



REGIONE SICILIA
COMUNE DI SANT'ANGELO DI BROLO
CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



PROGETTO ESECUTIVO

Adeguamento alle norme vigenti in materia antisismica ed
efficientamento energetico di n.24 alloggi di edilizia
economico-popolare in via Vallonello e riqualificazione degli
spazi pubblici esterni.-

Elaborato:

TAV. 2

Relazione geologica

DATA: Settembre 2022



Il Progettista
Ing. Claudio La Rosa



Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Tindaro Pino Scaffidi

Il Sindaco
(Dr. Francesco Paolo CORTOLILLO)



COMUNE DI SANT'ANGELO DI BROLO
Regione Siciliana - Città Metropolitana di Messina



PROGETTO	Progetto definitivo/esecutivo dei lavori di “ADEGUAMENTO ALLE NORME VIGENTI IN MATERIA ANTISISMICA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DI N.24 ALLOGGI DI EDILIZIA ECONOMICO-POPOLARE IN VIA VALLONELLO E RIQUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI PUBBLICI ESTERNI” C.U.P.: E89J21018480006
-----------------	---

ELABORATO	STUDIO GEOLOGICO
------------------	------------------

<p>Il Geologo</p>  <p><i>Francesco Spiccia</i></p> <p>.....</p> <p>(GEOL. FRANCESCO SPICCIA)</p>	<p>Il R.U.P.</p> <p>.....</p> <p>(ING. TINDARO PINO SCAFFIDI)</p>
---	---

Visti

SETTEMBRE 2022

Sommario

1. PREMESSE.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTE FISICO	3
3. SVILUPPO DELLE INDAGINI	5
4. GEOLOGIA.....	7
4.1 Geologia dell'area in studio	8
4.2 Geologia del sito di progetto.....	10
5. GEOMORFOLOGIA	13
6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE E RISCHIO GEOMORFOLOGICO	14
6.1 Interventi strutturali di progetto	15
6.2 Compatibilità dell'intervento proposto	16
7. IDROGEOLOGIA	17
8. SISMICITÀ DELL'AREA IN STUDIO	19
9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	21
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	22

Allegati fuori testo:

- *Tav. 1 - Corografia (Scala 1:10.000)*
- *Tav. 2 – Stralcio catastale (Scala 1:1.000)*
- *Tav. 3 – Aereofotogrammetria (Scala 1:1.000)*
- *Tav. 4 – Carta Geolitologia (Scala 1:1.000)*
- *Tav. 5 – Planimetria di progetto (Scala 1:400)*
- *Tav. 6 – Sezione Geologica schematica di progetto (Scala 1:100)*
- *Tav. A - Sezioni elettriche tomografiche con ubicazione redatte da geologi Davide Siragusano e Filippo Cappotto nell'ambito del progetto esecutivo per il consolidamento e la regimentazione idraulica del centro abitato di Sant'Angelo di Brolo.*

1. PREMESSE

A seguito della determina n.77 del 30/06/2022 (n.r.g. 611/2022) del responsabile area urbanistica ed infrastrutture del Comune di Sant'Angelo di Brolo, sono state avviate le attività inerenti la redazione dello studio geologico propedeutico alla progettazione definitiva/esecutiva dei lavori di "ADEGUAMENTO ALLE NORME VIGENTI IN MATERIA ANTISISMICA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DI N.24 ALLOGGI DI EDILIZIA ECONOMICO-POPOLARE IN VIA VALLONELLO E RIQUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI PUBBLICI ESTERNI", C.U.P.: E89J21018480006, nel Comune di Sant'Angelo di Brolo (ME).

Lo studio ha consentito di definire sia le litologie dei terreni affioranti in un'area più vasta rispetto a quella di stretto interesse, sia le locali caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche, al fine di verificare le condizioni di stabilità in cui versa l'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto e valutare la fattibilità delle stesse.

La valutazione iniziale delle condizioni strutturali dei terreni, unitamente ad un'analisi diretta delle prime porzioni di sottosuolo, è stata effettuata mediante un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio. Al rilievo sono stati integrati dati acquisiti dalle cartografie ufficiali, nonché da studi precedenti eseguiti in aree limitrofe.

Nel seguito della relazione, dopo una breve descrizione dell'ambiente fisico, si espongono i risultati dello studio geologico comprensivo di analisi di carattere geologico e litologico dei terreni presenti, studio geomorfologico, studio idrogeologico, nonché una caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione.

I dati acquisiti sono stati opportunamente elaborati e, al fine di una loro esauriente ed immediata comprensione, sono stati sintetizzati in alcune in alcune figure, inserite nel corpo della presente relazione, e in alcune tavole grafiche allegate.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTE FISICO

Il territorio comunale di Sant'Angelo di Brolo è ubicato sul versante settentrionale dei Monti Nebrodi, compreso tra le dorsali morfologiche di Capo Calavà e Capo d'Orlando ed all'interno del bacino idrografico della Fiumara di Sant'Angelo di Brolo/Piraino.

Il Centro Urbano si espande all'interno di un versante moderatamente inclinato, che interrompe la generale acclività orografica che caratterizza la fascia compresa tra il fondovalle dell'omonimo torrente e la linea di spartiacque principale Serra Frittulara (929) – M. Centarberi (1014) - M. Fossa della Neve (1093). Tale fascia territoriale risulta orientata NO-SE, condizionata dalle linee strutturali principali e culminante con lo spartiacque sopra nominato che si erge a NE dominando il paesaggio.

L'area oggetto del presente studio si localizza nel centro urbano di Sant'Angelo di Brolo (ME) ed è individuabile topograficamente nella tavoletta della Carta d'Italia alla scala 1:25.000 denominata "S. Angelo di Brolo" (foglio n° 252, quadrante II°, orientamento N.E., edita dall'I.G.M.I.) e nella Sezione 599070 "Sant'Angelo di Brolo" della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 (TAVOLA 1).

Si tratta di un lotto di terreno, identificato al N.C.T. del Comune di Sant'Angelo di Brolo al foglio di mappa n. 12 part.lla 679 (TAVOLA 2).

Il sito di progetto è identificabile alle coordinate satellitari: 38.114808,14.884102 (WGS84).

In particolare, il sito interessato dalla realizzazione delle opere in progetto si trova nel centro urbano di Sant'Angelo di Brolo (Figura 1) ad una quota di circa 370 m s.l.m., in via Vallonello, sulla spianata di uno dei numerosi terrazzamenti antropici che caratterizzano i versanti di quest'area.



Figura 1 - foto aerea in 3D con ubicazione del sito di progetto

Secondo le Norme Tecniche in vigore la categoria topografica di riferimento per il sito di intervento è T2, come possibile riscontrare dalla Tabella 1.

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

Tabella 1 – Classificazione categorie topografiche

3. SVILUPPO DELLE INDAGINI

L'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto è stata indagata in più fasi riconducibili al seguente schema:

- raccolta ed analisi dei dati esistenti: necessaria per una preliminare conoscenza geologica del territorio e delle proprie caratteristiche fisiche, è stata eseguita mediante ricerca bibliografica in letteratura ed utilizzando dati progettuali e conoscenze acquisite da chi scrive;
- rilevamento di dettaglio: riguardante gli aspetti geologici, per l'individuazione dei caratteri litostratigrafici, sedimentologici e strutturali delle formazioni presenti, geomorfologici ed idrogeologici, al fine di caratterizzare forme, depositi e processi connessi agli agenti della dinamica esogena (gravità, circolazione delle acque meteoriche e di falda), oltre all'azione antropica, individuare l'assetto strutturale le cause predisponenti al dissesto ed i fattori innescanti, litotecnici, per la caratterizzazione dei litotipi in termini di stratificazione, tessitura, struttura, grado di cementazione, etc. che contribuiscono alla determinazione del comportamento fisico-meccanico;
- foto interpretazione: utilizzata per integrare i dati del rilevamento di campagna per una più generale visione delle caratteristiche del territorio necessaria per riconoscere geometrie, forme e contrasti spesso non individuabili sul terreno in quanto riconoscibili sotto prospettive più ampie, essa è risultata utile nello studio geomorfologico e tettonico, in quanto ha consentito quella visione d'insieme atta ad evidenziare le lineazioni strutturali sugli ammassi rocciosi, oltre che i caratteri morfo-evolutivi dei versanti su cui si esplicano i processi di modellamento orografico;
- analisi delle indagini geognostiche dirette ed indirette: l'area in studio è stata interessata, in più fasi da una cospicua campagna di indagini, programmate e realizzate dal Comune di Sant'Angelo di Brolo, in funzione delle problematiche evidenziate al fine di determinare i parametri geotecnici e geofisici dei litotipi in oggetto e di individuare spessori, sequenze, rapporti stratigrafici e tettonici tra le varie unità geologiche, e per il monitoraggio delle falde rinvenute e delle superfici di taglio individuate. A tal fine si riporta in allegato la Tavola A dello studio geologico, redatto dai geologi Dott. Filippo Cappotto e Dott. Davide Siragusano nell'ambito del progetto esecutivo per il

consolidamento e la regimentazione idraulica del centro abitato di Sant'Angelo di Brolo. Nello studio sopracitato è possibile esaminare i risultati di tutte le indagini (dirette e indirette) eseguite in quest'area.

