

**INDAGINE GEOLOGICA DI FATTIBILITA' DI SUPPORTO AL PROGETTO
UNITARIO PER IL RECUPERO E LA RISTRUTTURAZIONE CON
CONSOLIDAMENTO DEI FABBRICATI DENOMINATI "VILLA TARTARO"
E "COLONICA"**

**IN COMUNE DI FIESOLE (FI) - LOC. VILLA I TATTI
VIA DI VINCIGLIATA**



Gennaio 2024




**Progetto architettonico: Arch. Sharon MIURA
Richiedente: President and Fellow of Harvard College - Villa I Tatti**

INDICE DEI CONTENUTI

1. PREMESSA.....	2
2. ASPETTI GEOMORFOLOGICI E DEL RISCHIO IDRAULICO.....	10
3. MODELLO GEOLOGICO	14
4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA	16
4.1. VALUTAZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE.....	25
5. MODELLO SISMICO	26
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	26

FIGURE NEL TESTO

TAV. 1 - PLANIMETRIA GENERALE	3
TAV. 2 - PLANIMETRIA DI DETTAGLIO (CATASTALE)	4
TAV. 3A – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	5
TAV. 3B – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA RANA (PAI F.ARNO).....	6
TAV. 3C – CARTA DELLE PERICOLOSITÀ IDRAULICHE.....	7
TAV. 3D – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	8
TAV. 3E – CARTE DELLA ESPOSIZIONE VULNERABILITA' RISCHIO	9
TAV. 4 - CARTA GEOLOGICA.....	12
TAV. 5 - SEZIONE GEOLOGICO STRATIGRAFICA INTERPRETATIVA.....	13
TAV. 6 - CARTA GEOMORFOLOGA.....	14
TAV. 6/A - CARTA GEOMORFOLOGA (STRALCIO DAL P.S.	15
TAV. 7 - CARTA DI POSIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	18
TAV. 7/A - CARTA DI POSIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE SITOSPECIFICHE.....	19

ALLEGATI FUORI TESTO

- i rapporti, i certificati ed i resoconti delle campagne geognostiche sitospecifiche e pregresse saranno prodotte in allegato alla relazione geologica di supporto al progetto depositato per la richiesta di titolo abilitativo

1. PREMESSA

Su incarico di President and Fellows of Harvard College, nel seguito “Villa I Tatti”, la presente relazione costituisce il supporto geologico di fattibilità relativo al progetto unitario da convenzionare per il recupero, la ristrutturazione ed il consolidamento dei fabbricati denominati Villa Tartaro e Colonica situati in via di Vincigliata a Fiesole, il cui progetto architettonico è a cura dello studio di architettura degli architetti Garofalo e Miura.

L’indagine si propone di confermare la compatibilità dell’intervento progettato con il territorio e con le caratteristiche litostratigrafiche e litotecniche del sottosuolo ai sensi ed in ottemperanza delle indicazioni contenute nello studio di supporto geologico del P.S., del nuovo P.O. del Comune di Fiesole e delle vigenti Norme del settore (D.M. 17/1/18 – T.U. SISMICA, D.P.C.M. 05/11/99 – P. di B. Stralcio Rischio Idraulico - e D.P.C.M. 6/5/05 – P.A.I., Regol. Reg. 1/R/2022 e D.C.R.T. 421/14), per interventi ricadenti nella classe di **pericolosità G3** (*pericolosità elevata* – vedi Tav. 3a) per fattori geomorfologici, con una classe di pericolosità da frana del PAI di classe P1 (*pericolosità bassa* – vedi Tav. 3b), **pericolosità II** (*pericolosità bassa* - vedi Tav. 3c) per fattori idraulici.

Per l’area di Villa Tartaro e per la Colonica risulta definita la pericolosità sismica di livello 1 - di base – nella quale viene assunta una **classe S2** (*pericolosità media* – vedi Tav. 3d), con esposizione sismica E1, vulnerabilità sismica V3 e rischio sismico R2 (vedi Tav. 3e).

La **Fattibilità** dell’intervento è pertanto di **classe 3** (“*condizionata*”), senza ulteriori specifiche prescrizioni.

L’intervento consiste per la Villa Tartaro nelle opere edili finalizzate al potenziamento delle funzioni universitarie ottenendo un centro di documentazione (biblioteca per collezioni speciali, archivio storico e fototeca, sale per la consultazione, uffici per i bibliotecari, sale riunioni), mentre nella Colonica si otterranno volumi all’ospitalità per studenti e docenti.

Dato che le opere progettate complessivamente per entrambi i fabbricati superano per volumetria i 1.500 mc ma non i 6.000 (classe III del Reg. 1/R) è stata integrata la campagna geognostica 2018-2019 composta da numerose prove penetrometriche statiche e dinamiche, con una linea superficiale di sismica a rifrazione in P ed Sh e da uno stendimento chiuso di geoelettrica 3D con un carotaggio continuo, senza prelievo di campioni indisturbati ma con SPT fondo foro.

I carotaggi con campionamenti Q5 e SPT fondo foro negli ultimi anni eseguiti per altre progettazioni presso il patrimonio edilizio di Villa I Tatti, la trivellazione di un pozzo per acqua (successivamente abbandonato per mancanza di falda) profondo 90 m tra Villa Tartaro e Villa I Tatti seguito dallo scrivente, le numerose indagini geofisiche e la pubblicazione di verticali geognostiche con log stratigrafico sul portale della Regione Toscana concorrono a far ritenere più che sufficiente il grado di ricostruzione del contesto geologico e geotecnico per l’intervento in esame.

TAV. 1 - PLANIMETRIA GENERALE scala 1:10.000

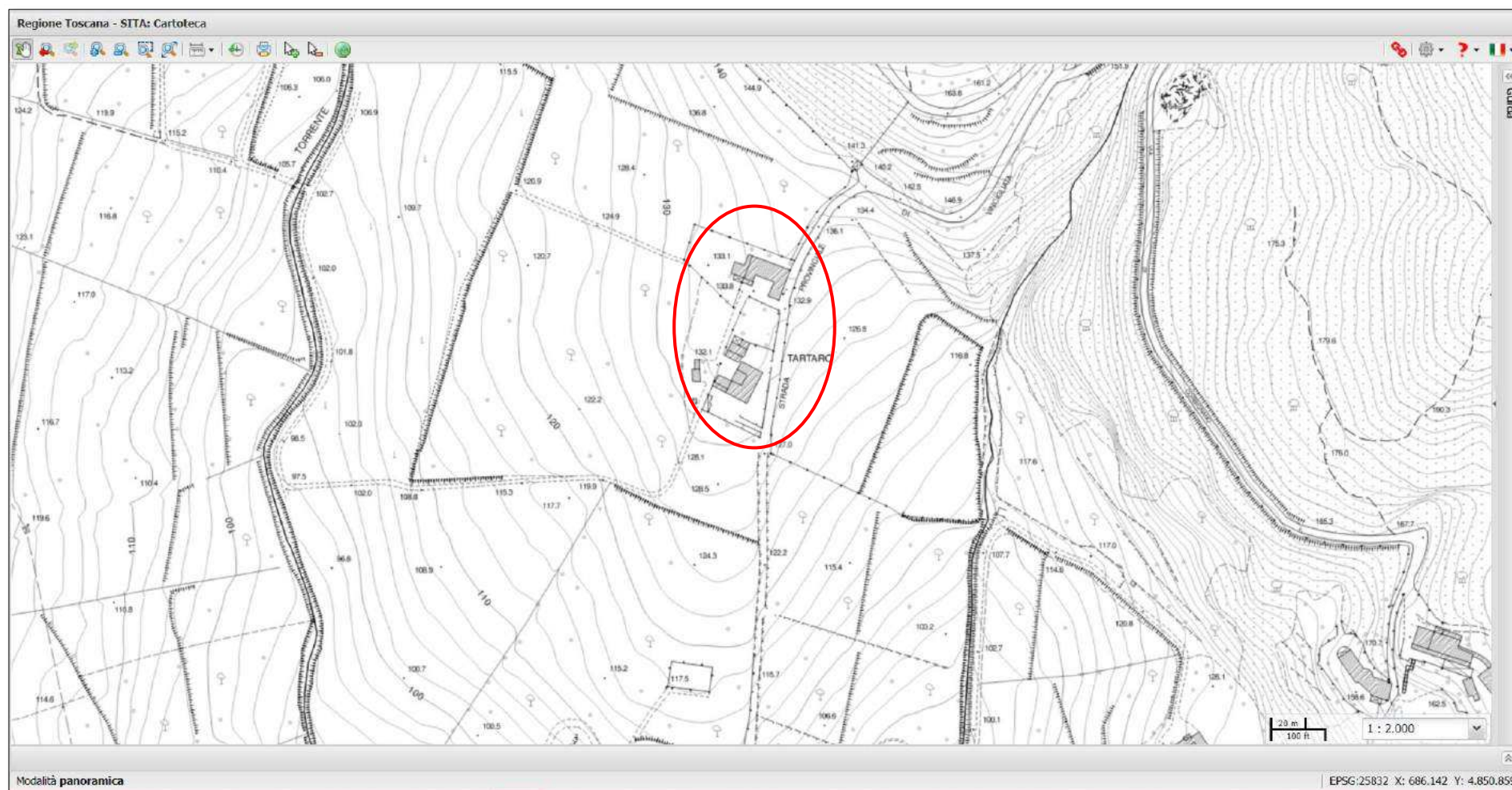


LEGENDA



Ubicazione dell'area di intervento

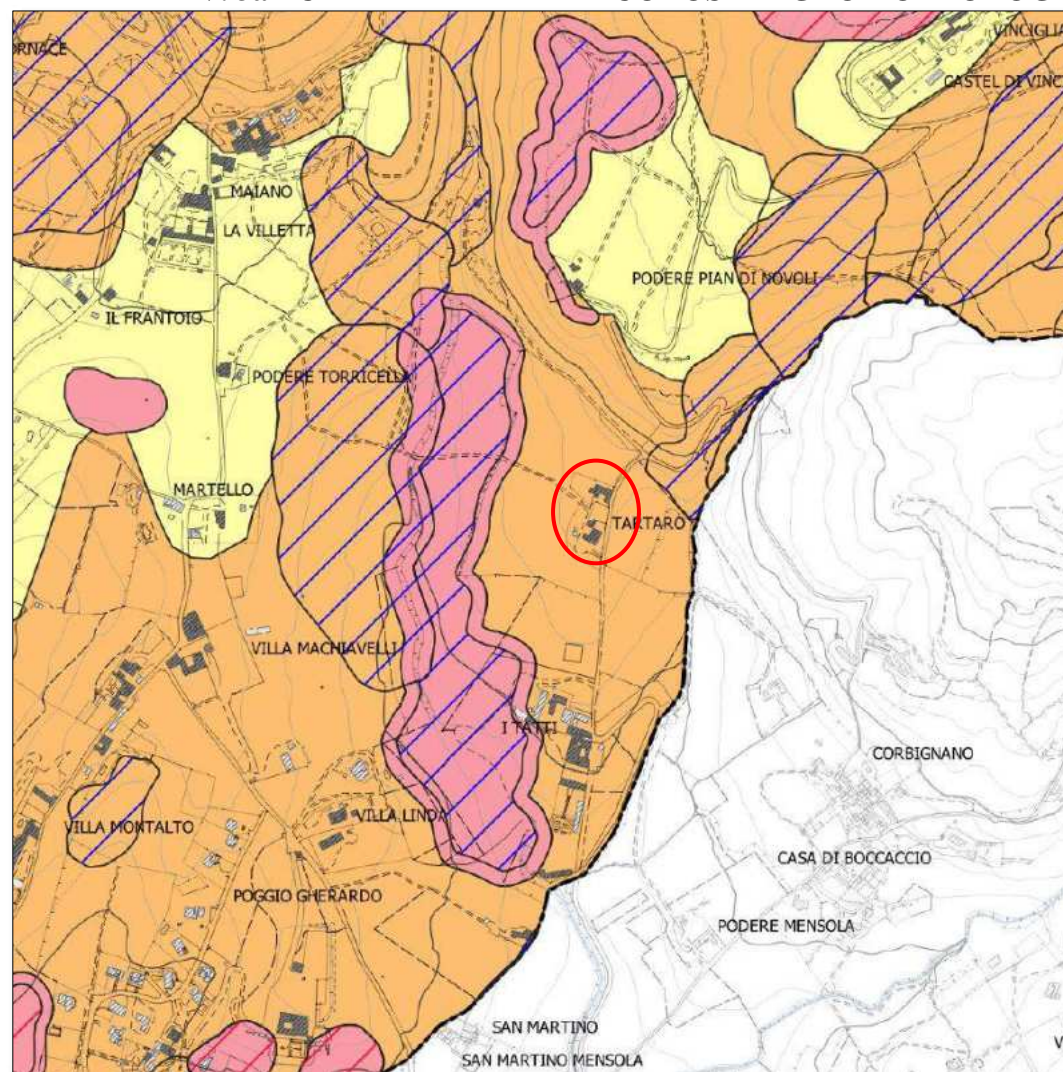
TAV. 2 - PLANIMETRIA DI DETTAGLIO - Scala 1:2.000



LEGENDA



Ubicazione dell'area di intervento

TAV. 3a - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA (STRALCIO DAL P.S. aggiornato 2023) scala 1:10.000

Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

Pericolosità geologica elevata (G.3)

Pericolosità geologica media (G.2)

Pericolosità geologica bassa (G.1)

Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana - da Piano Assetto Idrogeologico

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

P.F.3 - Aree a pericolosità geomorfologica elevata

Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica elevata (G.3)** dovranno rispettarsi i criteri generali di seguito indicati, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino.

La fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate in fase di piano attuativo e finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità. Qualora dagli studi, dai rilievi e dalle indagini ne emerga l'esigenza, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva realizzazione degli interventi di messa in sicurezza.

Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di piano attuativo oppure, qualora non previsto, a livello edilizio diretto, sono tali da:

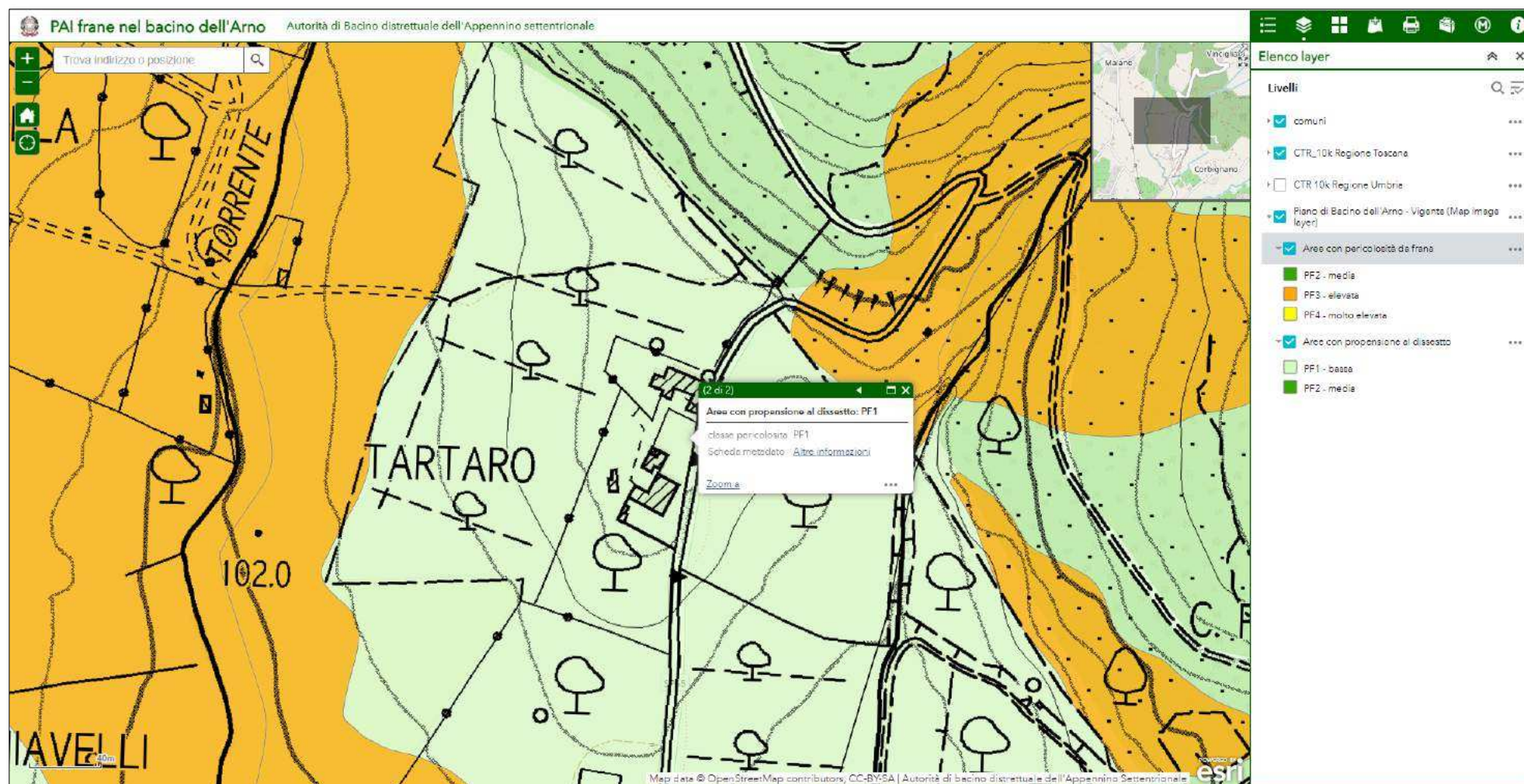
- a.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
- a.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;
- a.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il comune e la struttura regionale competente.

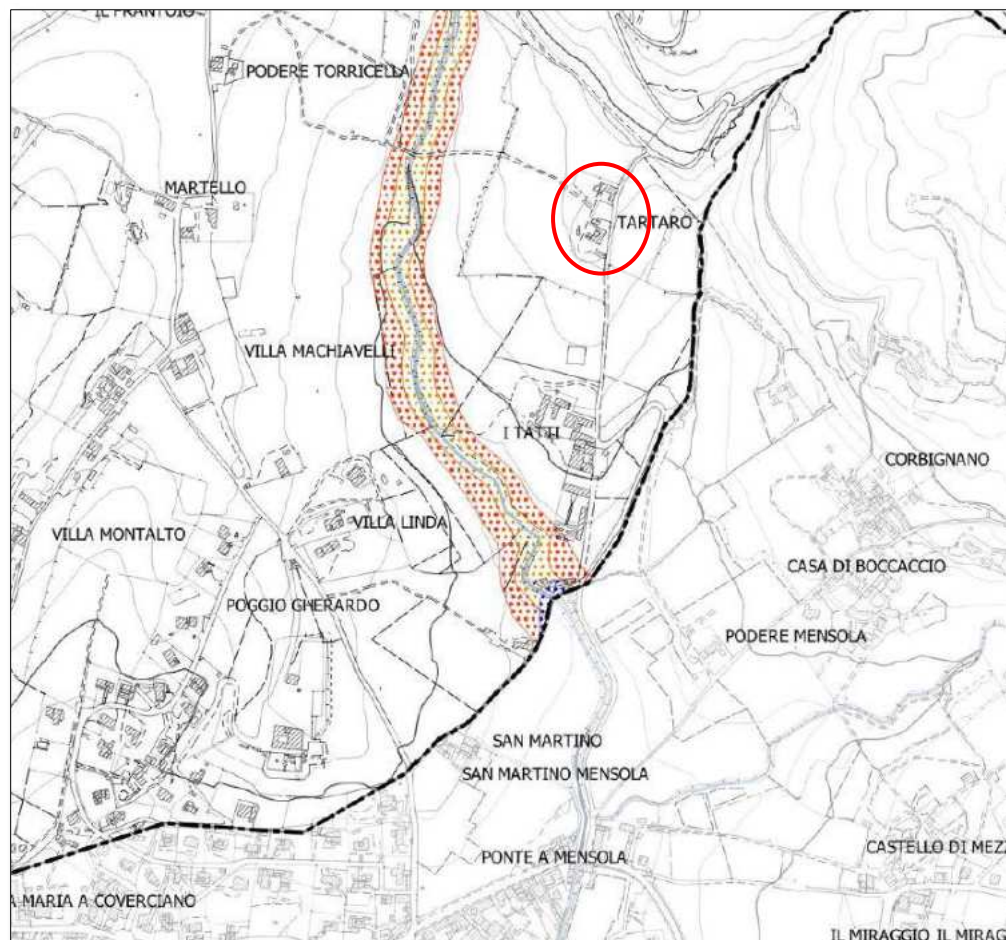
Il raggiungimento delle condizioni di sicurezza costituisce il presupposto per il rilascio di titoli abilitativi.

La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano la demolizione e ricostruzione, o aumenti di superficie coperta o di volume, e degli interventi di ampliamento e adeguamento di infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla valutazione che non vi sia un peggioramento delle condizioni di instabilità del versante e un aggravio delle condizioni di rischio per la pubblica incolumità.

TAV. 3b - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (STRALCIO DAL PAI ARNO) scala circa 1:5.000



TAV. 3c - CARTA DELLE PERICOLOSITÀ IDRAULICHE DA 53/R E DA PGRA (STRALCIO DAL P.S. aggiornato 2023) scala 1:10.000

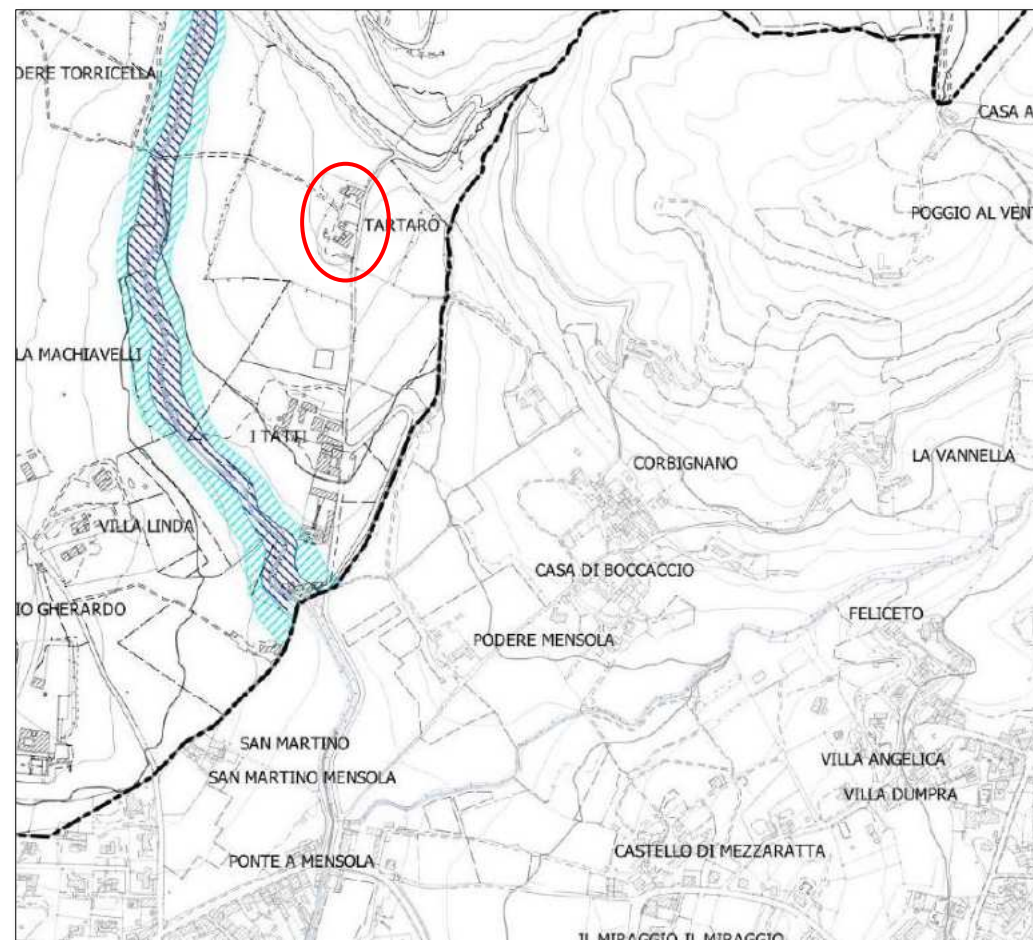


Pericolosità da modello idraulico:

- I.4
- I.3
- I.2

Pericolosità morfologico / storico-inventariale:

