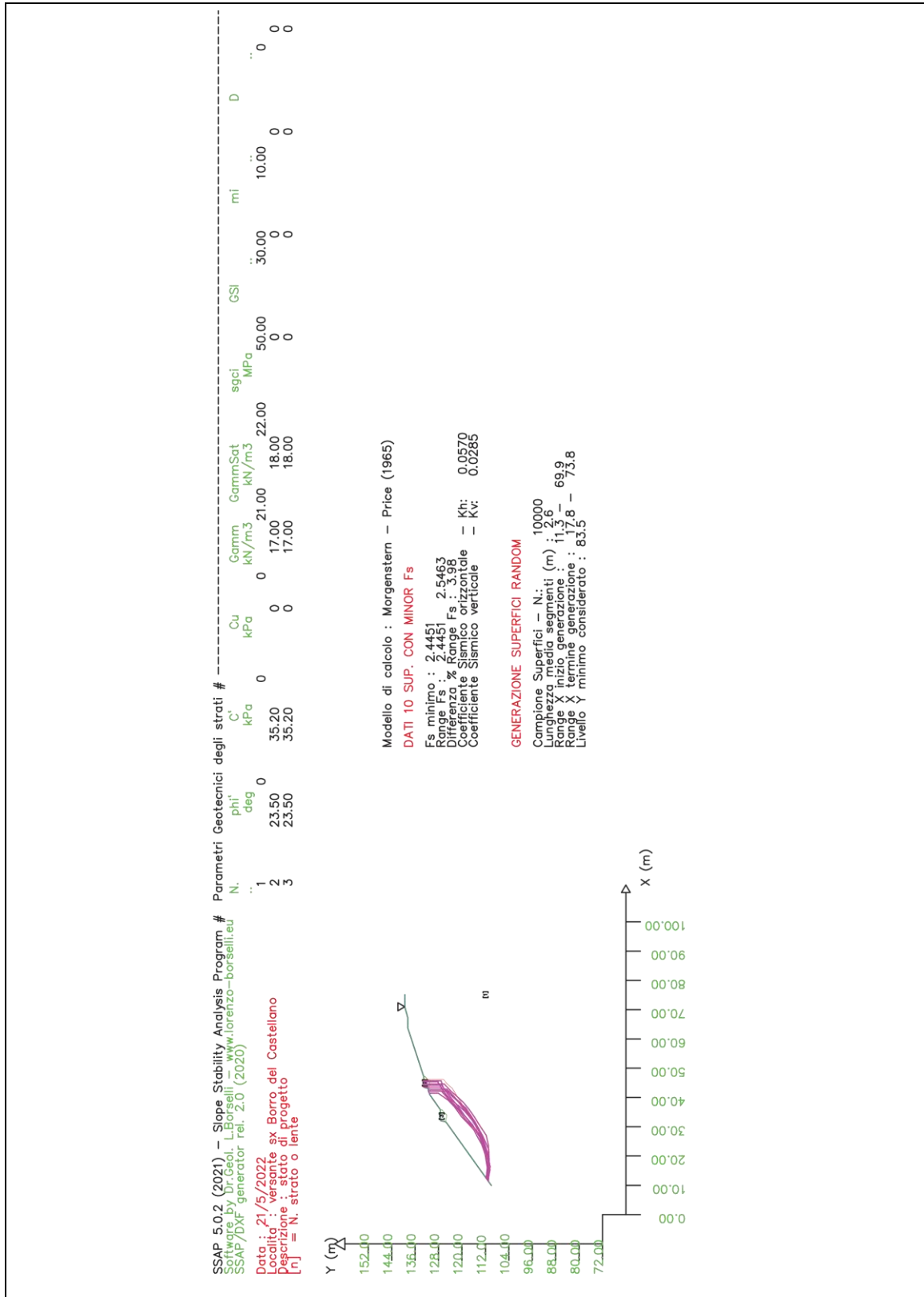
REPORT DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ



Report grafico della verifica di stabilità sul versante sinistro del Borro del Castellano - stato attuale.

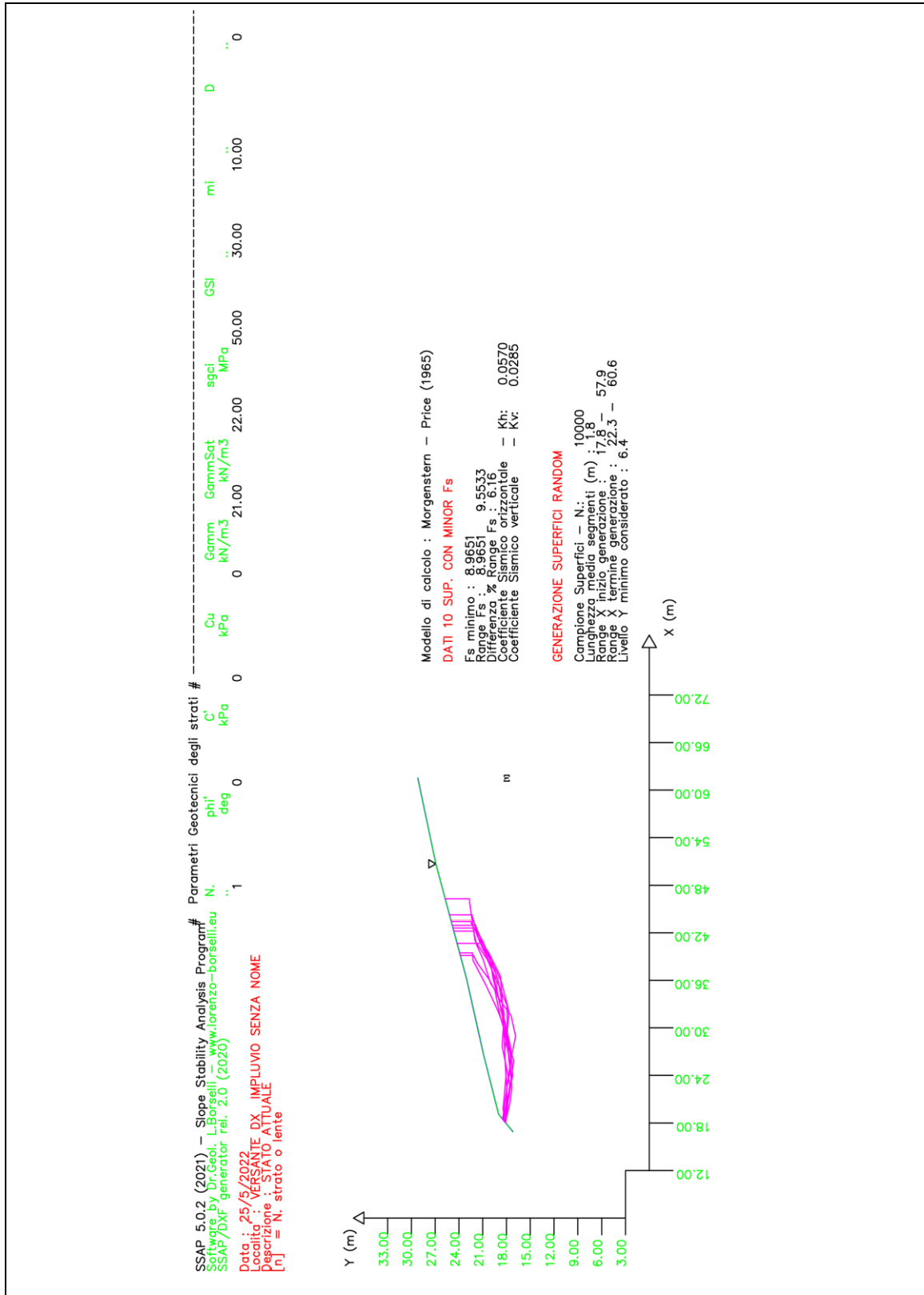


Report grafico della verifica di stabilità sul versante sinistro del Borro del Castellano – fase di cantiere, con scavi aperti.

