PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Comune di Norcia

UFFICIO SPECIALE RICOSTRUZIONE UMBRIA U.S.R. UMBRIA

VICE COMMISSARIO STRAORDINARIO SISMA 2016

Ordinanza speciale n. 18 del 15 luglio 2021 ex articolo 11, secondo comma, del decreto legge 76 del 2020

"Interventi di ricostruzione del Centro Storico di Castelluccio di Norcia"



CODICE ELABORATO CDN_USR_CA01_GE_B_RL_E00.00

TITOLO ELABORATO Relazione geologica

PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580-757588
E-mail: info@sagistudio.it
Indirizzo web: sagistudio.it
P.IVA 01276770441

MANDANTI:

TREND PROJECT SERVIZI DI INGEGNERIA

EN.AR. Conti s.r.l. ENgineering & ARchitecture

BRIDGE CONSULTING DSD

TPS INGEGNERIA

M&E Management and Engineering

HYDEA

SAN GALLO Laboratori archeologici

STUDIO DUE ESSE DI SONIA STIPA

COMMITTENTE

UFFICIO SPECIALE RICOSTRUZIONE UMBRIA

TEL: 0742.630708
Via Romana Vecchia snc -06034 Foligno (PG)
PEC: ufficiospecialericostruzione@pec.regione.umbria.it

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :
Ing Gianluca Fagotti

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATO	VERIFICATO	PROGETTATO	APPROVATO
1	15/03/24	Emissione				

1. REMESSA

Dopo il sisma che ha quasi interamente distrutto il borgo di Castelluccio il Commissario Straordinario, l'USR Umbria e l'amministrazione comunale di Norcia hanno individuato nella ricostruzione del borgo una delle esigenze prioritarie e urgenti della comunità; il borgo andava dunque riedificato con la massima rapidità possibile.
L'Ordinanza n.18/2021 ha voluto affidare alla gestione pubblica la ricostruzione dell'intero borgo all'interno di un unico programma di recupero che ricomprende, innanzitutto, la realizzazione dei servizi primari e, in secondo luogo, il ripristino tanto di edifici pubblici quanto di edifici privati, al fine di consentire l'integrale ricostruzione della *forma-urbis* mediante il ripristino della morfologia del suolo e della configurazione degli spazi sia pubblici che privati, quali vie e piazze, piani di fondazione e aree pertinenziali. L'USR è individuato quale soggetto attuatore per la realizzazione degli interventi per i quali sono state previste semplificazioni procedimentali. L'Ordinanza Speciale n.18/2021 definisce le azioni e le attività da porre in atto per avviare la ricostruzione complessiva del centro storico di Castelluccio, individuando le opere la cui ricostruzione o ripristino assume carattere di particolare urgenza e criticità, in relazione sia a funzioni e caratteristiche intrinseche sia alle finalità di ricostruzione del tessuto sociale ed economico. Costituiscono allegato all'Ordinanza Speciale n.18/2021 la Relazione Istruttoria nonché la delibera consiliare del 24 maggio 2021 con cui il Comune di Norcia ha individuato le opere pubbliche previste dal Piano Attuativo riferito alla frazione di Castelluccio di Norcia.
Il perimetro del Piano Attuativo (approvato con Delibera del Consiglio Comunale di Norcia n.1 del 14/03/2022) è individuato nell'elab. P.2 - Carta della disciplina urbanistica ordinaria e per la ricostruzione, riportato di seguito.



L'Ordinanza speciale n. 18 del 15 luglio 2021 ex articolo 11, secondo comma, del decreto legge 76 del 2020 "Interventi di ricostruzione del Centro Storico di Castelluccio di Norcia" definisce le azioni e le attività da porre in atto per avviare la ricostruzione complessiva del centro storico di Castelluccio individuando le opere la cui ricostruzione o ripristino assume carattere di particolare urgenza e

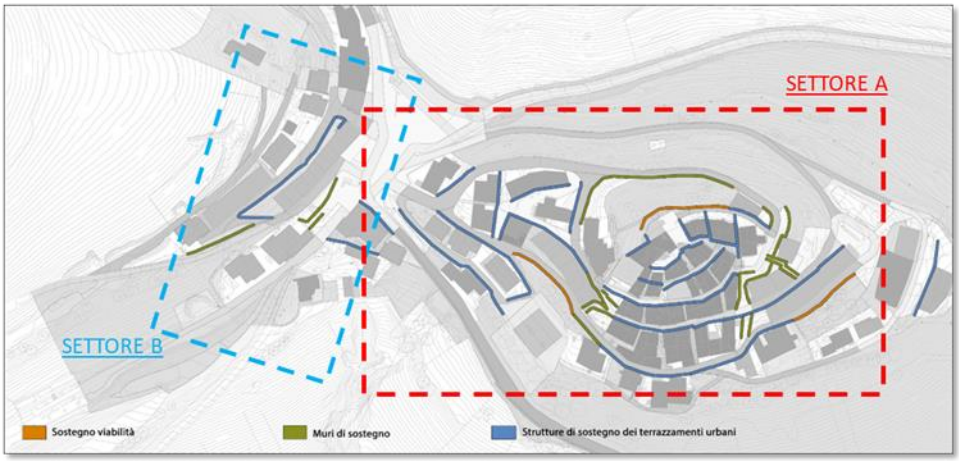
criticità, in relazione sia a funzioni e caratteristiche intrinseche sia alle finalità di ricostruzione del tessuto sociale ed economico, che prevede, tra l'altro:
- all'art.1 "*L'individuazione degli interventi di ricostruzione si fonda sul principio di armonizzazione degli interventi privati con quelli pubblici, in quanto funzionali in una visione coerente e unitaria, propedeutici o strettamente connessi con la ricostruzione privata*" (comma 2) promuovendo "[…] *l'utilizzo di soluzioni e sistemi tecnologici connessi e integrati, in grado di garantire la sicurezza sismica e una elevata qualità della vita"* (comma 3). "[…] *La ricostruzione pubblica del borgo di Castelluccio di Norcia è articolata in una successione di due distinte fasi, nel seguito dettagliate: a) fase 1, da espletarsi in via preliminare ed attuarsi tramite la presente Ordinanza, comprendente i seguenti interventi ed attività*: *[…] avvio dei processi di realizzazione degli interventi pubblici individuati come opere funzionali e propedeutiche alla ricostruzione pubblica e privata nonché degli interventi individuati quali facenti parte del tessuto residenziale pubblico/privato o necessari per la ripresa della vivibilità del borgo e dei suoi valori sociali e culturali pubblici, anche specificati come prioritari nella delibera consiliare n.31 del 24 maggio 2021, la cui realizzazione risulta indipendente dall'intervento unitario di ricostruzione del centro storico […] fase 2: relativa alla realizzazione degli interventi pubblici per i quali è stata avviata la progettazione nella fase 1, e della ricostruzione del centro storico anche per tramite dell'intervento pubblico unitario* […] *da attuarsi con disciplina prevista da successiva ordinanza commissariale in deroga.*"(comma 5);
- all'art.3 individua gli interventi di particolare criticità e urgenza (ai sensi dell'ordinanza n.110/2020) e, nello specifico al comma 2 lettera a):

Ripristino delle strade principali e secondarie del nucleo abitato;



L'intervento dovrà prevedere il ripristino del sistema infrastrutturale di accesso e circolazione all'intero borgo, anche per consentire un'ottimizzazione della cantierizzazione per la ricostruzione complessiva dell'edificato.

Terrazzamenti del nucleo abitato;



La realizzazione dei terrazzamenti urbani sul versante sud del colle (settore A) e sulla porzione occidentale della frazione (Settore B), contestualmente alla realizzazione dei muri di contenimento, dei sottoservizi e delle fondazioni delle strade parallele al pendio, è propedeutica alla ricostruzione dei singoli aggregati ed edifici.
L'intervento riveste un'importanza elevata poiché pone le basi fisiche per la *riedificazione* del borgo di Castelluccio e un'elevata funzione di pubblica utilità in quanto costituisce la superficie sulla quale procedere con la ricostruzione degli edifici e degli spazi pubblici.
I terrazzamenti del nucleo abitato saranno attuati attraverso la realizzazione di:

- Strutture di sostegno dei terrazzamenti urbani
- Piattaforme (spazi orizzontali sui quali impostare la ricostruzione degli aggregati)
- Muri di sostegno e terrapieni
- Interventi di ingegneria naturalistica.

Sottoservizi del nucleo abitato;

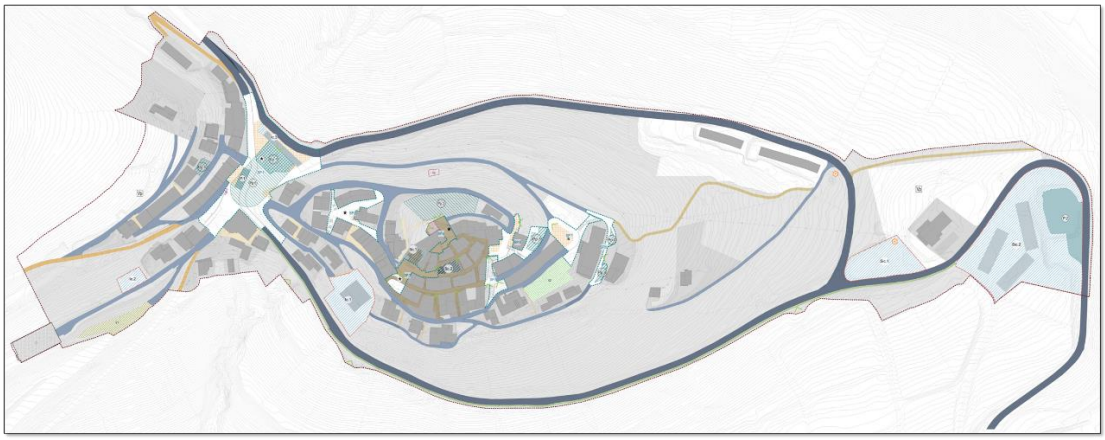




L'intervento riguarda il ripristino e la rifunzionalizzazione delle reti tecnologiche (sopra, come esempio, vengono riportate la rete idrica e fognaria).
Gli interventi sui sottoservizi interesseranno:

-Rete idrica
-Rete elettrica
-Rete fognaria
-Rete telefonica
-Rete di illuminazione pubblica
-Rete del gas.

Realizzazione degli spazi pubblici;



L'intervento prevede il ripristino del sistema degli spazi pubblici che, costituendo la sede della vita del centro abitato, ricoprono un elevato valore di pubblica utilità. Il piano attuativo di Castelluccio identifica 8 spazi pubblici, oggetto di riqualificazione identificati e descritti negli elaborati *P.04 – Repertorio Schede delle Spazi Pubblici di relazione a progettazione unitaria SP* e *P.06 – Dotazioni, viabilità, spazi pubblici e pavimentazion*i.

Percorsi pedonali e di sicurezza;

L'intervento prevede il ripristino del sistema infrastrutturale di connessione pedonale e nello stesso tempo dovrà garantire la percorribilità, nei tratti principali, dei mezzi di soccorso. In particolare si tratta di ripristinare il sistema di piazze, percorsi, rampe e scale dell'intero borgo nonché di prevedere la realizzazione e il ripristino dei percorsi interni ed esterni all'insediamento (percorsi di fruizione ambientale e percorsi ciclo pedonali).
I percorsi pedonali e di sicurezza sono descritti nell'elaborato *P.06 – Dotazioni, viabilità, spazi pubblici e pavimentazion*i del Piano Attuativo.

Piastra Gradonata sismicamente isolata alla base e Locali Ipogei
Per l'attuazione della ricostruzione unitaria del nucleo di Castelluccio, è prevista la tecnica del "ground isolation", che consiste nella costruzione di una piastra (piattaforma) gradonata di grande sviluppo superficiale, sismicamente isolata rispetto al sottostante terreno mediante l'interposizione di isolatori sismici, sulla quale vengono realizzate le costruzioni, con la configurazione prevista dal piano attuativo.
La piastra gradonata isolata svolge la funzione di supporto per l'elevazione degli edifici che verranno successivamente ricostruiti.

Con Determina Direttoriale N. 1213 del 30/06/2023 è stata approvata la composizione dei gruppi di lavoro a supporto del RUP per l'intervento di "Interventi di ricostruzione del Centro Storico di Castelluccio di Norcia (PG)" di cui all'Ordinanza speciale del Commissario Straordinario n. 18 del 15/07/2021 e n. 43 del 31/12/2022" e nella stessa D.D. viene "*ritenuto necessario, nel contempo, individuare un dipendente dell'USR Umbria cui affidare il compito della redazione della relazione geologica per gli interventi in oggetto*" ed individuato, nell'Allegato A, il sottoscritto Geol. Francesco Savi per la redazione della Relazione Geologica.

La presente relazione geologica, oltre ad essere basata su sopralluoghi e rilievi diretti dello scrivente, riassume l'insieme le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrauliche e sismiche, basate sui dati bibliografici esistenti, relativi all'area della Frazione di Castelluccio di Norcia.
Per il presente progetto è stato inoltre predisposto un apposito piano di indagini a copertura dell'intera area di progetto e comprensivo di idonea strumentazione per il monitoraggio geognostico. In seguito al piano di indagini predisposto dai Progettisti, con D.D. n. 61 del 18/01/2023 è stato effettuato "*Affidamento del servizio per l'esecuzione di indagini geologiche, geognostiche, strutturali ed installazione strumentazione di monitoraggio propedeutico alla progettazione dei lavori di ricostruzione degli edifici pubblici e privati, urbanizzazioni primarie e secondarie, comprese le strutture fondali antisismiche e accessorie inerenti il complesso degli "Interventi di ricostruzione del centro storico di Castelluccio di Norcia (PG)*" di cui all'Ordinanza speciale del Commissario Straordinario n. 18/2021" alla GEOSISTEM S.R.L. Lavori Speciali.

1.1 Norme di carattere generale

- Legge n° 64 del 2 febbraio 1974: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.P.R. n° 380 del 6 giugno 2001: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- OPCM 3274 del 20/03/03: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica: Allegato 1 - classificazione sismica del territorio italiano.
- Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e s.m.i. - Norme in materia ambientale.
- Decreto 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare 2 febbraio 2009 n° 617 del C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Decreto 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8)
- Nota del C.S.LL.PP. n° 3187 del 21 marzo 2018: Prima applicazione del DM 17.01.2018, riportante l'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni", alle procedure autorizzative e di qualificazione del servizio tecnico centrale.
- Ordinanza speciale n. 18 del 15 luglio 2021 ex articolo 11, secondo comma, del decreto legge 76 del 2020 "Interventi di ricostruzione del Centro Storico di Castelluccio di Norcia".
- Ordinanza speciale n. 43 del 31 dicembre 2022 ex articolo 11, secondo comma, del decreto legge 76 del 2020 "Interventi relativi alla seconda fase della ricostruzione di Castelluccio di Norcia e di ricostruzione delle frazioni Campi Alto e San Pellegrino".

1.2 Inquadramento topografico

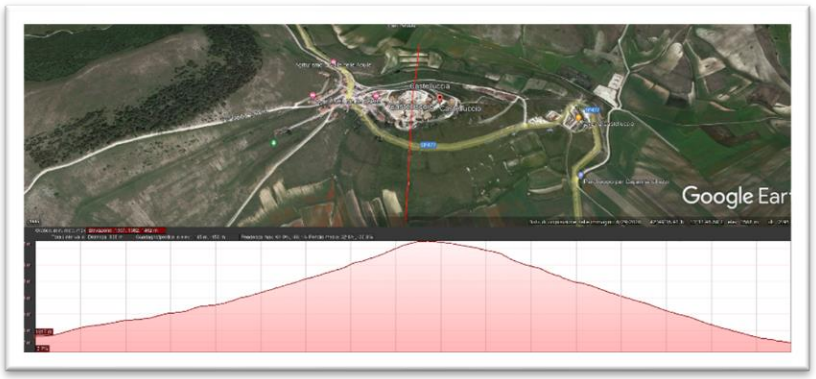
La frazione di Castelluccio è situata nella parte più orientale del territorio comunale di Norcia in prossimità del confine con la Regione Marche.
Topograficamente l'area è riportata all'interno della tavoletta (scala 1:25.000) "Arquata del Tronto" II NO del Foglio IGM 132 della Carta d'Italia, è inoltre compresa all'interno della sezione 325-150 della Carta Tecnica della Regione Umbria in scala 1:10.000.
Catastalmente i terreni interessati dal progetto ricadono nel Foglio 48 del NCT del Comune di Norcia e comprendono varie particelle meglio identificate negli elaborati progettuali.
Il nucleo più antico dell'abitato di Castelluccio, posto ad una quota di 1452 m s.l.m., occupa la cima del rilievo che divide fisicamente la conca del Pian Grande da quella del Pian Perduto.

2. STUDIO GEOLOGICO

2.1 Inquadramento geomorfologico

Il "Piano di Castelluccio" costituisce il fondo di un antico lago appenninico, ora prosciugatosi, che ricopre una superficie di circa 15 Kmq, secondo in Italia per dimensione solo a quello del Fucino.
La genesi dell'ampia conca intramontana è attribuita a fenomeni tettonico-carsici, secondo alcuni Autori, o a fattori esclusivamente tettonici, da altri, in base alla presenza di numerose faglie che la delimitano.

Di fatto la genesi dei Piani è certamente complessa secondo più autori questa forma morfologica può essere definita come "Polje di sprofondamento" che avrebbe un'origine tettonica, dovuta all'esistenza di almeno due linee di faglia principali. Il modellamento da parte del carsismo è avvenuto in un secondo momento e forme come il Colle di Castelluccio e i Collacci, sarebbero attribuibili a questo fenomeno come esempi di dossi arrotondati "Humi".
La pendenza dei versanti risulta asimmetrica con maggiore pendenza (media 32-36%) nelle esposizioni Nord e Sud,



mentre ad ovest il colle risulta diviso dal monte Veletta da una sella morfologica che da origine a due fossi allineati, orientati circa Nord-Sud.



I versanti naturali, in genere, risultano più acclivi nella parte alta e tendono ad addolcirsi verso il raccordo con il piano a causa della presenza dell'accumulo di detrito.
La morfologia periglaciale, predominante nel Pleistocene, risulta ancora debolmente attiva e continua a contribuire al modellamento del paesaggio. Durante le fasi geologiche più fredde, i versanti calcarei denudati erano sede di processi di gelificazione che producevano grandi quantità di materiale detritico. Questi materiali venivano quindi trasportati verso il basso da vari processi quali lo scivolamento, il soliflusso ed il ruscellamento diffuso di fusione nivale. Essi venivano deposti in caratteristici e potenti accumuli stratificati ai piedi dei versanti. Oggi, seppure in maniera decisamente meno evidente rispetto al passato, tali processi sono ancora presenti seppure circoscritti a limitati periodi dell'anno.