- I.4
- I.3
- I.2

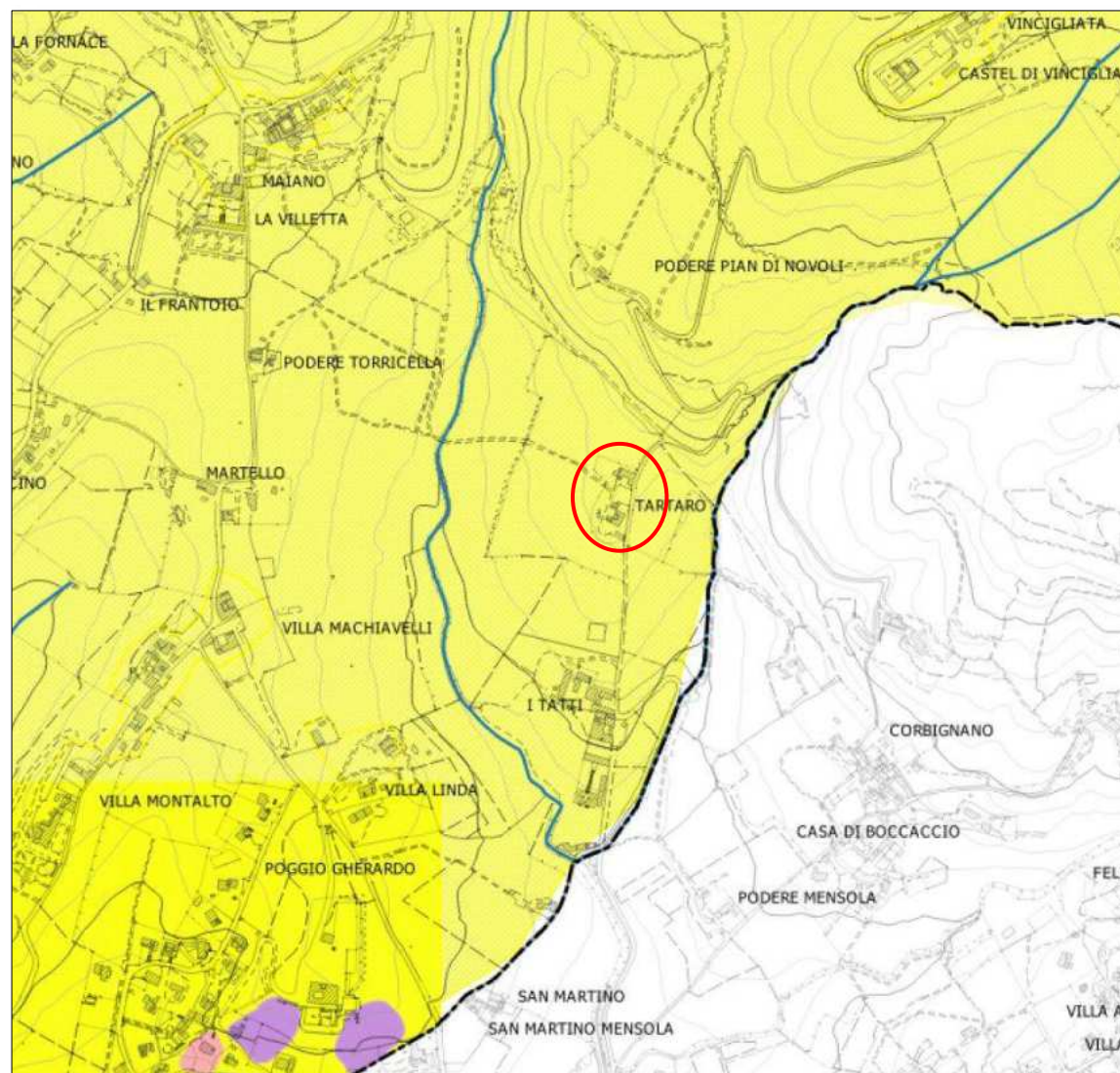


Pericolosità da modello idraulico:

- P.3
- P.2
- P.1

Pericolosità morfologico / storico-inventariale:

- P.3
- P.2
- P.1

TAV. 3d - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – LIV. 1 (STRALCIO DAL NUOVO P.O. 2023) scala circa 1:10.000**LEGENDA**

Perimetro territorio urbanizzato

Reticolo idrografico

Classe di pericolosità sismica di base - livello 1 (DPGR 5R/2020)

P1 - pericolosità bassa

P2 - pericolosità medio-bassa

P3 - pericolosità medio-alta

P4 - pericolosità alta

Classe di pericolosità sismica livello 2 (DPGR 5R/2020)

P1 - pericolosità bassa

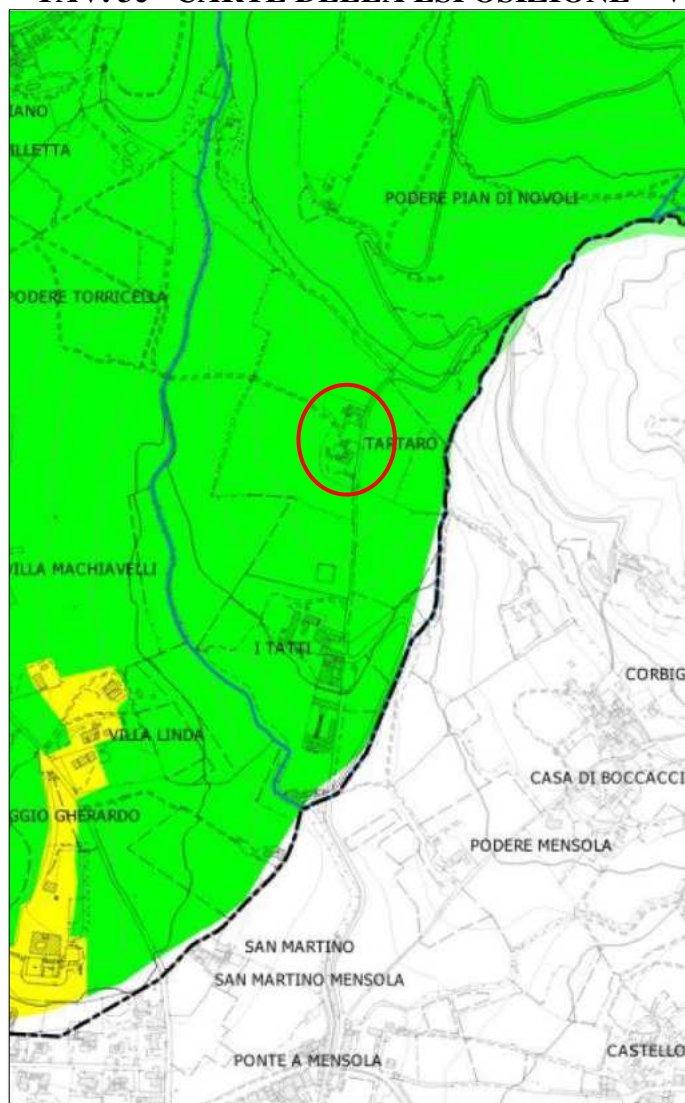
P2 - pericolosità medio-bassa

P3 - pericolosità medio-alta

P4 - pericolosità alta

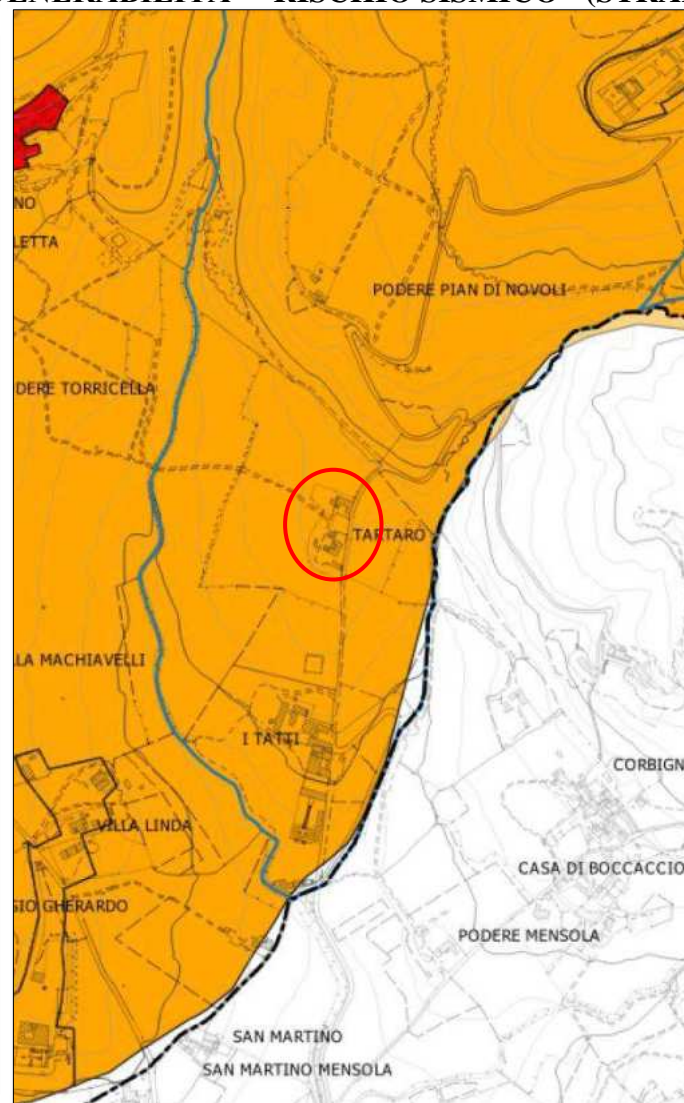
Nelle aree caratterizzate da pericolosità sismica media (S2) non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore ad 1herz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione deve tener conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.

TAV. 3e - CARTE DELLA ESPOSIZIONE – VULNERABILITA' – RISCHIO SISMICO - (STRALCIO DAL NUOVO P.O. 2023) scala 1:10.000



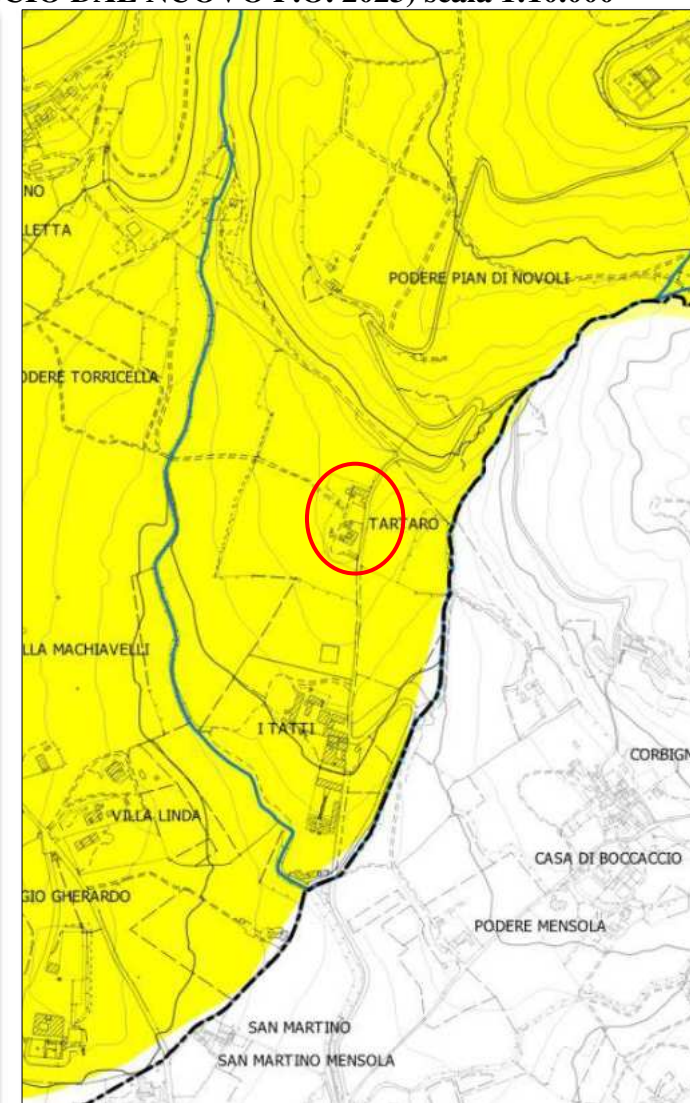
Classe di esposizione sismica livello 1 (DPGR 5R/2020)

- E1 - esposizione bassa
- E2 - esposizione medio-bassa
- E3 - esposizione medio-alta
- E4 - esposizione alta



Classe di vulnerabilità sismica livello 1 (DPGR 5R/2020)

- V1 - vulnerabilità bassa
- V2 - vulnerabilità medio-bassa
- V3 - vulnerabilità medio-alta
- V4 - vulnerabilità alta



Classe di rischio sismico livello 1 (DPGR 5R/2020)

- R1 - rischio basso
- R2 - rischio medio-basso
- R3 - rischio medio-alto
- R4 - rischio alto

In considerazione della valenza regionale del D.P.C.M. 06.05.2005, che approva il Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), sarà verificata la posizione dell'intervento rispetto agli ambiti territoriali regolamentati dalle prescrizioni e dai vincoli del citato decreto, oltre che confrontata la posizione del progetto con le carte del D.P.C.M. 5/11/99 (Piano di Bacino Stralcio Rischio Idraulico).

Trattandosi di zona di alto morfologico sarà prodotta una valutazione semplificata del rischio idraulico in quanto ritenuto del tutto irrilevante.

Saranno, infine, effettuate sia considerazioni generali e di sito sulla sismicità locale, compresa la possibilità di fenomeni di liquefazione seppure sia un fenomeno del tutto estraneo al contesto geologico del progetto, dato che il Comune di Fiesole risulta fra quelli classificati sismici in zona 3 in base alla normativa D.C.R.T. 412/2014.