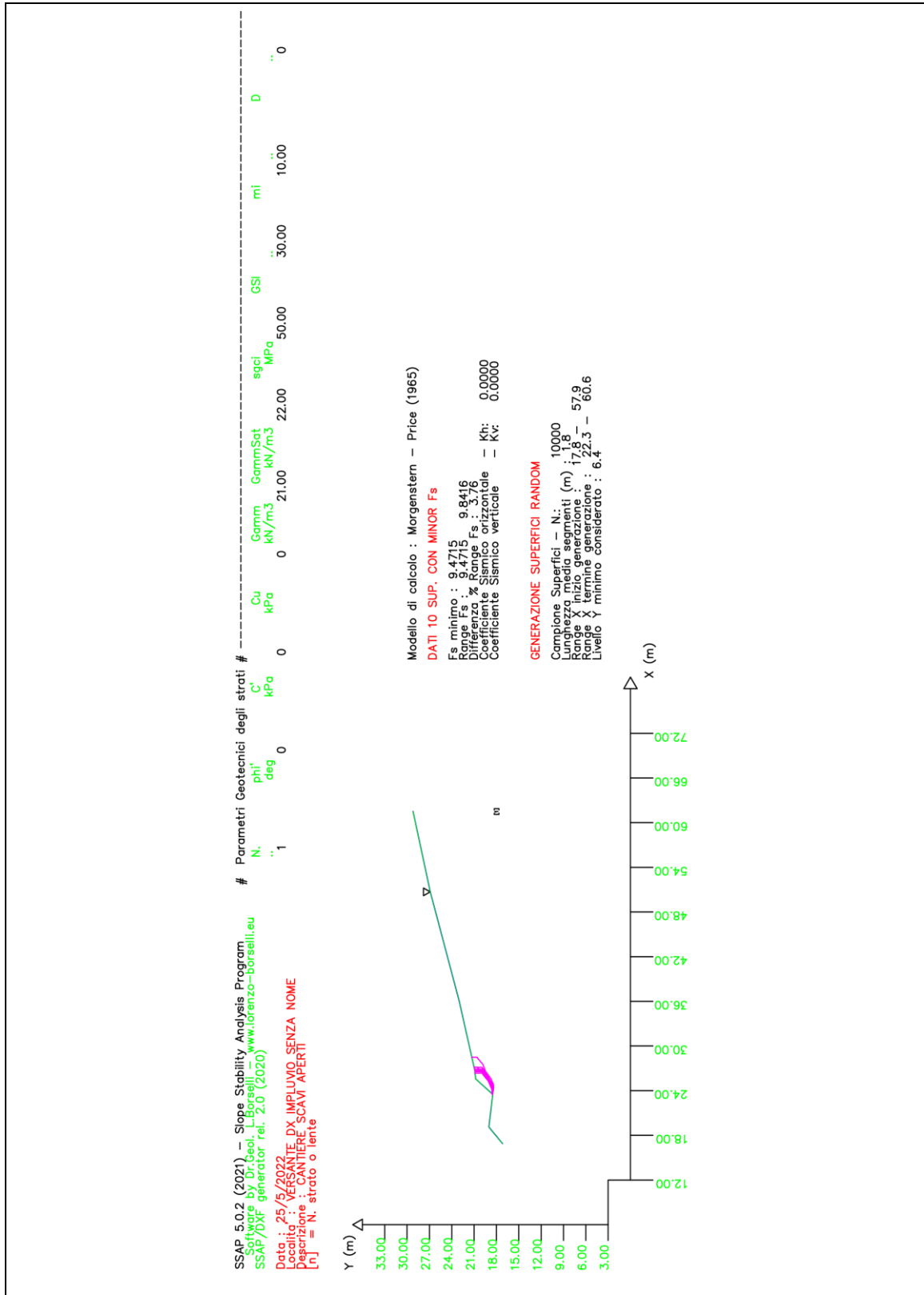


Report grafico della verifica di stabilità sul versante sinistro del Borro del Castellano – stato di progetto.

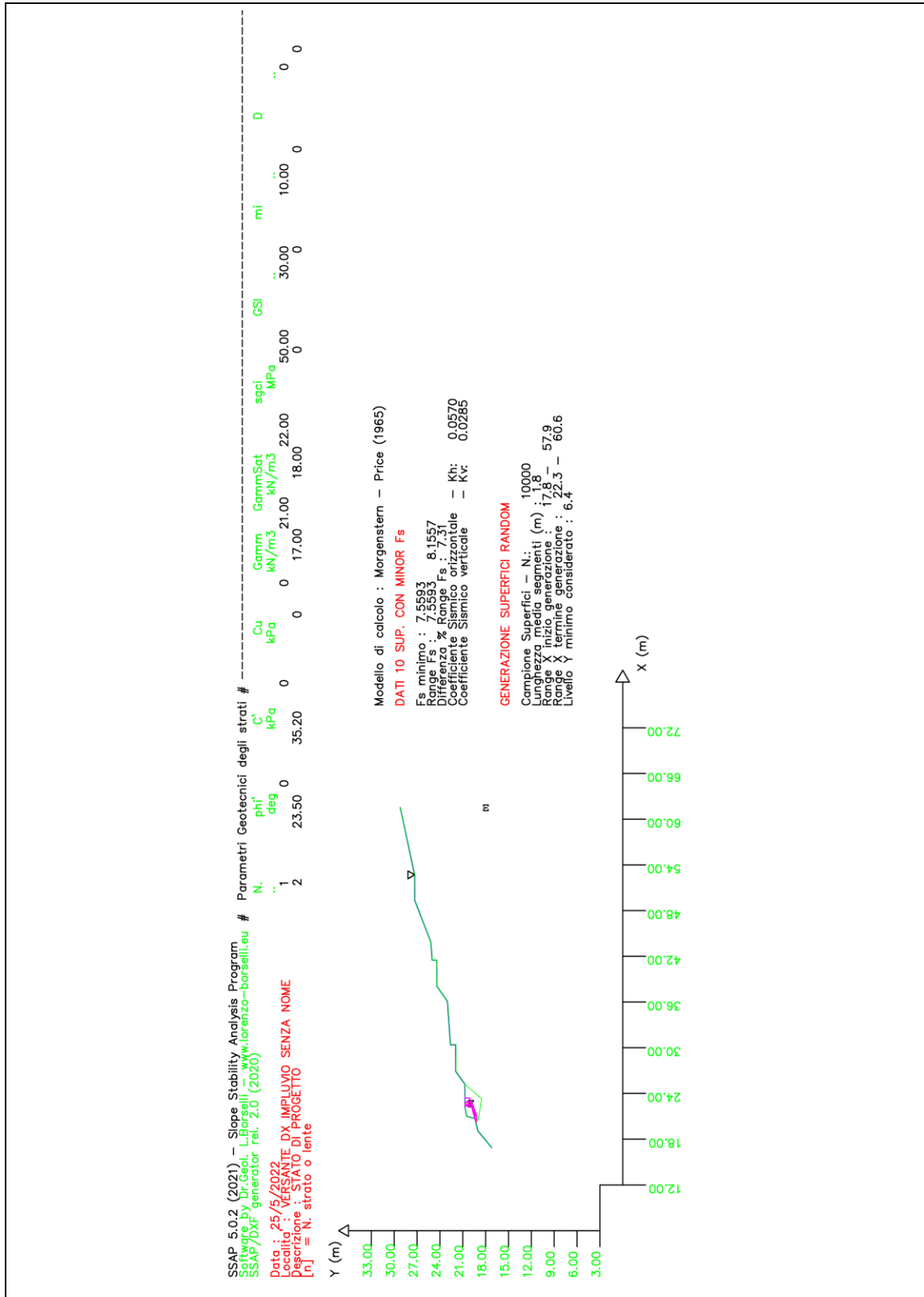




Report grafico della verifica di stabilità sul versante destro dell'impluvio senza nome – stato attuale.



Report grafico della verifica di stabilità sul versante destro dell'impluvio senza nome – fase di cantiere, con scavi aperti.

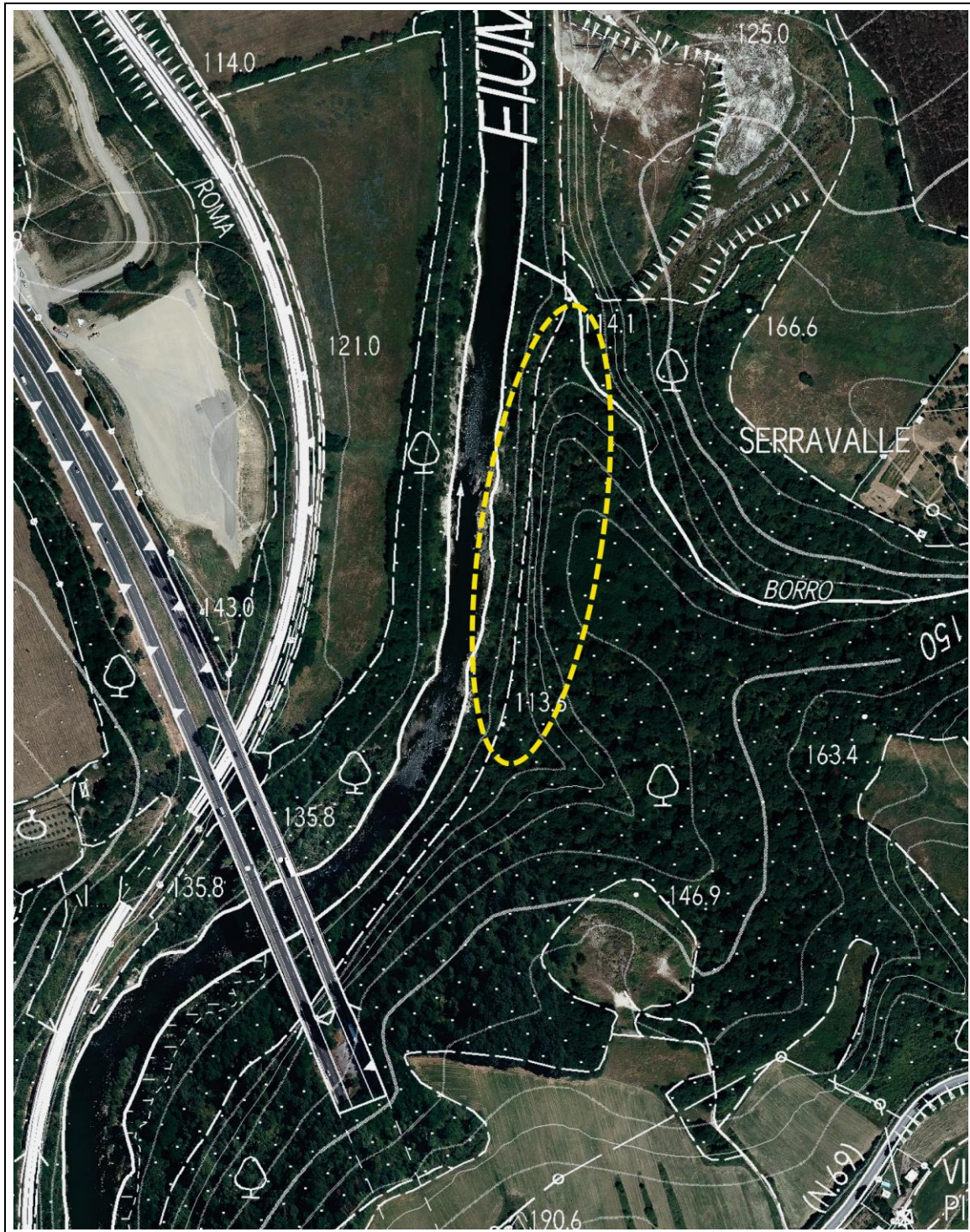


Report grafico della verifica di stabilità sul versante destro dell'impluvio senza nome – stato di progetto.

# ALLEGATO 4

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PARAMETRI SISMICI





Ubicazione dell'area di affioramento della Formazione di Morello rilevata in dettaglio, su estratto da Regione Toscana – Geoscopio.





Vista da nord dell'area di affioramento della Formazione di Monte Morello; sullo sfondo a sinistra la scarpata instabile; sulla destra l'Arno.