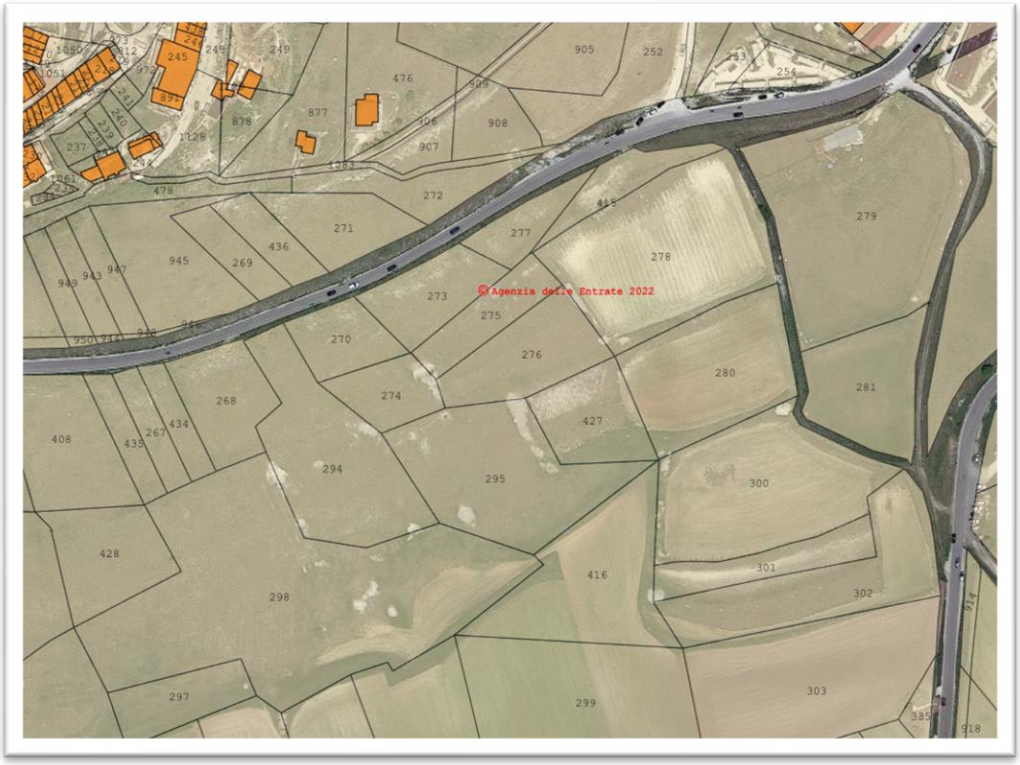
I dati registrati dalla stazione meteorologiche di Castelluccio (stazione pluvio-nivometrica posta a 1453 m s.l.m. che fornisce i dati dal 1921) hanno registrato nel periodo 1961-1990, una media di 132 giorni di gelo all'anno.
I due fossi che convergono sulla piazza posta in corrispondenza della sella morfologica, che si dirigono rispettivamente verso Nord e verso Sud, hanno operato nel tempo una marcata erosione lineare con evidenti incisioni che terminano con conoidi detritiche nel fondovalle. La testata dei due fossi è stata fortemente modificata dall'azione antropica con ampliamenti successivi del piazzale e degli edifici adiacenti la piazza stessa. L'alveo del fosso presente a Sud, presenta, nel corso medio, una profonda incisione a "V" con approfondimenti relativi di circa 3-5 m rispetto all'ara circostante. Il versante ed il fosso esposto a Nord sono stati interessati da un riporto di materiale detritico fino a metà altezza del versante, che ha permesso l'ampliamento della piazza e la stabilizzazione del versante stesso con opere realizzate nei primi anni 2000.



Alla naturale morfologia dei versanti si aggiunge una morfologia di origine antropica caratterizzata da diffusi terrazzamenti effettuati nel tempo per creare piccole superfici coltivabili nelle immediate vicinanze dell'abitato. Essi si presentano come terrazze ben delimitate lungo i versanti di Castelluccio e nei versanti che bordano il Pian Perduto. Molte di queste terrazze hanno anche una individuazione a livello fondiario coincidendo in maniera alquanto precisa con i confini di particella; questo aspetto indica una loro identità storica, testimoniata tra l'altro anche da numerose foto d'epoca. Si possono

notare alcune modeste variazioni nei bordi dei terrazzamenti dovute alle moderne pratiche agricole eseguite con mezzi meccanici, assenti in passato.





A questi terrazzamenti si aggiungono interventi di recente urbanizzazione effettuati per l'allargamento delle strade della frazione e la sistemazione della piazza esterna al nucleo storico. Dall'analisi delle cartografie storiche presenti nel sito "Paesaggi nel Tempo" della Regione Umbria (rhttps://siat.regione.umbria.it/paesaggineltempo/) si nota che tra il 1954 ed il 1977 vi siano state già evidenti modifiche della viabilità esterna del paese che sono state poi ancora modificate tra il 1998-2000.

In particolare si hanno evidenti modifiche in corrispondenza della piazza centrale del paese con la bonifica del fosso Nord e l'allargamento della piazza (1), allargamento della sede stradale nella prima parte di via degli Sciatori (2), realizzazione di un terrazzamento con realizzazione di fabbricati nel versante Sud-Ovest del centro storico (3) e realizzazione della nuova strada a Sud della Frazione (4).



Ortofotocarta 1954

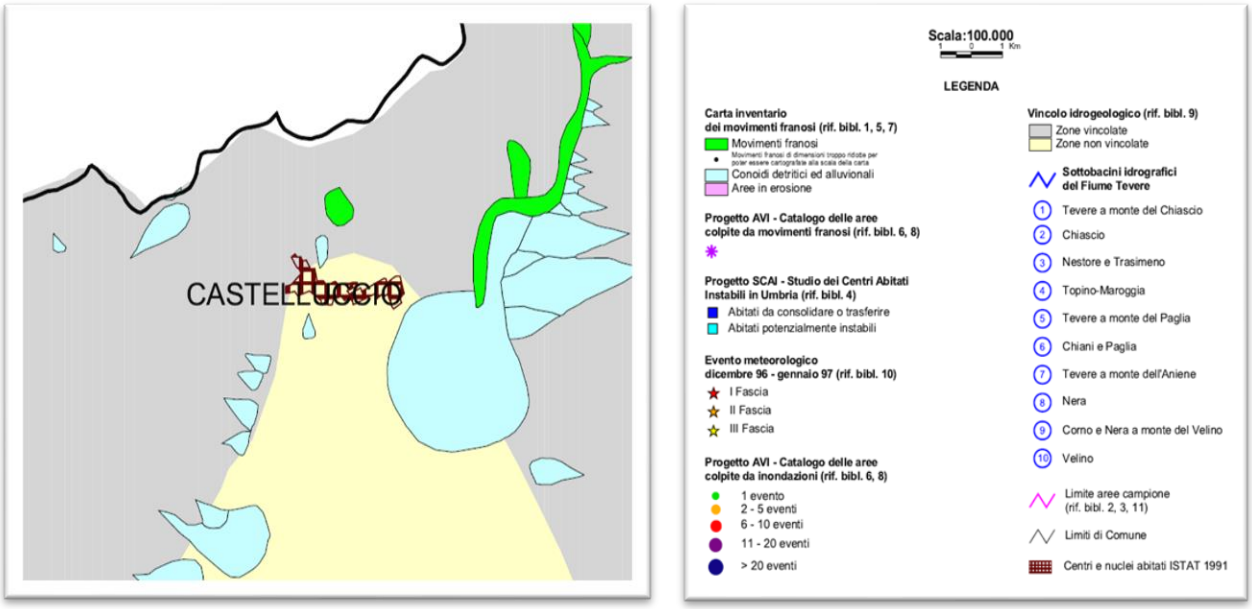


Ortofotocarta 2017

2.1.1 Processi geomorfologici di dettaglio

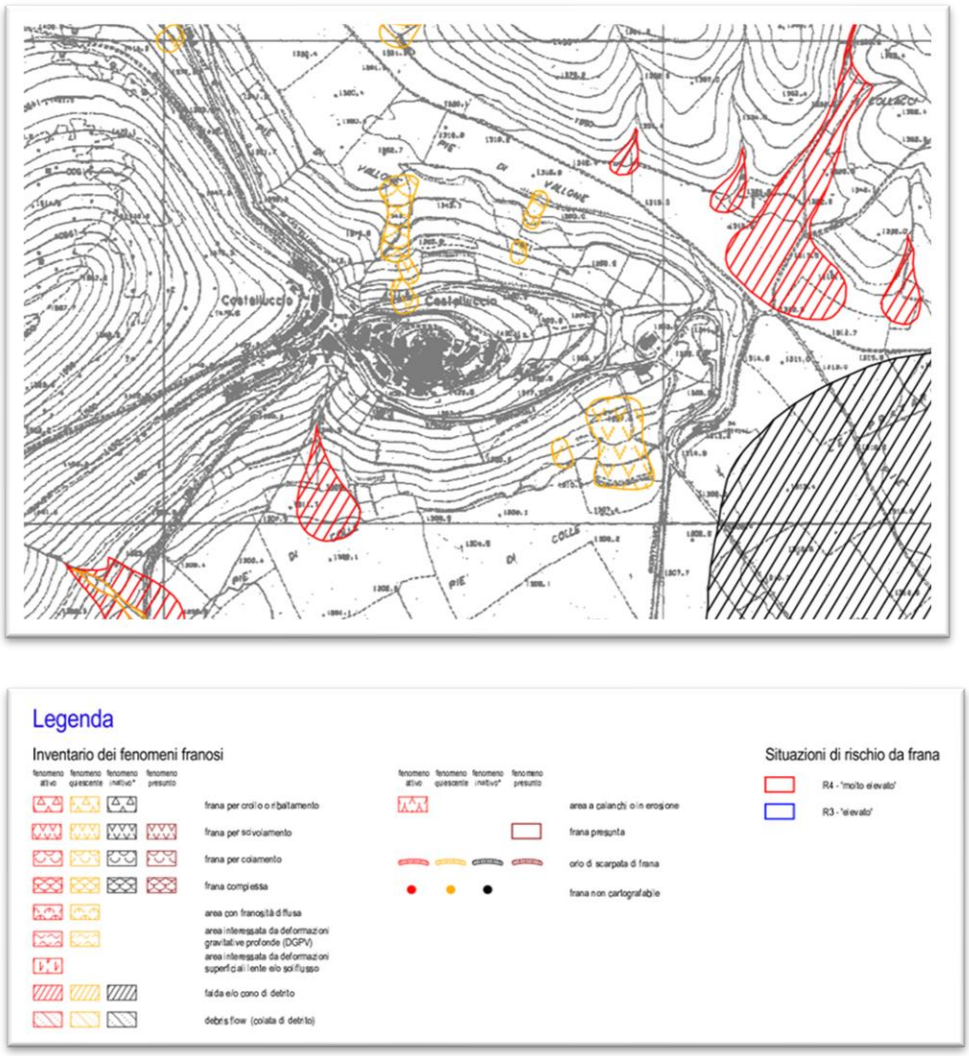
Per la definizione dei processi morfologici di dettaglio, oltre ai sopralluoghi e rilievi diretti sono state consultate le seguenti cartografie:

• CARTA INVENTARIO DEI MOVIMENTI FRANOSI E DEI SITI STORICAMENTE COLPITI DA DISSESTO E INONDAZIONI del P.U.T. (Piano Urbanistico Territoriale) della Regione dell'Umbria (tavola n°44 in scala 1:100.000 prodotta in attuazione dell'articolo n°46 della Legge Regionale n°27 del 24.03.2000);

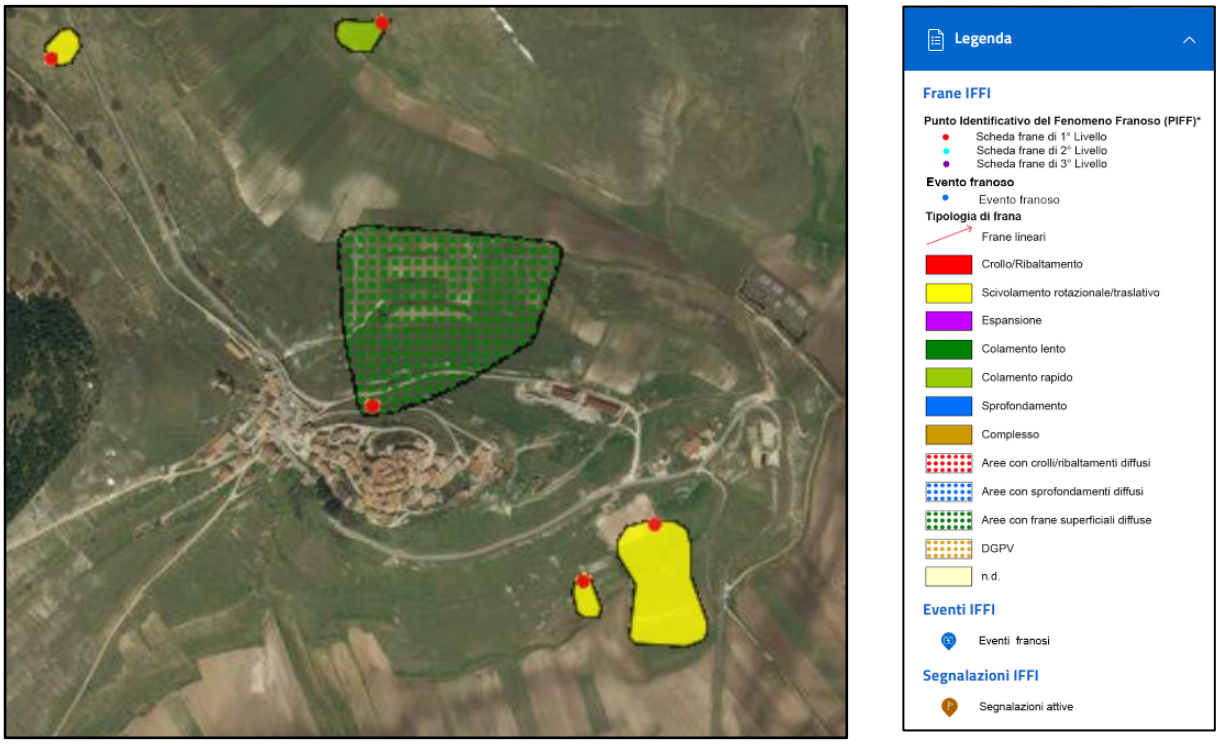


Non riporta alcun elemento nella zona in esame. Ci sono le due conidi dei fossi.

• CARTA INVENTARIO DEI MOVIMENTI FENOMENI FRANOSI E SITUAZIONI DI RISCHIO DA FRANA del P.A.I. (Piano stralcio di Assetto Idrogeologico) ora Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (Tavola n°187 - Determina Dirigenziale ADS del 29 novembre 2021, n. 31);

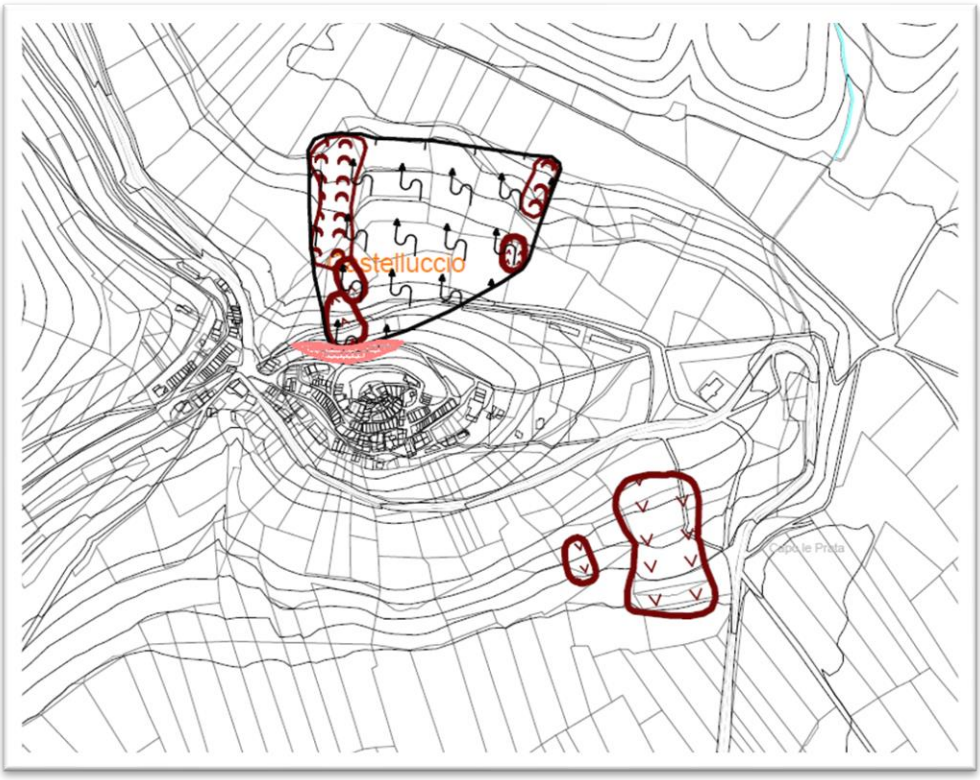


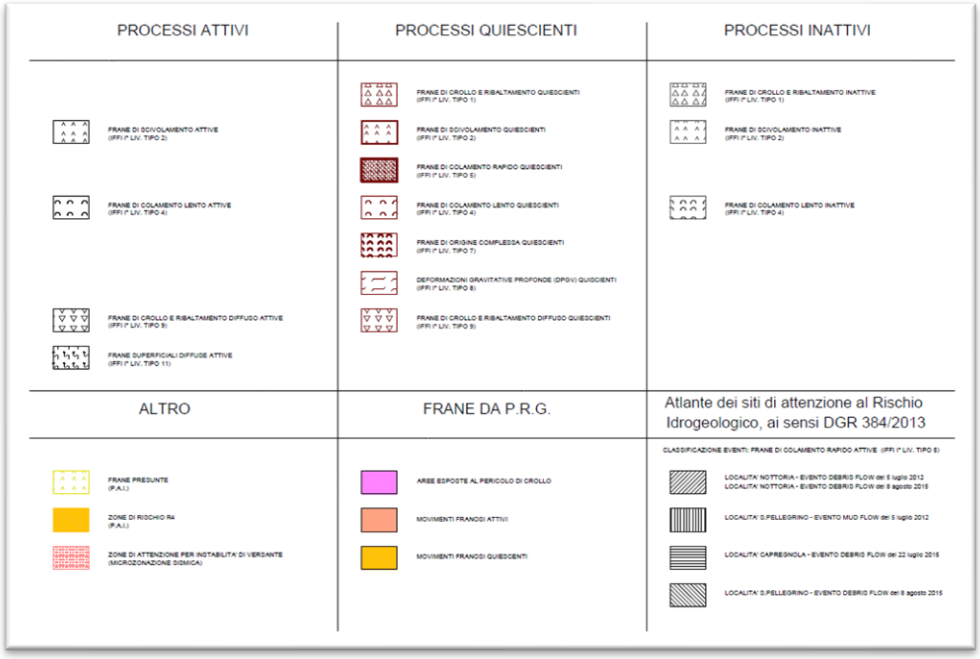
CARTA INVENTARIO DEI MOVIMENTI FRANOSI IN ITALIA del PROGETTO IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) prodotto di uno studio condotto dal Dipartimento Difesa del Suolo del Servi-zio Geologico d'Italia dell'APAT/Agenzia Protezione Ambiente e Territorio (ora in ISPRA/Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) in collaborazione con le Regioni e le Province Autonome d'Italia. (https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi?@=42.87395361191102,13.036168414253812,19)



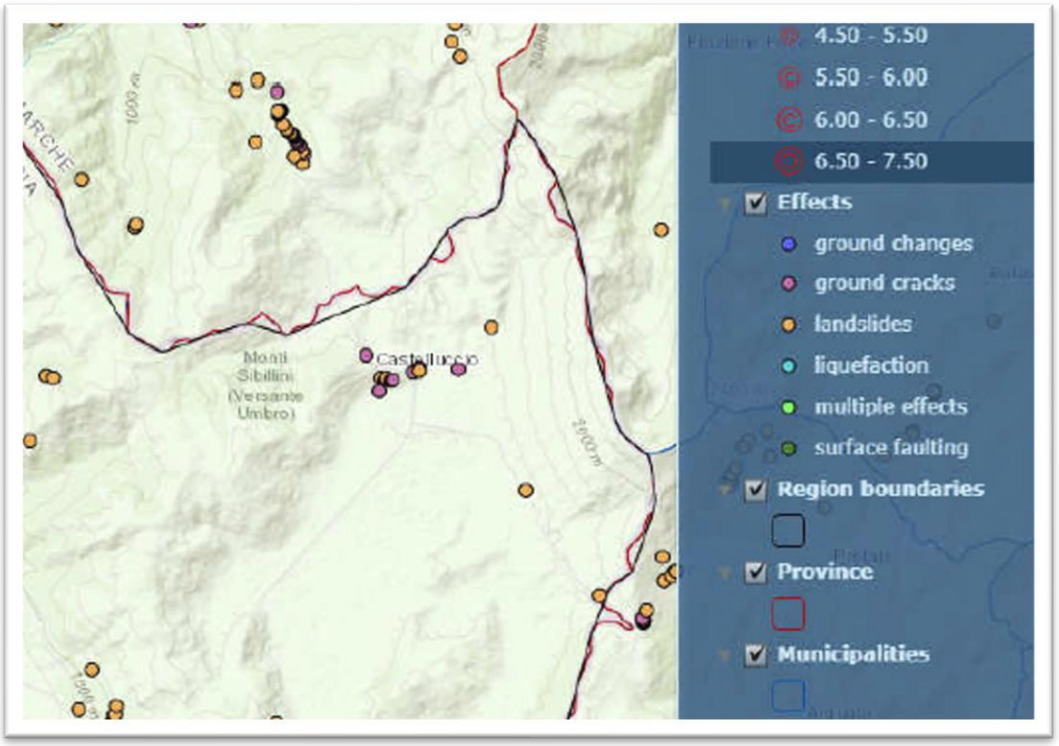
Per le singole frane riportate in cartografia, si vedano i report in Allegato 3.