2. ASPETTI GEOMORFOLOGICI E DEL RISCHIO IDRAULICO

L'intervento in progetto si colloca a quota circa 132 m slm, in un'area di collina posta sui primi rilievi appenninici a N della pianura alluvionale fiorentina, nell'ambito del sottobacino idrografico del T. Mensola.

L'assetto superficiale del territorio è rappresentato da un blando rilievo con pendice moderatamente inclinata verso SW e piuttosto omogenea alla scala del versante.

Il comprensorio interessato dal fabbricato non comprende sotto il profilo geomorfologico alcuna presenza di zone caratterizzate da dinamica gravitativa, né alla scala del versante, né elementi localizzati non cartografabili (vedi Tav. 4 "Carta Geologica" in scala 1:10.000).

Nello specifico dell'area di intervento, questa si colloca ad una quota alla quale non si sono mai risentiti sia da fonte storico inventariale, sia da modellazione, problemi idraulici legati a smaltimenti di acqua, di esondazioni o di ristagni, nemmeno per eventi eccezionali.

La Carta Guida delle Aree Allagate prodotta dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno (D.P.C.M. 5/11/99) mostra che l'intervento ricade all'esterno delle zone con alluvionamento occasionale o ricorrente nell'ultimo trentennio (periodo di riferimento dell'allora Piano di Bacino a partire dal 1999), per cui non rientra nell'ambito della Norma 6 del Piano di Bacino del F. Arno, né rientra nelle aree con vincolo di edificabilità e vincolo di salvaguardia (Norme 2-3), né nelle aree di pertinenza fluviale (Norma 5).

Nessuna limitazione o prescrizione della Norma 13 risulta interessata dall'intervento in discussione, che non prevede modifiche morfologiche, né al reticolo minore di regimazione delle acque. Non vi sono opere che modificano in maniera significativa la permeabilità dei suoli o le coperture impermeabili del terreno o dell'edificio.

La verifica dell'ubicazione dell'intervento in rapporto al P.A.I. (D.P.C.M. 6/5/05) per la pericolosità frana mostra che l'intervento ricade in classe di propensione al dissesto P.1 (vedi Tav. 3b a pag. 6) e che quindi non rientra in alcun condizionamento. La P1 del PAI è valutata in scala 1:25.000 con criteri d'insieme, senza che in dettaglio compaiano fenomeni di dissesto.

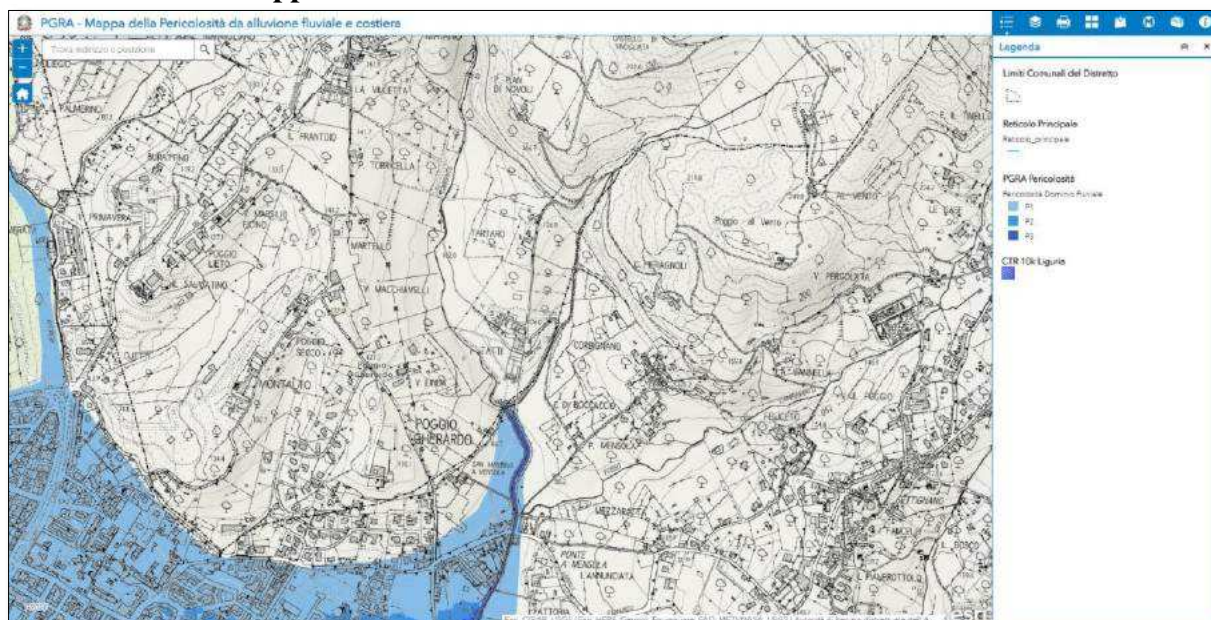
L'assenza di fenomeni geomorfologici è rappresentata nella carta geomorfologica del PS (vedi Tav. 6 pag. 14) ed in quella dei dissesti geomorfologici dell'Autorità di Distretto dell'Appennino settentrionale (in Tav. 6/A in pag. 15).

Il rischio idraulico P.A.I. non risulta più vigente e la nuova pericolosità da P.G.R.A. non copre l'area di intervento di Villa Tartaro e la Colonica.

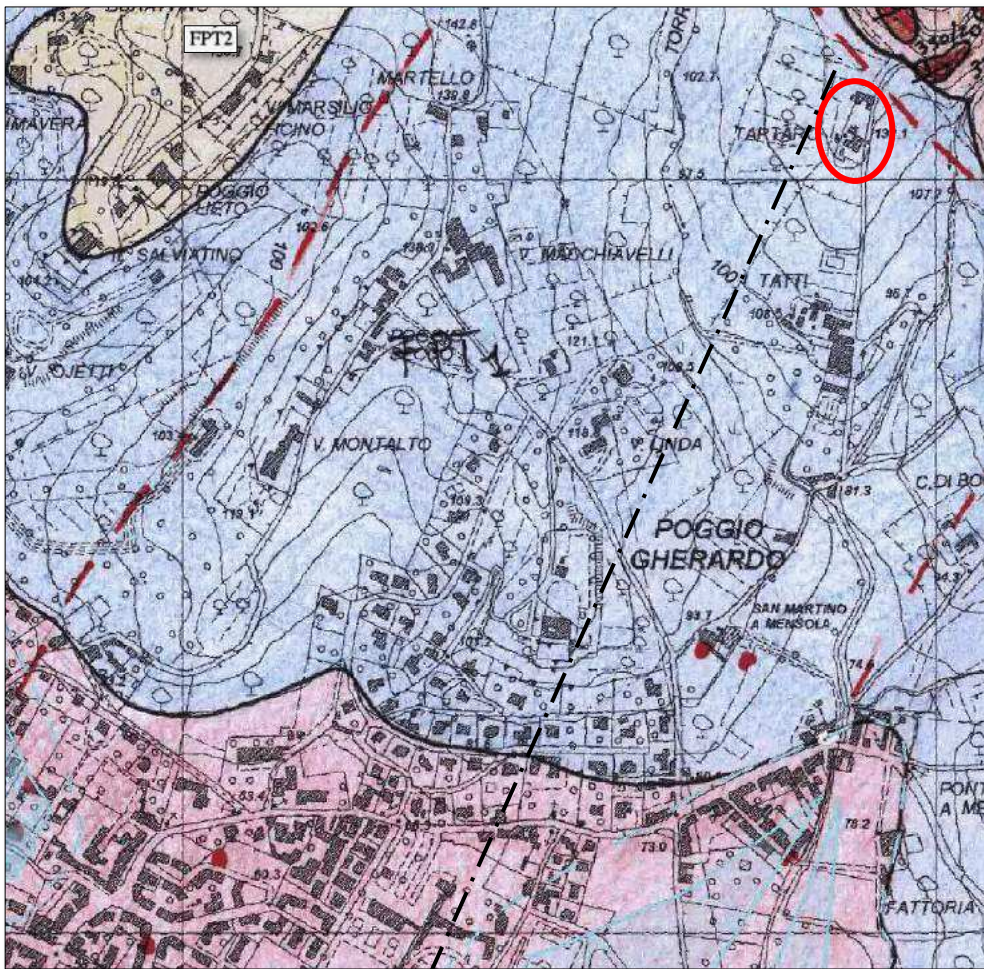
P.di B. Rischio idraulico – A.d.B. F.Arno



P.G.R.A. – A.di D. Appennino Sett.



TAV. 4 - CARTA GEOLOGICA - (CA.R.G.) scala 1:2.000



— . — Traccia di sezione geologico stratigrafica interpretativa

LEGENDA

Sintema di Firenze

Depositi fluvio-lacuali plio-pleistocenici (Villafranchiano Aucutt.)

FPT2 – Sub-Sintema delle conoidi di chiusura. Ghiaie sabbioso-limose a clasti pluricentimetrici in genere ben arrotondati, localmente anche ben cementate; la litologia dei clasti è prevalentemente calcarea riferibile alle formazioni di Sillano e di Monte Morello affioranti nella zona di alimentazione di tali depositi.

FPT1 – Sub-Sintema del Bacino di Firenze. Prevalenti limi-sabbiosi con livelli di ghiaie limoso-sabbiose, sporadica presenza di clasti metrici immersi nella matrice limoso-sabbiosa; “rari livelli di lignite con minime manifestazioni gassose” (dalla letteratura)

Pliocene Superiore – Pleistocene Inferiore

Depositi alluvionali

Alluvioni recenti (al di sotto di una copertura antropica < 3 m):

a) limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie;

b) corpi canalizzati di ghiaie e ciottolami più o meno sporchi, in genere a composizione silicoclastica;

c) ghiaie e ciottolami in genere puliti d'alveo d'Arno la litologia dei clasti è prevalentemente calcarea riferibile alle formazioni di Sillano e Monte Morello affioranti nella zona di alimentazione di tali depositi.

Olocene



Depositi alluvionali dei terrazzi del I° ordine.

Olocene

SEGNI CONVENZIONALI

● ubicazione dei sondaggi stratigrafici



conoide alluvionale



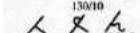
limite di conoide alluvionale



contatto stratigrafico (certo ed incerto)