4. GEOLOGIA

Nell'area di Sant'Angelo di Brolo affiora principalmente la formazione tardorogena, precollisionale del Flysch di Capo d'Orlando.

Il Flysch di Capo d'Orlando è costituito da una copertura molassica databile in dettaglio al Chattiano- Burdigaliano inf. (LENTINI ET ALII, 1995), che sutura i contatti tettonici di ricoprimento al tetto delle unità del basamento cristallino kabilo/calabride (Paleozoico), costituenti il margine geometricamente più elevato ed esterno della catena orogenica siciliana. Tali unità risultano impilate in una complessa struttura a scaglie con vergenza africana e costituiscono l'ossatura dei monti Peloritani, parte meridionale dell'arco (Figura 2).

La deformazione e la messa in posto delle falde metamorfiche è dovuta all'instaurarsi del regime compressivo (Cretaceo-sup.) responsabile della convergenza e della collisione tra le placche europea ed africana.

Il progredire delle deformazione sull'edificio montuoso già strutturato e la tettonica compressiva, hanno generato nuove superfici di discontinuità con accavallamenti a rampa, agenti anche tra scaglie embriciate di una stessa unità metamorfica principale, contemporaneamente alla deposizione del Flysch di Capo d'Orlando, coinvolto anch'esso da tale dinamica.

Gli elementi strutturali così formati in epoche più recenti (Pliocene superiore) sono stati erosi, smembrati e dislocati dalla sovrapposizione neotettonica dovuta all'attivazione di faglie trascorrenti NW-SE, disposte en echelon, con associate faglie antitetiche orientate NE-SW e faglie normali orientate N-S (Carta geologica del Golfo di Patti, 1993; Carta geologica della provincia di Messina, 2000).

La dinamica anzi descritta determina nel territorio di interesse un assetto geologico-strutturale geometricamente complesso e frammentato, dove il Flysch di Capo d'Orlando si appoggia a NE, con contatto inclinato, sul basamento cristallino dell'Unità Aspromonte, affiorante nei rilievi alto-collinari, mentre verso il fondovalle sutura il contatto tra la stessa Unità Aspromonte e lembi delle unità del Mela e Mandanici, impilate in scaglie vergenti a SE.

Il Flysch di Capo d'Orlando costituisce il substrato litologico d'imposta del Centro Urbano, in parte ed anche significativamente interessato da dinamiche geomorfologiche attuali ed antiche. Esso si presenta con assetto giaciturale monoclinale a franapoggio, con inclinazioni variabili intorno ai 25°- 35°, dislocato a

gradini digradanti verso SO.

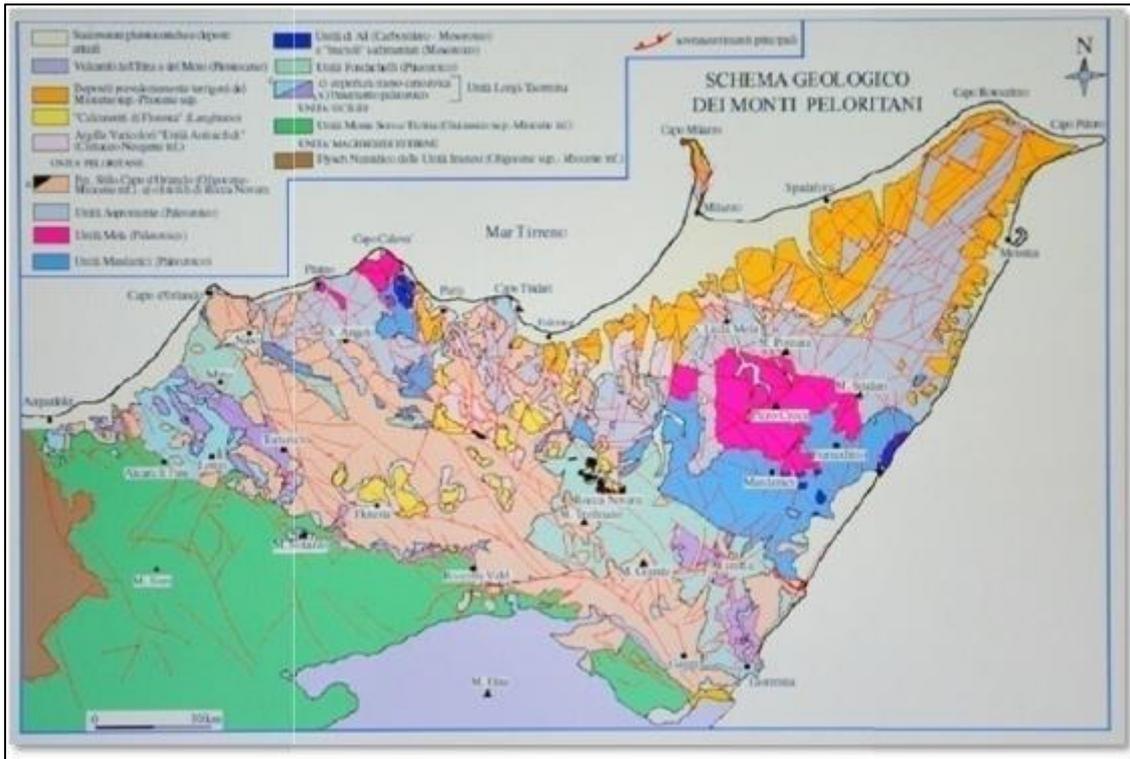


Figura 2 - Scheda geologico - strutturale dei Monti Peloritani

La formazione si presenta con banchi francamente arenacei intervallati da sottili livelli pelitici, affioranti ampiamente a Nord dell'abitato, mentre evolve al letto verso gli orizzonti basali, rappresentati da sequenze ritmiche arenaceo-pelitiche caratterizzate da bassi valori del rapporto arenarie/argille, con spessori di svariate decine di metri, poggianti (onlap) su lembi conglomeratici discontinui canalizzati, affioranti SE dell'abitato verso le C.de Barba e Santa Domenica.

4.1 Geologia dell'area in studio

Dall'analisi della carta geologica di TAVOLA 4 è possibile osservare che l'area in esame è caratterizzata da estesi affioramenti di terreni sedimentari tardorogeni appartenenti alla Formazione arenaceo-siltosa, conosciuta in letteratura come Flysch di Capo d'Orlando (OMar). In particolare la suddetta formazione geologica risulta essere costituita da:

Flysch di Capo d'Orlando

(Chattiano-Burdigaliano inf.)

Depositi terrigeni in facies arenacea costituiti da arkosi grigio-giallastre in strati da decimetrici a metrici cui si intercalano livelli da centimetrici a decimetrici argilloso-marnosi.

Discordante sopra le unità del basamento metamorfico si rinviene la formazione, di età Oligocene-Miocene inferiore, conosciuta con la denominazione di "Flysch di Capo d'Orlando".

Nella fattispecie si tratta di una formazione di natura torbidityca, costituita da un'alternanza di arenarie laminate, gradate e conglomerati poligenici fini, evolventi sia lateralmente sia superiormente ad alternanze arenaceo-siltitico-pelitiche. La parte basale della formazione è segnata dalla presenza di conglomerati poligenici canalizzati costituiti da clasti eterometrici arrotondati, variabili da pochi cm fino a raggiungere talora anche il metro, costituiti principalmente da gneiss e graniti, immersi in matrice arenacea.

Nell'area del centro urbano, come confermato dagli affioramenti e dalle stratigrafie di sondaggio, affiorano gli intervalli sommitali della formazione rappresentati da strati di arenarie grossolane, ben gradate alla base dei singoli strati, laminate di spessore metrico caratterizzati da rapporto arenaria/argilla molto alto, passanti talora a micro conglomerati ad elementi cristallini e quarzo, alternate a sottili livelli centimetrici di peliti talora poco evidenti per gli effetti di amalgamazione. Nella massa talora si evidenziano inclusi intraformazionali argillosi centimetrici.

Al tetto la formazione si presenta alterata parzialmente o localmente decementata. Il colore varia dal giallo ocreo per la porzione alterata al tetto al grigio in profondità. Lungo i bordi degli affioramenti la roccia si presenta intensamente fessurata e tettonizzata.

Il coinvolgimento della formazione nei movimenti orogenetici ha determinato frequenti variazioni di giacitura degli strati, nonché una fitta rete di fessurazioni e piccole faglie riscontrabili sugli affioramenti rocciosi privi di copertura detritica o sui fronti di scavo. Quindi, come risultanza degli sforzi subiti, l'ammasso lapideo è interessato da vari sistemi di fratturazione, generalmente coniugati secondo piani concordanti con le discontinuità tettoniche presenti.

La massa lapidea presenta compattezza molto variabile, ma raramente si mostra friabile.

Dal punto di vista petrografico sono arenarie poligeniche arcosiche, costituite da granuli spigolosi e poco classati di quarzo feldspati e miche in matrice arcosico-litica.