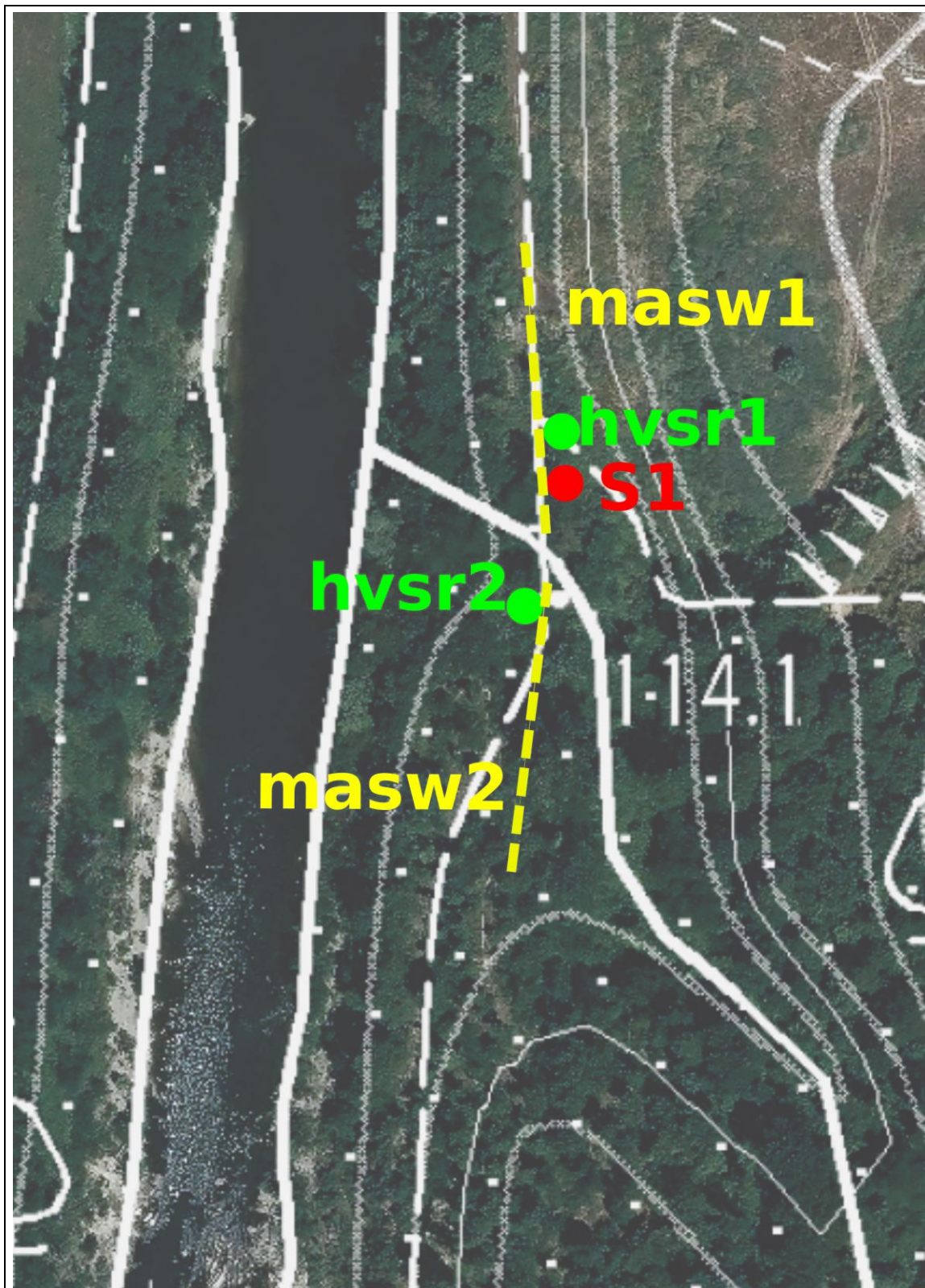
Particolare dell'affioramento della Formazione di Monte Morello lungo il fiume.





Particolare dell'affioramento della Formazione di Monte Morello; sulla scarpata.





Ubicazione delle indagini effettuate presso il Borro del Castellano, su estratto da Regione Toscana – Geoscopio.



**IBT Prospezioni Srl**

Località Castiglioni 56      50068 Rufina (FI)

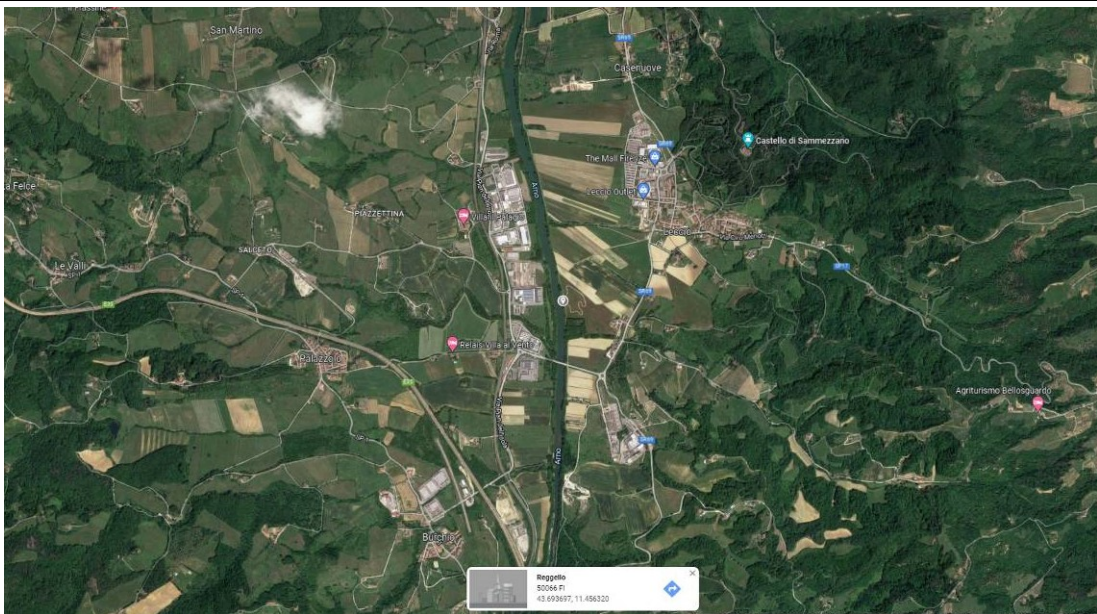
Tel. 3485844183

C.F. PIVA 06802820487

**Comune di Rignano Sull'Arno (FI)**

**Località Pia dell'Isola**

**Indagine MASW – Sondaggi a Carotaggio – Prove penetrometriche**



**Committente:**

**Comune di Pontassieve**

**FIRENZE, APRILE 2022**

## **PREMESSA**

Su incarico del Comune di Pontassieve sono stati realizzati tre sondaggi a carotaggio continuo, sono state eseguite due prove penetrometriche statiche CPT. È stata inoltre condotta una serie di quattro indagini sismiche mediante metodo MASW per la valutazione della velocità di propagazione delle onde Vs di taglio; tali indagini sono finalizzate alla definizione del tipo di suolo presente nell'area ai sensi di quanto previsto dalla vigente normativa. Per ogni punto di indagine è stata eseguita una misura di microtremore per la valutazione del rapporto H/V per valutare la presenza di fenomeni di risonanza.

Di seguito sono riportati i risultati dell'analisi svolta.

### **1.1 Indagine MASW**

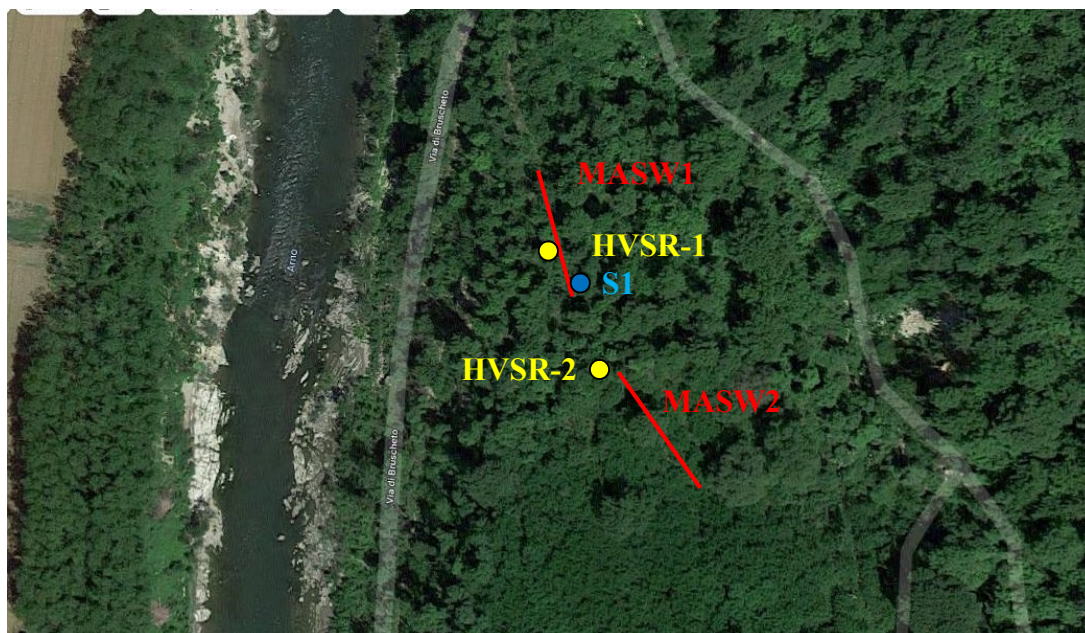
È stato eseguito uno stendimento per l'acquisizione dei dati da sottoporre ad una elaborazione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la valutazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m Vs30. È stato impiegato il metodo *attivo* che consente in genere di ottenere una velocità di fase (quindi una curva di dispersione) sperimentale apparente nell'intervallo di frequenza compreso tra 5 e 70 Hz che da quindi informazioni sulla fascia più superficiale di terreno.

Le fasi prevedono del procedimento applicato prevedono:

1. calcolo della velocità di fase e ricostruzione della curva di dispersione
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali vs per interazione e confronto con i dati sperimentali fino ad una sovrapposizione ottimale
4. calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità
5. Riconoscimento della categoria sismica del suolo secondo la normativa sismica OPCM 3274 e le NTC 2008.