• CARTA DEI FENOMENI FRANOSI (PS.G4.1)- Piano Regolatore Generale Parte Strutturale Marzo 2019 – Comune di Norcia

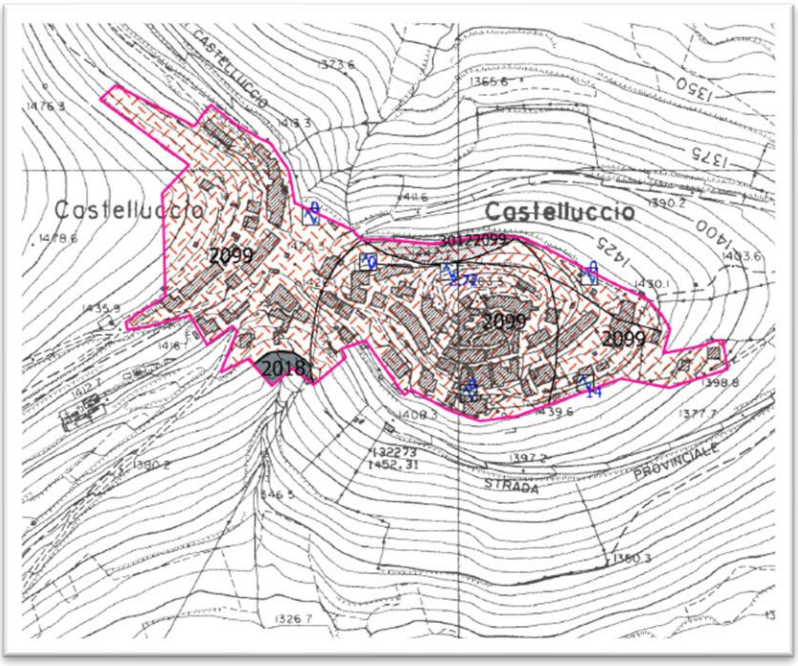




• RICOGNIZIONE DEGLI EVENTI FRANOSI INDOTTI DAL SISMA 2016 NELLA ZONA DI NORCIA- Centro di ricerca, Previsione e Controllo dei Rischi Geologici (CERI)

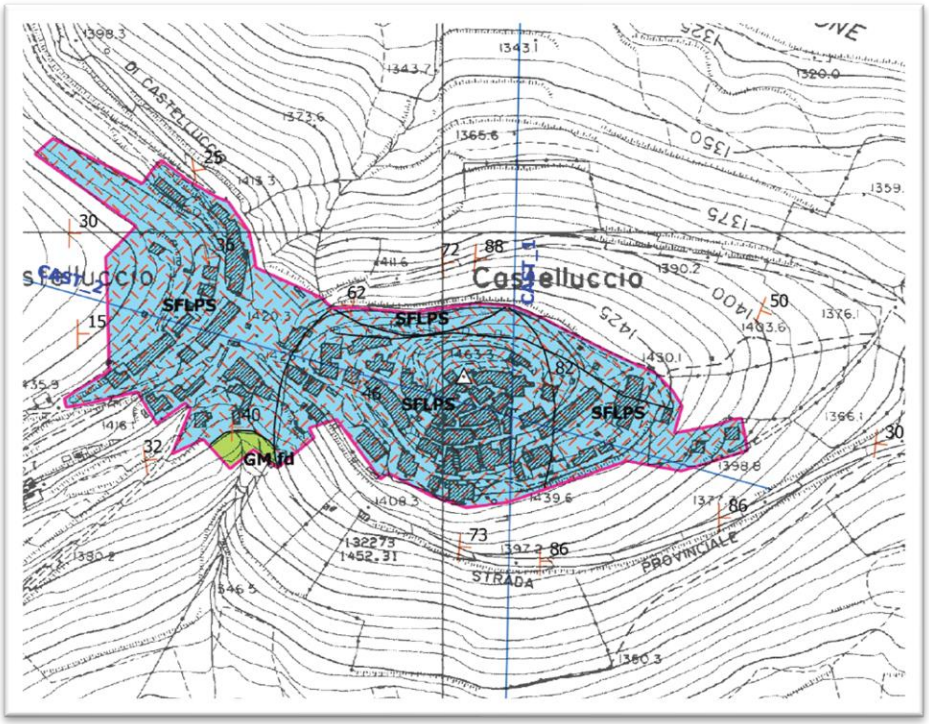


• ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE - MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3 FRAZIONE DI CASTELLUCCIO, ai sensi ordinanza n.24 del 12 maggio 2017.





Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica





Carta Geologico-tecnica

La relazione illustrativa - MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3 (Gennaio 2018), in merito agli aspetti geomorfologici della frazione di Castelluccio riporta testualmente: "*Da quanto emerso dalle osservazioni di superficie e dalla stessa consultazione delle cartografie tematiche a disposizione (cartografie PAI ed IFFI) l'area oggetto di studio non presenta altre criticità morfologiche di instabilità di versante.*"

Volendo fare una sintesi in merito ai processi di versante, vengono storicamente segnalate:

- La conoide di detrito a valle del fosso del versante Sud;
- Una zona instabile "frana complessa" quiescente (per il PAI) a valle del fosso del versante Nord mentre negli elaborati del PUT parte di questa area è segnalata come conoide detritica;
- Alcune piccole aree nel versante Nord catalogate come frane per scivolamento quiescente;
- Altre due aree nella parte orientale del versante Sud, catalogate come frane per scivolamento quiescente. Queste due aree sono riportate sia da PAI, dall'IFFI, sia negli elaborati del PRG del Comune di Norcia;
- Gli studi di Microzonazione di Livello 3 non riportano aree con instabilità del versante, fatto salve per una fascia nella zona intermedia di Via degli Sciatori, definita come "zona di attenzione per instabilità del versante";
- Nella carta dei Fenomeni franosi (PS.G4.1)- Piano Regolatore Generale Parte Strutturale revisionata nel Marzo 2019, viene riportata un'ampia area con "Frane superficiali attive" con all'interno delle aree con "Frane di origine complessa quiescenti". Stesso fenomeno viene riportato anche dall'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia IFFI.

Dai sopralluoghi effettuati e dal rilevamento geomorfologico riportato all'**Allegato 1** condotto per la presente opera è possibile affermare che oltre ai fenomeni naturali legati ai processi di scivolamento superficiale, soliflusso e ruscellamento diffuso dovuti alla fusione nivale, si segnalano fenomeni di erosione dei fossetti del versante e rispettivo accumulo detritico alla base degli stessi. Inoltre, in corrispondenza della viabilità esterna, versante Nord, della frazione di Castelluccio (Via degli Sciatori), sono state condotte nel tempo diverse opere di ampliamento della viabilità stessa con riporto di materiale detritico nel lato di valle della sede stradale su cui è stato poi realizzato un cordolo in cemento e relativo guard-rail. Questa situazione in occasione delle forti scosse sismiche del 2016-17, ha prodotto evidenti scollamenti della parte riportata e relativo scorrimento del materiale dislocato. Dalla sovrapposizione delle immagini storiche con quelle attuali si può notare la coincidenza tra le aree di strada ampliata e le porzioni di strada lesionata. Non si notano, invece, evidenze di movimenti gravitativi lungo il versante. Tali considerazioni dovranno essere suffragate dai risultati del monitoraggio già avviati da alcuni mesi per il versante Nord e in avvio per il versante Sud. In base alle indagini e parametrizzazioni fatte sarà quindi necessario effettuare una valutazione numerica della stabilità dei versanti allo stato attuale e allo stato di progetto, oltre alla stabilità globale del complesso opera-terreno come previsto dalle NTC 2018.

3. ASPETTI GEOLOGICI

3.1 Inquadramento geologico ampia scala

La struttura montuosa a cui appartiene Castelluccio fa parte della porzione meridionale dell'arco appenninico umbro-marchigiano. Questo costituisce un sistema a pieghe con vergenza adriatica a cui sono associate faglie inverse e sovrascorrimenti che determinano, localmente, raddoppi tettonici della serie sedimentaria. Il sistema deriva da due importanti fasi tettoniche una prima fase compressiva, articolata in due distinti periodi compresi tra il Messiniano ed il Pliocene inferiore ed è quella che ha portato alla formazione di pieghe, faglie inverse e sovrascorrimenti, con conseguente raccorciamento della copertura sedimentaria. La seconda fase tettonica distensiva ha avuto inizio probabilmente nel Pliocene superiore ed è quella che ha dato l'assetto morfostrutturale finale alla regione, in cui faglie dirette a prevalente direzione appenninica dislocano le precedenti strutture compressive.

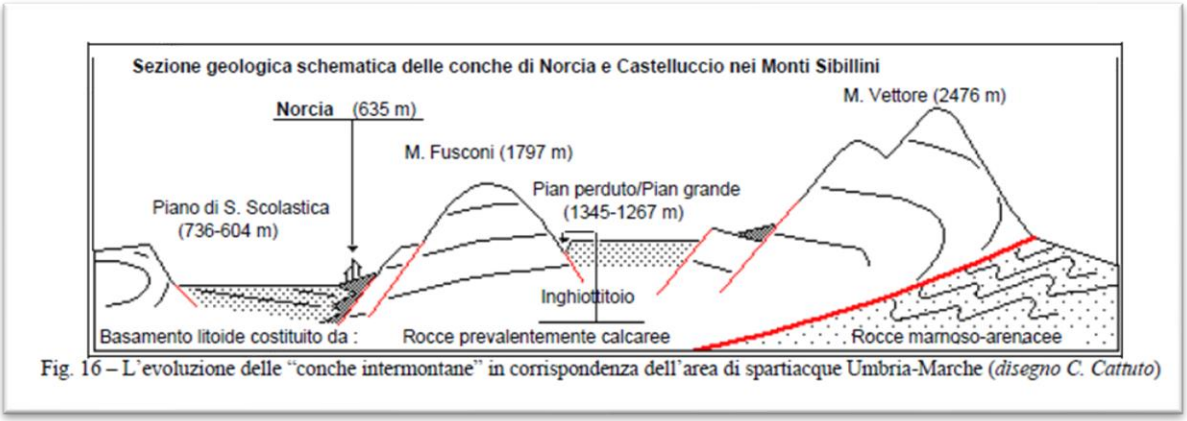


Fig. 16 – L'evoluzione delle "conche intermontane" in corrispondenza dell'area di spartiacque Umbria-Marche (*disegno C. Catnuto*)

Immagine tratta da: L. Gregori - L'Umbria regione di contrasti litologici e morfologici

Per quanto riguarda la ristretta area di Castelluccio si può ipotizzare la distinzione delle tre fasi:

- La fase compressiva con vergenza delle spinte W-E che ha prodotto una piega faglia su cui è edificato il centro di Castelluccio; l'asse di tale piega è orientato circa in direzione Nord - Sud.
- La fase trascorrente compressiva a cui è riferibile la faglia presente ai piedi del versante orientale del Colle di Castelluccio;
- La fase distensiva a cui sono riferibili le faglie dirette poste in corrispondenza della sella morfologica tra Castelluccio ed il Monte Veletta che hanno dislocato le precedenti strutture.

La successione stratigrafica affiorante nell'area segue come linea generale la Serie Umbro-Marchigiana seppure con la frequente presenza di serie condensate, diversi spessori delle formazioni e l'interposizione di unità calcareo-detritiche. Nella depressione dei Piani di Castelluccio si sono depositate varie decine di metri di sedimenti recenti lacustri e di conoide, costituiti da ghiaie e argille. Lungo i bordi della valle si trovano abbondanti fasce di depositi detritici incoerenti.

In dettaglio la successione stratigrafica affiorante nella zona di studio è la seguente, procedendo dal termine più antico al più recente:

Marne di Monte Serrone (Tortoniano inf. ? – Toarciano medio)

Marne e marne argillose grigie o verdi, talora con fiamme rossiccie, sottilmente stratificate, con intercalati livelli di calcari marnosi frequentemente a struttura nodulare. La formazione è in genere eteropica con il Rosso Ammonitico.

Calcari diasprigni (Oxfordiano)

Calcari selciferi, selci cornee, argilliti selciose, sabbie radiolariti, finemente stratificate. Il loro colore è variabile dal rossiccio al verde grigio, fortemente ossidato nella parte esposta in affioramento. Contengono radiolari e gusci calcarei silicizzati.

La parte sommitale della formazione è caratterizzata in genere da calcari e calcari marnosi grigio verdi e biancastri, fittamente stratificati contenenti livelli ad Aptici, rincoliti e resti di crinoidi. La giacitura risulta, in massima parte, sub verticale o con evidenti mesopieghe.

Maiolica (Titonico p.p. - Aptiano p.p.)

Calcari micritici bianchi a grana finissima e frattura concoide, regolarmente stratificati in strati e banchi di spessore variabile fra 10 e 60 cm. Vi sono sottili interstrati di marne argillose nerastre più frequenti a tetto e selce grigia in strati sottili o noduli irregolari. Giunti interstrato e stiloliti.

Gli affioramenti sono presenti lungo quasi tutto il versante orientale del rilievo di Castelluccio dove gli strati presentano giacitura sub verticale a reggi poggio, mentre nel settore occidentale dell'area indagata localmente si possono osservare degli strati molto fratturati e tettonizzati con giacitura caotica.

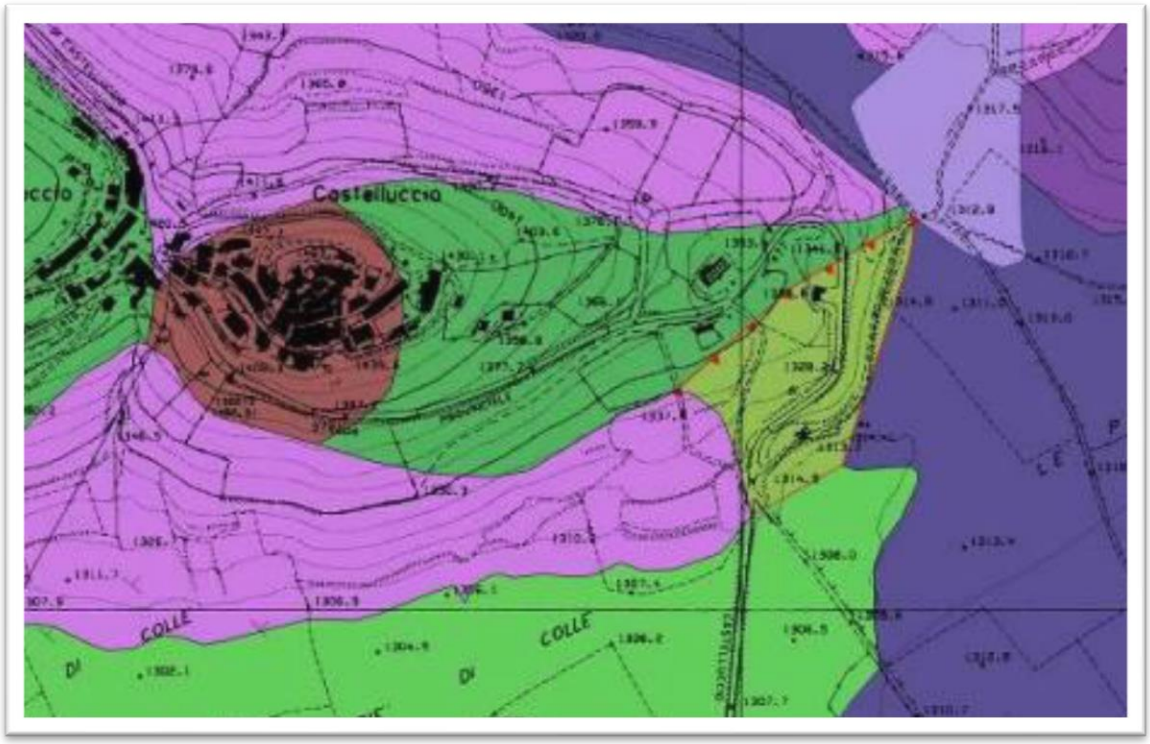
Detriti di falda (Pleistocene – Olocene)

Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente eterometrici. I clasti sono prevalentemente a spigoli vivi o subangolari, per lo più in accumuli massivi o grossolonamente stratificati.