Spesso la giacitura degli strati risulta variabile nei vari punti e ciò conferma la presenza di fratture, discontinuità o pieghe della massa rocciosa, tuttavia nel centro urbano è stato individuato un orientamento delle stratificazioni immergente verso Ovest,

Ovest-Nord-Ovest con pendenze variabili intorno ai 30°, che determina un andamento giaciturale a franapoggio prossimo all'acclività naturale del pendio, condizione favorevole per l'innescò di fenomeni di instabilità.

Le suddette unità affioranti sono a luoghi ricoperte da detriti e riporti di varia natura e da depositi eluvio-colluviali.

4.2 Geologia del sito di progetto

Entrando nel dettaglio del progetto in esame, nella Tavola 5 e nella Tavola 6 sono riportate rispettivamente la planimetria di progetto e una sezione geologica di dettaglio con le opere previste in variante. In particolare, grazie alle indagini (dirette e indirette) a disposizione è stato possibile ricostruire un modello geologico esaustivo ai fini progettuali, in grado di evidenziare il posizionamento delle opere in funzione degli spessori dei terreni presenti in sito e le delle geometrie degli strati. Di seguito viene descritta la sezione geologica succitata.

SEZ A-A. I carotaggi eseguiti hanno (Figura 3) intercettato il Flysch di Capo d'Orlando, tuttavia le stratigrafie hanno evidenziato significative differenze tra la direttrice longitudinale sul fronte delle IACP ed i sondaggi realizzati a Nord del Palazzo Giuffrè, recentemente ristrutturato.

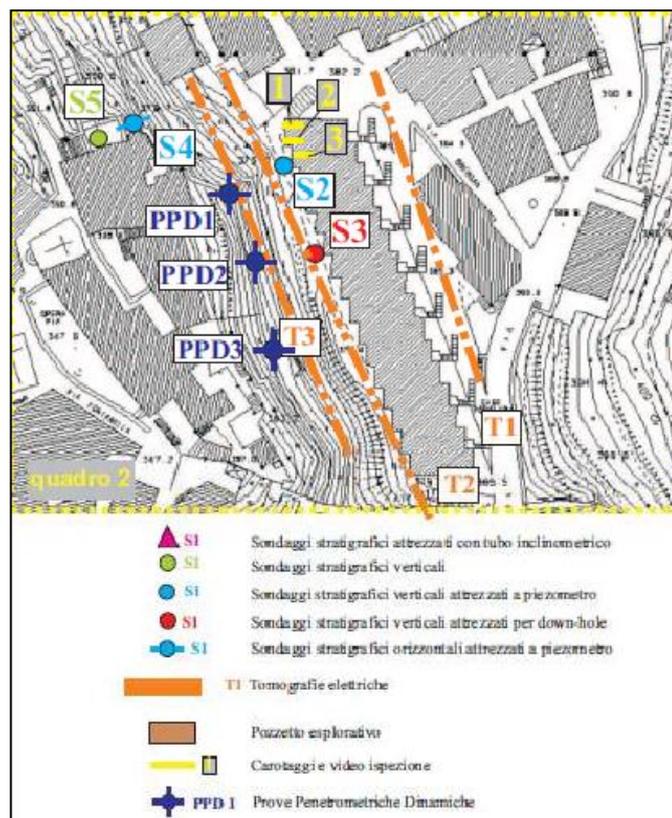


Figura 3 - Riepilogo indagini eseguite in lavori precedenti nell'area di progetto

Nella prima zona entrambi i sondaggi hanno intercettato al tetto del substrato un intervallo di riporto sabbioso arenaceo rilevante variabile tra (5.00) m in S2 e (7.70 m) in S3 probabilmente accumulato sul pendio durante le fasi di scavo per la realizzazione delle case popolari. In particolare lungo la verticale S2, sotto tale intervallo e fino alla profondità di (10.00) m circa, è stato carotato un ulteriore tratto incoerente ricco in elementi vegetali ed altri materiali (residui metallici, lattine in alluminio) che fanno pensare a materiali di discarica.

La sezione passa tra i carotaggi S2 ed S3 ed intercettata al tetto del substrato un intervallo di riporto sabbioso di derivazione arenacea rilevante si spessore variabile (5.00-8.00 m), probabilmente accumulato sul pendio durante le fasi di scavo per la realizzazione delle case IACP e coltre detritica.

Tale circostanza conferma il fatto che nell'area in prossimità del lato settentrionale delle case IACP fosse presente un impluvio, oggi colmato e costretto in un canale interrato di incerta funzionalità a Monte e di modesta sezione a valle.

Il substrato fino a fondo foro di entrambi i sondaggi è costituito dal Flysch di Capo d'Orlando che si presenta talora massivo e con granulometria grossolana e/o con struttura di stratificazione meno regolare rispetto all'insieme delle indagini realizzate. Tuttavia è stato ricostruito alla luce dei rilievi effettuati nelle aree circostanti un andamento giaciturale a franapoggio.

Il flysch di Capo d'Orlando presenta in genere un intervallo discontinuo al tetto (circa 10.00 m) maggiormente interessato da processi di alterazione e fratturazione di colore generalmente ocraceo. In profondità tende ad assumere invece tipica colorazione grigia e maggiore compattezza della componente lapidea.

A tergo del muro di contenimento in conci arenacei, dove il pendio si accentua, per difficoltà di accesso, sono state realizzate n° 3 prove penetrometriche con strumentazione leggera (Dpm 30) trasportata a mano.

In particolare le penetrometrie sono risultate utili per la ricostruzione dell'andamento del substrato e per la determinazione del grado di addensamento dei terreni sciolti attraversati. Sono state approfondite fino al limite strumentale di rifiuto, manifestatosi al tetto delle arenarie.

Le indagini indirette tomografie elettriche (Te1, Te2 e Te3), la prova penetrometrica continua (PPD1) e le indagini sismiche (D/H, Tromografie) confermano l'andamento stratigrafico rilevato. In particolare la prova PPD1 ha confermato sul pendio

la presenza dell'accumulo incoerente riporto/detrimento fino alla profondità di (8.40) m.

All'interno del piezometro a tubo aperto con cui è stato attrezzato il sondaggio S2 è stato misurato, in fase di esecuzione del sondaggio, un livello idrico all'epoca oscillante intorno ai (5.50) m. dal p.c. Oggi il livello freatico si manifesta alla profondità di (7.50) m. p.c. circa.

Il livello idrico più che indicativo della presenza di falda potrebbe essere invece relazionabile al cattivo funzionamento del canale interrato. Invece non si esclude, anzi si ritiene probabile, l'esistenza di una circolazione idrica discontinua e orientata all'interno dei banconi arenacei fratturati, spesso di potenza elevata dell'ordine dei metri o decimetri, limitata dagli interstrati pelitici meno permeabili e condizionata dall'assetto strutturale.

L'assetto stratigrafico a monte e a valle dell'area interessata direttamente dalle indagini è stato schematizzato in base ai rilievi di superficie e a risultanze geognostiche note a chi scrive.

5. GEOMORFOLOGIA

I tratti morfologici di un territorio sono funzione di numerose variabili tutte più o meno interdipendenti come clima, tettonica, litologia, ognuna delle quali influenza e tutte insieme determinano l'assetto morfologico

L'assetto orografico generale dell'area è quello tipico dell'immediato entroterra costiero nebroideo, dove le pendici collinari presentano un andamento alquanto irregolare, caratterizzato da frequenti variazioni di pendenza dei versanti che talora evolvono in ripidi costoni, segnati da un reticolo idrografico piuttosto fitto ed inciso.

Quest'ultimo si presenta irregolare e poco gerarchizzato in fase di erosione e modellamento attivi, tuttavia si sviluppa con buona densità, presentando in molti casi decorso subparallelo, condizionato da fattori litologico- stratigrafici e tettonici.

Il Centro Urbano di Sant'Angelo di Brolo si espande all'interno di un versante moderatamente inclinato, che interrompe la generale acclività orografica che caratterizza la fascia compresa tra il fondovalle dell'omonimo torrente e la linea di spartiacque principale Serra Frittulara (929) – M. Centarberi (1014) - M. Fossa della Neve (1093). Tale fascia territoriale risulta orientata NO-SE, condizionata dalle linee strutturali principali e culminante con lo spartiacque sopra nominato che si erge a NE dominando il Paesaggio.

L'area del centro urbano dista dal displuvio circa 2 Km e mediamente 150 metri dalla fiumara. Pertanto esso si espande nella parte basale del versante delimitato dalle incisioni del secondo ordine Torrente Gabella (Nord) e torrente Scarapulle (Sud), compreso grossomodo tra le isoipse 300 e 400 metri s.l.m., segnato da alcune incisioni minori ad andamento pressoché rettilineo.

In tale posizione morfologica l'abitato interferisce con il reticolo idrografico di ordine inferiore e le aste minori a sviluppo lineare presenti al proprio interno sono state nel tempo incanalate in cunettoni che scorrono sotto l'abitato.