### 1.1.1 Borro del Castellano

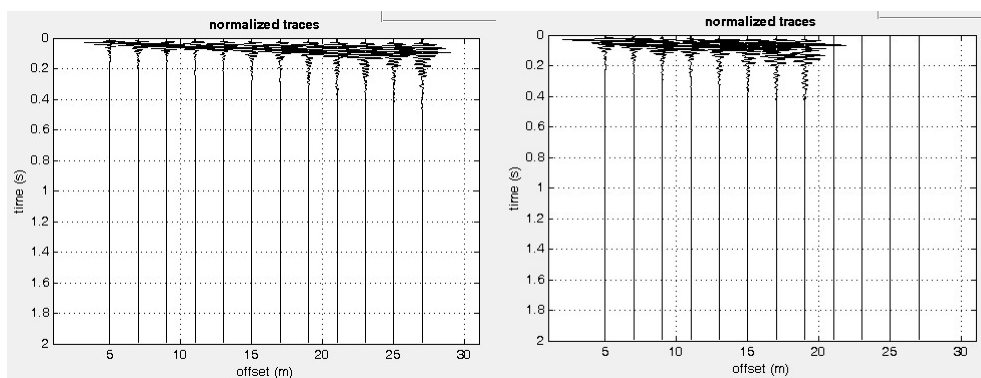
L'area in esame si trova nel Comune di Rignano sull'Arno Località Pian dell'Isola. La Figura 1 riporta un'immagine recante l'ubicazione degli stendimenti realizzati.



*Fig - 1 – Ubicazione delle indagini realizzate Borro del Castellano*

### 1.1.2 Acquisizione dei dati

I dati sono stati acquisiti con un sismografo Daq Link III 24 bit 24 canali lungo una linea sismica con interasse geofonico pari a 2 m intervallo di campionamento di 2 ms e finestra di campionamento pari a 2 s. La Figura 2 riporta le tracce registrate dei dati acquisiti.



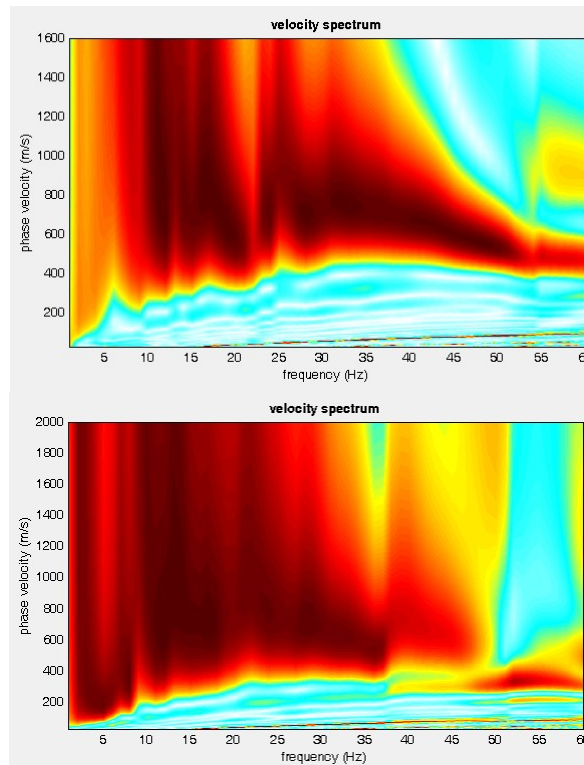
*Figura 2 - Tracce dei dati acquisiti Masw 1 e 2*

### 1.1.3 Ricostruzione della curva di dispersione

A partire dalla rappresentazione delle velocità verticali dell'intero campo di moto nel dominio frequenza numero d'onda (Figura 3) viene estratta la curva di dispersione



apparente sperimentale nell'intervallo di frequenza compreso tra 2 e 70 Hz che come detto caratterizza gli strati più superficiali (30 m).



*Figura 3 - Spettro delle velocità dell'intero campo di moto*

#### 1.1.4 Confronto tra la curva sperimentale e quelle calcolata

Una volta ricostruita e discretizzata la curva di dispersione sperimentale ne viene generata una calcolata e sovrapposta a quella sperimentale modificando la curva calcolata fino ad avere una buona sovrapposizione con quella sperimentale (Figura 4).

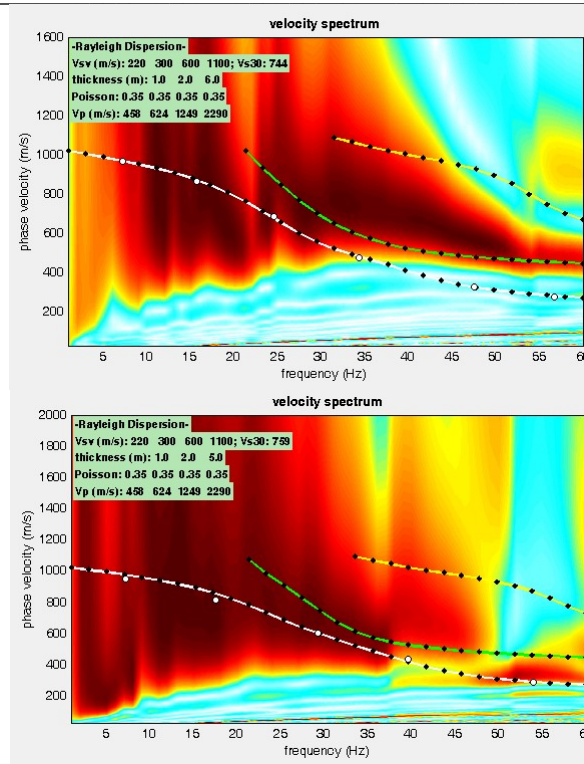
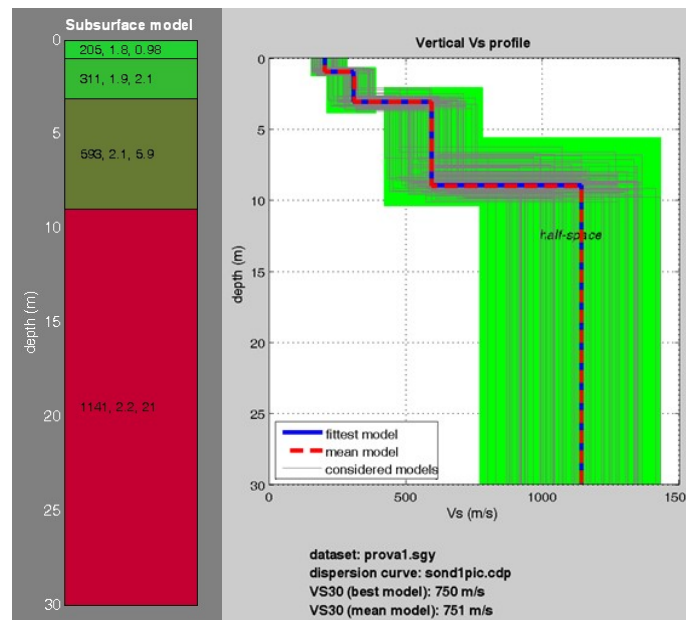


Figura 4 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 5).



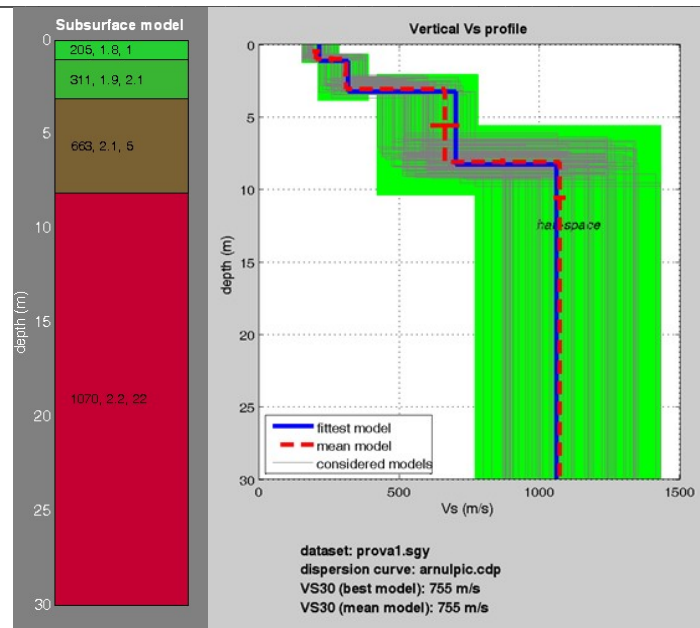
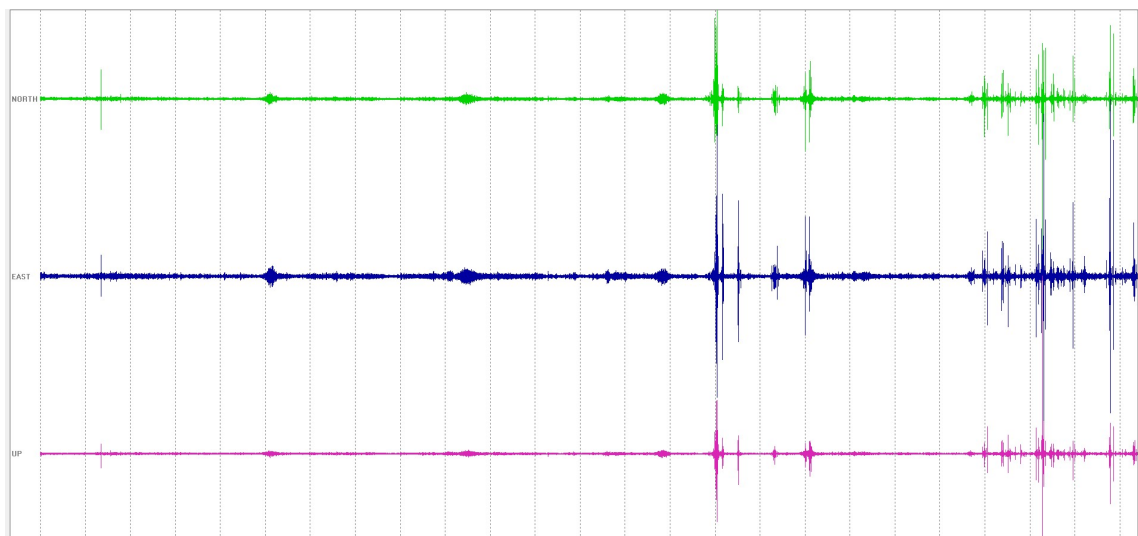