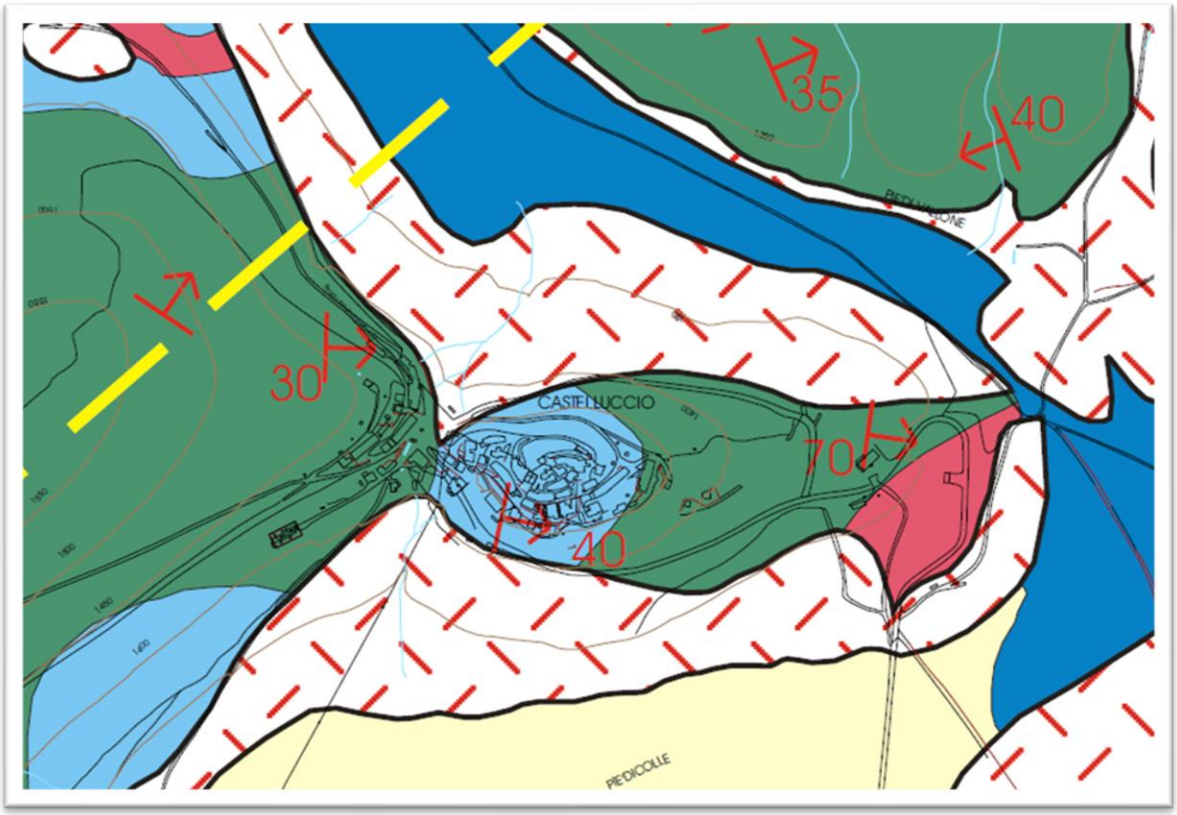
Per la definizione geologica di preliminare dell'area si riportano di seguito gli stralci della cartografia ufficiale.



(http://storicizzati.territorio.regione.umbria.it/Static/GeologiaKmz/GeologiaKmz/Index_kmz.htm)



PRG 2003 – Comune di Norcia Tavola A_2_1 Geologia-Nord

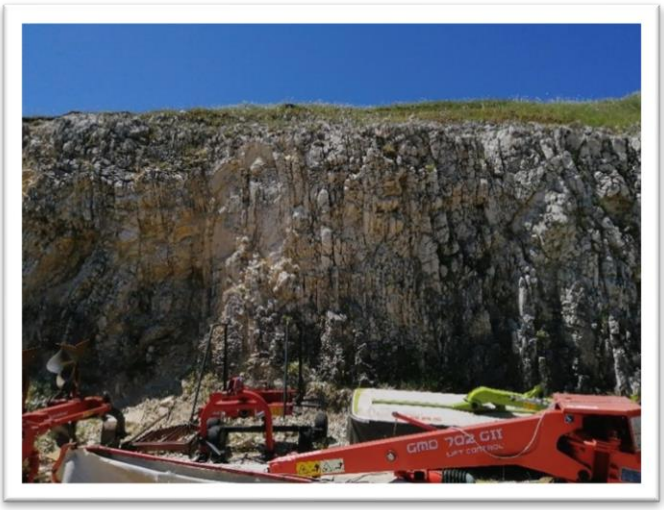

35
40
30
CASTELLUCCIO
70
40
PIEDICOLLE


CARTA GEOLOGICA
SCALA 1:25.000
Legenda
ELUVIUM - COLLUVIUM
suoli, terre rosse ed in genere depositi essenzialmente fini provenienti dal disfacimento dei litotipi del substrato.
(Pleistocene - Olocene)
Detrito: recente / antico
Alluvioni: attuali e recenti / terrazzate
DEPOSITI DEL PIAN GRANDE
sedimenti lacustri e palustri limo argillosi.
(Olocene)
SCAGLIA CINERSA
marne calcaree, marne, marne argillose e subordinati strati calcareo-marnosi, colore d'insieme grigio-cenere e grigio verdastro.
(Oligocene)
SCAGLIA VARIEGATA
marne e marne calcaree di colore rossastro, giallo-verde, bianco.
(Eocene sup.)
SCAGLIA ROSSA
calcari, calcari marnosi e marne calcaree di colore rosato, con selce rossa in liste e noduli ed interstrati marnosi rossastri.
(Cenomaniano - Eocene sup.)
SCAGLIA BIANCA
calcari e calcari marnosi bianchi con liste e noduli di selce nera.
(Cenomaniano)
MARNE A FUCOIDI
calcari e calcari marnosi con noduli di selce ed interstrati marnosi policromi.
Cenomaniano - Aptiano p.p.)


MAIOLICA
calcari micritici bianchi con liste e noduli di selce nera.
(Aptiano p.p. - Titoniano sup.)
CALCARI DIASPRIGNI
calcari silicei e calcari micritici di colore biancastro, con interstrati di selce policroma (diaspri).
(Titoniano - Calloviano)
CALCARI E MARNE A POSIDONIA
calcari e calcari marnosi grigi e nocciola fittamente e regolarmente stratificati.
(Aaleniano inf. Pp. - Bajociano/Calloviano)
ROSSO AMMONITICO
marne e marne argillose/calcaree, calcari marnosi e calcari nodulari fortemente bioturbati di colore prevalentemente rosso scuro, sporadicamente verdastro.
(Toarciano medio p.p. - Aaleniano inf. p.p.)
MARNE DEL SERRONE
marne e marne argillose grigie, subordinatamente rossicce e verdi, fittamente stratificate, con intercalati livelli di calcari marnosi frequentemente a struttura nodulare.
(Toarciano inf. p.p. - Toarciano medio p.p.)
CORNIOLA
calcari e calcari marnosi con liste e noduli di selce ed intercalazioni di calcari detritici.
(Lias medio)
FORMAZIONE DEL BUGARONE
calcari nodulari di colore grigiastro, talora dolomitizzati.
(Malm sup. - Lias medio)
CALCARE MASSICCIO
calcari massicci costituiti da grainstone e packstone ad ooliti, oncoliti, bioclasti, gusci di molluschi.
(Lias inf.)
40 Giacitura ed inclinazione strati a polarità normale
Strati a polarità inversa
Strati verticali
Faglia inversa / sovrascorrimento
Faglia diretta

3.2 Inquadramento geologico di dettaglio

Per definire la situazione geologica ad una scala adeguata al progetto, è stato eseguito un rilevamento diretto in campagna i cui risultati sono riportati nella **Carta Geologica** allegata (**Allegato 2**)
Dal rilevamento eseguito risulta una sostanziale coincidenza con la cartografia ufficiale.
La formazione della "Maiolica" presente nella parte Est della collina su cui sorge Castelluccio e nella parte ad Ovest della sella morfologica, presenta una stratificazione quasi verticale con giaciture prevalenti verso Est ed inclinazioni generalmente superiori ai 60° e notevolmente fratturata.





La formazione dei "Calcari diasprigni", presente nella zona centrale dell'abitato, presenta strati intensamente deformati con mesopieghe con giaciture che vanno da 075/50 a 268/70.





In virtù del rilevamento e della stratigrafia dei sondaggi eseguiti è stato possibile tracciare, seppure con difficoltà ed alcune incertezze, il limite stratigrafico tra le due formazioni che risulta, proprio a causa della forte inclinazione degli strati, più rettilineo rispetto a quello della cartografia ufficiale.
Tramite la correlazione tra rilevamento geologico e stratigrafia dei sondaggi è stato possibile ricostruire tre sezioni geologiche significative dell'intera area riportate in **Allegato 3**.

4. ASPETTI IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI

4.1 Idrologia ed idrogeologia dell'area

L'area di studio fa parte del bacino endoreico dei Piani di Castelluccio. Il reticolo idrografico dei piccoli fossi dei versanti risulta rado, di tipo radiale e con andamento centripeto. Tutti i fossi una volta raggiunta la piana, tendono ad infiltrarsi nel sottosuolo, a seguito dell'alta permeabilità dei detriti di versante e del carsismo presente nell'area; l'unico corso d'acqua presente sulla vasta piana è il Fosso dei Mergani.

Il rilievo dove sorge l'abitato di Castelluccio raggiunge la altimetrica di 1464 m. s.l.m. e si eleva di circa 150 m rispetto alla sottostante piana dove scorrono i due piccoli fossi di Piè di Vallone e Piè di Colle. La posizione morfologica rende l'abitato esente da fenomeni di tipo alluvionale.

La intensa fratturazione delle rocce presenti le rende altamente permeabili per permeabilità secondaria, per fessurazione e carsismo, e costituiscono delle buone aree di infiltrazione e serbatoio delle acque. Anche le ampie fasce detritiche poste lungo i bordi della valle hanno una elevata permeabilità primaria dovuta alla intrinseca natura dei depositi stessi.

Relativamente al colle di Castelluccio, considerata la natura del substrato e la giacitura degli strati, considerato che non sono stati rinvenuti pozzi e non è stata intercettata la presenza di una falda idrica alla profondità indagata con i sondaggi (max. 30 m dal relativo p.c.), si può escludere la presenza di falda idrica superficiale, pertanto non si prevedono interazioni tra gli interventi in progetto e la falda. Per gli stessi motivi non si può escludere la temporanea presenza di circolazione idrica, anche superficiale, durante i periodi dell'anno maggiormente piovosi o durante la fase di scioglimento della neve.

Si segnala la presenza di due sorgenti vicine a Castelluccio (Fonte Conserva e Fonte di Lorenzo) il cui sfruttamento è stato realizzato mediante acquedotto sia per gravità sia con stazione di pompaggio.



Carta Idrogeologica PRG- Elaborato RST- A.2.3

4.2 Dati sull'alluvionamento dell'area

L'idrografia superficiale dell'area è rappresentata essenzialmente da fossi e torrenti secondari che confluiscono nei Piani di Castelluccio. L'assetto idrografico superficiale non desta preoccupazione relativamente a fenomeni di esondazione che possano coinvolgere il sito di interesse, in considerazione del dislivello topografico presente tra l'area di studio e gli alvei dei corsi d'acqua presenti.

Dala la particolare disposizione morfologica delle vie e delle strade, disposte secondo le curve di livello, a mezza-costa, esse saranno certamente interessate, in particolari momenti dell'anno, da un afflusso di acqua di scorrimento proveniente dal versante di monte, tale flusso dovrà necessariamente essere intercettato ed adeguatamente allontanato cercando di impedire ruscellamenti concentrati nel versante di valle.

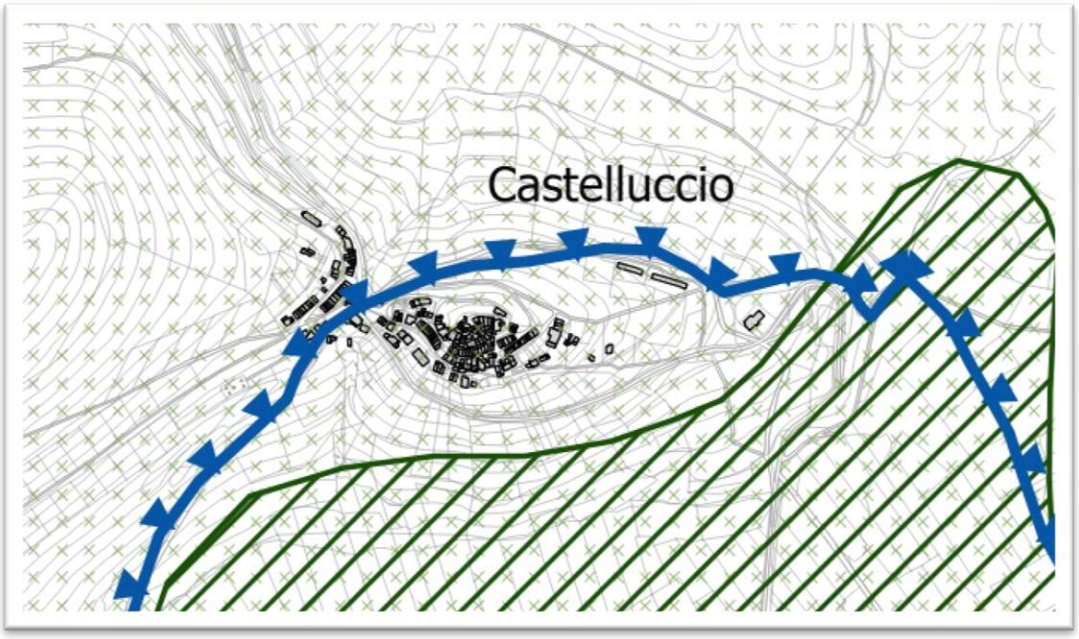
5. VINCOLI DI NORMATIVA

La verifica dei vincoli di normativa ha evidenziato che:
- la parte orientale dell'abitato è sottoposta a vincolo idrogeologico;
- tutta l'area è compresa nelle Zone ad elevata diversità floristico-vegetazionale (art. 83 L.R 1/2015);
- tutta l'area è interna al Parco Nazionale Monti Sibillini (art. 87 L.R. 1/2015).

Nelle seguenti Figure si riportano gli stralci cartografici dei vincoli presenti.



Rete Natura 2000 (art. 84 LR 1/2015)



Aree di elevato ed elevatissimo valore naturalistico ambientale (classe 4, sottoclasse 4a, comma 1, lett d), art. 36 PTCP)

Zone ad elevata diversità floristico-vegetazionale (art. 83 LR 1/2015)
- Zona n. 18-Monti Sibillini
- Zona n. 23-Marcite di Norcia-Valle del Sordo
- Zona n. 15-Gruppi montuosi a sud della media Valnerina

Geotopi estesi
- n. 36 - Pian Grande di Castelluccio
- n. 35 - Piana di Santa Scolastica
- n. 37 - Gola e Valle del fiume Corno

Parco Nazionale dei Monti Sibillini
Perimetrazione approvata con atto del CD 59/02 (art. 87 LR 1/2015)

Vincolo idrogeologico (RD n. 3267/1923)

Tratta da PRG Comune di Norcia Parte Strutturale – Tav. PS.G3 Vincoli di tutela ambientale

6. MODELLAZIONE GEOLOGICA

6.1 Indagini esistenti

Al fine di ottenere un modello geologico del sottosuolo preliminare, con indicazioni sulla caratterizzazione geomeccanica delle formazioni presenti, sono state raccolte tutte le informazioni relative ad indagini pregresse presenti nell'area. Tale documentazione risulta essere utile elemento di riferimento per l'inquadramento dei problemi geotecnici e per la definizione del programma delle indagini geotecniche.

I dati geognostici e geofisici esistenti sono numerosi e già noti alla Regione Umbria che li ha sistematizzati in un proprio "data base" e approfonditi con specifici studi di microzonazione sismica.

- "Ripristino della viabilità di accesso al nucleo abitato sul versante nord di Castelluccio di Norcia" – USR Regione Umbria - *"Esecuzione di indagini geognostiche nell'ambito del progetto per il ripristino della viabilità di accesso al nucleo abitato di Castelluccio di Norcia e dello studio geotecnico dell'area classificata R4"*

n. 6 sondaggi a carotaggio continuo e rilievo geomeccanico:

- S1 – 22 m – SPT a 2,5 m – Piezometro elettrico a fondo foro + Inclinometrico
- S2 – 30 m – Piez. elettrico a fondo foro + Inclinometrico + esecuzione di videoispezione orientata tipo OBI
- S3 – 30 m – SPT a 4,5 m – Piezometro elettrico a fondo foro + Inclinometrico + esecuzione di videoispezione orientata tipo OBI
- S4 – 20 m – SPT a 5,2 m - Piezometro a tubo aperto
- S5 – 10 m – SPT a 2,7 m
- S6 – 12 m – SPT a 2,5 m
- rilievo geomeccanico su due stazioni al fine di ottenere una caratterizzazione geotecnica delle formazioni presenti e affioranti
- prove di laboratorio tipo Point Load;

Indagini geofisiche combinate per la caratterizzazione sismica dei sito

- n. 10 profili di sismica a rifrazione in onde SH lunghezza 60 m c.u. spaziatura intergeofonica 5 m. Offset 2.5 m;
- n. 1 profilo di sismica a rifrazione in onde P 60 m (coincidente al profilo C-D onde Sh)
- n. 10 profili M.A.S.W in onde di Love (Indagine di taratura a traccia coincidente con i profili di sismica a rifrazione Sh);
- n. 10 misure di rumore di fondo a stazione singola con analisi HVSR (20 min)
- n. 3 Down Hole prof. max 10 m, 10 m e 11 m dal p.c. nei sondaggi S1, S2 e S3

- RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA PER LA VARIANTE AL PIANO ATTUATIVO DELLA FRAZIONE DI CASTELLUCCIO DI NORCIA 2020 (Geol. Sandro Zeni)
- Relazione Geologica-Geofisica di dettaglio e sulle caratteristiche sismiche per le aree individuate per il posizionamento delle strutture temporanee per attività commerciali a Castelluccio di Norcia a seguito degli eventi sismici del 2016 (Servizio Geologico Regione Umbria)
- Relazione Geologica, Idraulica, Idrogeologica e Sismica - Variante per la riqualificazione e

valorizzazione ambientale del centro rurale di Castelluccio di Norcia - 2015 (Servizio Geologico e Sismico Regione Umbria)
- RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA, GEOTECNICA - REALIZZAZIONE DI STRUTTURE TEMPORANEE PER LA DELOCALIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ RISTORATIVE DI CASTELLUCCIO DI NORCIA – 2018 (Geol. Marcello Maccari e Geol. Alessandro Onorati)
- Relazione geologica e modellazione sismica, Relazione geotecnica sulle indagini - PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI S.A.E. E SERVIZI AD ESSE CONNESSI IN LOCALITÀ CASTELLUCCIO – 2018 (Geol. Pasquale Di Marcantonio)
- PIANO ATTUATIVO "Riqualificazione e valorizzazione ambientale del Centro Storico di Castelluccio di Norcia" - Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, idraulica e sismica. Aprile 2020;
- Microzonazione Livello 3 (O.C. 24/2017).

6.2 Descrizione delle indagini

Per il presente progetto è stato predisposto un apposito piano di indagini a copertura dell'intera area di progetto che comprende anche la strumentazione per il monitoraggio geognostico per l'intero periodo di realizzazione delle opere. In seguito al piano di indagini predisposto dai Progettisti, con D.D. n. 61 del 18/01/2023 è stato effettuato "*Affidamento del servizio per l'esecuzione di indagini geologiche, geognostiche, strutturali ed installazione strumentazione di monitoraggio propedeutico alla progettazione dei lavori di ricostruzione degli edifici pubblici e privati, urbanizzazioni primarie e secondarie, comprese le strutture fondali antisismiche e accessorie inerenti il complesso degli "Interventi di ricostruzione del centro storico di Castelluccio di Norcia (PG)*" di cui all'Ordinanza speciale del Commissario Straordinario n. 18/2021" alla GEOSISTEM S.R.L. Lavori Speciali
Tutte le indagini sono state svolte nel rispetto delle specifiche tecniche inserite al Cap. 6.2.2 delle NTC18 e del Cap C6.2.2 della CIRCOLARE 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. .

L'esatta ubicazione delle indagini eseguite e i relativi certificati di prova, così come le caratteristiche strumentali e le metodologie interpretative sono riportate negli specifici elaborati di indagine prodotti dalla GEOSISTEM S.R.L. Lavori Speciali.