stratificazione : normale, rovesciata, contorta, orizzontale



certa

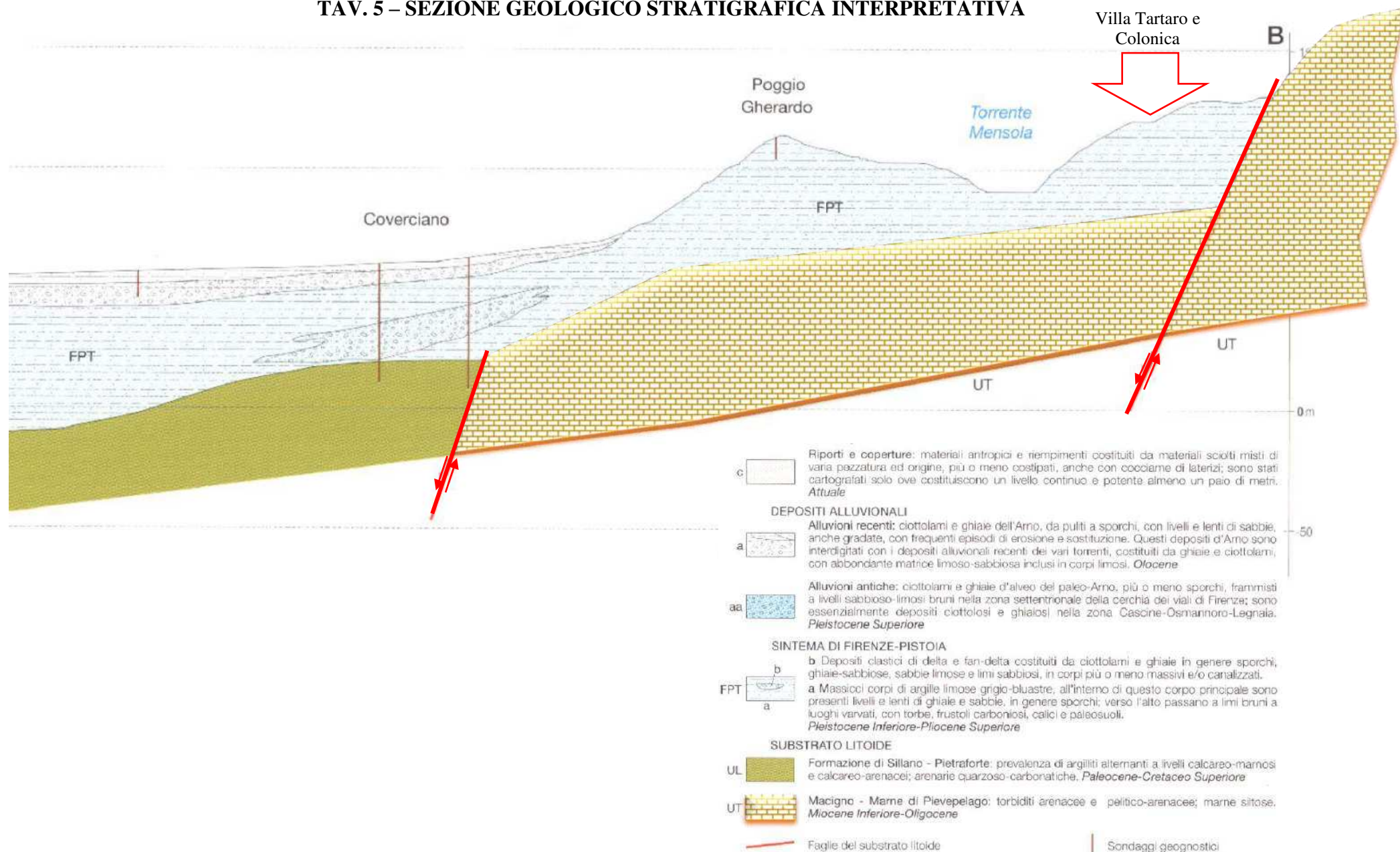


incerta

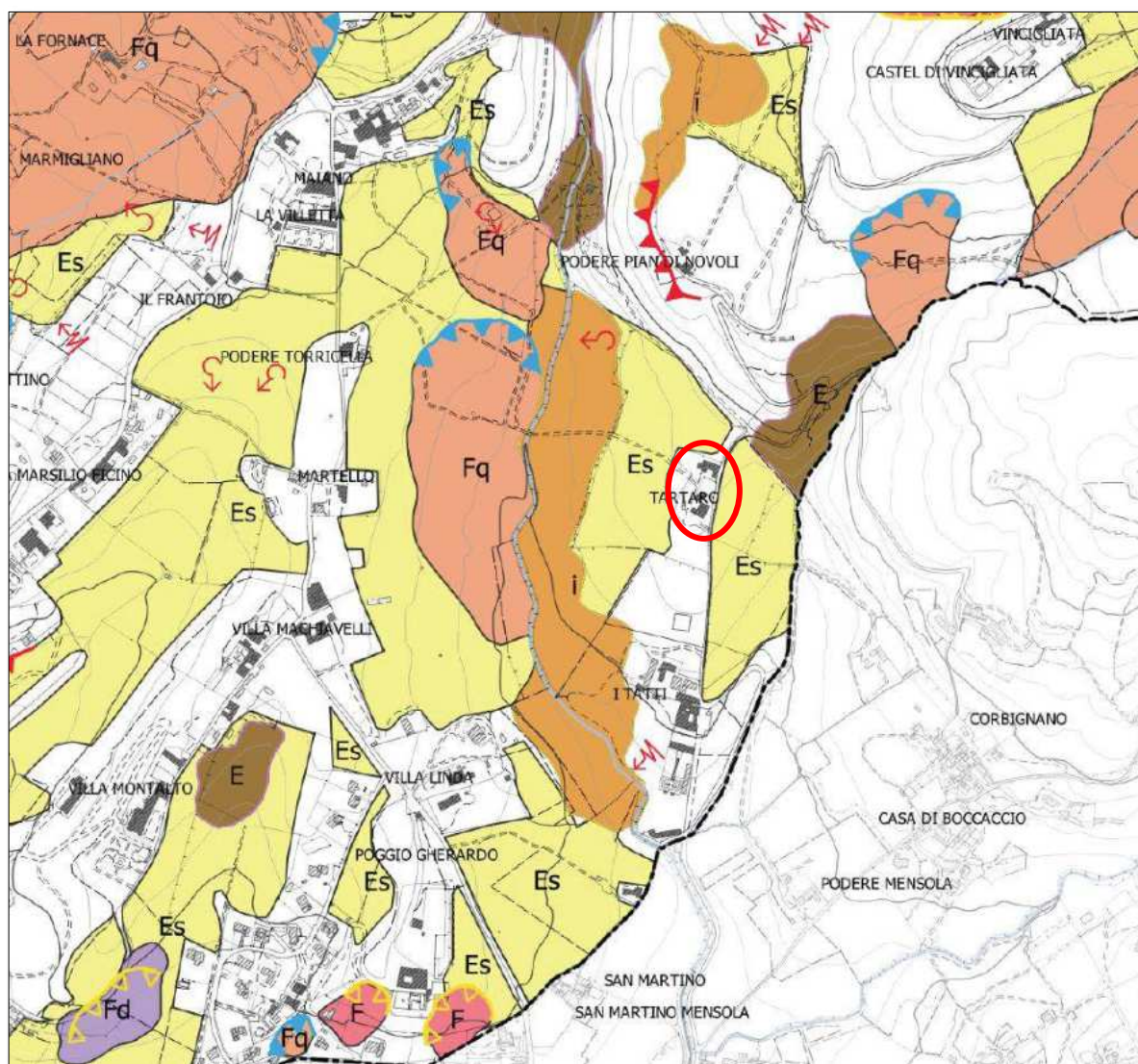
— . — faglia (certa o incerta)

— . — faglia diretta (i trattini indicano la parte ribassata)

TAV. 5 – SEZIONE GEOLOGICO STRATIGRAFICA INTERPRETATIVA



TAV. 6 - CARTA GEOMORFOLOGA (STRALCIO DAL P.S. AGGIORNATO 2023) scala 1:10.000



FENOMENI LINEARI

— Alveo con tendenza all'approfondimento

— Orlo di scarpata fluviale

▼ Orlo di scarpata attiva

TTT Orlo di scarpata antropica

linee_geom_5edit

▼ Orlo di scarpata di frana di scorrimento-Attiva

▼ Orlo di scarpata di frana di scorrimento-Quiescente

FENOMENI AREALI

F - Frana attiva

Fq - Frana quiescente

Fd - Area a franosità diffusa

Es - Area soggetta a erosione superficiale

E - Area soggetta a erosione profonda

i - Area instabile per soliflusso generalizzato

■ Cava inattiva

▨ Rilevato in terra

Ta - Terrazzo agrario

▨ Diga in terra

w - Lago o specchio d'acqua

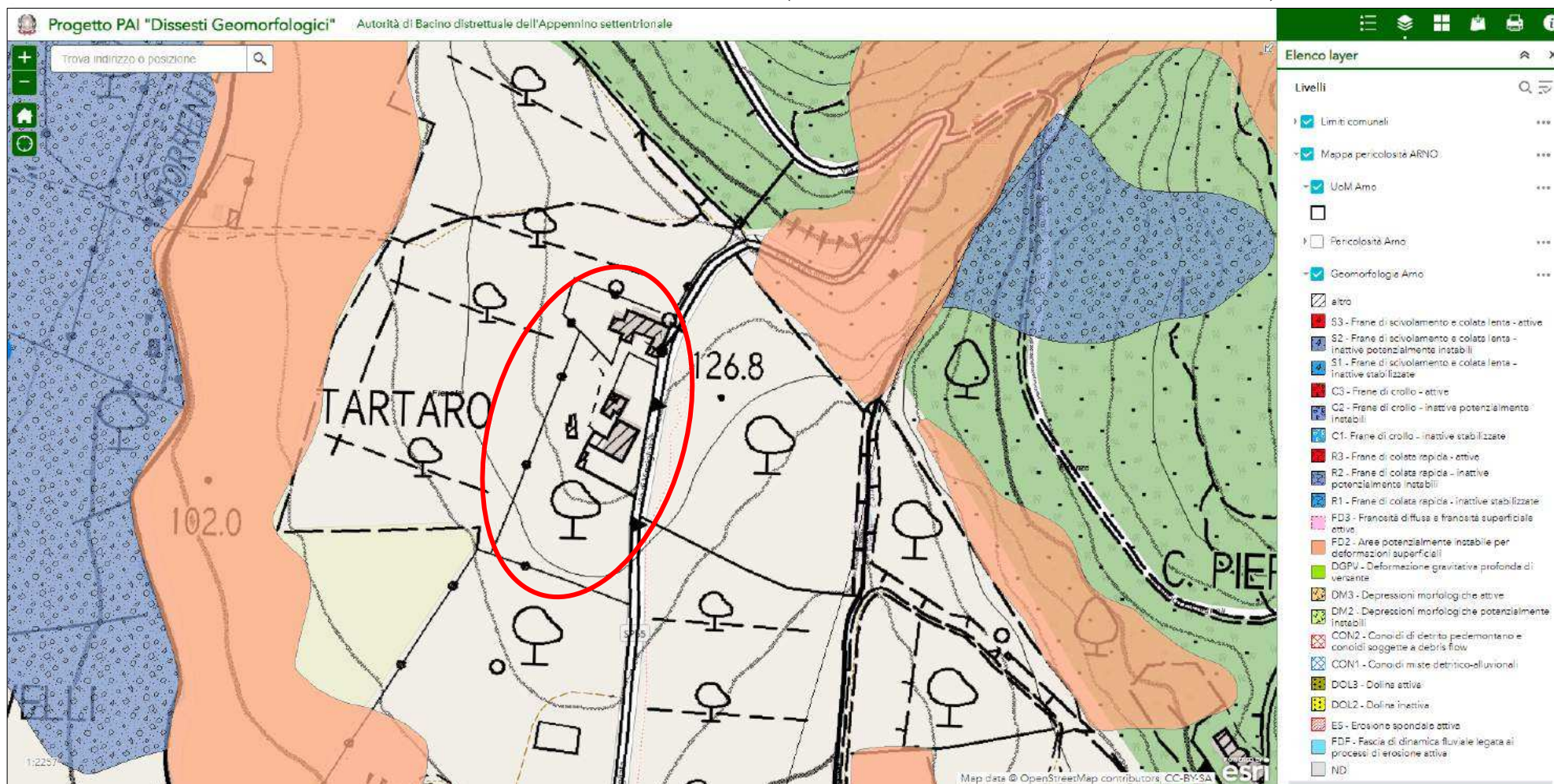
FENOMENI PUNTUALI

↪ Soliflusso

↪ Erosione di limitata estensione

↪ Frana puntuale

■ Aree potenzialmente instabili per deformazioni superficiali

TAV. 6/A - CARTA DEI DISSESTI GEOMORFOLOGICI (A.DI D. APPENNINO SETTENTRIONALE) scala 1:5.000

3. MODELLO GEOLOGICO - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, il sottosuolo su cui è previsto il consolidamento dei due fabbricati è costituito da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose ricompresi nella formazione di origine continentale denominata “**FTP1**”, di età stratigrafica RUSCINIANO-VILLAFRANCHIANO (da 1,8 a 0,8 milioni di anni fa circa).

La formazione, che deriva dalla fase iniziale del colmamento del bacino originariamente lacustre di Firenze-Prato-Pistoia, manifesta ovunque affiori caratteristiche geomeccaniche tipicamente piuttosto compatte e resistenti, derivanti da una deposizione di sedimenti mediamente fini (argille e limi), ma con componente sabbiosa e ciottolosa alle volte non trascurabile.

La resistenza geotecnica sviluppata da questo tipo di sottosuolo si manifesta interamente o quasi interamente sotto forma di coesione, conferita al materiale dalla intensa pre-consolidazione cui è andata soggetta nel corso della propria storia geologica dovuta al tempo ed al carico soprastante della colonna di depositi più giovani di natura fluvio lacustre poi erosi. L'aggiunta della resistenza attritiva proviene laddove, per specifici scenari paleogeografici, la componente sabbiosa diventa sufficientemente importante da formare uno scheletro solido portante, i cui granuli vanno a contatto (provocando sfregamento reciproco).

La tessitura fine prevalente del terreno lacustre affiorante presso la Villa Tartaro conferisce al sottosuolo anche un elevato peso di volume γ , mediamente intorno o di poco superiore a 2 t/mc quando integro ed inalterato, una bassissima permeabilità a causa della elevata componente argillosa (circa 10^{-7} - 10^{-8} cm/sec da test edometrico), ma una porosità ($n = V_v/V_{tot}$ - costituita da vacui non comunicanti) significativa ($30\% \leq n \leq 50\%$) dovuta alla dispersione estremamente diffusa di vuoti di piccolissime dimensioni non occupata dalle particelle limose ed argillose e spesso non raggiungibili dai fluidi.

In un sottosuolo di tipo lacustre, che diventa piuttosto compatto (anche se non lapideo) dopo qualche metro di spessore a partire dalla superficie, la circolazione idrica è limitata ad una minima infiltrazione ed allo spostamento prevalentemente verticale delle acque meteoriche; la componente di spostamento orizzontale in quella zona non è significativa.