Figura 5 – Andamento della velocità Vs con la profondità

## 1.2 Riconoscimento dei picchi di risonanza

La figura 6 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura





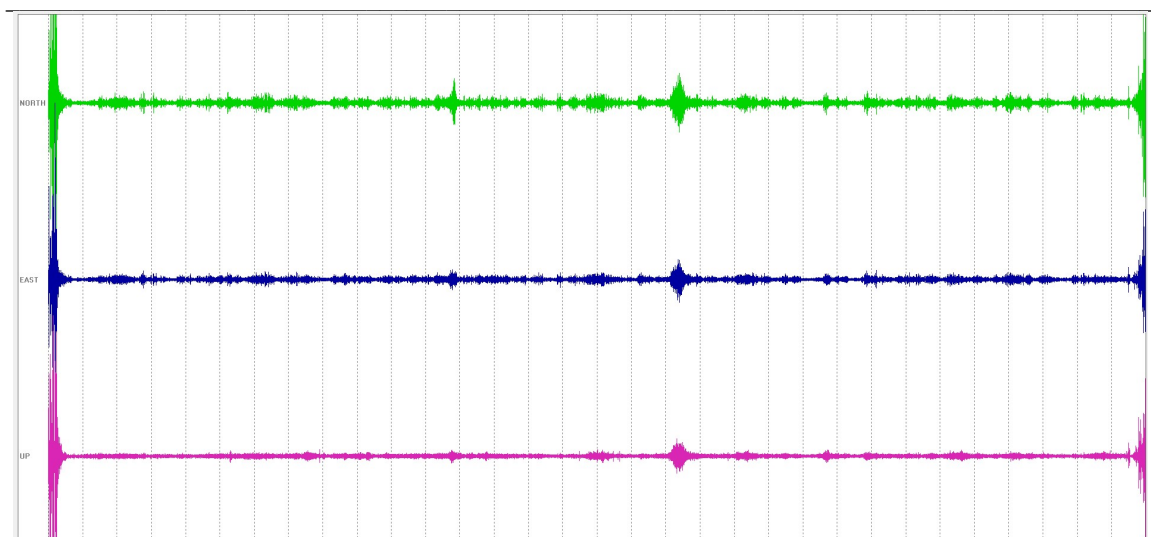


Fig. 6 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nei punti di misura

Da segnale misurato è possibile per ogni componente ottenere lo spettro di risposta frequenza contro velocità su frequenza sintetizzato per le tre componenti nella figura 7

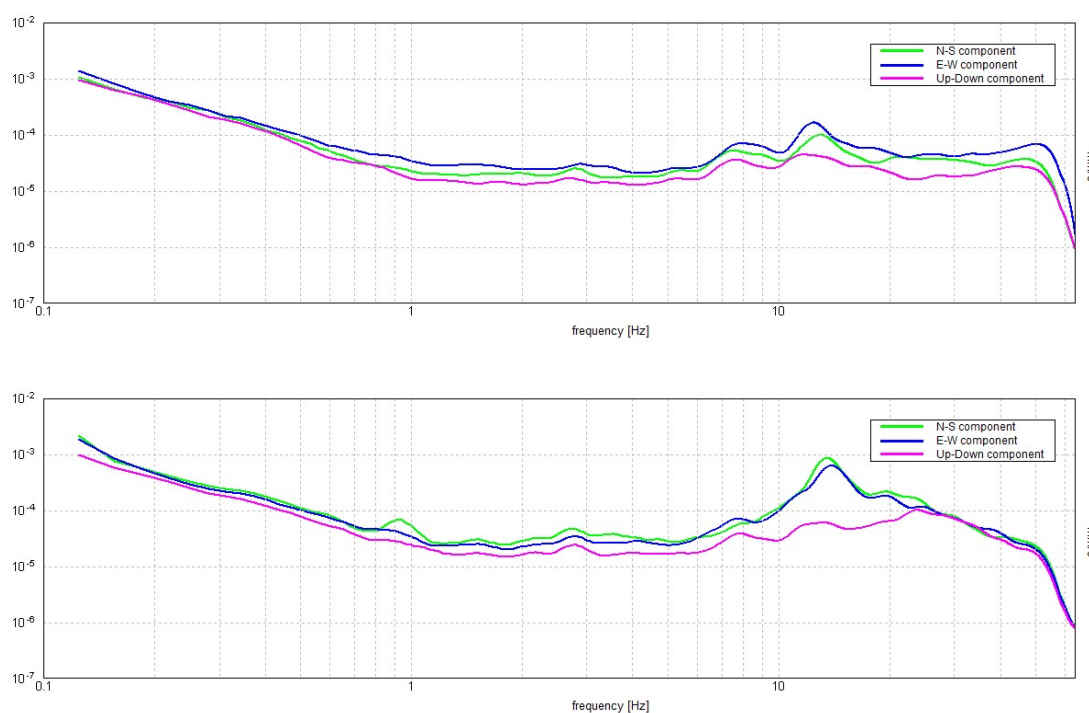


Fig. 7 - Andamento degli spettri  $f-v/f$  nelle tre componenti nel punto di misura.

Dall'analisi degli spettri è possibile ottenere per le varie frequenze il rapporto H/V che indica la presenza di fenomeni di risonanza. L'analisi del rapporto deve considerare la direzionalità del picco. Un picco strutturale e non influenzato ad esempio da una sorgente esterna si mostrerà costante nelle diverse direzioni. La figura 8 mostra il valore del

rapporto H/V in un diagramma Azimuth-Frequenza. La presenza di un picco costante nelle varie direzioni si manifesta con una linea orizzontale continua, una fascia stretta indica una frequenza precisa di risonanza, una fascia di colore più alta indica una dispersione nel valore della frequenza.

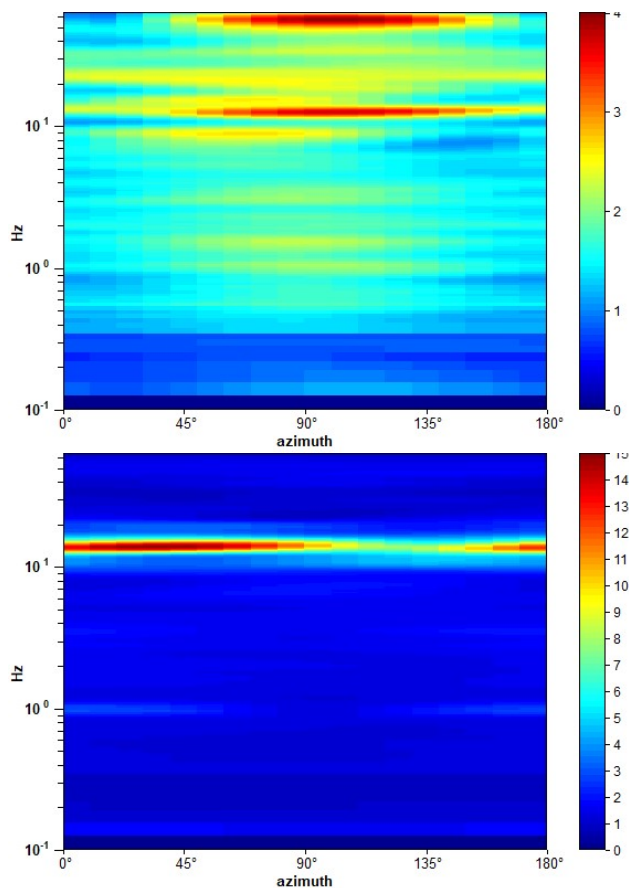
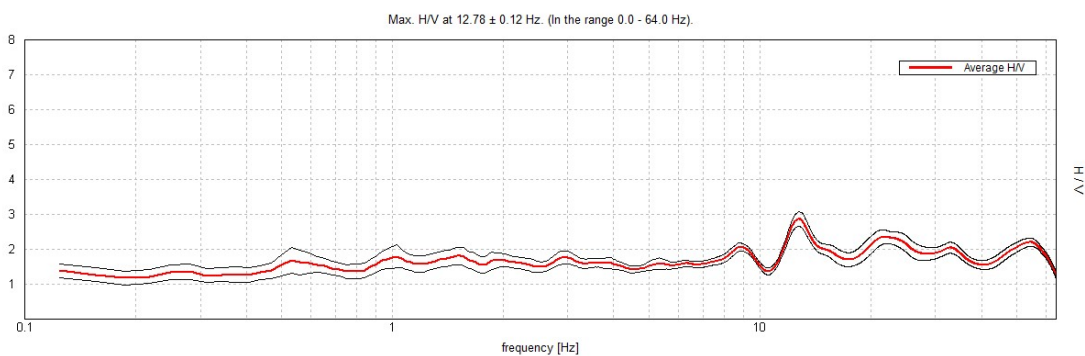


Fig. 8 - Andamento del rapporto H/V in un diagramma Azimuth - Frequenza

La figura 9 riporta L'andamento del rapporto H/V in funzione della Frequenza.



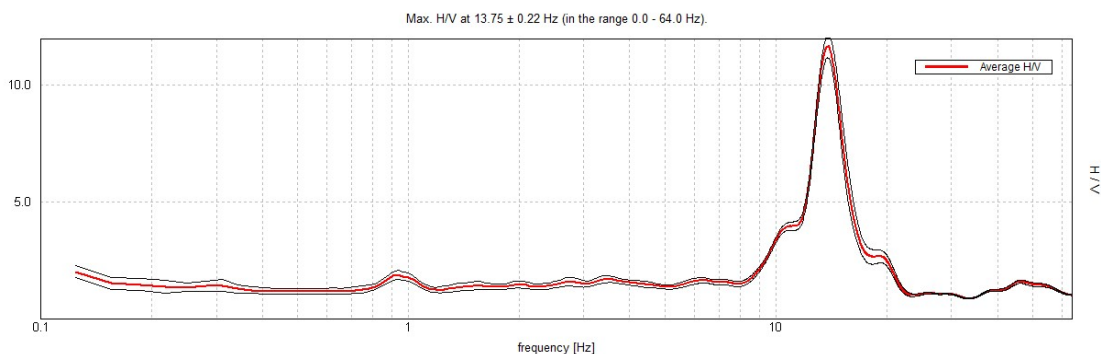


Fig. 9 - Andamento del rapporto H/V alle varie frequenze nel punto di misura

In letteratura si ritengono significativi picchi con ampiezza maggiore di 2. Dall'analisi dei dati relativi nell'area in esame appare che nella misura 1 è presente un picco con frequenza 14 Hz e ampiezza 3 mentre nella misura 2 è presente un picco con frequenza 14 e ampiezza 12.