Si riassumono sinteticamente le indagini eseguite:

Sondaggi geognostici

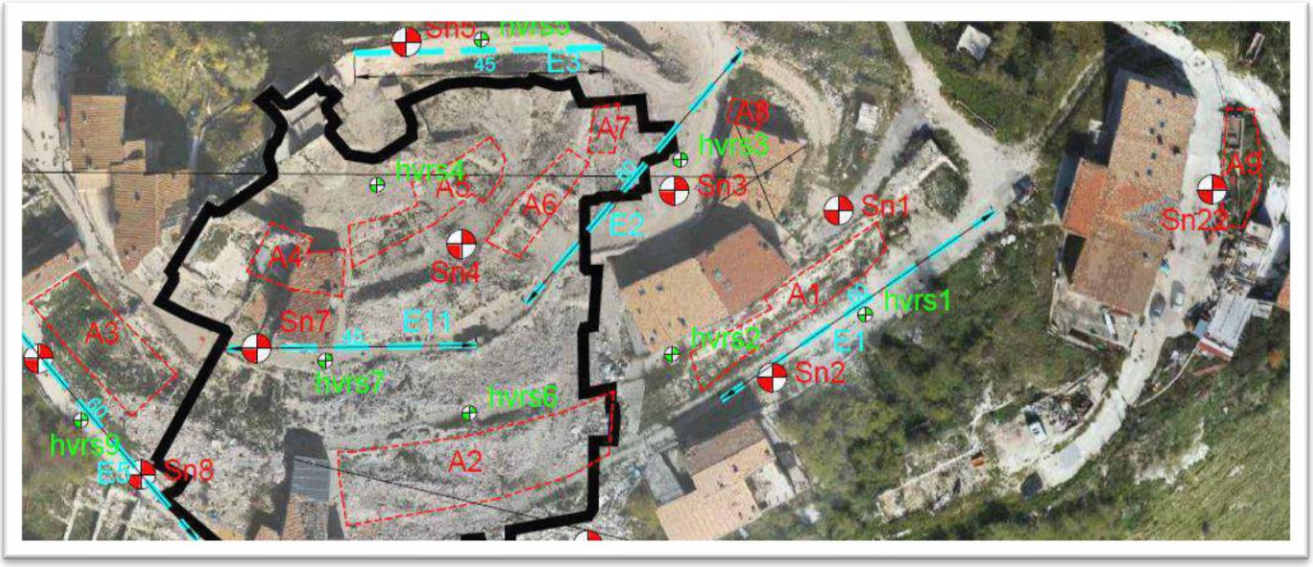




Sondaggio	Quota boccapozzo	Profondità	Prove S.P.T.	Dilatometriche in foro	Campioni prelevati per PLT	Attrezzatura foro
	(m s.l.m.)	(m)	n	n.	n.	
S1	1435	12	2	4	1	
S2	1427	12	2	4	2	
S3	1450	15	1	5	3	Inclinometro
S4	1456	30	-	6		Down-Hole
S5	1452	15	3	5	1 da parete	Inclinometro
S6	1402	12	2	4	1	
S7	1455	30	-	6		Down-Hole
S8	1413	12	3	4		Piezometro
S9	1436	15	2			Inclinometro
S10	1423	8	3	2		
S11	1424	8	3	2		
S12	1424	8	3	2		
S13	1416	8	-			
S14	1418	8	3	2		
S15	1420	8	3	2		
S16	1429	8	3	2	2 da parete	
S17	1427	8	3	2		
S18	1422	8	3			
S19	1432	8	3			
S20	1431	8	3			
S21	1435	8	3			
S22	1418	8	3	2		
S23	1443	20	-		2	Inclinometro
S24	1436	20	2	2	3	Inclinometro
S25	1435	20	-			
S26	1406	15	4			

La descrizione delle stratigrafie di sondaggio è riportata nell'**Allegato 4**

Rilievi geomeccanici in affioramento



	RILIEVI GEOMECCANICI			
	AREA	**Peso di volume (kN/mc)**	**Formazione**	**RMR**
Zona 3	A_1	26	Maiolica	31,5
Zona 2	A_2	24	Calcari Diasprigni	30,9
Zona 2	A_3	24	Calcari Diasprigni	30,9
Zona 2	A_4	24	Calcari Diasprigni	37,8
Zona 3	A_5	26	Maiolica	37,8
Zona 3	A_6	26	Maiolica	43,4
Zona 3	A_7	26	Maiolica	31,5
Zona 3	A_8	26	Maiolica	31,5
Zona 3	A_9	26	Maiolica	31,5
	Dati pregressi (par. 6,1,1)			
Zona 3	Sito_1-1		Maiolica	59,9
Zona 3	Sito_1-2-3		Maiolica	53,6
Zona 3	**Valore medio**	**esclusi dati pregressi**	**Maiolica**	**34,53**
Zona 2	**Valore medio**	**esclusi dati pregressi**	**Calcari Diasprigni**	**33,20**

Indagini geofisiche

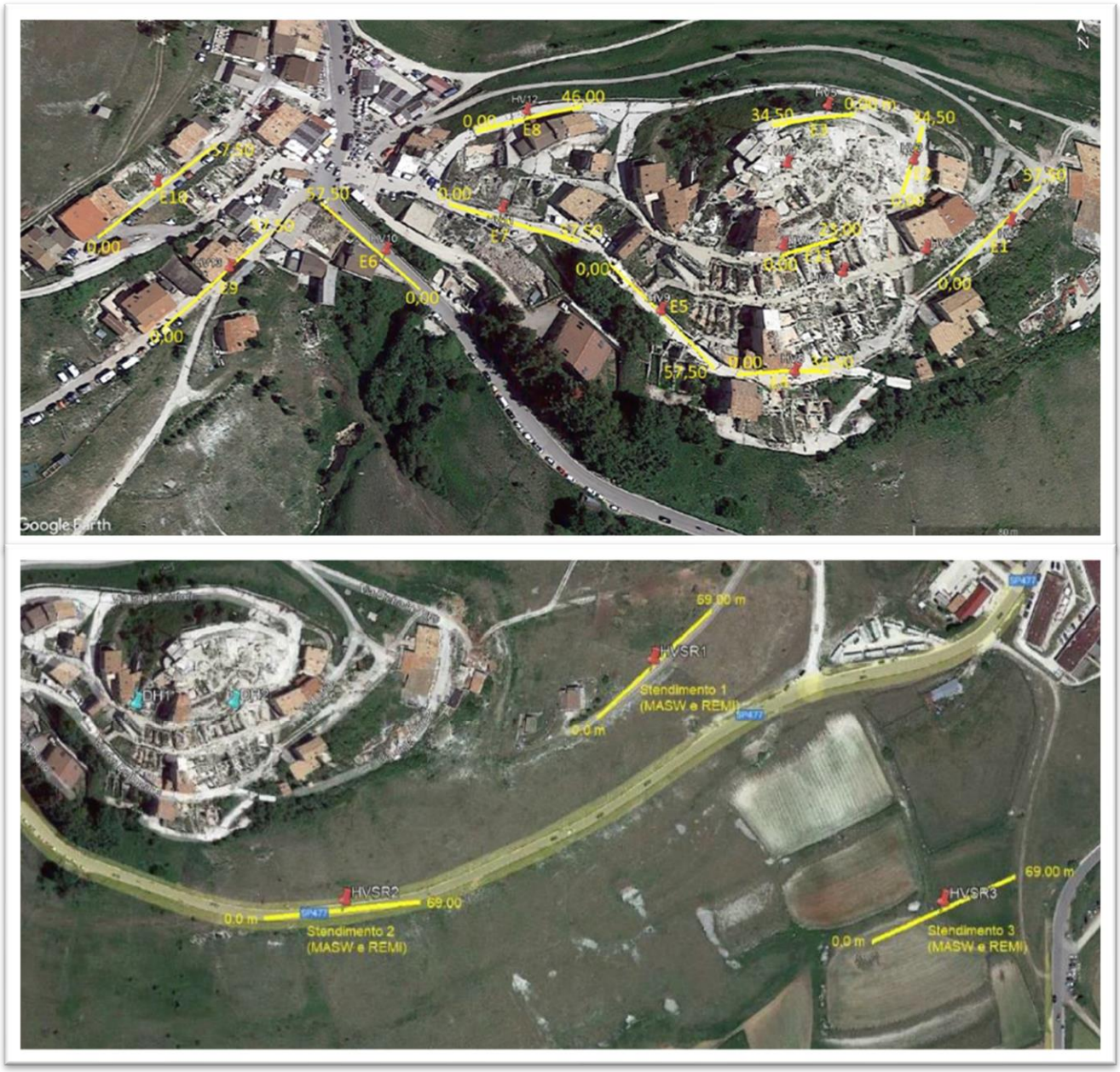


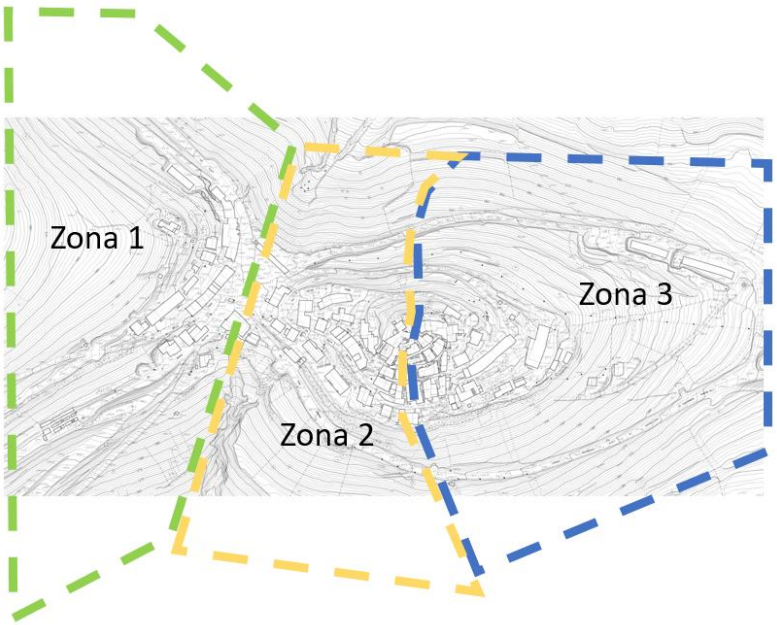
Foto satellitare reperita da Google Earth. In giallo gli stendimenti effettuati e in rosso la registrazione dei microtremori

MASW	Rifrazione onde P e S	HVSR
E1	E1	1
E2	E2	2
E3	E3	3
E4	E4	4
E5	E5	5
E6	E6	6
E7	E7	7
E8	E8	8
E9	E9	9
E10	E10	10
E11	E11	11
		12
		13
		14

6.3 Modello del Sottosuolo e indicazioni per la modellazione geotecnica

L'area interessata dal progetto, nelle sue diverse fasi, risulta essere molto estesa e diversificata per quanto riguarda la natura del substrato geologico e per l'assetto morfologico.

Per poter fare una analisi mirata delle indagini disponibili e per non disperdere informazioni statisticamente minoritarie ma rilevanti in un contesto più specifico, si è suddivisa l'intera area di studio in tre diverse Zone secondo lo schema riportato nella figura seguente contraddistinte nella trattazione dai tre diversi colori.



La **Zona 1** comprende la parte Ovest di Castelluccio e comprende le stecche di fabbricati disposte lungo le curve di livello. Il substrato geologico è costituito dalla Formazione della Maiolica con stratificazione a franapoggio più inclinato del pendio e con leggera e localizzata copertura detritica. Lungo le strade, anch'esse disposte lungo le linee di quota, si riscontra la presenza di terreni di riporto pesti a tergo dei muri di contenimento a valle delle strade stesse.

La **Zona 2** comprende la parte della sella morfologica della piazza centrale di Castelluccio, interessata da roccia molto fratturata per la presenza di una antica dislocazione tettonica, abbondanti depositi detritici e terreni di riporto in corrispondenza del bordo esterno delle strade e dei terrazzamenti. La zona si estende fino alla vetta della collina di Castelluccio. Il substrato geologico è costituito dalla Formazione dei Calcari Diasprigni che si presentano con mesopieghe ed intensa fratturazione.

La **Zona 3** si estende dalla vetta di Castelluccio fino a tutta la parte orientale del paese. Il substrato geologico è costituito dalla Formazione della Maiolica con stratificazione quasi verticale e con leggera e localizzata copertura detritica che aumenta di spessore verso le parti inferiori dei versanti.

Si premette che si rimanda al Progettista la verifica della congruità e dell'adeguatezza dei modelli geotecnico e sismico illustrati in relazione, che potrebbero essere approfonditi e/o modificati sulla base di ulteriori considerazioni o elaborazione delle indagini che lo stesso riterrà opportuno realizzare.

Sondaggi e prove SPT in foro

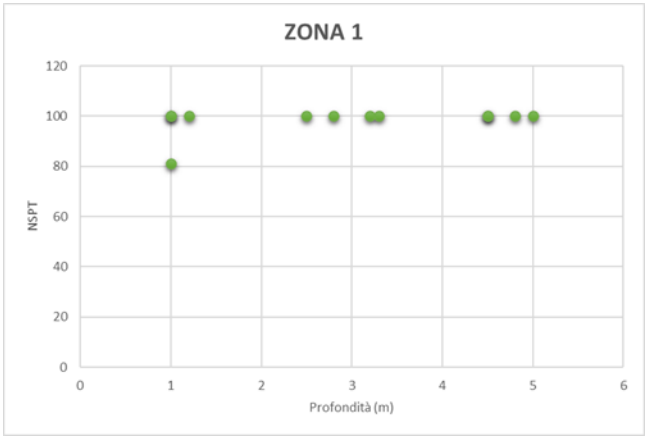
Lungo i sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche standard SPT è un tipo di indagine geotecnica per ricavare e studiare le caratteristiche di un terreno. Questa prova consiste nel far penetrare nel terreno un campionatore standardizzato (campionatore a pareti grosse Raymond o a punta chiusa) sotto i colpi di un maglio con peso di 63,5 kg e da un'altezza di 76 cm. Il maglio, battendo a caduta libera sulle aste standard che prolungano il campionatore, infigge l'attrezzo nel terreno. Le misure vengono effettuate per tre avanzamenti consecutivi di 15 cm ciascuno, contando il numero di colpi necessari (Nspt) per ogni avanzamento. La resistenza alla penetrazione del terreno è caratterizzata dalla somma del numero di colpi per il secondo e terzo avanzamento, cioè N=N2+N3. La prova viene eseguita al fondo di un foro di sondaggio, scavato in precedenza alla profondità desiderata.
La prova va a rifiuto se il numero di colpi del primo avanzamento (N1) è maggiore di 50 prima dei 15 cm o se N2+N3 è maggiore di 100 colpi prima dei 30 cm di avanzamento.
Vi sono numerose correlazioni tra la resistenza alla penetrazione (N_{SPT}) e i parametri geotecnici dei terreni sia granulari che coesivi.

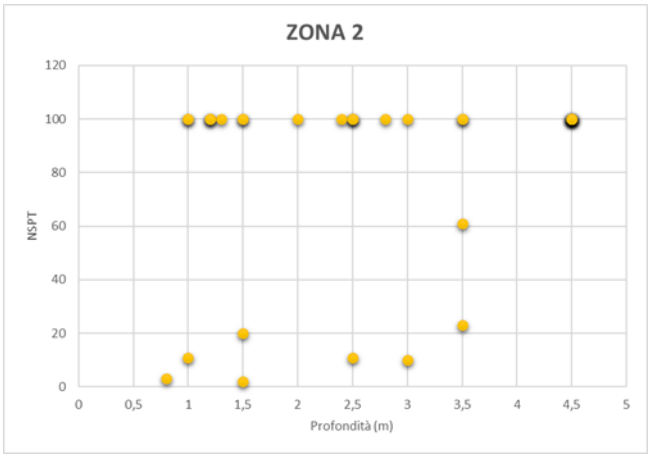
Di seguito si riportano i valori delle prove SPT effettuate e una ipotesi di correlazione Nspt/angolo di attrito interno per terreni granulari, puramente indicativa.
Si noti come la maggior parte delle prove sia andata a rifiuto. In particolare solamente nella Zona 2, i sondaggi S5, S9 ed S10 hanno fornito valori di SPT per cui risulta possibile effettuare una correlazione. Tali livelli sono riferiti a terreni superficiali costituiti da riporto o eluvium, posti a profondità massima di 3,5 m dal piano di perforazione.

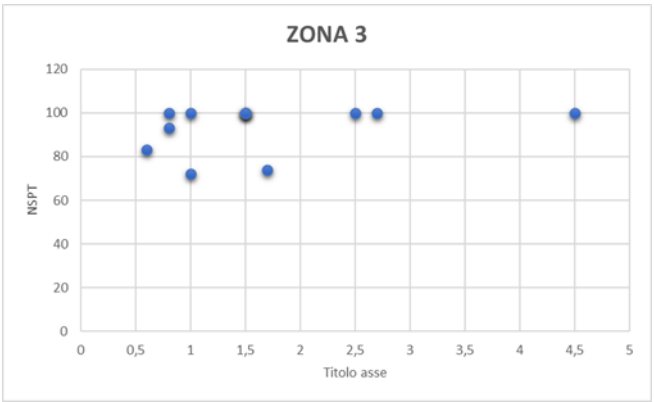
SPT in foro di sondaggio

	Sondaggio	Profondità	n. Colpi
ZONA 3	S1	0,6	26/37/46
		1,5	38/47/R-9cm
ZONA 3	S2	0,8	31/43/50
		1,5	50/R-8cm
ZONA 3	S3	0,8	50/R-7cm
ZONA 4	S4	-	
ZONA 2	S5	0,8	1/2/1
		1,5	1/1/1
		3,5	11/24/37
ZONA 2	S6	1,5	30/50/R-7cm
		2	50/R-11cm
ZONA 2	S7	-	
ZONA 2	S8	1,2	29/48/50R-12cm
		2,4	37/50/R-7cm
		3,5	27/47/50R-3cm
ZONA 2	S9	1,5	4/9/11
		3,5	3/11/12
ZONA 2	S10	1	3-5-6
		3	3-4-6
		4,5	24/R-9cm
ZONA 2	S11	1	37/R-11cm
		3	45/R-13cm
		4,5	46/R-11cm
ZONA 2	S12	1	30/R-8cm
		2,5	48/R-7cm
		4,5	R-7cm
ZONA 2	S13	-	-
ZONA 2	S14	1,2	47/R-12cm
		3,5	50/R-8cm
		4,5	R-6cm
ZONA 2	S15	1,2	38/R-11cm
		2,5	45/R-9cm
		4,5	47/R-12cm
ZONA 2	S16	1,3	46/R-8cm
		2,5	49/R-12cm
		4,5	50/R-10cm
ZONA 2	S17	1,5	28/R-8cm
		2,8	35/R-11cm
		4,5	21/R-6cm
ZONA 1	S18	1	30/R-7cm
		2,8	36/48/R-12cm
		4,5	46/R-12cm
ZONA 1	S19	1	27/37/R-8cm
		3,3	47/R-11cm
		5	50/R-12cm
ZONA 1	S20	1,2	21/40/R-6cm
		3,2	45/47/R-9cm
		4,8	46/R-10cm
ZONA 1	S21	1	27/36/45
		2,5	40/R-10cm
		4,5	45/R-12cm
ZONA 3	S22	1	9/28/50/6cm
		1,5	10/22/50/9cm
		4,5	24/20/R-10cm
ZONA 3	S23	-	-
ZONA 3	S24	1	12/29/43
		1,7	18/33/41
ZONA 2	S25	-	-
ZONA 3	S26	-	-

Zona 3	S1-(21)	2,5	31/47/R
Zona 3	S2-(21)		
Zona 2	S3-(21)	4,5	43/R
Zona 1	S4-(21)	5,2	R
Zona 3	S5-(21)	2,7	47/R
Zona 2	S6-(21)	2,5	6/5/6







PECK-HANSON & THORNBURN. Il metodo è applicabile per terreni sciolti in genere nei primi 5 m per le litologie di terreni sopra falda, con tensioni efficaci inferiori a 10 t/mq.