4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Al fine di identificare le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del volume significativo di sottosuolo di questo intervento la campagna geognostica del 2018-2019, articolata in una linea superficiale di sismica a rifrazione in onde P ed Sh, uno stendimento chiuso di geoelettrica 3D e n. 7 postazioni penetrometriche sia statiche che dinamiche, è stata appositamente integrata con un carotaggio continuo spinto fino a 15 m nel quale non è stato possibile prelevare campioni indisturbati perché la presenza continua di ghiaietto sia minuto che grossolano con addensamento sempre significativo di trovanti lapidei e la compattezza

costante della matrice impedivano l'infissione della fustella Shelby, tuttavia sono state eseguite nn. 4 SPT fondo foro alle profondità: 2 m, 5 m, 8 m, 11,5 m.

Le indagini descritte (2018-2019 e 2023) e tutte le altre indagini geognostiche di archivio a disposizione, eseguite per scopi conoscitivi e progettuali nell'immediato intorno del complesso edificato di Villa I Tatti, quindi poche decine di metri a sud di Villa Tartaro, che comprendono altri due carotaggi con campionamenti indisturbati (Q5) ed analisi geotecniche di laboratorio, sono posizionate come riportato nella Tav. 6 – “Ubicazione della campagna geognostica”.

Tali indagini sono state eseguite sul medesimo litotipo lacustre [FTP1](#) sul quale ricadono i due fabbricati di Villa Tartaro e Colonica per cui si ritengono tutte significative. In forza di ciò fra le indagini di archivio sono state selezionate quelle che vanno a soddisfare le richieste della classe in cui ricade la volumetria dei fabbricati in discussione nel D.P.G.R.T. 1/R/2022 e siano state consultate come bagaglio conoscitivo per l'intervento in esame.

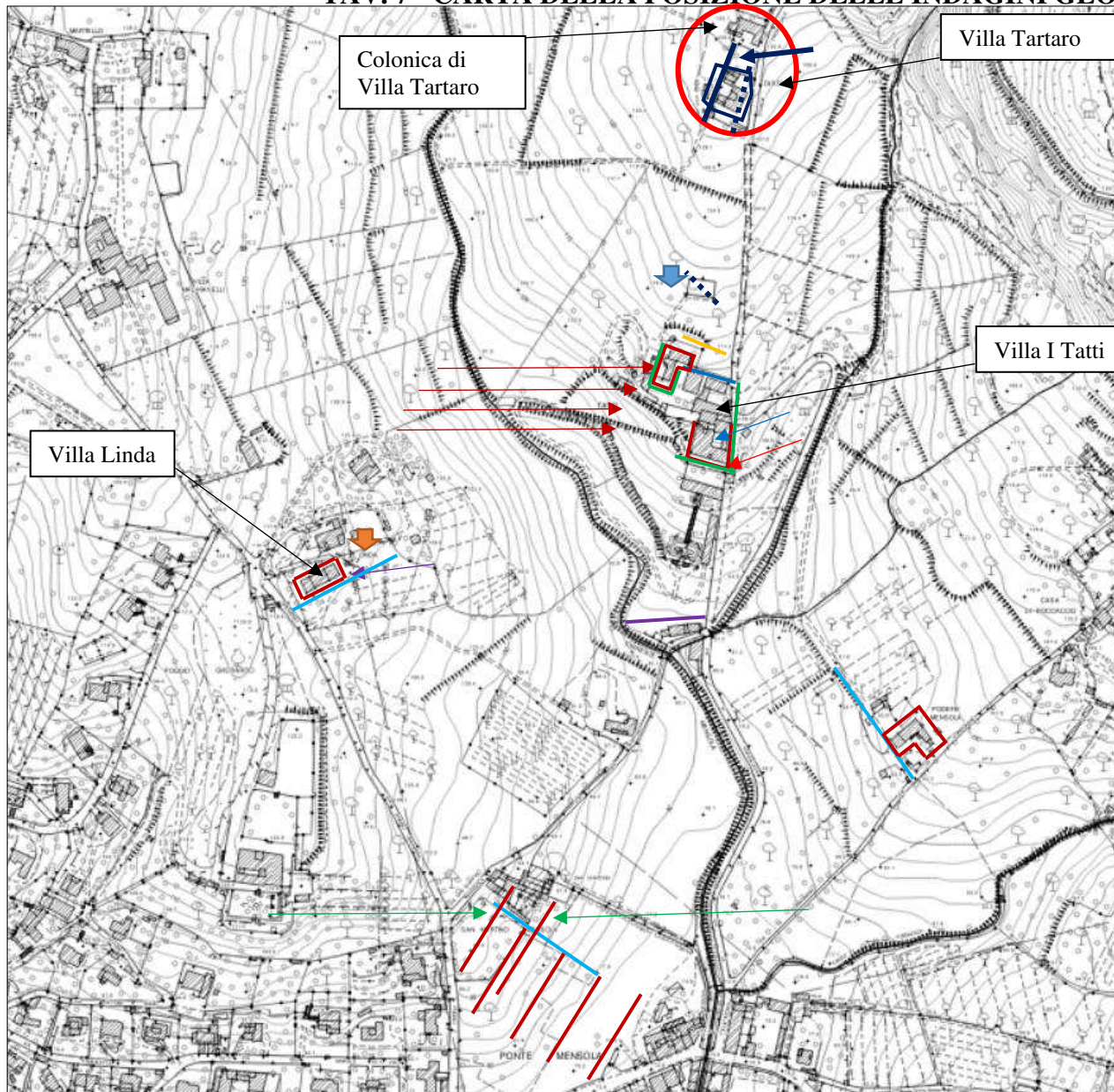
La trivellazione ha consentito di indagare il sottosuolo in condizioni di recupero quasi ottimali e quindi di ottenere “carote” di terreni rappresentativi per l'analisi stratigrafica e geotecnica; inoltre con il sondaggio 2023 è stato possibile eseguire numerose SPT fondo foro a quote abbastanza superficiali (2,0 m e 5,0 m) con l'intendimento di acquisire informazioni quantitative sulle caratteristiche geotecniche del terreno di appoggio delle fondazioni o delle sottofondazioni di consolidamento anche del terreno più prossimo alla Colonica.

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione del sondaggio 2023 è costituita da (vedi targa a lato):

Tale carotatrice era dotata di batteria di aste da 101 mm di diametro e carotiere semplice con corona al Vidial che ha lavorato a secco raggiungendo la profondità di 15,0 m dal p.c. ed usando la circolazione diretta di acqua solo per l'infissione del rivestimento del foro con camicie d'acciaio poi rimosse.

L'allestimento, l'attrezzatura ed il metodo utilizzati per le linee di sismica a rifrazione e di geoelettrica sono descritti nella relazione allegata a questo documento.



TAV. 7 - CARTA DELLA POSIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE scala 1:5.000**LEGENDA indagini sitospecifiche 2023 (DPGRT 1/R/2022)**

- Linea sismica a rifrazione in onde P e Sh - 2018
- Geoelettrica 3D - 2018
- ⋯ Prove penetrometriche CPT e DPSH - 2019
- ➔ Il vertice della freccia indica la verticale a carotaggio del 2023 con SPT per questo progetto di consolidamento

LEGENDA indagini di archivio

- ➔ Il vertice della freccia indica la verticale a carotaggio del 2005 per Loggiato dotata di SPT fondo foro
- ➔ Il vertice della freccia indica la verticale a carotaggio "anni '90" catalogata nel P.S. del comune di Firenze
- ➔ Il vertice della freccia indica la verticale a carotaggio 2012 per PdR Villa I Tatti con SPT fondo foro
- ➔ Il vertice della freccia indica la verticale a carotaggio 2016 per Villa Linda con campionamenti e laboratorio
- ➔ Il vertice della freccia indica la verticale a carotaggio 2016 per Villa I Tatti con campionamenti e laboratorio

- Linea sismica a rifrazione in onde P e Sh + MASW - 2016

- Linea sismica a rifrazione in onde P e Sh - 2016

- Geoelettrica 3D - 2016

- Geoelettrica 2D - 2012

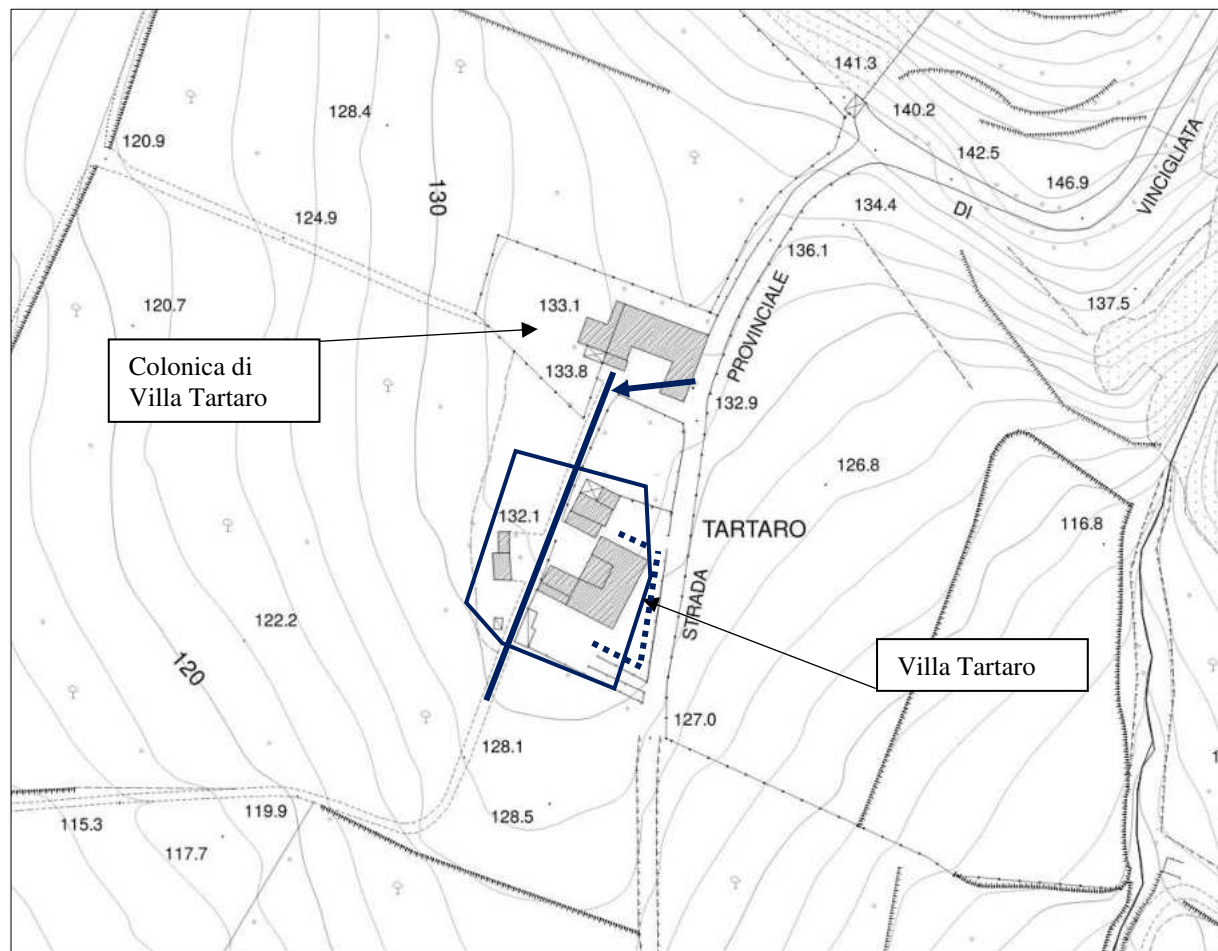
- MASW - 2012

- Geoelettrica 2D - 2016

- ➔ Pozzo Villa I Tatti

- ➔ Pozzo Villa Linda

Il perimetro della voce di legenda identifica le analisi di laboratorio e le SPT fondo foro valutati per questo progetto

TAV. 7/A - CARTA DELLA POSIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE SITOSPECIFICHE scala 1:1.000**LEGENDA indagini sitospecifiche 2023 (DPGRT 1/R/2022)**

- Linea sismica a rifrazione in onde P e Sh - 2018
- Geoelettrica 3D - 2018
- Prove penetrometriche CPT e DPSH - 2019
- ➔ Il vertice della freccia indica la verticale a carotaggio del 2023 con SPT per questo progetto di consolidamento

La geofisica eseguita nel 2018 come “due diligence” interna presso l’edificio principale della Villa Tartaro consiste in uno stendimento 2D di sismica a rifrazione, ottenuto utilizzando come mezzo di indagine sia le veloci e dettagliate onde di compressione V_P che le Sh , e da un array 3D di geoelettrica per la misura della resistività/conducibilità del sottosuolo sotto al fabbricato fessurato.

Con entrambe le metodologie di acquisizione sono state inoltre elaborate e confrontate le tomografie 2D trasversali ad entrambi gli assi cartesiani orizzontali e, infine, ricostruito un modello 3D dalla geoelettrica calcolato con software specifico.