### 1.2.1 Riconoscimento della Vs 30 e del profilo di appartenenza

La velocità  $V_e$  30 per il terreno in esame è pari a 418 e 422 m/s; per quanto concerne la velocità di propagazione delle onde di taglio è possibile classificare il terreno in esame come un suolo di categoria B.

### 1.2.2 Fosso di Romacale

L'area in esame si trova nel Comune di Rignano sull'Arno Località Pian dell'Isola. La Figura 10 riporta un'immagine recante l'ubicazione dello stendimento realizzato.

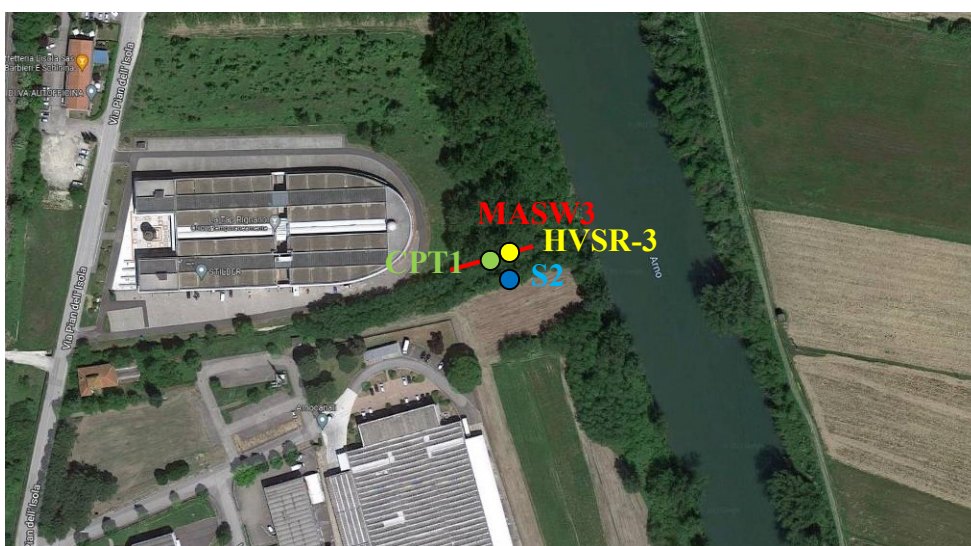


Fig - 10 –Ubicazione delle indagini realizzate Fosso del Romacale



### 1.2.3 Acquisizione dei dati

I dati sono stati acquisiti con un sismografo Daq Link III 24 bit 24 canali lungo una linea sismica con interasse geofonico pari a 2 m intervallo di campionamento di 2 ms e finestra di campionamento pari a 2 s. La Figura 11 riporta le tracce registrate dei dati acquisiti.

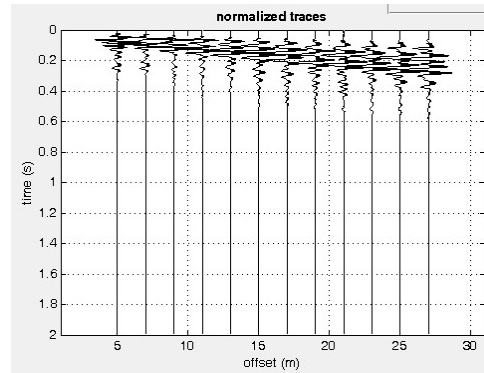


Figura 11 - Tracce dei dati acquisiti Masw 1 e 2

### 1.2.4 Ricostruzione della curva di dispersione

A partire dalla rappresentazione delle velocità verticali dell'intero campo di moto nel dominio frequenza numero d'onda (Figura 12) viene estratta la curva di dispersione apparente sperimentale nell'intervallo di frequenza compreso tra 2 e 70 Hz che come detto caratterizza gli strati più superficiali (30 m).

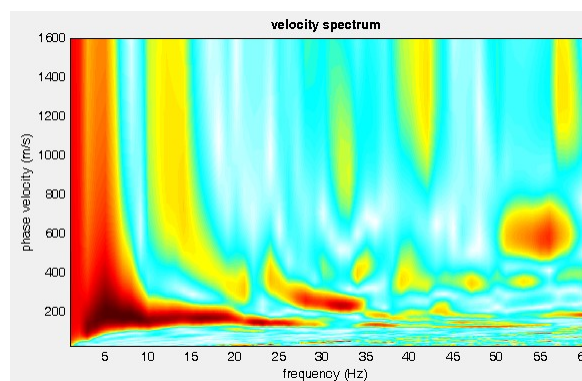


Figura 12 - Spettro delle velocità dell'intero campo di moto

### 1.2.5 Confronto tra la curva sperimentale e quelle calcolata

Una volta ricostruita e discretizzata la curva di dispersione sperimentale ne viene generata una calcolata e sovrapposta a quella sperimentale modificando la curva calcolata fino ad avere una buona sovrapposizione con quella sperimentale (Figura 13).

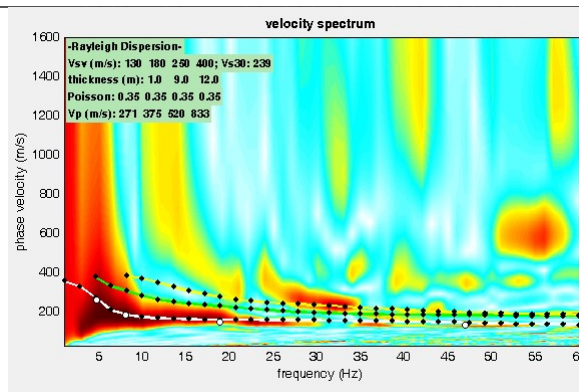


Figura 13 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 14).

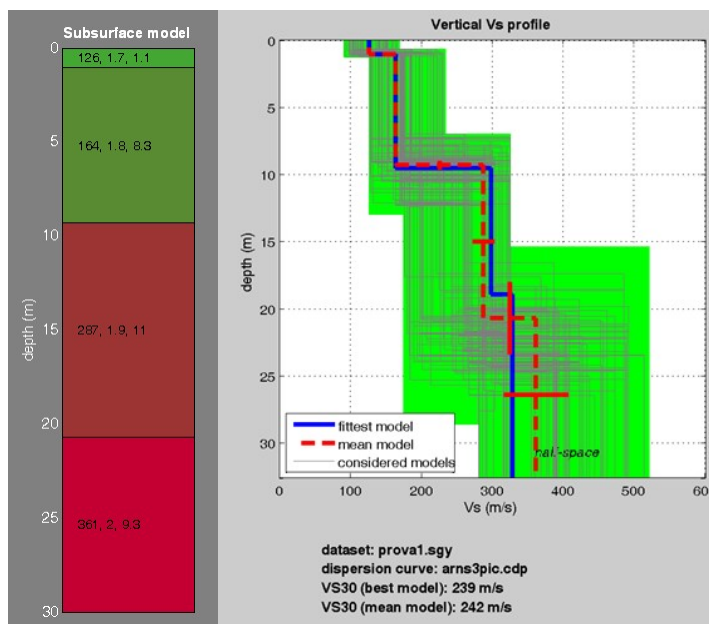


Figura 14 – Andamento della velocità Vs con la profondità

### 1.3 Riconoscimento dei picchi di risonanza

La figura 15 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura

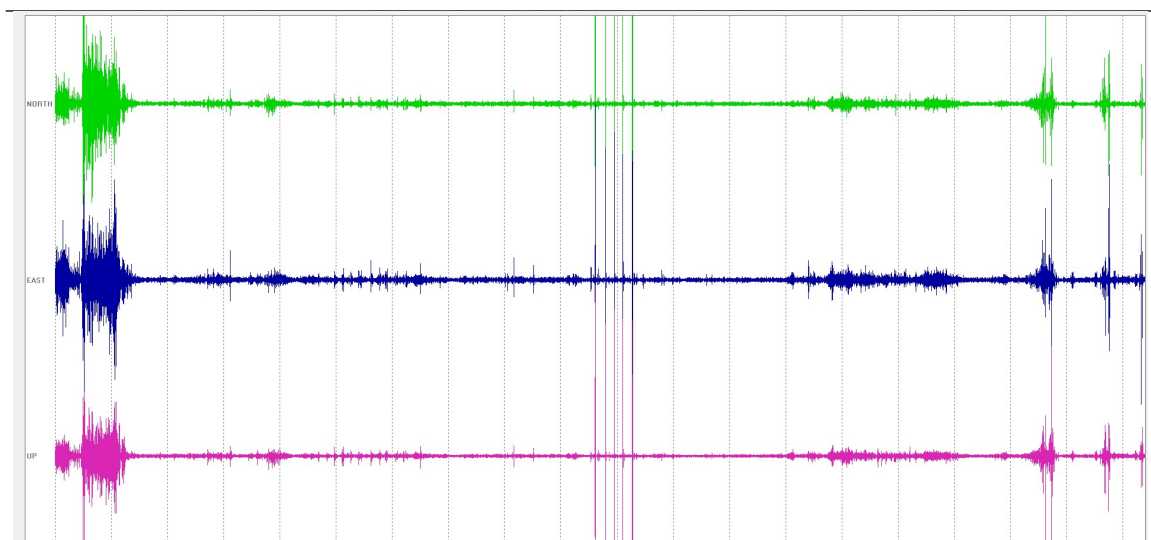


Fig. 15 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nei punti di misura

Da segnale misurato è possibile per ogni componente ottenere lo spettro di risposta frequenza contro velocità su frequenza sintetizzato per le tre componenti nella figura 16

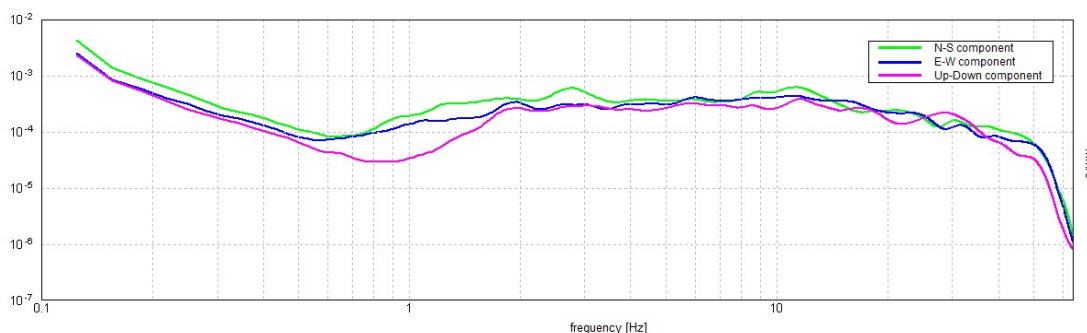


Fig. 16 - Andamento degli spettri  $f-v/f$  nelle tre componenti nel punto di misura.