PECK-HANSON & THORNBURN			
	Profondità (m)	**Nspt** (colpi/piede)	**ϕ** (gradi)
S 5	0,8	3	**28**
	1,5	2	**25**
	3,5	61	**44**
S9	1,5	20	**32**
	3,5	23	**34**
S 10	1	11	**30**
	3	10	**30**
	4,5	100	**55**
S 11	1	100	**55**
	3	100	**55**
	4,5	100	**55**
S 12	1	100	**55**
	2,5	100	**55**
	4,5	100	**55**
S 14	1,2	100	**55**
	3,5	100	**55**
	4,5	100	**55**
S 21	1	81	**50**
	2,5	100	**55**
	4,5	100	**55**
S 24	1	72	**48**
	1,7	74	**48**

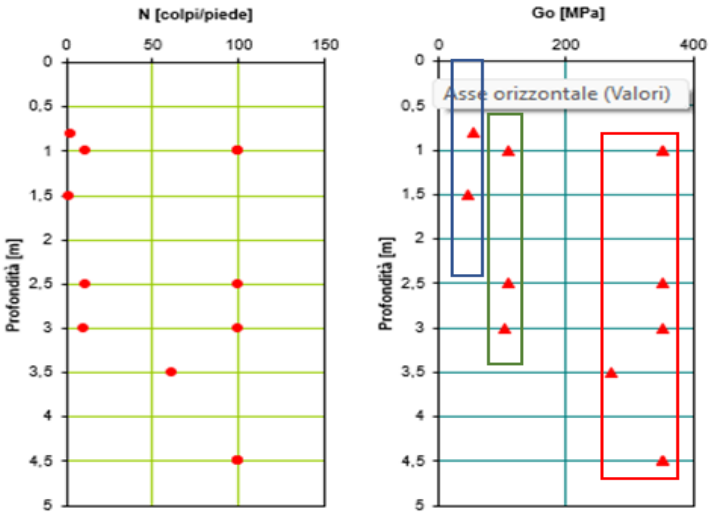
LITOLOGIE		a	b	r
Argille	Alluvionali	10,4	1,07	0,5
	Alluvionali	17,3	0,607	0,715
	Glaciali	24,6	0,555	0,712
	Alluvionali	16	0,71	0,921
Sabbie	Alluvionali	12,3	0,611	0,671
	Glaciali	17,4	0,631	0,728
Ghiaie	Alluvionali	8,1	0,777	0,798
	Glaciali	31,3	0,526	0,552

r = coefficiente di correlazione

STIMA DEL MODULO DI TAGLIO DA PROVE SPT

Crespellani e Vannucchi (1991)
Imai e Tonouchi (1982)

profondità [m]	N [colpi/piede]	a	b	Go [Mpa]
0,8	3	31,30	0,526	55,78
1,5	2	31,30	0,526	45,07
3,5	61	31,30	0,526	272,04
1	11	31,30	0,526	110,49
3	10	31,30	0,526	105,09
4,5	100	31,30	0,526	352,81
1	100	31,30	0,526	352,81
3	100	31,30	0,526	352,81
4,5	100	31,30	0,526	352,81
1	100	31,30	0,526	352,81
2,5	100	31,30	0,526	352,81
4,5	100	31,30	0,526	352,81
2,5	11	31,30	0,526	110,49



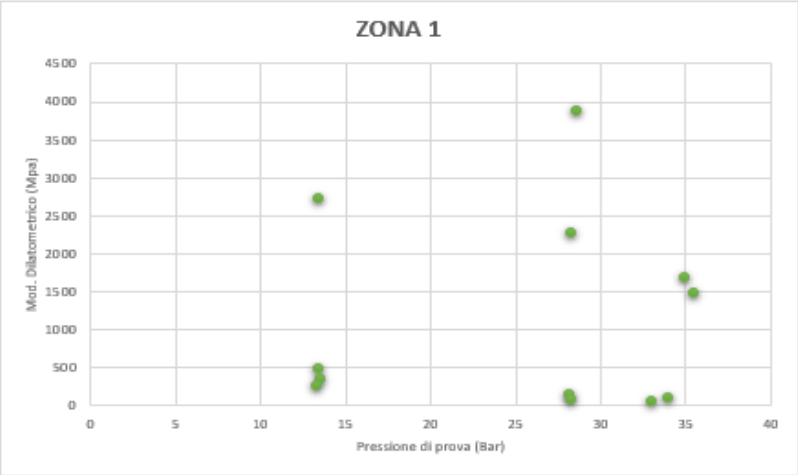
a, b coefficenti litologici
Go modulo di taglio

Prove Dilatometriche in foro

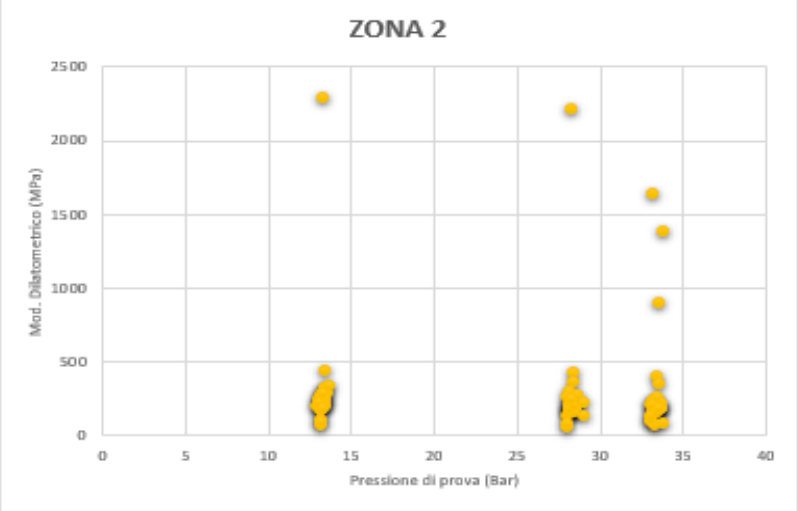
Zona	Sondaggio	Litotipo	Dilat quota (m)	Pressione (Bar)	Mod. Dilatometrico (Mpa)
Zona 1	Sondaggio 22	Maiolica	5,5	13,5	351,4
				28,2	148,5
				33	47,9
			7	13,3	255,2
				28,3	90
				34	105,8
Zona 1	Sondaggio 24	Maiolica	8,5	13,4	2725,1
				28,6	3868
				35,5	1484,8
			10,5	13,4	480,5
				28,3	2267,4
				34,9	1694,7
Zona 3	Sondaggio 1	Maiolica	5,5	13,1	293,9
				28	103,2
				32,9	56,7
			7,5	13,1	298,4
				28	102,6
				32,9	54,6
			9,5	13,1	163,4
				28	11,5
				32,9	62,4
			10,8	13,2	231,6
				29,2	112,6
				33,1	86,4
Zona 3	Sondaggio 2	Maiolica	6	13,5	177,4
				29,2	281,4
				34,1	88,4
			8,5	13,1	156,8
				28,1	249,3
				33,7	135,1
			10	13,3	181,3
				28,3	212,1
				33,4	96,3
			11	13,3	136,4
				28,3	144,5
				33,4	65,5
Zona 3	Sondaggio 3	Maiolica	5,5	13,5	343,2
				28,1	220,8
				33	120,1
			8	13,3	162
				27,8	198,2
				34	150
			10	13,2	202,7
				28,3	150,3
				33,4	134,4
			11,5	13,4	406,5
				28,5	161,3
				33,1	82,9
			13,5	13,3	275
				28,2	94,2
				33,2	79,9

Zona	Sondaggio	Litotipo	Dilat quota (m)	Pressione (Bar)	Mod. Dilatometrico (Mpa)
Zona 2	Sondaggio 5	Diaspri	5,5	13,3	215,1
				28	54,2
				33,2	230,8
			7	13,4	229,9
				28,3	206,7
				33,5	150,7
			9	13,3	221,8
				28,2	302
				33,7	217,7
			11	13,6	279,1
				28,4	150,1
				33,1	93,2
			13	13,3	279,9
				28,7	273
				33,5	398,5
Zona 2	Sondaggio 6	Diaspri	6	13,2	275,1
				29	131,2
				33,2	1634
			7,5	13,2	67,1
				28,2	156,2
				33,3	84,4
			9	13,5	312,7
				28,5	180,6
				33,2	160,3
			10,5	13,4	323,9
				28,4	361,4
				33,8	1384,2
Zona 2	Sondaggio 8	Diaspri	5,5	13,3	222,4
				28,2	173
				33,4	204
			7,5	13,4	203,6
				28,5	180,1
				33,6	898,6
			9,5	13,3	219,6
				28,2	212,8
				33,3	64,1
			10,5	13,3	2289,3
				28,3	2206,7
				33,6	182,2
Zona 2	Sondaggio 10	Ghiaia	5,8	13,2	162,5
				28,3	178,5
				33,7	177,1
			7	13	197,5
				28	130,6
				33,1	106,2
Zona 2	Sondaggio 11	Diaspri	5,8	13,2	162,5
				28,3	178,5
				33,7	177,1
			7,2	13,2	110,1
				28,2	156,8
				33,3	152,4
Zona 2	Sondaggio 12	Diaspri	5	13,1	250,5
				28,4	427,3
				33,1	126
			7	13,5	259,1
				28,1	253,5
				33,6	348,4
Zona 2	Sondaggio 14	Diaspri	5,5	13,3	238,3
				28,3	169,3
				33,4	149,8
			7	13,4	197,7
				28	80,7
				33,1	200,6
Zona 2	Sondaggio 15	Diaspri	5,4	13,3	277,1
				28,2	203,8
				33,2	189,5
			7,1	13,7	340,7
				28,4	151,5
				33,8	77,9
Zona 2	Sondaggio 16	Diaspri	5	13,2	91,3
				28,2	178,3
				33,2	204,9
			6,8	13,5	431,3
				28,4	212,6
				33,5	261,6
Zona 2	Sondaggio 17	Diaspri	5,5	13,1	224,9
				28,3	241,5
				33,7	175,2
			7	13,3	183,9
				29,1	219,9
				33,6	176,3

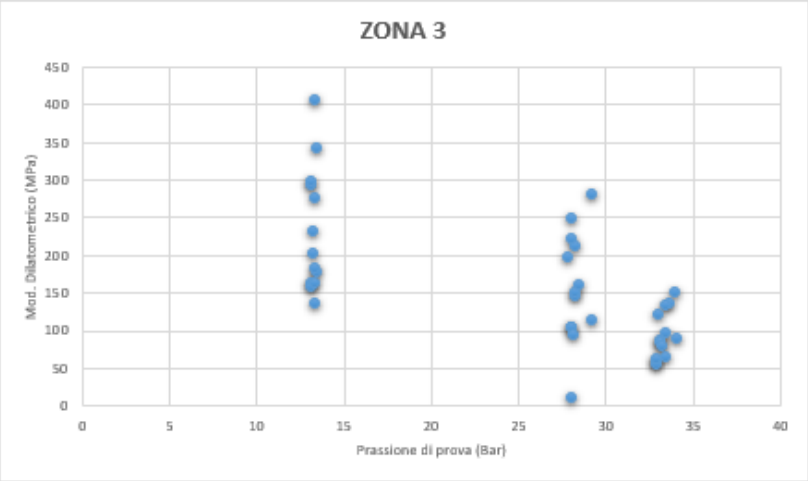
Dai grafici sottostanti si può notare come i valori del modulo dilatometrico, dei vari gradini di prova, assuma valori in genere piuttosto dispersi.



La zona 1 – Presenta gran parte dei valori al di sotto di 500 Mpa con picchi più alti tra 1.000 e 4.000 Mpa.



La zona 2 - Ha per i tre gradini di prova, la maggior parte dei valori al di sotto di 500 Mpa e rari picchi al di sopra dei 1.000 Mpa.



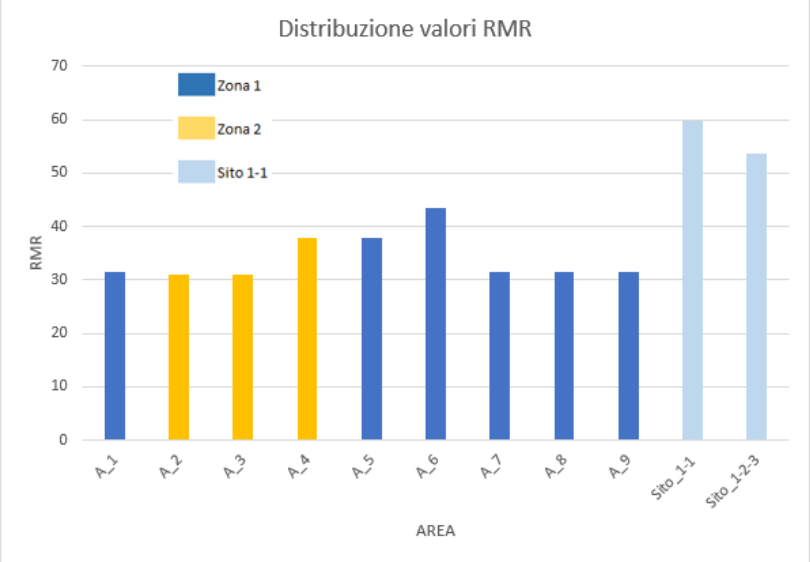
La zona 3 - Presenta grande variabilità dei valori, per i tre gradini, ma sempre al di sotto di 400 Mpa.

Rilievi geomeccanici in affioramento

Il rilievo geologico dell'area ha evidenziato che in effetti la profondità del substrato roccioso è molto limitata in tutto il versante che solamente nella parte bassa è ricoperto di coltri clastiche che da tempo immemorabile vengono coltivate dall'uomo.

Il rilievo geomeccanico è stato svolto attraverso stazioni di rilevamento geostrutturale, secondo le norme I.S.R.M. (International Society for Rock Mechanics) che hanno preso in considerazione settori caratterizzati da omogeneità dei dati che si ritengono rappresentativi delle condizioni strutturali dell'ammasso roccioso in esame.

	RILIEVI GEOMECCANICI			
	AREA	**Peso di volume (kN/mc)**		**RMR**
Zona 3	A_1		Maiolica	31,5
Zona 2	A_2		Calcari Diasprigni	30,9
Zona 2	A_3		Calcari Diasprigni	30,9
Zona 2	A_4		Calcari Diasprigni	37,8
Zona 3	A_5		Maiolica	37,8
Zona 3	A_6		Maiolica	43,4
Zona 3	A_7		Maiolica	31,5
Zona 3	A_8		Maiolica	31,5
Zona 3	A_9		Maiolica	31,5
	Dati pregressi (par. 6,1,1)			
Zona 3	Sito_1-1		Maiolica	59,9
Zona 3	Sito_1-2-3		Maiolica	53,6
Zona 3	**Valore medio**	**esclusi dati pregressi**	**Maiolica**	**34,53**
Zona 2	**Valore medio**	**esclusi dati pregressi**	**Calcari Diasprigni**	**33,20**



La classificazione di Bieniawski (1973)

In base al valore di RMR l'ammasso roccioso sarà ascrivibile ad una delle 5 classi di qualità individuate da Bieniawski (Tabella seguente) A ciascuna classe sono associati i valori di alcune importanti caratteristiche meccaniche: coesione, angolo d'attrito, tempo di autoportanza (tempo di stabilità senza sostegni) e lunghezza o luce libera dello scavo (lunghezza che rimane stabile per il tempo necessario a realizzare tutte le operazioni di sgombero e messa in opera dei sostegni).

RMR		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Classe		V	IV	III	II	I
Qualità dell'ammasso		molto scadente	scadente	discreta	buona	ottima
Coesione	c [MPa]	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	>0,4
Angolo d'attrito	φ (°)	<15	15-25	25-35	35-45	>45
Tempo di autoportanza		10 min	5 ore	1 sett	6 mesi	10 anni
Lunghezza libera di scavo	[m]	0,5	1,5	2	4	5

I valori medi ottenuti, non mostrano grande variazione tra le diverse Formazioni geologiche, rispettano il range di valori della classe di qualità scadente e sono pari a 0,1÷0,2 MPa per la coesione, 20÷30° per l'angolo d'attrito.
I parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso possono essere correlati direttamente a BRMR attraverso le seguenti relazioni (Bieniawski, 1989):

- angolo di attrito dell'ammasso roccioso ϕ [°] = 5 + BRMR/2
- coesione dell'ammasso roccioso c[MPa] = 0,005* BRMR
- modulo elastico dell'ammasso roccioso E [GPa] = $10^{\text{BRMR-10/40}}$

Indice RMR	0 - 25	25 - 50	50 - 70	70 - 90	90 - 100
Classe	V	IV	III	II	I
Qualità	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima
C (kg/cmq)	>1	1 - 1,5	1,5 - 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0
? (°)	>30°	30° - 35°	35° - 40°	40° - 45°	>45°

Indagini MASW, Down Hole e HVSR

INDAGINI MASW e DOWN HOLE

Le indagini MASW estese su tutte le aree interessate dal progetto, hanno consentito di investigare profondità maggiori rispetto quelle raggiunte dalla sismica a rifrazione.
I dati analizzati mettono in evidenza che non sono presenti inversioni di Vs con la profondità e che le Vs risultano aumentare rapidamente con la profondità stessa.
L'elaborazione dei dati ricavati dalle MASW ha permesso inoltre di ricavare per i terreni investigati, il valore delle velocità delle onde sismiche equivalenti:

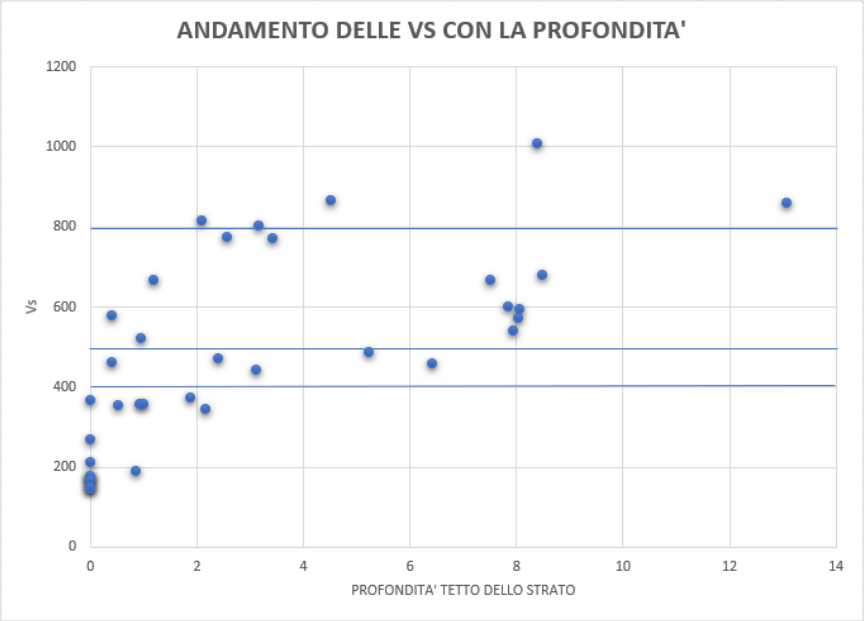
$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

(*N.T.C.2018 – par. 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*).