In particolare, il sito interessato dalla realizzazione delle opere in progetto si trova nel centro urbano di Sant'Angelo di Brolo, ad una quota di circa 370 m s.l.m., in via Vallonello, sulla spianata di uno dei numerosi terrazzamenti antropici che caratterizzano i versanti di quest'area.

6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE E RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Con il termine di pericolosità geologica si intende l'identificazione qualitativa sulla base di indagini geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche, di aree omogenee in cui sono presenti o possono verificarsi fenomeni naturali o indotti quali movimenti gravitativi, erosione fluviale, esondazione, erosione sui versanti, etc.

La Carta delle Pericolosità Geologiche presenta in forma sintetica il quadro delle problematiche geologiche identificate ed interpretate come situazioni di criticità, la cui conoscenza è indispensabile per operare scelte in sintonia con l'assetto geologico del territorio. Essa permette, pertanto, di valutare i rischi geologici potenziali cui possono essere sottoposti gli insediamenti e le infrastrutture da realizzare o esistenti e permette, altresì, di valutare le aree più idonee alla urbanizzazione ed i probabili costi degli interventi necessari nelle aree a più elevata pericolosità che, per ragioni diverse, si è costretti ad utilizzare.

Per la redazione del presente studio si è presa visione della Carta delle Pericolosità e del Rischio geomorfologico, verificando le situazioni di criticità indicate nell'ambito del Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico edito dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia, di cui al Decr. A.R.T.A. n. 298/41 del 04/07/2000 e ss.mm.ii..

Nella Relazione della Conferenza Programmatica del 28 settembre 2018 (art. 68 del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii.), approvata con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 4 del 28/05/2019 e successivo Decreto del Presidente della Regione Sicilia n. 5/AdB del 23/12/2019, è stato aggiornato il P.A.I. del territorio comunale di Sant'Angelo di Brolo. Dall'analisi delle documentazioni relative agli studi sopraccitati (Fig. 4) emerge che l'area di stretto interesse è interessata dal seguente codice di dissesto: Centro abitato (case popolari) - 013-5SB-157.

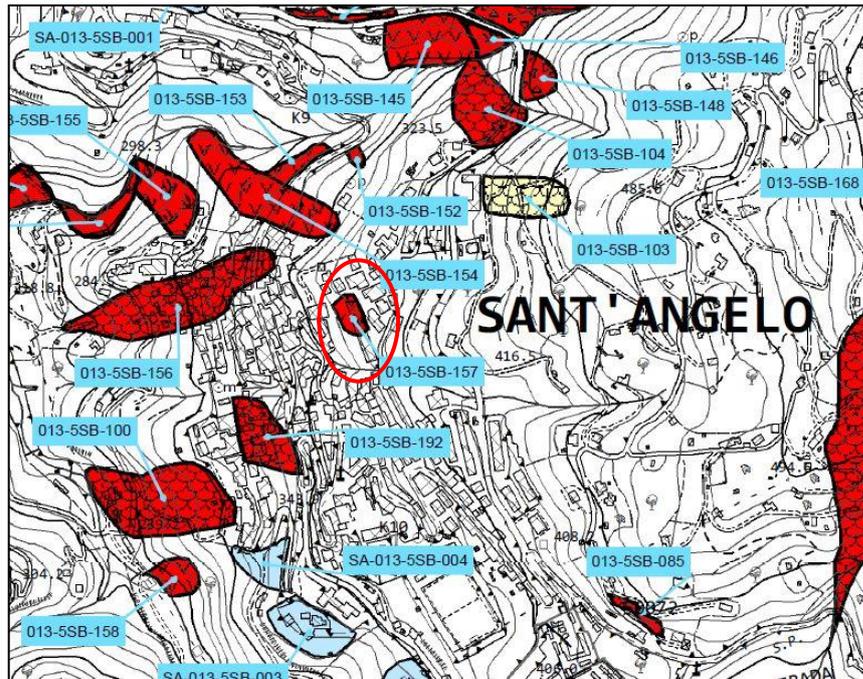


Figura 4 - Stralcio Carta dei Disseti (P.A.I.)

6.1 Interventi strutturali di progetto

Il progetto ha lo specifico scopo di adeguare sismicamente la struttura esistente a quanto richiesto dalla normativa cogente in materia.

Specificatamente l'intervento di adeguamento, secondo quanto espresso nel capitolo 8 delle NTC di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, deve consentire che le strutture esistenti del manufatto originario riescano a superare le verifiche tecniche richieste dalla norma come se si trattasse di una nuova costruzione.

Dato l'obbiettivo prioritario dell'intervento consistente nell'adeguamento della risposta della struttura in presenza di sollecitazioni dinamiche, le lavorazioni interesseranno prevalentemente gli elementi resistenti. In seguito alla verifica strutturale nelle condizioni di "stato di fatto" dell'immobile si rende necessario prevedere le seguenti opere:

- Realizzazione di una soletta in c.a. di collegamento della parte strutturale in modo da ottenere un efficace collegamento tra le pareti della parte strutturale;
- Rinforzo a flessione delle pareti in c.a. mediante posa in opera di strato fibra tipo FRP bidirezionale;
- Rinforzo a flessione delle travi in c.a. mediante posa in opera di strato fibra tipo FRP monodirezionale;
- Rinforzo delle pareti in cls appartenenti alla parte strutturale mediante betoncino

armato dello spessore di cm 5 e cm 10 con rete elettrosaldata diam. 10 maglia 10 x 10 cm;

- Ripristino delle parti strutturali (sbalzi, scale, solai, etc) ammalorate mediante ripristino della sezione d'armatura e dello spessore del copriferro.

6.2 Compatibilità dell'intervento proposto

Nel corso del 2010, a seguito degli eventi di dissesto, si sono manifestati delle lesioni nelle case popolari. L'area è stata oggetto di una vasta campagna d'indagini da parte del Dipartimento Regionale di Protezione Civile. E' stato redatto e avviato, negli ultimi anni, un intervento di consolidamento nell'area, ma ad oggi non si conoscono i risultati del monitoraggio post-operam pertanto l'area viene considerata ancora attiva. Come si evince in Fig. 5, per l'area in dissesto (scorrimento) è stato determinato un livello di pericolosità medio (P2) e i fabbricati (E4) coinvolti sono a rischio molto elevato (R4).

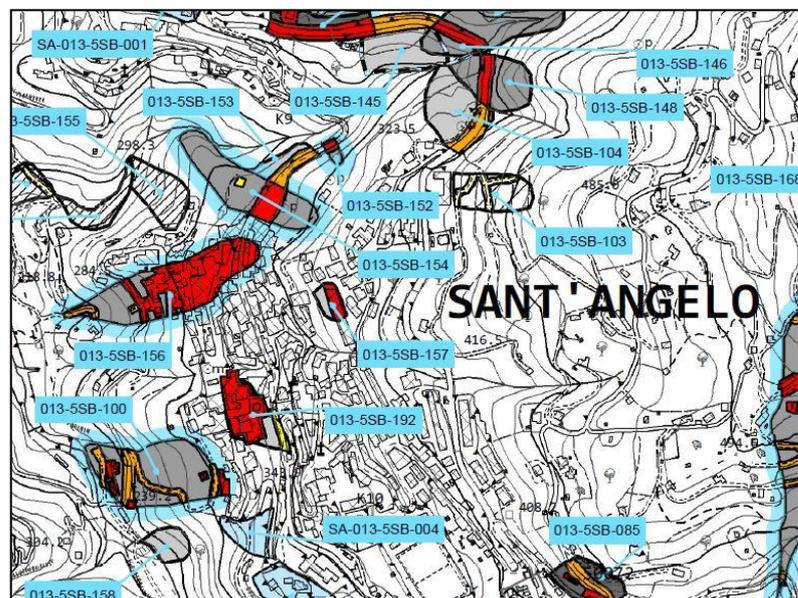


Figura 5 - Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio (P.A.I.)

Ai sensi degli artt. 16 e 17 delle Norme di Attuazione (Relazione Generale Capitolo 11) del PAI approvate in ultimo con il Decreto Presidenziale 6 maggio 2021, recante: "Approvazione delle modifiche alla Relazione generale - Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione siciliana - redatta nel 2004 e Tabella Elementi a rischio", pubblicato S.O. n. 2 alla GURS n. 22 del 21 maggio 2021, gli interventi di progetto proposti risultano del tutto compatibili con gli interventi consentiti dalle suddette Norme di attuazione del P.A.I..

7. IDROGEOLOGIA

Per definizione un acquifero è un sistema dinamico costituito di due fasi principali in interazione: il serbatoio e l'acqua. Il serbatoio è identificato per mezzo delle caratteristiche e della genesi dei suoi vuoti, fori e fessure, che permettono la distinzione del mezzo poroso e del mezzo fessurato.

Nell'area in esame le rocce che fungono da serbatoio appartengono alla formazione del Flysch di Capo d'Orlando. Nell'ambito della stessa formazione vengono riscontrati differenti valori di permeabilità primaria che vanno da molto bassi, in corrispondenza degli strati argilloso-marnosi, a medio-alti dove si riscontrano livelli conglomeratici. Questo tipo di successione, nel suo insieme di facies, determina un acquifero di tipo multifalda, a falda superiore libera.