Dall'analisi degli spettri è possibile ottenere per le varie frequenze il rapporto H/V che indica la presenza di fenomeni di risonanza. L'analisi del rapporto deve considerare la direzionalità del picco. Un picco strutturale e non influenzato ad esempio da una sorgente esterna si mostrerà costante nelle diverse direzioni. La figura 17 mostra il valore del rapporto H/V in un diagramma Azimuth-Frequenza. La presenza di un picco costante nelle varie direzioni si manifesta con una linea orizzontale continua, una fascia stretta indica una frequenza precisa di risonanza, una fascia di colore più alta indica una dispersione nel valore della frequenza.



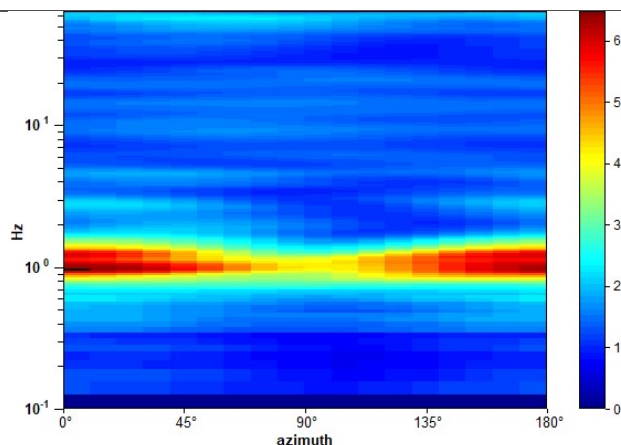


Fig. 17 - Andamento del rapporto H/V in un diagramma Azimuth - Frequenza

La figura 18 riporta l'andamento del rapporto H/V in funzione della Frequenza.

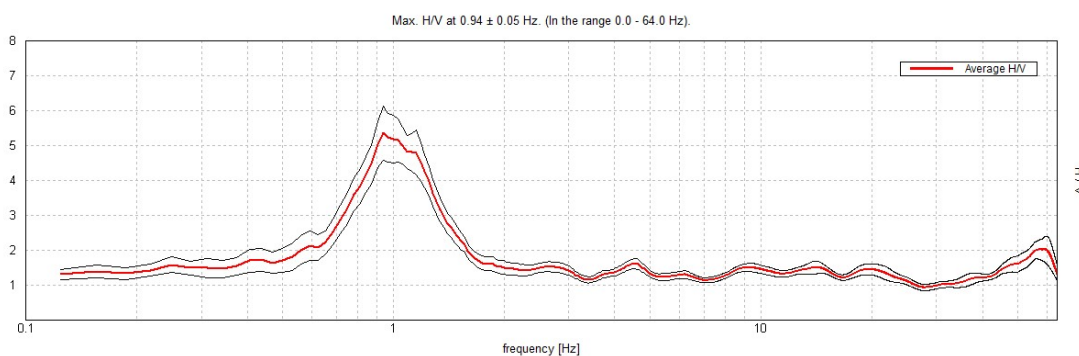


Fig. 18 - Andamento del rapporto H/V alle varie frequenze nel punto di misura

In letteratura si ritengono significativi picchi con ampiezza maggiore di 2. Dall'analisi dei dati relativi nell'area in esame appare che è presente un picco con frequenza 0.9 Hz e ampiezza 5.2.

### 1.3.1 Riconoscimento della Vs 30 e del profilo di appartenenza

La velocità  $V_{e30}$  per il terreno in esame è pari a 239 m/s; per quanto concerne la velocità di propagazione delle onde di taglio è possibile classificare il terreno in esame come un suolo di categoria C.

### 1.3.2 Fosso del Ischieto

L'area in esame si trova nel Comune di Rignano sull'Arno Località Pian dell'Isola. La Figura 19 riporta un'immagine recante l'ubicazione dello stendimento realizzato.



Fig - 19 –Ubicazione delle indagini realizzate Fosso del Ischieto

### 1.3.3 Acquisizione dei dati

I dati sono stati acquisiti con un sismografo Daq Link III 24 bit 24 canali lungo una linea sismica con interasse geofonico pari a 2 m intervallo di campionamento di 2 ms e finestra di campionamento pari a 2 s. La Figura 20 riporta le tracce registrate dei dati acquisiti.

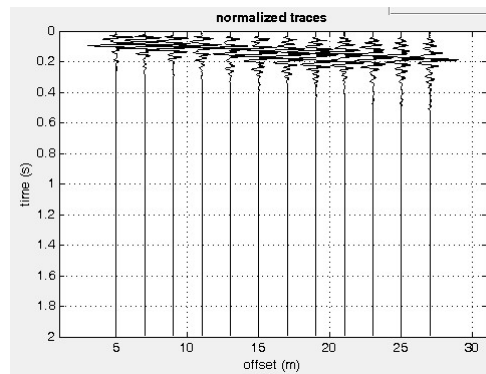
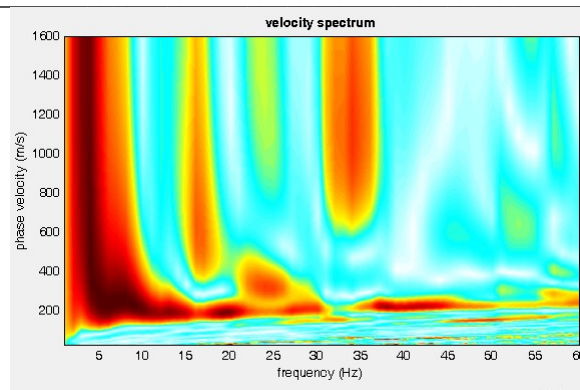


Figura 20 - Tracce dei dati acquisiti Masw 1 e 2

### 1.3.4 Ricostruzione della curva di dispersione

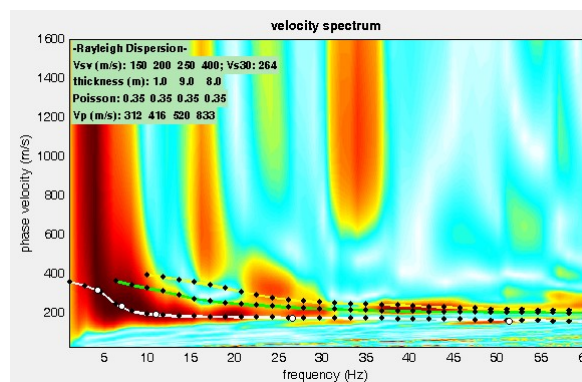
A partire dalla rappresentazione delle velocità verticali dell'intero campo di moto nel dominio frequenza numero d'onda (Figura 21) viene estratta la curva di dispersione apparente sperimentale nell'intervallo di frequenza compreso tra 2 e 70 Hz che come detto caratterizza gli strati più superficiali (30 m).



*Figura 21 - Spettro delle velocità dell'intero campo di moto*

### 1.3.5 Confronto tra la curva sperimentale e quelle calcolata

Una volta ricostruita e discretizzata la curva di dispersione sperimentale ne viene generata una calcolata e sovrapposta a quella sperimentale modificando la curva calcolata fino ad avere una buona sovrapposizione con quella sperimentale (Figura 22).



*Figura 22 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata*

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la Vs 30 (Figura 23).



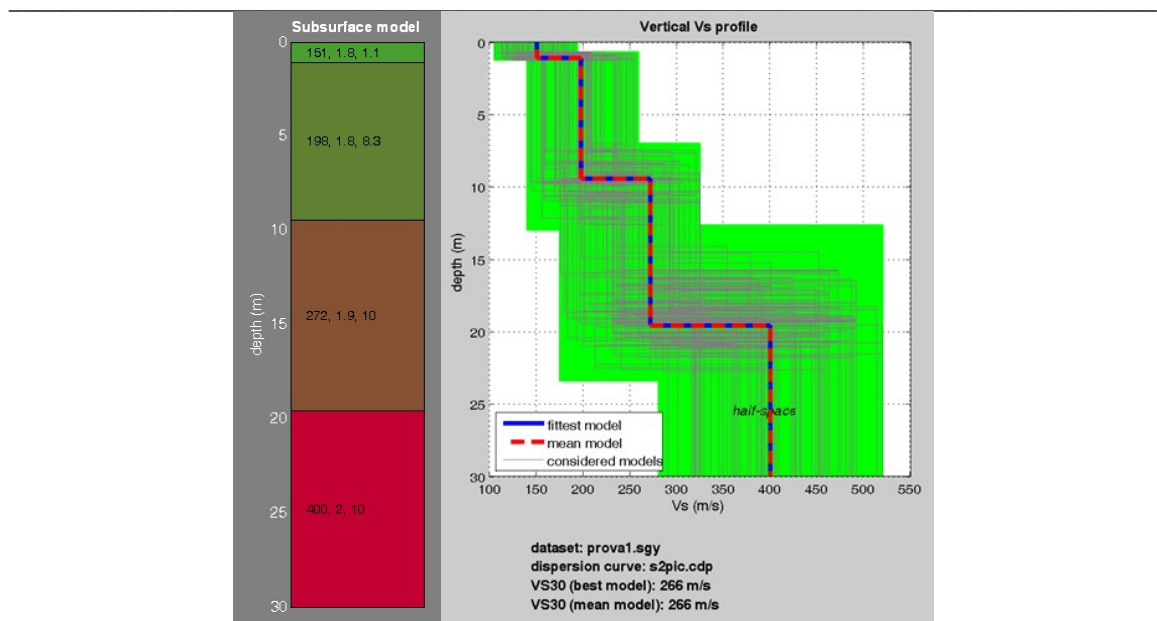


Figura 23 – Andamento della velocità  $V_s$  con la profondità

#### 1.4 Riconoscimento dei picchi di risonanza

La figura 24 riporta un'immagine relativa ai dati registrati per le tre componenti di misura