MASW		Sismostrato	Profondità (m)		Spessore (m)	Vs (m/s)	VsEq	Cat. Sottosuolo
Zona 3	E1	1	0	0,27	0,27	170	441	B (A)
		2	0,27	2,01	1,74	464		
		3	2,01	3	0,99	675		
		4	3	30	27	873		
Zona 3	E2	1	0	0,95	0,95	172	386	B
		2	0,95	3,44	2,49	520		
		3	3,44	4,51	1,07	772		
		4	4,51	30	25,49	865		

Zona 3	E3	1	0	2,58	2,58	176	600	B
		2	2,58	30	27,42	775		
Zona 2	E4	1	0	2,4	2,4	365	386	B
		2	2,4	3,17	0,77	472		
		3	3,17	30	26,87	801		
Zona 2	E5	1	0	0,54	0,54	170	438	B
		2	0,54	5,23	4,69	354		
		3	5,23	8,48	3,25	487		
		4	8,48	13,07	4,59	678		
		5	13,07	30	16,93	860		
Zona 2	E6	1	0	0,93	0,93	148	448	B
		2	0,93	7,95	7,02	356		
		3	7,95	30	22,05	539		
Zona 2	E7	1	0	1,01	1,01	145	483	B
		2	1,01	6,43	5,42	358		
		3	6,43	7,85	1,42	457		
		4	7,85	30	22,15	600		
Zona 2	E8	1	0	1,88	1,88	166	453	B
		2	1,88	8,04	6,16	373		
		3	8,04	30	21,96	571		
Zona 1	E9	1	0	1,31	1,31	268	496	B
		2	0,4	7,52	6,21	579		
		3	7,52	8,39	0,87	667		
		4	8,39	30	21,61	1007		
Zona 1	E10	1	0	0,85	0,85	147	472	B
		2	0,85	2,17	1,32	189		
		3	2,17	3,12	0,95	345		
		4	3,12	8,07	4,95	443		
		5	8,07	30	21,93	595		
Zona 3	E11	1	0	0,4	0,4	212	423	B (A)
		2	0,4	1,2	0,8	460		
		3	1,2	2,1	0,9	666		
		4	2,1	30	27,9	814		

Dai risultati delle MASW si nota come lo strato di terreno con velocità Vs basse (< 400 m/sec) ascrivibili a terreni di riporto o depositi di versante o a roccia molto fratturato e alterata, è generalmente inferiore a 4-5 m, solo in E6, E7 ed E8, tale strato raggiunge uno spessore massimo di 6-8 m. Generalmente a questo primo strato segue un livello, non sempre presente, con velocità Vs comprese tra 400 e 500 m/sec, riferibile a roccia fratturata. Lo spessore di questo secondo strato si aggira generalmente tra 0,5 e 5 m. Il terzo strato, con velocità Vs comprese tra 500 e 800 m/s, riferibile alla roccia da molto a poco fratturata, si estende, in molti casi, dai primi metri dal p.c a oltre 30 m. Su circa metà delle prospezioni è stato raggiunto il bedrock sismico con Vs > 800 m/sec (E1-E2-E3-E4-E9-E11).



A supporto delle indagini sismiche eseguite con il presente piano di indagini si riportano nello schema anche i risultati di tre Down Hole effettuate nella campagna di indagini per "Ripristino della viabilità di accesso al nucleo abitato sul versante nord di Castelluccio" tra il 2021 e 2022.

DOWN HOLE	Sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	VsEq	Cat. Sottosuolo
DH-1	1	0	3,27	3,27	372	A
	2	3,27	30	26,73	1409	
DH-2	1	0	4,76	4,76	558	A
	2	4,76	30	25,24	2065	
DH-1-21	1	0	3	3	360	
	2	3	6	3	561	
	3	6	10	4	760	
DH-2-21	1	0	4	4	401	
	2	4	7	3	511	
	3	7	10	3	612	
DH-3-21	1	0	6	6	391	
	2	6	9	3	571	
	3	9	11	2	910	

Dalle elaborazioni delle indagini MASW, considerando cautelativamente come piano di fondazione l'attuale piano di campagna della prova, in base alla tabella 3.2.II del D.M. 16/01/2018

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

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

si ottiene la **categoria di sottosuolo di tipo B**: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

Nella MASW E1 ed E11, considerato che lo spessore della copertura con terreni scadenti è attualmente pari a circa 3 m, si potrebbe anche avere una categoria di sottosuolo "A": *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*

Dall'elaborazione dei risultati delle velocità di propagazione sono stati calcolati i valori dei parametri elastici dell'ammasso roccioso. Per le profondità comprese tra 5 e 10 m si ottengono i seguenti valori:

- Sondaggio DH-1, modulo elastico E da 1700 a 3160 MPa
- Sondaggio DH-2, modulo elastico E da 1130 a 3500 MPa
- Sondaggio DH-3, modulo elastico E da 1800 a 4240 MPa

Valore medio 2600 MPa

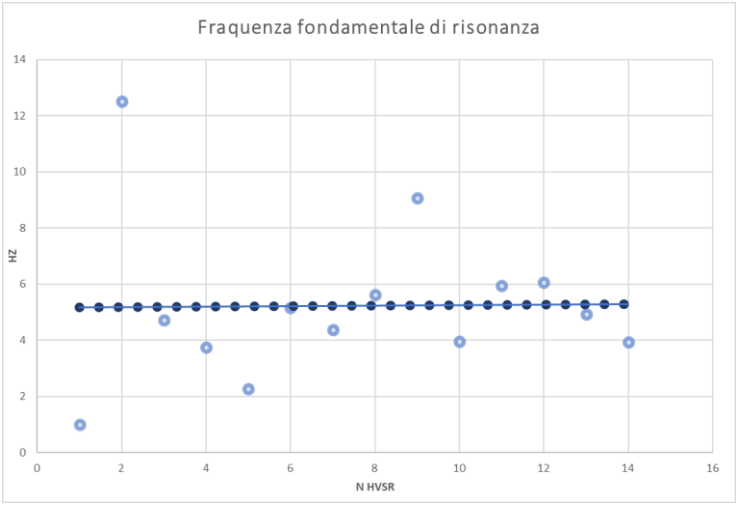
La diffusa campagna geofisica svolta fornisce dei risultati che riassumono sostanzialmente anche i risultati delle altre indagini svolte (sondaggi e rilievo geostrutturale ecc.). In generale, non vi sono sostanziali differenze di risposta dinamica dei terreni tra le varie zone e tra le diverse litologie presenti nell'area di progetto. Il bedrock litoide sia di natura prevalentemente calcarea (Formazione della Maiolica) che calcareo selciosa (Formazione dei Calcari Diasprigni) risponde in maniera pressoché

analoga in virtù del suo elevato stato di fratturazione che influenza sostanzialmente e prioritaria le velocità delle onde S.

INDAGINI HVSR

Le indagini HVSR si basano sulla misura del "rumore di fondo" dei microsismi ed hanno lo scopo di valutare la frequenza fondamentale di risonanza dei terreni presenti nel sottosuolo. In totale sono state effettuate 14 prove HVSR con i seguenti risultati:

	HVSR	Picco Hz
ZONA 3	1	1
ZONA 3	2	12,5
ZONA 3	3	4,72
ZONA 2	4	3,75
ZONA 3	5	2,28
ZONA 3	6	5,16
ZONA 2	7	4,38
ZONA 3	8	5,63
ZONA 2	9	9,06
ZONA 2	10	3,97
ZONA 2	11	5,94
ZONA 2	12	6,06
ZONA 1	13	4,94
ZONA 1	14	3,94

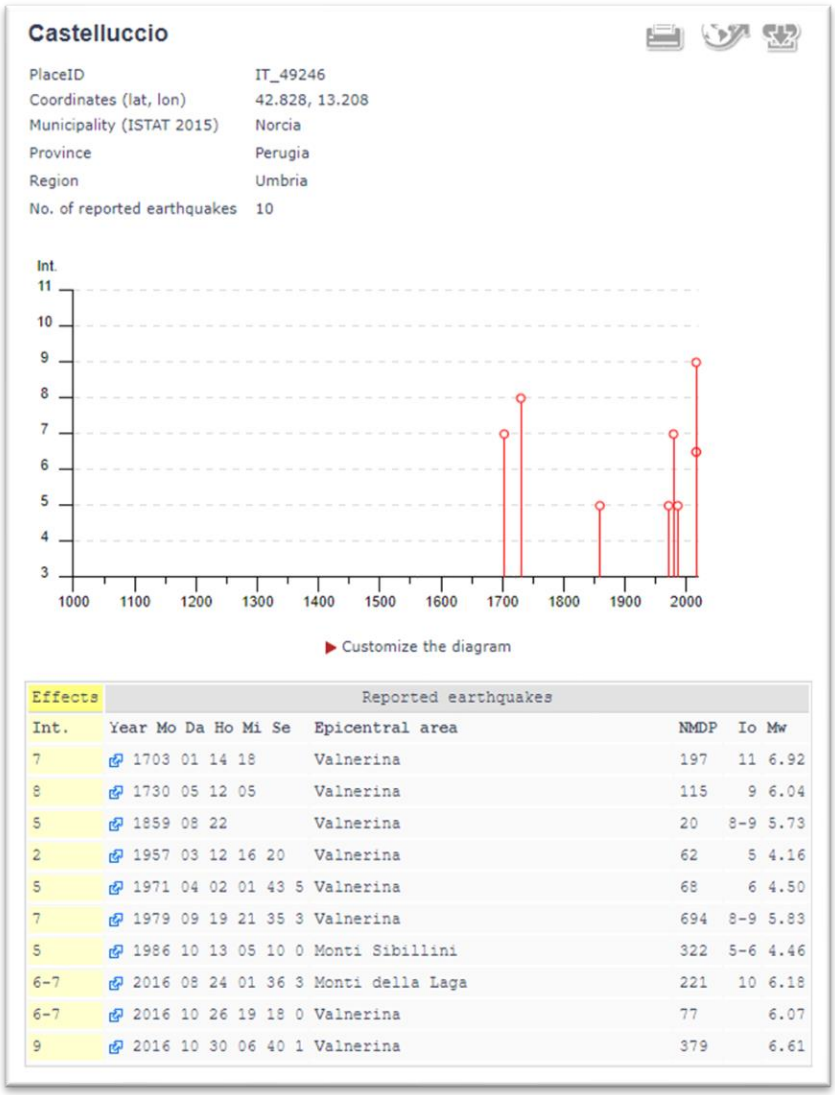


Nel complesso i valori non presentano tendenze molto diverse tra le tre Zone anche se il picco più elevato e quello più basso si riscontrano nella Zona 3. I valori della frequenza di risonanza fondamentale presentano una media compresa tra 4 e 6 Hz.

7. APETTI SISMICI

7.1 Sismicità storica

Dalla ricostruzione storica dei terremoti avvenuti nell'area emerge una singolare coincidenza tra la recente sequenza sismica del 2016-17 e un terremoto che avvenne nel 1639 (Amatrice, Io 9-10 MCS, Mw 6.2) e devastò il centro urbano di Amatrice e le località circostanti. Questo fu seguito pochi anni dopo da due eventi di minore energia, avvenuti nel 1646 (Monti della Laga, Io 9 MCS, Mw 5.9) e nel 1672 (Amatrice, Io 7-8 MCS, Mw 5.3).
Si ricordano inoltre, il terremoto del 27 giugno 1719 (Mw 5.6) nei pressi di Preci, dove raggiunse effetti di 8 grado MCS, e quello del 22 agosto 1859 con intensità pari al 8-9 grado a Norcia. Ma il terremoto più rilevante dell'area della Valnerina è quello del 14 gennaio 1703 (Mw 6.9), un evento catastrofico che devastò moltissimi paesi nell'Appennino umbro raggiungendo anche a Roma con modesti danni. Norcia venne rasa al suolo, come Cittareale, Accumoli, Antrodoco e molte altre località tra la Valnerina e il reatino. Si ricorda poi il terremoto del 1979 (Mw 5.8), assai importante per la Valnerina, causò a Norcia danni gravi (8 MCS), ed effetti di grado 7 MCS a Preci e a Visso, e di 6-7 sia a Ussita che a Castelsantangelo sul Nera.



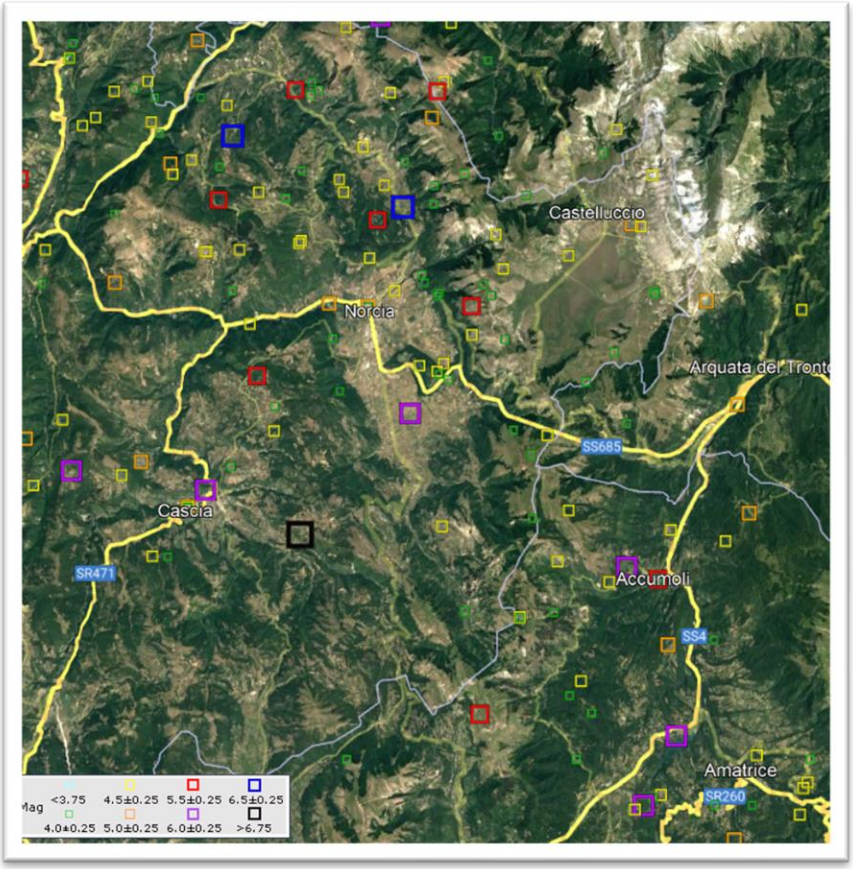
Castelluccio

PlaceID	IT_49246
Coordinates (lat, lon)	42.828, 13.208
Municipality (ISTAT 2015)	Norcia
Province	Perugia
Region	Umbria
No. of reported earthquakes	10

▶ Customize the diagram

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
8	1730	05	12	05			Valnerina	115	9	6.04
5	1859	08	22				Valnerina	20	8-9	5.73
2	1957	03	12	16	20		Valnerina	62	5	4.16
5	1971	04	02	01	43	5	Valnerina	68	6	4.50
7	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
5	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
6-7	2016	08	24	01	36	3	Monti della Laga	221	10	6.18
6-7	2016	10	26	19	18	0	Valnerina	77		6.07
9	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61

Giungendo ad eventi sismici più recenti, si ricorda che l'area del nursino è ubicata tra la zona attivata con la sequenza sismica del 1997 in Umbria-Marche e a sud quella dell'Aquila del 2009. La povertà delle conoscenze dei tempi antecedenti è tipica delle zone montane e poco abitate, cui la storiografia ufficiale dedica poca attenzione perché in genere più concentrata sugli avvenimenti riguardanti le città, quali centri del potere politico, culturale e economico.

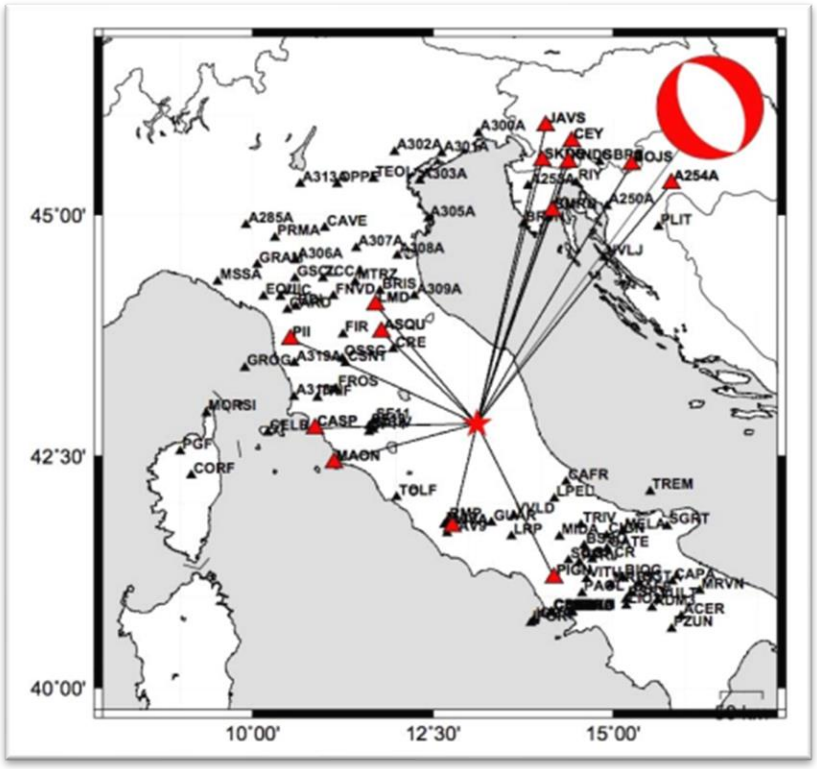


Fonte: Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4

7.1.1 Sismicità eventi 2016-2017

La sequenza sismica ebbe inizio con il terremoto M w 6.0 di Amatrice e la successiva replica M w 5.4 avvenuti il 24 agosto 2016. Da questa data inizia una ininterrotta sequenza che ha un suo nuovo apice il 26 ottobre quando due eventi di M w 5.4 e 5.9 hanno interessato l'area posta al confine Marche - Umbria tra i Comuni di Castelsantangelo sul Nera (MC), Norcia (PG) e Arquata del Tronto (AP). Il 30 ottobre si ha un nuovo forte terremoto di Mw 6.5 con epicentro nei pressi di Norcia, già profondamente colpita dalla sequenza; l'evento rappresenta il più forte terremoto registrato negli ultimi 30 anni in Italia. La sequenza sismica si è sviluppa in un'area compresa tra la sequenza del 1997 (Umbria - Marche) a Nord e la sequenza del 2009 (L'Aquila) a Sud. Si contano più di 50.000

scosse, di cui 9 con magnitudo >=5.0, 59 con magnitudo tra 4.0 e 5.0, e circa 1000 eventi di magnitudo compresa tra 3.0 e 4.0.
I meccanismi focali degli eventi principali mostrano una cinematica coerente con una fagliazione di tipo distensivo con piani nodali in direzione SSE-NNW. Le localizzazioni ipocentrali della sequenza mostrano la geometria del sistema di faglie in profondità**.**



Fonte: TDMT dell'evento principale. (http://cnt.rm.ingv.it/tdmt).