Nella porzione superiore della formazione prevale la facies argilloso-arenacea, caratterizzata da una sequenza di arenarie ben cementate con subordinate intercalazioni pelitiche di spessore centimetrico. Su questa si impostano una serie di fratture che determinano una permeabilità secondaria, con circolazione idrica discontinua e valori di permeabilità variabili in funzione della densità e delle dimensioni delle fratture stesse.

Le litologie arenaceo-conglomeretiche appartenenti a questa formazione assumono la funzione di serbatoio idrico e possono ospitare una falda freatica a permeabilità primaria e/o secondaria, in funzione del grado di cementazione e di fessurazione, quando sono in contatto con il substrato "impermeabile relativo", rappresentato quasi sempre dalle metamorfite paleozoiche, le quali sono caratterizzate da un basso o quasi nullo grado di permeabilità secondaria per fratturazione.

I terreni della successione prevalentemente arenacea sono caratterizzati da permeabilità limitata, discontinua di tipo misto per fratturazione e subordinatamente per porosità in quei livelli superficiali parzialmente decementati, variabile ed orientata in funzione della litologia degli strati cui si riferisce ($K > 0 = 10^{-4} - 10^{-3}$ cm/sec).

Infatti nell'ambito della stessa alternanza si riscontrano situazioni estreme rappresentate dai livelli siltitico - pelitici impermeabili e dagli orizzonti arenacei o arenaceo-conglomeratici permeabili.

Ne consegue che parallelamente alla stratificazione, in corrispondenza di livelli arenacei continui, il coefficiente di permeabilità può assumere buoni valori, mentre nei i siltitico - pelitici si hanno condizioni di bassa o bassissima permeabilità.

Pertanto la presenza delle soluzioni di continuità tende ad ostacolare i moti di

filtrazione delle acque verso il basso e la formazione di una falda idrica principale, mentre favorisce la formazione di accumuli idrici sospesi di scarsa importanza, ma molto significativi ai fini geomorfologici.

8. SISMICITÀ DELL'AREA IN STUDIO

La zona interessata dalla realizzazione delle opere in progetto rientra in un'area sismicamente attiva, nel contesto di processi cinematici connessi alla divergenza tra Europa ed Adria, la formazione dell'Arco Calabro e lo sviluppo di bacini di retroarco del Tirreno.

In riferimento all'ultimo aggiornamento "Deliberazione n. 81 del 24 febbraio 2022" (Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia. Applicazione dei criteri dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519) il territorio comunale Sant'Angelo di Brolo, all'interno del quale ricade il sito in esame, è stato classificato in Zona 2 (Tabella 2).

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio allo spettro di risposta elastico (ag)
1	$0,25 < ag \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < ag \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < ag \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

Tabella 2 – Zona sismica e valori di ag

In riferimento al punto 3.2.2. del DM 17.01.2018, l'elaborazione delle indagini sismiche eseguite in sito ha determinato valori della velocità $V_{s_{eq}}$ riferibili alla categoria B (Tabella 3).

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

Tabella 3 - Tab. 3.2.II delle NTC 2018 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Per il calcolo delle strutture va considerata la categoria topografica del sito, le NCT 2018 prevedono una classificazione basata su condizioni geometriche

prevalentemente bidimensionali, zone pianeggianti, versanti inclinati, creste o dorsali allungate. Il sito di stretto interesse rientra nella CATEGORIA TOPOGRAFICA = **T2**, ovvero: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ (Tabella 4).

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

Tabella 4 - Tab. 3.2.III delle NTC 2018 - Categorie topografiche

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Come possibile riscontrare nella sezione geologica di interpretata nel Capitolo 4.2 (Geologia del sito di progetto) le strutture interessate dalla realizzazione delle opere in progetto insistono sui depositi detritici presenti in quest'area.

Tali terreni sciolti, dal punto di vista meccanico, possono essere definiti, dal punto di vista fisico meccanico, come segue:

- peso di volume	γ	=	14,50 kN/m ³
- coesione	C'	=	0,00kN/mq
- angolo attrito interno	ϕ'	=	22°

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio geologico-tecnico consentito l'elaborazione di un modello geologico ampiamente esaustivo ai fini progettuali, che ha messo alla luce dell'assetto geologico-strutturale, geomorfologico, idrogeologico e sismico del sito di progetto, nonché le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di sedime. In base alle risultanze del presente studio, è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- L'area in studio si localizza nel territorio comunale di S. Angelo di Brolo (ME) ed è individuabile topograficamente nella tavoletta NE, II Quadrante, Foglio 252, dell'I.G.M. e nella sezione 599070 C.T.R.;
- Il sito in cui è prevista la realizzazione delle opere in progetto è posto ad una quota di circa 370 m s.l.m. sulla spianata di uno dei numerosi terrazzamenti antropici che caratterizzano i versanti di quest'area;
- Il sito di progetto ricade in un'area interessata dal seguente codice di dissesto: Centro abitato (case popolari) - 013-5SB-157, classificato come "scorrimento", per il quale è stato determinato un livello di pericolosità medio (P2) e i fabbricati (E4) coinvolti sono a rischio molto elevato (R4);
- Ai sensi degli artt. 16 e 17 delle Norme di Attuazione (Relazione Generale Capitolo 11) del PAI approvate in ultimo con il Decreto Presidenziale 6 maggio 2021, recante: "Approvazione delle modifiche alla Relazione generale - Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione siciliana - redatta nel 2004 e Tabella Elementi a rischio", pubblicato S.O. n. 2 alla GURS n. 22 del 21 maggio 2021, gli interventi di progetto proposti risultano del tutto compatibili con gli interventi consentiti dalle suddette Norme di attuazione del P.A.I.;
- La falda freatica si attesta ad una profondità variabile, in funzione delle stagioni, tra 5,50 e 7,50 m dal Piano campagna;
- Dall'interpretazione dei rilievi sismici, eseguiti dai geologi Siragusano Davide e Cappotto Filippo nell'ambito del progetto esecutivo per il consolidamento e la regimentazione idraulica del centro abitato di Sant'Angelo di Brolo, emerge che i terreni di fondazione sono riferibili alla "Categoria B" della N.T.C. 2018; ovvero: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;

- Le strutture interessate dalla realizzazione delle opere in progetto insistono sui depositi detritici presenti in quest'area;

In definitiva, le risultanze e le interpolazioni effettuate nel presente studio hanno consentito l'elaborazione di un modello geologico ed esaustivo ai fini della realizzazione delle opere in progetto.