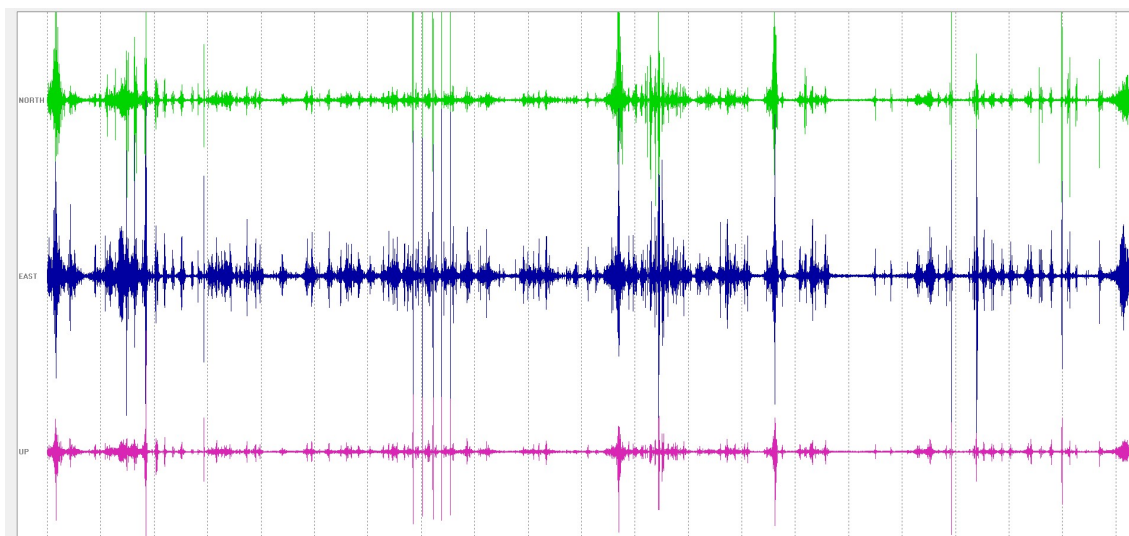


Fig. 24 - Andamento delle registrazioni delle tre componenti di microtremore nei punti di misura

Da segnale misurato è possibile per ogni componente ottenere lo spettro di risposta frequenza contro velocità su frequenza sintetizzato per le tre componenti nella figura 25

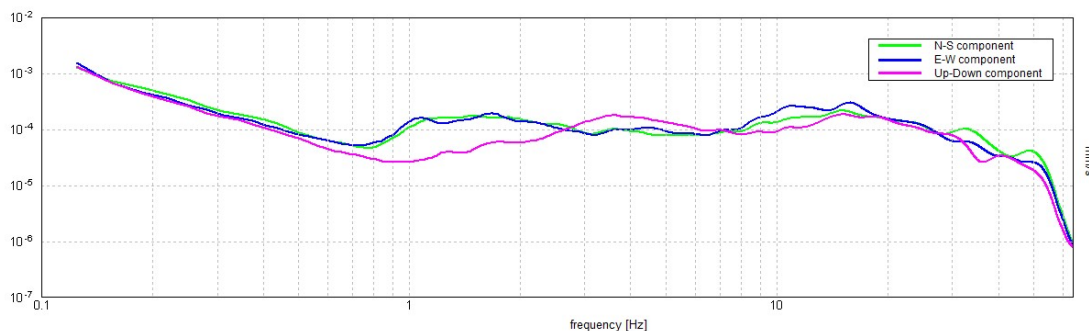


Fig. 25 - Andamento degli spettri  $f-v/f$  nelle tre componenti nel punto di misura.

Dall'analisi degli spettri è possibile ottenere per le varie frequenze il rapporto H/V che indica la presenza di fenomeni di risonanza. L'analisi del rapporto deve considerare la direzionalità del picco. Un picco strutturale e non influenzato ad esempio da una sorgente esterna si mostrerà costante nelle diverse direzioni. La figura 26 mostra il valore del rapporto H/V in un diagramma Azimuth-Frequenza. La presenza di un picco costante nelle varie direzioni si manifesta con una linea orizzontale continua, una fascia stretta indica una frequenza precisa di risonanza, una fascia di colore più alta indica una dispersione nel valore della frequenza.

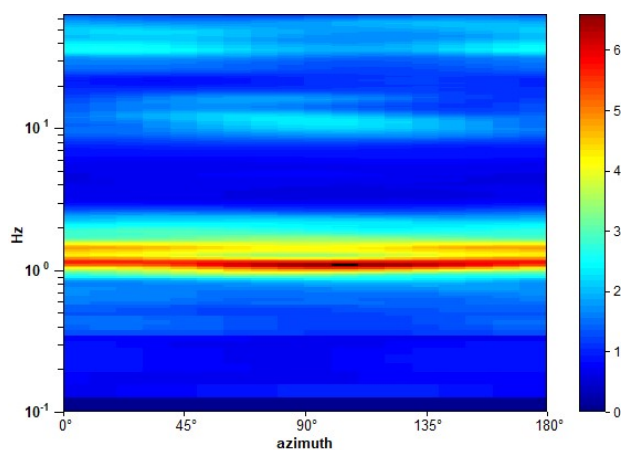


Fig. 26 - Andamento del rapporto H/V in un diagramma Azimuth - Frequenza

La figura 27 riporta L'andamento del rapporto H/V in funzione della Frequenza.

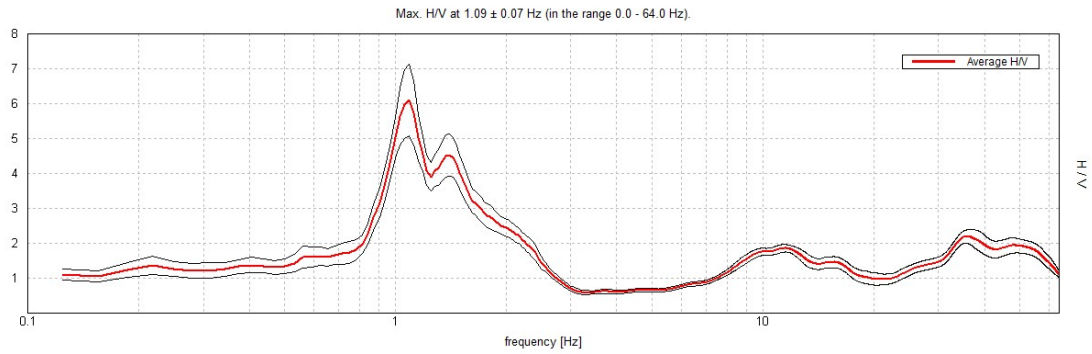


Fig. 27 - Andamento del rapporto H/V alle varie frequenze nel punto di misura

In letteratura si ritengono significativi picchi con ampiezza maggiore di 2. Dall'analisi dei dati relativi nell'area in esame appare che è presente un picco con frequenza 1.08 Hz e ampiezza 6.

#### 1.4.1 Riconoscimento della Vs 30 e del profilo di appartenenza

La velocità  $V_{e30}$  per il terreno in esame è pari a 266 m/s; per quanto concerne la velocità di propagazione delle onde di taglio è possibile classificare il terreno in esame come un suolo di categoria C.

Firenze, aprile '22

Dott. Alberto Iotti

N° 1438 Ordine dei Geologi della Regione Toscana





Loc. Castiglioni 56 50068 Rufina  
 Numero REA FI - 657392  
 CF - PIVA 06802820487

Committente Comune di Pontassieve	Profondità raggiunta -10	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 250222-1	Pagina
Operatore Alberto Iotti	Indagine Fosso del Castellano	Note1 Installato Piezometro Norton		Inizio/Fine Esecuzione 25/02/22
Responsabile Dott. Alberto Iotti	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio Continuo	Tipo Sonda Beretta T41	Coordinate X Y 43.678830, 11.456211

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove
		Suolo	-0.50											
-1		Limi sabbiosi di colore nocciola con trovanti centimetrici marnosi	-1.60	%C=100						(RM)				
-2		Marne molto alterate e fratturate di colore grigio - verde con trovanti calcarenitici	-2.70	%C=100						-2.00				
-3		calcari a frattura concoide e calcareniti fini di colore grigio chiaro - avana, fratturati	-4.40	%C=100	17-22-29 -2.95 PC									
-4		marne alterate e fratturate, di colore avana	-5.50	%C=100										
-5		calcari a frattura concoide e calcareniti fini di colore grigio chiaro - avana, fratturati	-6.10	%C=100										
-6		marne e subordinate argilliti molto alterate, di colore grigio verde a tratti ocra e grigio scuro	-8.00	%C=100										
-7		alternanza di calcari fini a frattura concoide e marne alterate, molto fratturati, di colore biancastro - avana	-10.00	%C=100										
-8										(CS)				
-9										-10.00				
-10														
-11														
-12														
-13														
-14														
-15														
-16														
-17														
-18														
-19														
-20														

Responsabile

## Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

### Sito in esame.

latitudine: 43,679590 [°]

longitudine: 11,457307 [°]

Classe d'uso: 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.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20505	43,666510	11,416730	3572,9
Sito 2	20506	43,667720	11,485780	2643,1
Sito 3	20284	43,717700	11,484180	4756,6
Sito 4	20283	43,716500	11,415040	5328,3

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,047	2,558	0,256
Danno (SLD)	63	50	0,056	2,593	0,270
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,130	2,412	0,305
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,166	2,392	0,312

## Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,440	1,200	0,013	0,007	0,659	0,200
SLD	1,200	1,430	1,200	0,016	0,008	0,790	0,200
SLV	1,200	1,400	1,200	0,045	0,023	1,839	0,240
SLC	1,200	1,390	1,200	0,057	0,029	2,341	0,240

Geostru