Lo scopo di questa campagna di indagini era stato quello di acquisire con la sismica a rifrazione in onde P, le più sensibili, una ricostruzione attendibile della stratigrafia sismica e di eventuali corpi o fenomeni sepolti nel sottosuolo espressa per mezzo della distribuzione delle velocità sismiche longitudinali nel semispazio sottostante la Villa Tartaro, mentre con le onde Sh quello di determinare la compattezza, la rigidezza e l’elasticità dei terreni di fondazione secondo la scala ormai consueta delle classi di sottosuolo sismico proposte dal NTC 2018.

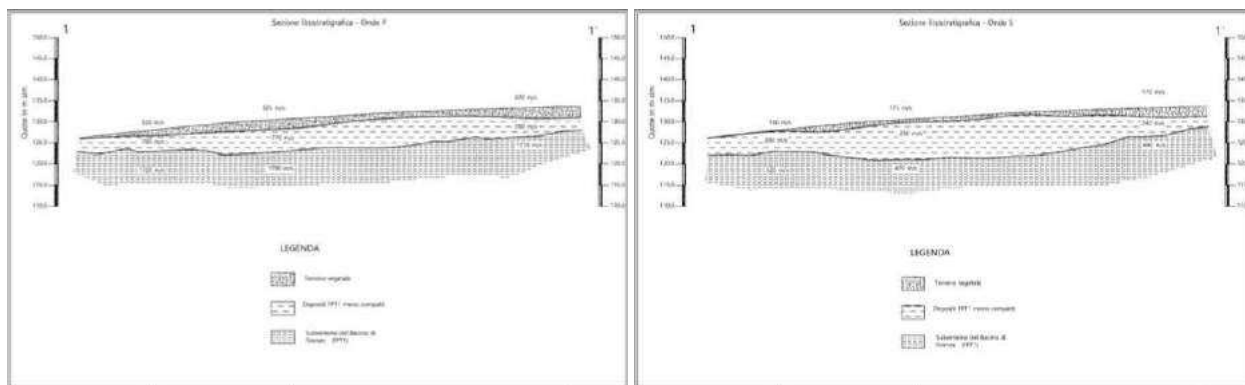
Infine, sempre con l’obiettivo di creare nel contesto della Villa Tartaro un supporto conoscitivo adeguato all’importanza dell’edificio da consolidare, si è ricostruita la variazione spaziale della resistività/conducibilità del sottosuolo nel volume al di sotto del fabbricato mediante la posa di uno stendimento chiuso intorno al fabbricato. Questo sistema consente da un lato di individuare eventuali zone umide, correlabili con eventuali aree dotate di maggiore circolazione idrica sotterranea legata, ad esempio, alla dispersione di cisterne interrate o di fognature, dall’altro di ricostruire tracciato planimetrico e la profondità dei manufatti di fondazione con cui l’edificio si appoggia sul sottosuolo.

Al di là della lettura completa dell’elaborato restituito dalla società TRIGEO esecutrice, che allego a questa relazione, riporto di seguito le considerazioni principali emerse dalle indagini espletate:

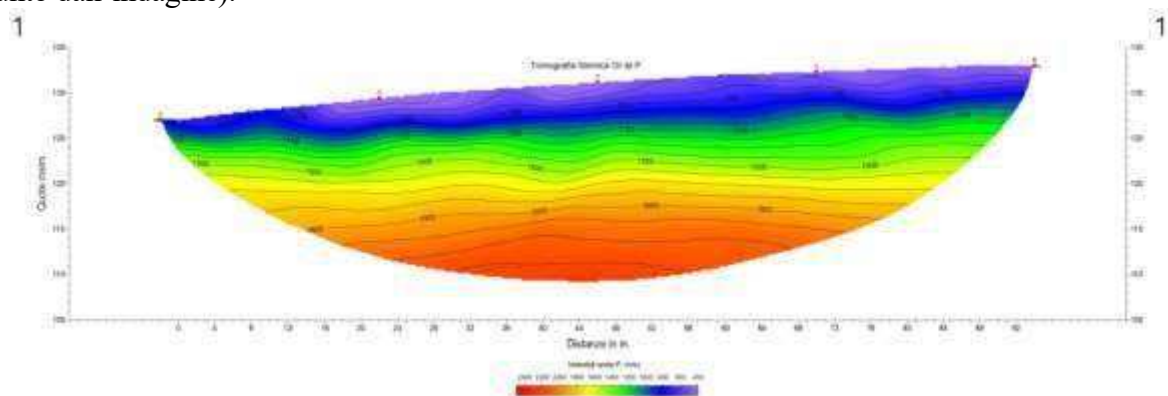
Sismica a rifrazione 2018: le sezioni sismostratigrafiche (vedi referto TRIGEO) e litostratigrafiche in onde P e Sh mostrano:

- la presenza di tre strati che possono essere messi in relazione allo sviluppo graduale e progressivo nel terreno prima a processi di aerazione ed alterazione chimica del suolo più superficiale, poi di disaggregazione per lo più meccanica e legata alla decompressione.
- una sostanziale omogeneità sia orizzontale che verticale della stratificazione alla scala dell’indagine (lunga 96 metri);
- l’assenza sotto lo stendimento di forme particolari che richiama fenomeni sepolti di tipo gravitativo o erosivo;
- un sottosuolo profondo caratterizzato da valori di velocità sismiche piuttosto elevati, paragonabili a quelle di un substrato di roccia tenera dotato di discreta rigidità;



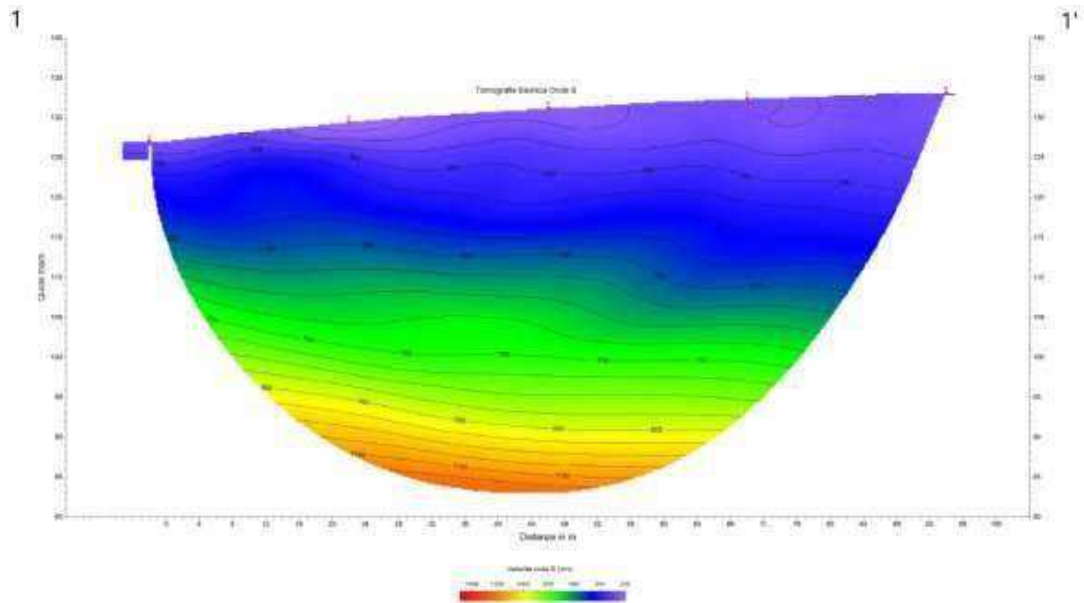


L'esame delle tomografie conferma la presenza di un aumento della velocità delle onde sismiche P entro i primi metri di profondità, compatibile con lo spessore superficiale di materiali sciolti di origine lacustre che deriva dagli effetti della degradazione in posto indotta da fattori meteorologici e della aerazione poco sopra le V_p 700 -800 m/s (dove il blu diventa velocemente verde), a cui segue un sottosuolo più profondo in cui le curve di isovelocità si distanziano, passando a terreni con caratteristiche sismostratigrafiche già elevate e meno soggette a ulteriore miglioramento ($V_p > 1.700$ m/s): quest'ultimo semispazio viene messo in relazione con la facies inalterata e compatta dello spesso deposito lacustre che in questa zona di margine di pianura fiorentina copre il substrato lapideo (non raggiunto dall'indagine).

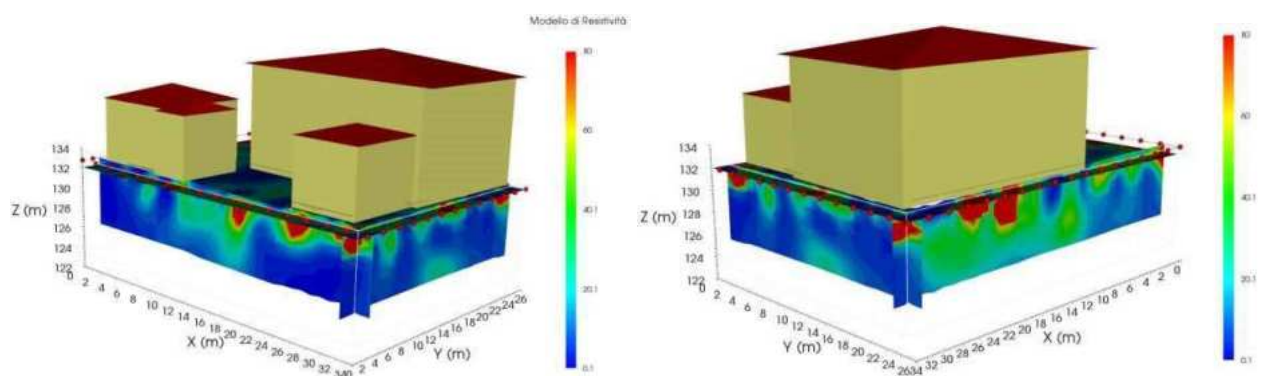


Le tomografie mostrano anche come l'andamento complessivo delle curve di isovelocità sia prevalentemente parallelo: questa conformazione piana delle curve di isovelocità alla scala dell'indagine ha un significato geologico di per sé scarso, se non che non si rileva alcuna perturbazione recente dello stato alterativo del sottosuolo che possa far temere problematiche sepolte.

Le tomografie in onde Sh non introducono alcun elemento che destabilizzi gli scenari ricostruiti con le sole onde P, confermando che la geometria delle curve che dividono la sequenza delle velocità trasversali è nel complesso piano parallela al profilo del suolo e ciò indica che mancano sia interferenze deviatoriche diverse dall'esposizione ai soli agenti esogeni (di natura meteorologica) che agiscono dalla superficie, sia altre geometrie sepolte.

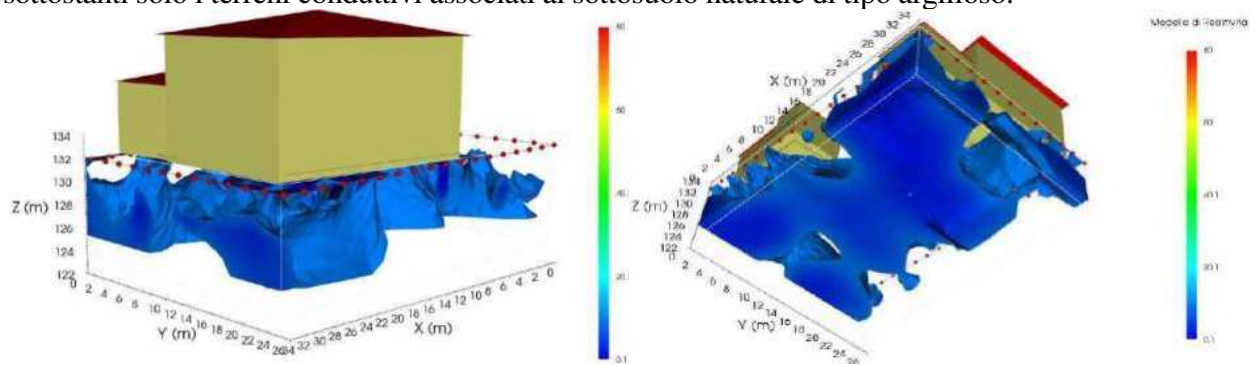


Geoelettrica – resistività 3D 2018: il risultato della modellazione geoelettrica 3D conferma anche per Villa Tartaro le analoghe ricostruzioni che hanno caratterizzato tutte le precedenti indagini geoelettriche eseguite per tutto il resto del patrimonio immobiliare di Villa I Tatti e sintetizzabile in una elevata conduttività del sottosuolo naturale medio e profondo (5-10 Ohm*m) che si associa al litotipo lacustre, con picchi di resistività isolati anche superficiali di dimensioni varie che non seguono allineamenti o geometrie regolari derivabili dalla presenza di un apparato fondale; vedi tomografie volumetriche qui sotto.