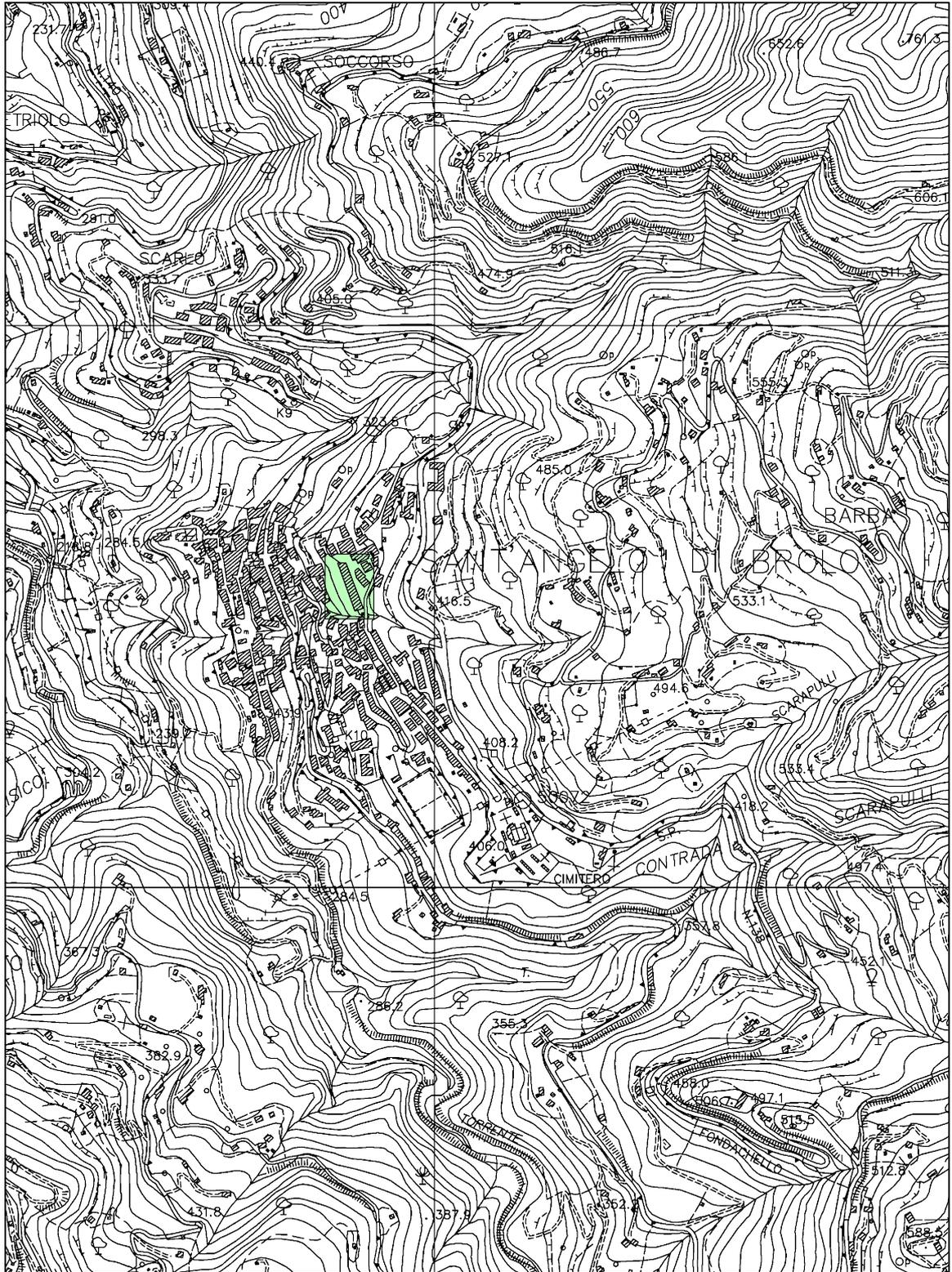
Sinagra, 08 settembre 2022

23

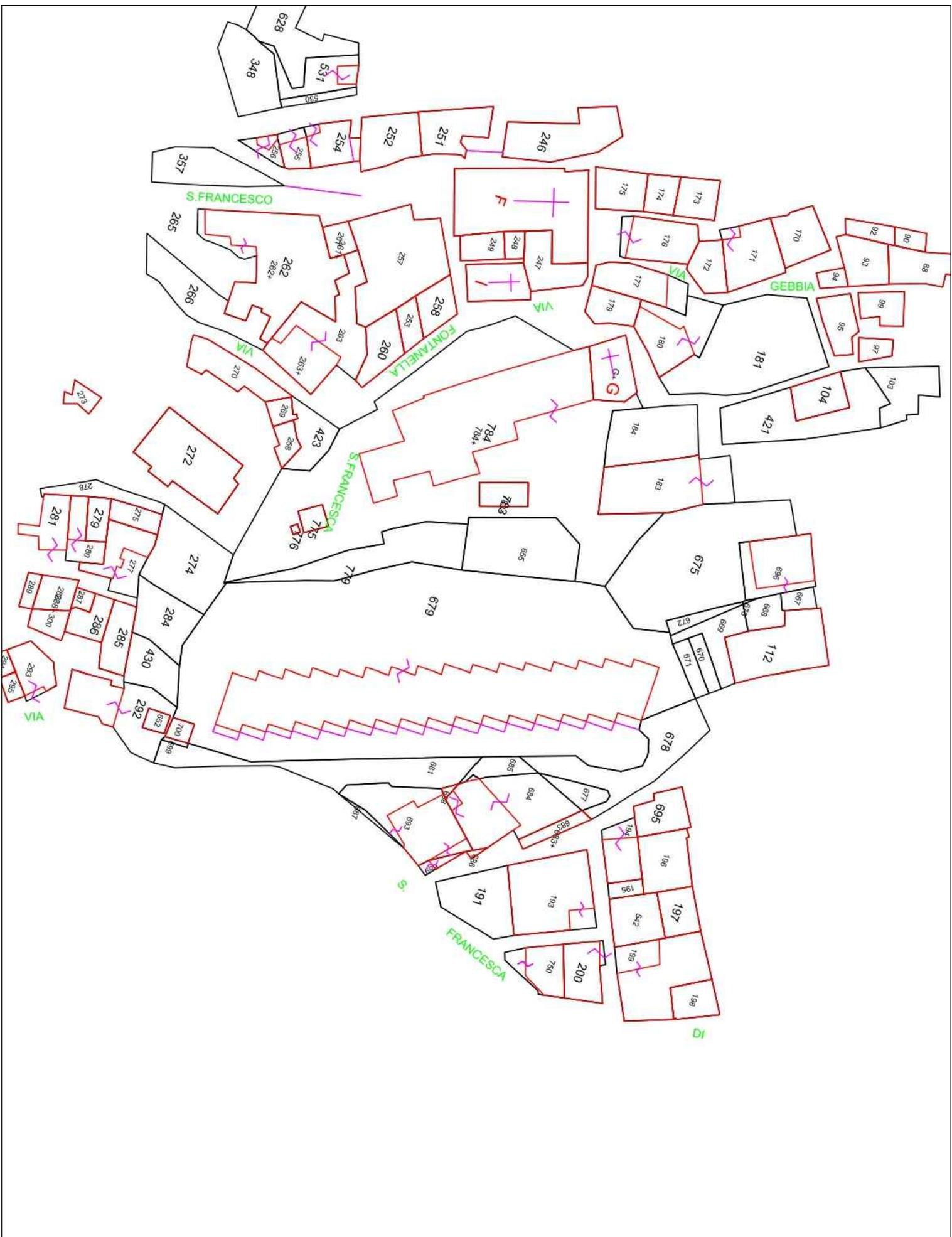
Geol. Francesco Spiccia
ORGS 3276



Francesco Spiccia



AREA IN STUDIO



STRALCIO CATASTALE
FOGLIO 12 PART. 679

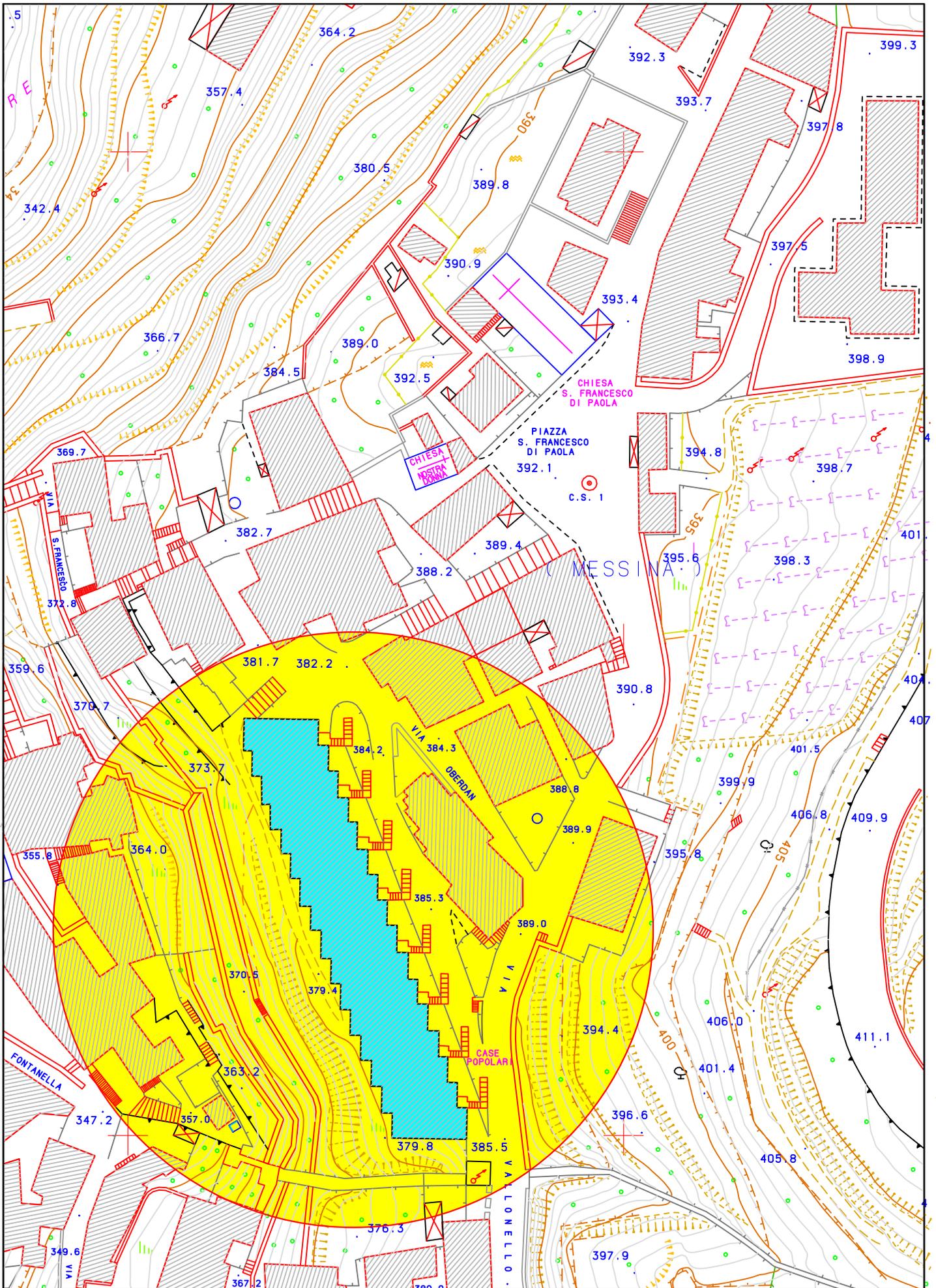
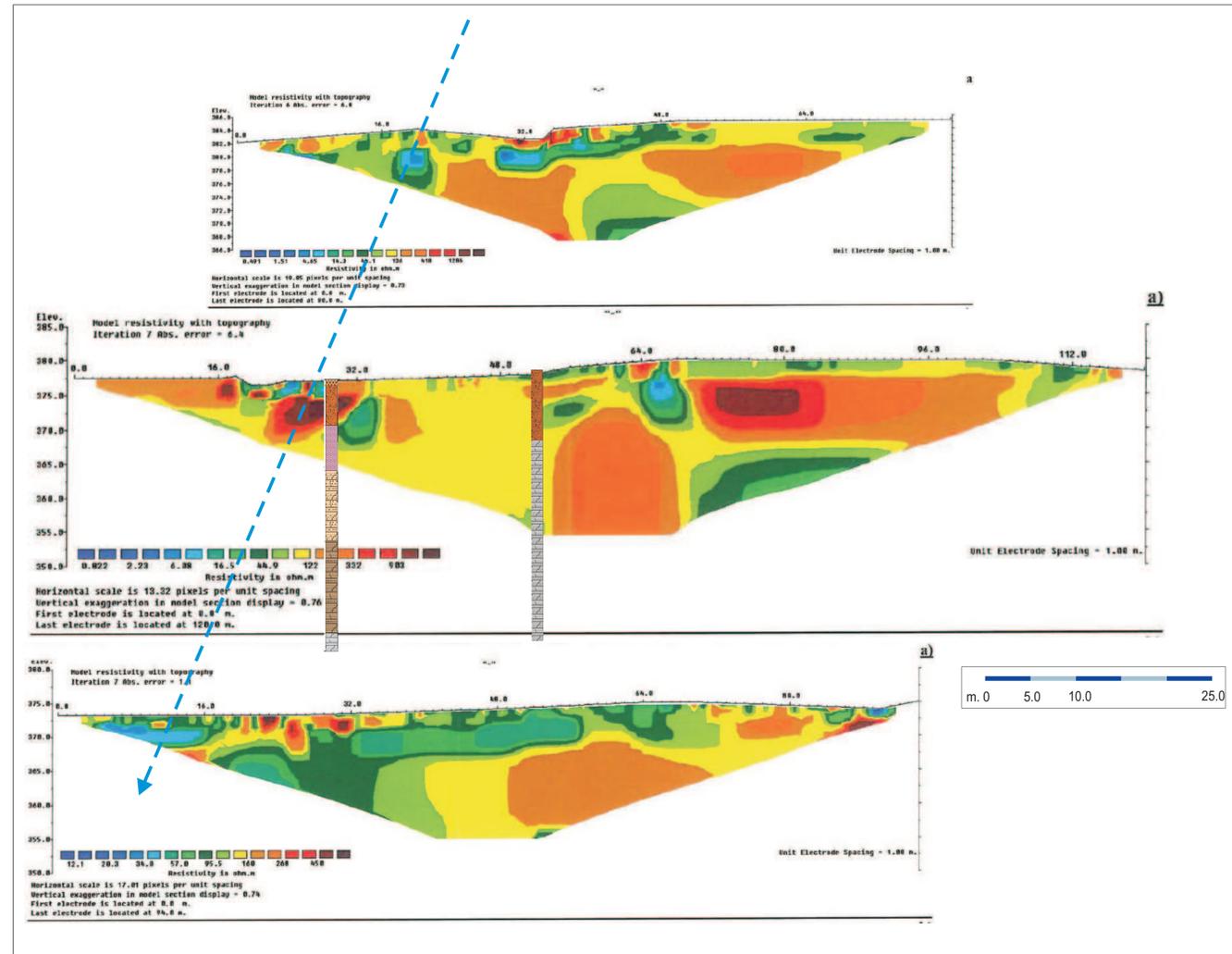
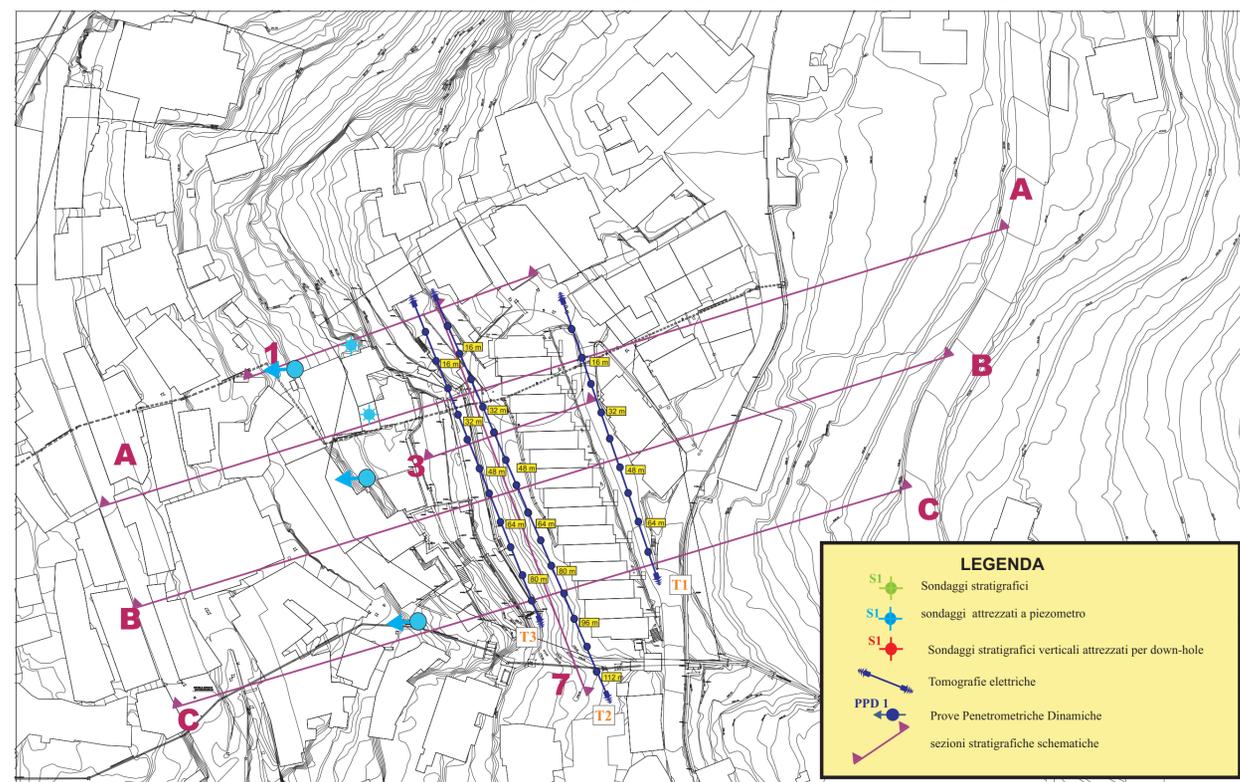


Tavola 3: AEROFOTOGRAMMETRIA (Scala 1:1.000)

SEZIONI ELETTRICHE TOMOGRAFICHE



PLANIMETRIA SEZIONI E TOMOGRAFIE ELETTRICHE - 1 : 1000



Le tracce tomografiche evidenziano (freccia azzurra) una circolazione idrica anomala che è stata messa in diretta relazione con una perdita del civico acquedotto rilevante. Tale perdita, inserendosi in un canale interrato per la raccolta delle acque bianche, defluisce verso il tombino stradale e il cunnettone tombato a monte delle case IACP per poi emergere a valle. Dopo le operazioni di riparazione dell'acquedotto, le emergenze anomale hanno manifestato una progressiva riduzione fino al completo esaurimento sia nel muro sia all'interno del palazzo Giuffrè, rimanendosi solamente in concomitanza con forti afflussi meteorici.

Ulteriori intervalli di misurazioni hanno evidenziato come in concomitanza con periodi piovosi l'afflusso idrico al piezometro sub orizzontale (S4) aumentasse per poi ridiminuire gradatamente facendo ipotizzare una relazione diretta precipitazione/afflusso idrico al piezometro.

Questo probabilmente è dovuto al malfunzionamento se non alla parziale occlusione del canale a monte delle IACP che se sovrallimentato non riesce ad assicurare il convogliamento idrico verso valle. Quindi le acque in eccesso tendono a saturare i terreni detritici di cui si è detto con le conseguenze evidenziate.

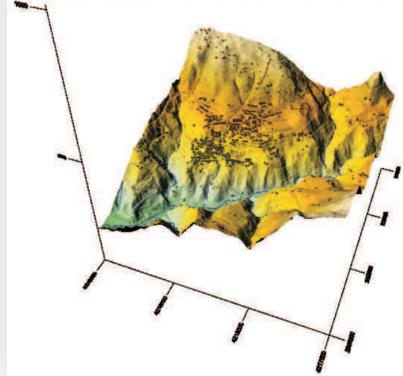


UFFICIO DEL COMMISSARIO STRAORDINARIO DELEGATO
PER IL DISSESTO IDROGEOLOGICO

PROGETTO ESECUTIVO PER IL CONSOLIDAMENTO E LA REGIMAZIONE
IDRAULICA DEL CENTRO ABITATO DI DI SANT'ANGELO DI BROLO (ME)

(A.P. RISCHIO IDROGEOLOGICO - COD ME115/3)

INTEGRAZIONE STUDIO GEOLOGICO



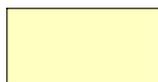
Ficarra, novembre 2012

3 Sezioni Tomografiche

Consulenti geologi

dott. geol. Filippo Cappotto

dott. geol. Davide Siragusano



Francesco Spiccia

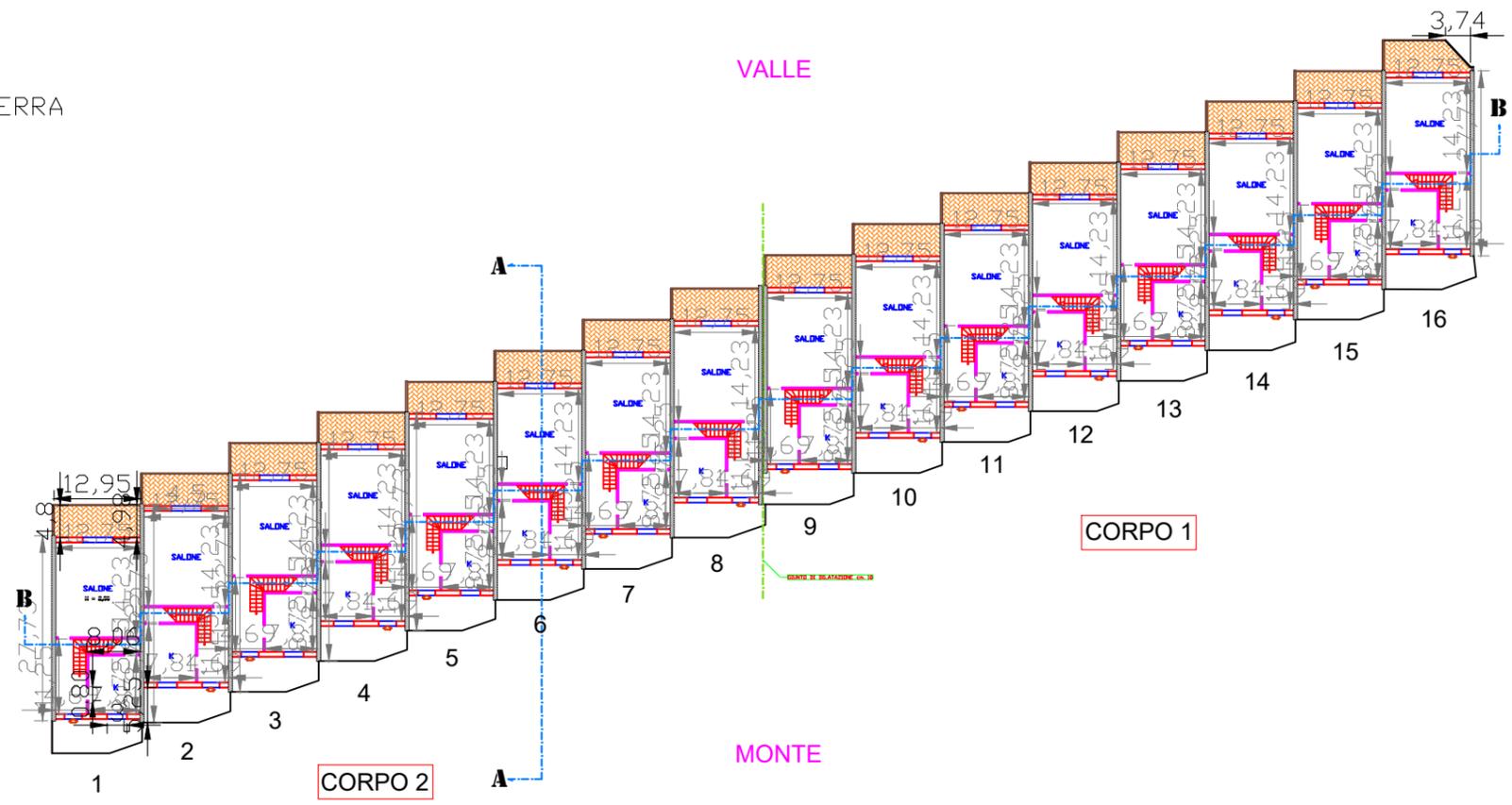
Flysch di Capo d'Orlando (OMar) (Oligocene sup. - Miocene inf.)

Arenarie grigio-giallastre in strati da decimetrici a metrici, alternati a livelli decimetrici argilloso-siltosi. La porzione basale è caratterizzata da una facies conglomeratica



Ubicazione sito di progetto

PIANTA PIANO TERRA



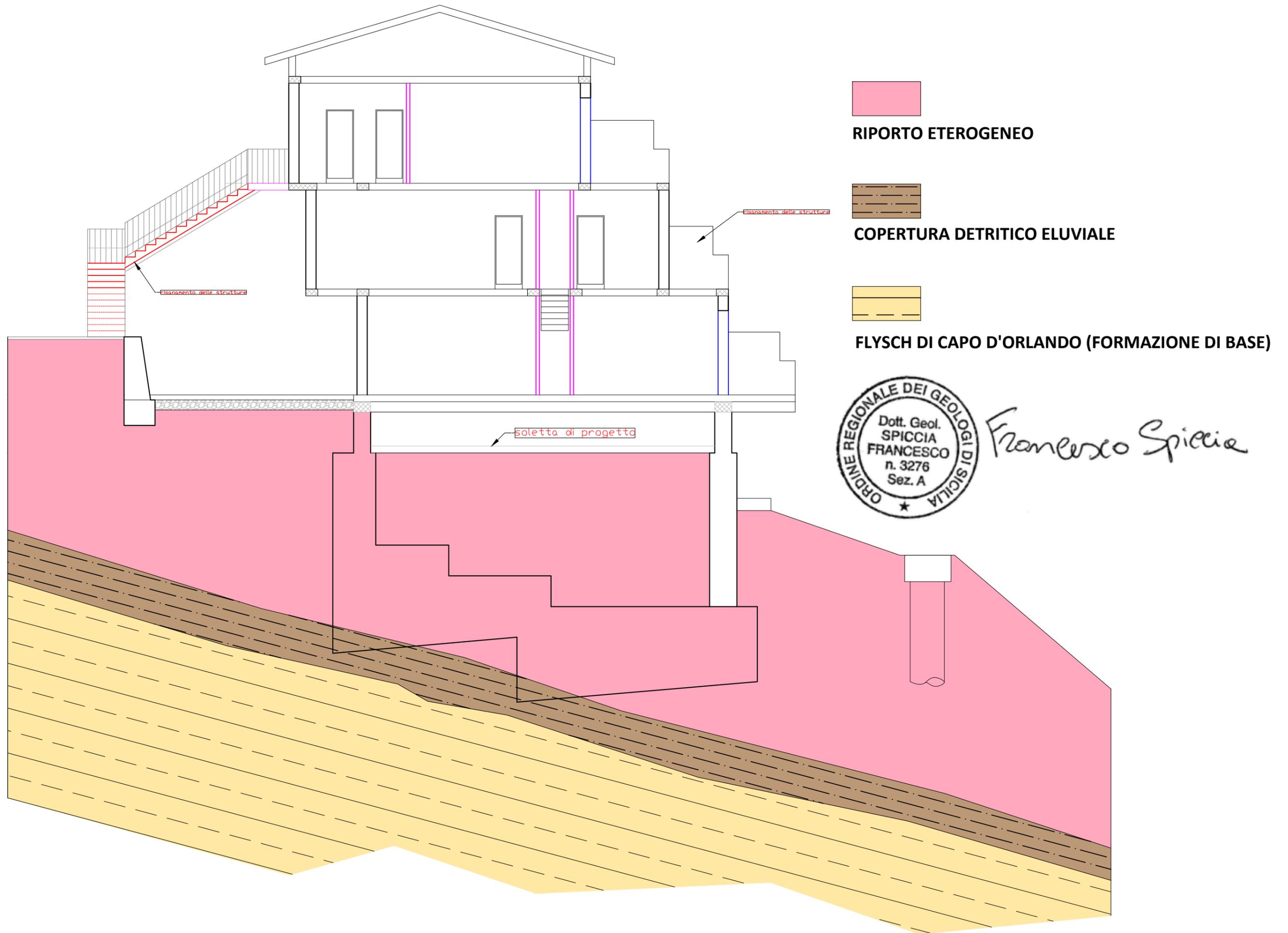


TAVOLA 6: SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA DI PROGETTO (SCALA 1:100)