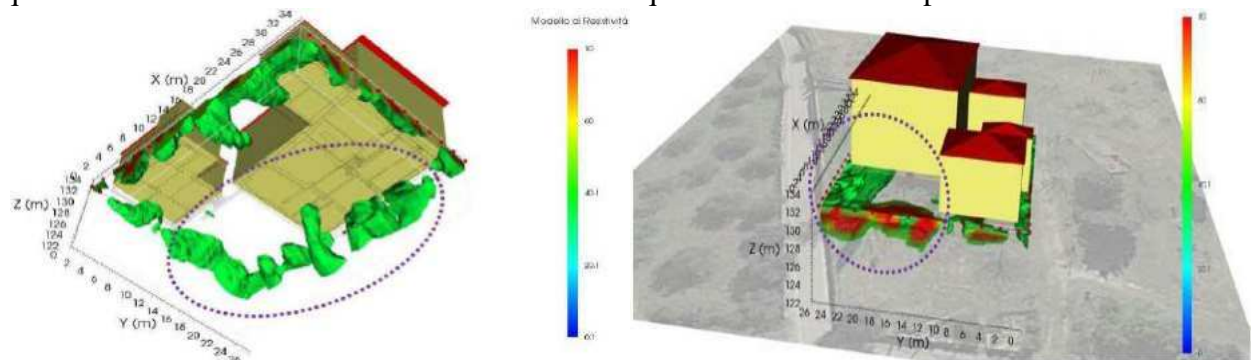


Per evidenziare meglio la mancanza di schema nella distribuzione dei picchi di resistività superficiali nell'ammasso di terreni conduttivi TRIGEO ha prima escluso le zone del volume di

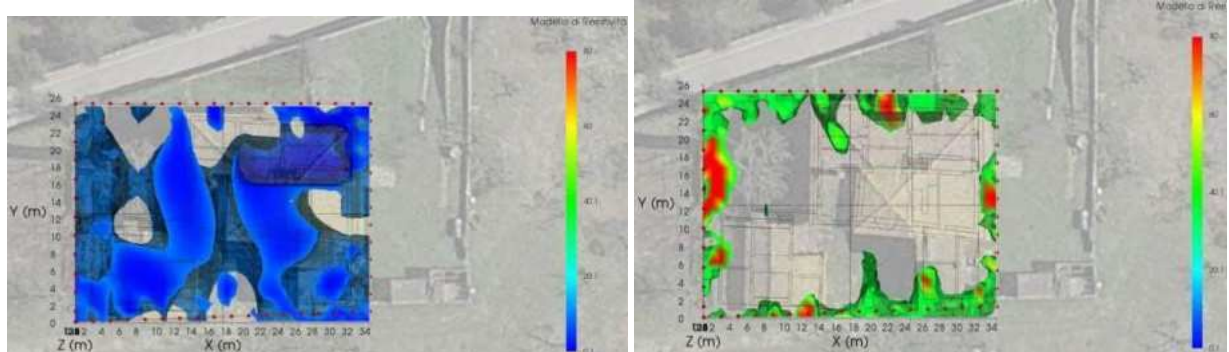
sottosuolo ricostruito con elevata resistività (superiore a $30 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$), lasciando nei due modelli sottostanti solo i terreni conduttivi associati al sottosuolo naturale di tipo argilloso:



quindi ha escluso i terreni conduttivi lasciando solo quelli con resistività superiore a $30 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$:



Confronto qui sotto due slide orizzontali con risultato conduttivo e resistivo:



da cui sembrerebbe poter dedurre più una geometria rettangolare, circostante l'intero complesso edificato di Villa Tartaro, che uno schema di fondazioni legato alle murature presenti.

In quest'ottica, la distribuzione delle resistività superficiali mostrata dall'indagine geoelettrica potrebbe essere associata a blocchi lapidei originariamente formanti un muro a secco circostante il nucleo edificato principale e delimitante una iniziale proprietà, oppure i resti di qualche antica demolizione, o anche residui di materiali da costruzione dell'originario insediamento, spostati ed interrati ai confini della proprietà.

Lo scenario su cui non sembrano esserci elementi di riscontro è quello nel quale vengono associate pietre o manufatti interrati sotto le murature principali del complesso edificato della villa, come se gli immobili fossero semplicemente appoggiati sul suolo.

Prove penetrometriche statiche e dinamiche 2019: Nell'immagine a fianco ci sono le posizioni

delle penetrometrie. Alcune delle verticali penetrometriche, in particolare le 2, 2bis, 7 e 8, sono state abortite molto presto per la presenza di trovanti di roccia assai superficiali.

In allegato alla presente relazione si trovano i certificati delle prove.

Le considerazioni che derivano dall'esame delle prove sono:

- 1) non si vede in nessuna prova un riporto messo a riempire tra il muro ed il fabbricato entro lo spessore che arriva alla quota della strada; evidentemente non è questo lo scenario che va ricostruito;
- 2) dalle statiche fatte davanti alla facciata principale della villa Tartaro si vede un primo spessore di terreno (i 4,2 m della CPT 2ter, i primi 5,5 m della CPT 3, i primi 2,5 della CPT 4 - seppur con qualche dubbio - ed i 3,5 m della CPT 5) che risulta mediamente più compatto di quello sottostante nella matrice (60 - 80 kg/cm² da R_s di CPT contro 40 kg/cm²) e con maggiore quantità di pezzame grossolano (sassi fino a decimetrici). Questo primo strato potrebbe corrispondere ad un riporto con cui è stata antropizzata e risagomata la zona intorno all'originaria torre di avvistamento. Questa considerazione matura anche dall'aver disegnare in ambito GIS dei profili a partire dalla base LIDAR 1m x 1m a cavallo della Villa Tartaro e del punto in cui passa la verticale penetrometrica. Lungo quei profili sono stati correlati i punti in cui pare di poter tracciare l'inizio e la fine del rialzamento del profilo naturale del terreno, facendo passare la correlazione dalla profondità scelta nella prova come base di questo primo strato riconosciuto. La presenza di cave storiche nella zona di Maiano potrebbe avere a che fare con la presenza abbondante pezzame roccioso in questo primo strato. Mi chiedo se ci sono precedenti in cui è stato ricostruito da architetti o da storici che delle torri di avvistamento siano state realizzate su una collinetta preventivamente rialzata con qualche metro di materiale riportato (magari consapevolmente ben compattato già all'epoca in quanto doveva sostenere un'opera militare pregiata);
- 3) le DPSH 1 e 6 mostrano, seppur con minore evidenza a causa della minore sofisticatezza dell'indagine, un primo spessore di 2,5 m con profilo delle resistenze variabile prima di un tratto omogeneo (forse il vecchio suolo naturale e la copertura alterata del substrato), come anche la parte bassa della CPT 5, e poi di un tratto in aumento quasi rettilineo con la profondità (come la DPSH 5) in cui il pezzame roccioso si sposta se piccolo o ferma l'infissione se grande. Le verticali DPSH 1 e 6 ed anche la CPT 5 ai due lati della Villa Tartaro, seppur composti da tratti statico e dinamici sono confrontabili e simmetrici: questo aspetto è indubbiamente significativo e potrebbe corrispondere ad aree esterne alle modifiche antropiche concentrate vicine alla villa;
- 4) il profilo delle resistenze della punta è molto frastagliato a causa del pezzame roccioso incrociato dalla perforazione, ma quello delle resistenze laterali nelle statiche sembra voler aumentare con la profondità. Questo è segno di comportamento incoerente, che potrebbe richiamare l'origine antropica di questo primo strato di terreno, ancorchè molto antica, corrispondente ad una resistenza mediamente elevata anche della componente granulare;



- 5) lo scenario di ricostruzione della stratigrafia della Villa Tartaro con un ipotetico strato superficiale di riporto antico e compattato spesso 2,5 – 4 m potrebbe essere confermata dal fatto che nella verticale DPSH 9, fatta a sud della villa, quello strato non si vede. Questo basta a dire che non c'è? Forse sì perché il profilo della DPSH 9 non mostra nemmeno la presenza di pezzame roccioso in grado di fare i picchi di resistenza prima del grosso blocco che ha fermato l'infissione a 6.4 m;

Dal confronto dei dati della geofisica e delle penetrometrie con le verticali di carotaggio più prossime alla consolidazione in discussione, compresa la verticale S1 del 2023m fatta vicino alla Colonica, è stato possibile completare in maniera attendibile la ricostruzione della parametrizzazione geotecnica dei terreni sotto alla Villa Tartaro, compreso il volume significativo di sottosuolo che reagirà alle fondazioni con i pali ed il suo comportamento geomeccanico.

La distribuzione delle tipologie dei terreni ricostruita lungo le verticali a carotaggio 2012-2016 e 2023 concorda con i profili penetrometrici e con le stratigrafie sismica e geoelettrica e porta ad interpretare il sottosuolo come un semispazio omogeneo alla scala dell'indagine, costituito da materiali fini prevalentemente coesivi, molto compatti ed in graduale e progressivo miglioramento con la profondità in cui sono presenti sia una importante percentuale di graniglia minuta e media, sia trovanti lapidei di varie dimensioni derivanti da crolli dell'impalcatura rocciosa formante le sponde emerse della fase lacustre in cui si è formato il sottosuolo indagato.

Sulla base delle colonne stratigrafiche ricostruire per i sondaggi 2005, 2012 e 2016 presso Villa I Tatti, 2016 presso Villa Linda e 2023 presso Villa Tartaro + Colonica si evince che le indagini interessano tutte un medesimo litotipo naturale (**FPT1**).

4.1. VALUTAZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La possibilità di fenomeni di "liquefazione" è connessa con la presenza nel sottosuolo di sedimenti incoerenti sabbiosi, prevalentemente monogranulari, saturi in cui la sollecitazione sismica provoca una notevole ed improvvisa riduzione della resistenza al taglio fino a far assumere al materiale una condizione di fluidità non dissimile da quella di un liquido viscoso per il sorgere, in concomitanza con la propagazione delle onde sismiche, di pressioni interstiziali indotte.

La perdita della resistenza avviene nel caso in cui la pressione dell'acqua che riempie i pori interstiziali dei materiali uguaglia la pressione di confinamento, ovvero quando gli sforzi che si esercitano attraverso le particelle solide divengono nulli.

La diminuzione della resistenza, che è tanto maggiore quanto più la sabbia è sciolta e di granulometria omogenea, ha come conseguenza effetti di assestamento del terreno, in caso di depositi orizzontali o suborizzontali, o di scivolamento in caso di depositi acclivi.

La stratigrafia ricostruita e basata sui dati geognostici acquisiti identifica un sottosuolo asciutto fino a 4,5 m dal p.c. costituito da materiali prevalentemente limo argillosi con sabbie miste a ghiaietto a comportamento prevalente coesivo che non evidenzia la presenza di sedimenti con caratteristiche sedimentologiche ed idrogeologiche tali da innescare fenomeni di liquefazione. Al di

sotto della Villa Tartaro e della Colonica manca infatti la superficie piezometrica libera, ma c'è solo acqua di saturazione quindi non c'è il presupposto principale perché si inneschi il fenomeno della liquefazione.

5. MODELLO SISMICO

L'esame del territorio esteso intorno all'intervento non fa emergere alcun elemento geomorfologico o strutturale che possa aumentare la risposta sismica locale; l'inclinazione dell'area verificata risulta $<15^\circ$, cui corrisponde un $S_T=T_1=1,0$.

Per quanto riguarda la caratterizzazione del sottosuolo prevista dalla nuova normativa sismica, nella situazione rilevata la categoria di suolo di fondazione che più si avvicina alla caratterizzazione individuata è la "B" ($V_{seq}=395$ m/s), cui compete un'accelerazione orizzontale massima al suolo di $a_{g-max-orizz.-convenz.-suolo-A}$ di Zona 3 = 0,15g derivante dalla classificazione sismica del territorio di cui alla D.C.R.T. 421/14.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico di President and Fellows of Harvard College la presente relazione ha fornito un supporto geologico di fattibilità al progetto per il recupero, la ristrutturazione ed il consolidamento della Villa Tartaro e della colonica, in via di Vincigliata a Fiesole.

In base a quanto sopra ed ai sensi delle normative statali e regionali del settore, si ritiene che la ricostruzione geologica e geomorfologica rilevata confermi la fattibilità dell'intervento, non ravvisi condizionamenti particolari attribuibili al suolo o al sottosuolo che possano compromettere la stabilità di questo lembo di territorio o degli immobili su cui si prevede di attuare il progetto, né evidenzi la necessità di predisporre opere, manufatti o sistemi di mitigazione.

Il contesto di villa Tartaro e della sua colonica appare già in sicurezza.

Pistoia, gennaio 2024



ALLEGATI FUORI TESTO

- i rapporti, i certificati ed i resoconti delle campagne geognostiche sitospecifiche e pregresse saranno prodotte in allegato alla relazione geologica di supporto al progetto depositato per la richiesta di titolo abilitativo