Di grande interesse, anche ai fini della progettazione delle opere, risultano i dati forniti nel "Rapporto di sintesi sul terremoto del 30 ottobre 2016".di cui si riporta di seguito uno stralcio.

RAPPORTO DI SINTESI SUL TERREMOTO IN CENTRO ITALIA M W 6.5 DEL 30 OTTOBRE 2016 - Gruppo di Lavoro INGV sul Terremoto in centro Italia)
Modelli di sorgente da dati Strong Motion

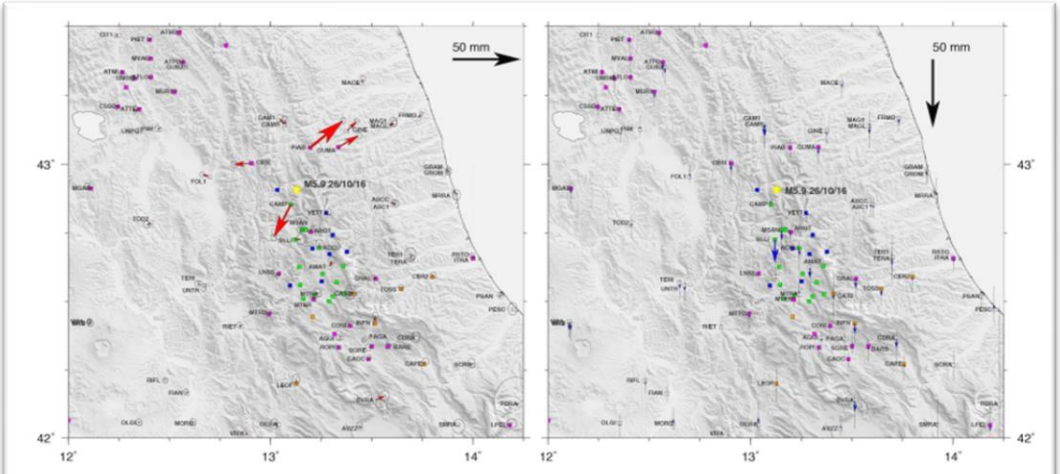


Figura 2.7.1 - Mappa degli spostamenti co-sismici GPS orizzontali (frecce rosse) e verticali (frecce blu) ottenuti dalla combinazione di tre soluzioni geodetiche indipendenti per l'evento del 26 Ottobre 2016. I quadrati bianchi mostrano la posizione delle stazioni GPS permanenti, e quelli magenta delle stazioni RING-INGV (doi:10.13127/RING). I quadrati arancione mostrano le stazioni GPS permanenti gestite da DPC e ISPRA. I quadrati verdi e blu mostrano le stazioni della rete CaGeoNet e della rete IGM, rispettivamente, ri-occupati dopo il 24 Agosto.

"La Figura 2.7.1 mostra gli spostamenti co-sismici osservati per l'evento del 26 Ottobre e la distribuzione delle diverse reti GPS operative nell'area a partire dal 24 Agosto.

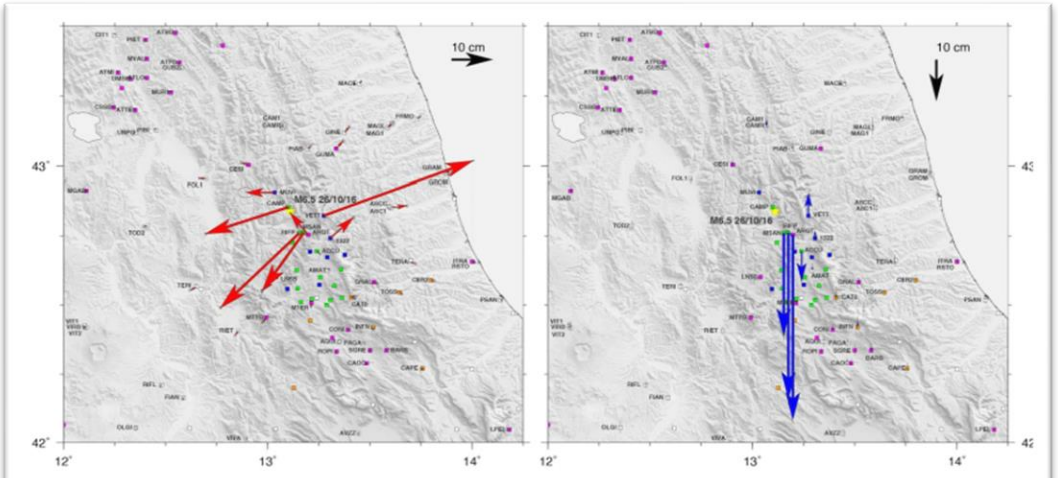


Figura 2.7.2 - Mappa degli spostamenti co-sismici GPS orizzontali (frecce rosse) e verticali (frecce blu) ottenuti dalla combinazione di tre soluzioni geodetiche indipendenti per l'evento del 30 Ottobre 2016. I quadrati bianchi mostrano la posizione delle stazioni GPS permanenti, e quelli magenta delle stazioni RING-INGV (doi:10.13127/RING). I quadrati arancione mostrano le stazioni GPS permanenti gestite da DPC e ISPRA. I quadrati verdi e blu mostrano le stazioni della rete CaGeoNet e della rete IGM, rispettivamente, ri-occupati dopo il 24 Agosto.

La Figura sottostante mostra invece gli spostamenti co-sismici osservati per l'evento del 30 Ottobre (si noti la diversa scala dei vettori nelle due figure).

In entrambi i casi, gli spostamenti sono stati calcolati dai tre centri di analisi a partire dalle serie temporali delle posizioni giornaliere, come media della posizione dal giorno 17/10/2016 al giorno 26/10/2016 e la posizione al giorno 27/10/2016, per l'evento del 26 ottobre, e la media delle posizioni dal giorno 27/10/2016 al giorno 29/10/2016 e la posizione al giorno 30/10/206 per l'evento del 30 ottobre. Per l'evento del 26 ottobre, gli spostamenti co-sismici orizzontali massimi sono stati misurati alle stazioni FIAB (3.1 cm verso nord-est) e CAMP (2.7 cm verso sud-ovest), mentre la stazione SLLI ha mostrato il movimento verticale massimo, con un abbassamento di ~1.7 cm. Per quanto riguarda l'evento del 30 ottobre, gli spostamenti co-sismici orizzontali massimi sono stati osservati alle stazioni VETT (Monte Vettore) e MSAN, con uno spostamento di 38.3 cm verso nord-est e di 26 cm verso sud-ovest, rispettivamente, mentre gli spostamenti verticali massimi sono stati osservati per le stazioni ARQT, RIFP e MSAN, con un abbassamento di 44.6, 26.1 e 17.1 cm. La stazione sul Monte Vettore (VETT), invece, ha registrato un sollevamento di 5.5. cm. La Figura 2.7.3 mostra il risultato di un modello preliminare di slip per l'evento del 30 Ottobre, ottenuto dalla inversione degli spostamenti GPS mostrati in Figura 2.7.2. L'inversione è stata fatta utilizzando un modello di dislocazione a semispazio elastico, considerando una correzione per la topografia. In Figura 2.7.3 sono mostrate in magenta le box co-sismiche ottenute dall'inversione a slip-uniforme per gli eventi del 24 agosto (due box) e del 26 Ottobre. Nell'inversione dello slip co-sismico, il piano di faglia per l'evento del 30 Ottobre è fissato (length = 40 km, width = 18 km, dip= 45° e strike = 160°) ed è stata invece invertita la distribuzione di slip su patch a dimensione variabile (1x1 km fino a 3.5 km di profondità e 3.5x3.5 km per profondità maggiori) utilizzando l'approccio descritto in Cheloni et al. (2010). Il modello, che è da considerarsi assolutamente preliminare, mostra una concentrazione di slip (con un valore massimo di 2.5 m) abbastanza superficiale, corrispondente ad una MW = 6.5."

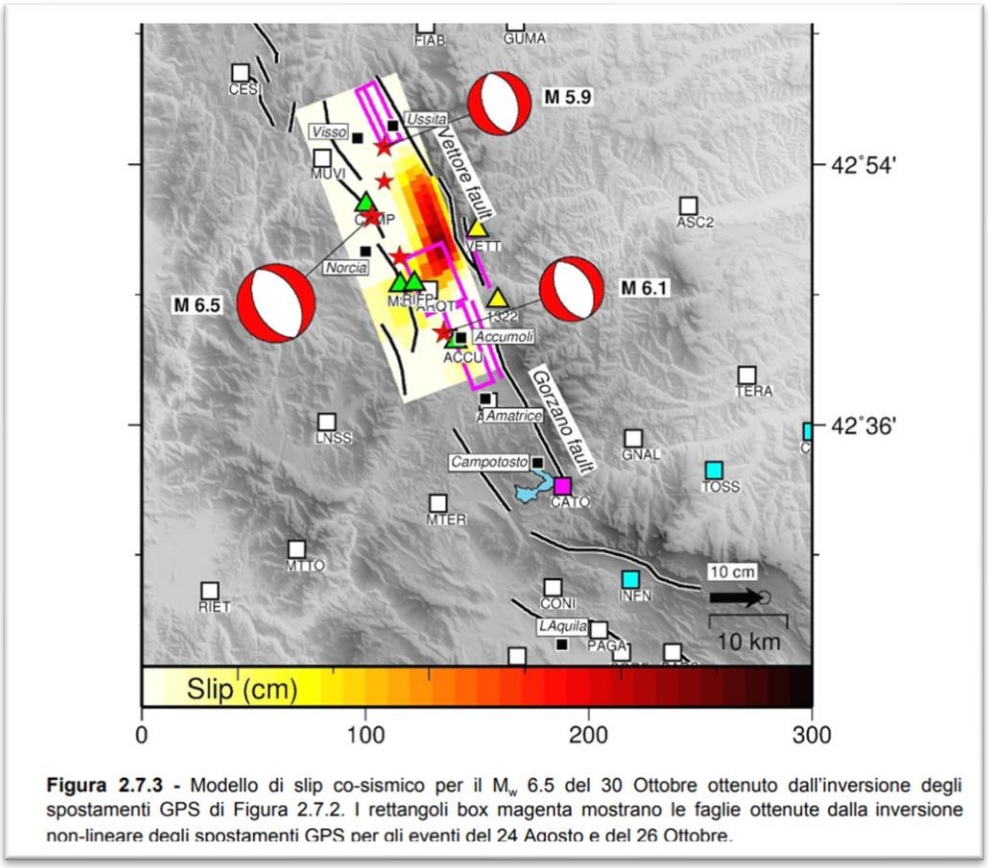


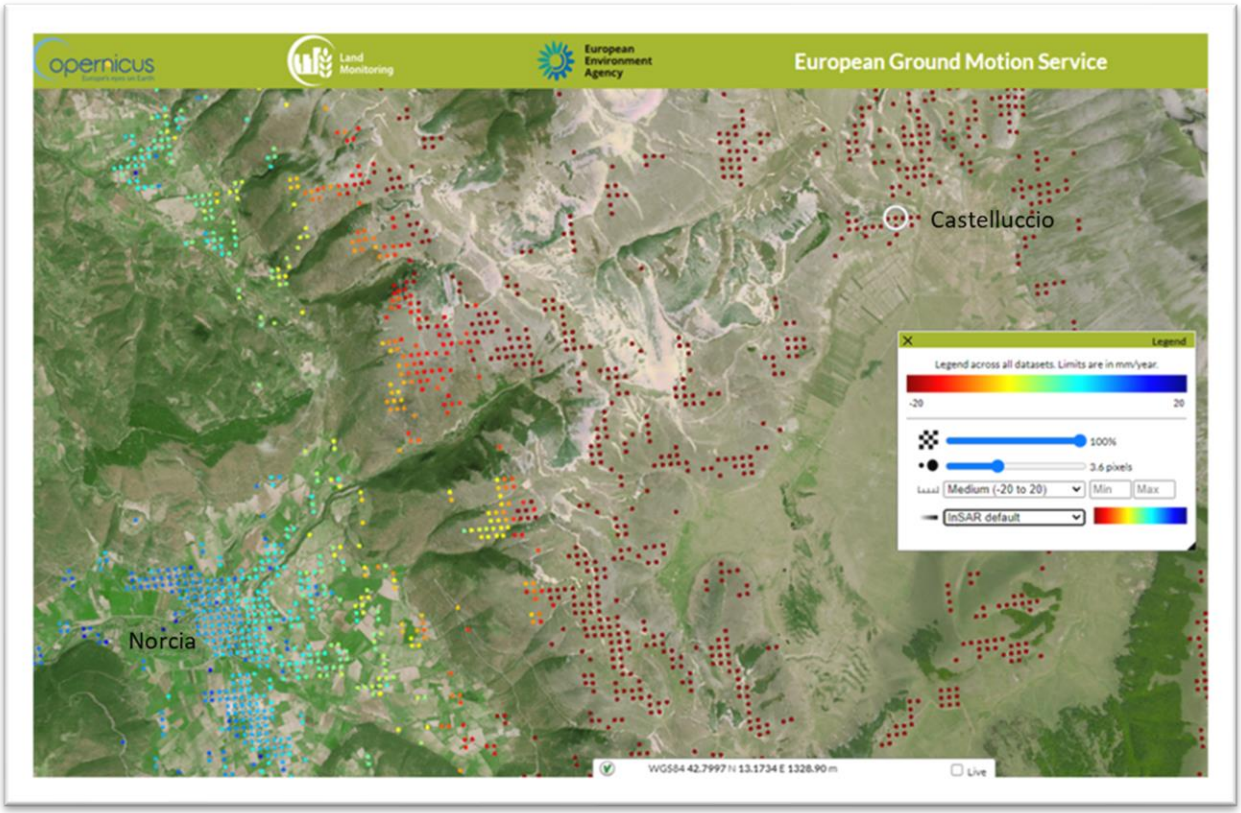
Figura 2.7.3 - Modello di slip co-sismico per il M_w 6.5 del 30 Ottobre ottenuto dall'inversione degli spostamenti GPS di Figura 2.7.2. I rettangoli box magenta mostrano le faglie ottenute dalla inversione non-lineare degli spostamenti GPS per gli eventi del 24 Agosto e del 26 Ottobre.

7.2 Graund Motion

Il movimento della superficie terrestre è registrato tramite sistema di monitoraggio satellitare dal progetto European Ground Motion Service e riportato nel sito https://egms.land.copernicus.eu/, da cui sono tratte le immagini su cui si basano le seguenti considerazioni.

Si vede che in tutta l'area di Castelluccio è avvenuto uno spostamento verticale negativo dell'ordine di 0.4/0.5 m in coincidenza del terremoto 10 ottobre 2016.

Tale dato è da interpretare inserendolo in un contesto globale, osservando un'area più vasta comprendente anche la valle di Norcia, dove invece si è avuto un sollevamento di entità paragonabile. Alla luce di questa ottica il movimento globale può essere letto come un basculamento dovuto alla faglia del Vettore, con abbassamento della zona di Castelluccio e sollevamento della zona di Norcia. La rapidità di tale spostamento, comunque assai repentino, può essere ricondotta però alla scansione temporale con cui vengono effettuati i rilievi (ogni 6 gg). Alla luce di tali considerazioni ciò che è possibile osservare è che lo spostamento di 0,4/0,5 m è avvenuto entro i 6 giorni trascorsi tra due successive rilevazioni satellitari. Altra considerazione è che può essere fatta e che l'abbassamento è uniforme su tutti i punti monitorati nella zona di Castelluccio e non vi sono evidenze di spostamenti verticali differenziali tra i vari punti.



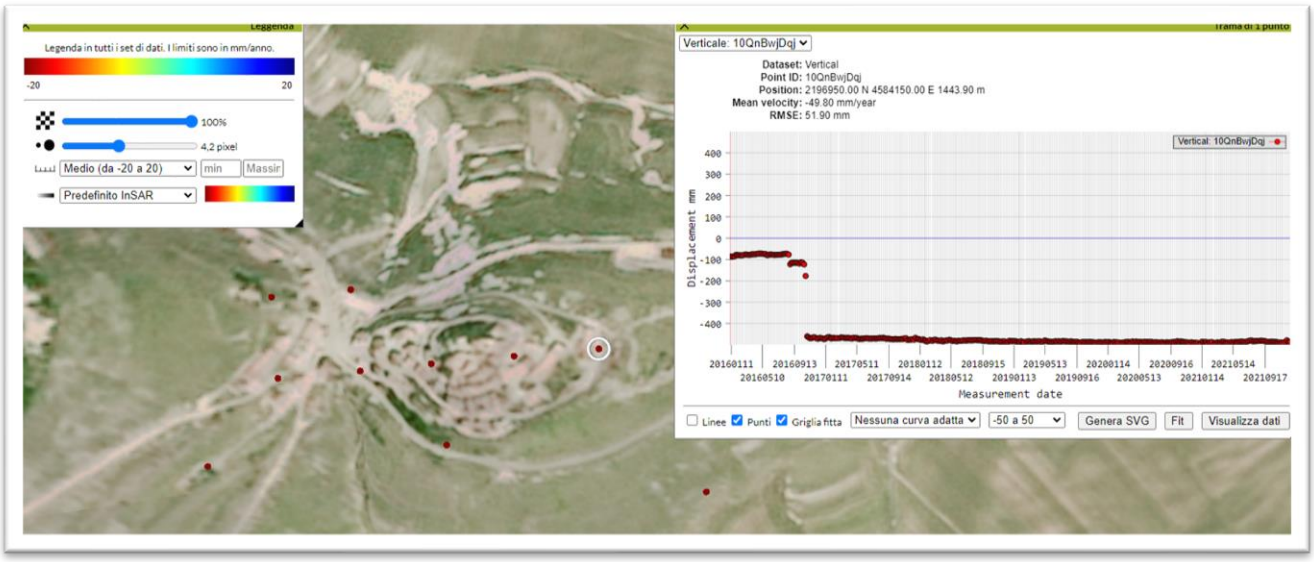
Tratti dal sito - https://egms.land.copernicus.eu/


Legenda in tutti i set di dati. I limiti sono in mm/anno.
-20
20
100%
4,2 pixel
Medio (da -20 a 20)
min
Massir
Predefinito InSAR
Verticale: 10QnBwjDqf
Dataset: Vertical
Point ID: 10QnBwjDqf
Position: 2196950.00 N 4583750.00 E 1428.80 m
Mean velocity: -52.80 mm/year
RMSE: 55.20 mm
Vertical: 10QnBwjDqf
Displacement mm
Measurement date
Linee
Punti
Griglia fitta
Nessuna curva adatta
-50 a 50
Genera SVG
Fit
Visualizza dati


Legenda in tutti i set di dati. I limiti sono in mm/anno.
-20
20
100%
4,2 pixel
Medio (da -20 a 20)
min
Massir
Predefinito InSAR
Verticale: 10QnBwjDqg
Dataset: Vertical
Point ID: 10QnBwjDqg
Position: 2196950.00 N 4583850.00 E 1426.60 m
Mean velocity: -52.10 mm/year
RMSE: 53.70 mm
Vertical: 10QnBwjDqg
Displacement mm
Measurement date
Linee
Punti
Griglia fitta
Nessuna curva adatta
-50 a 50
Genera SVG
Fit
Visualizza dati


Legenda in tutti i set di dati. I limiti sono in mm/anno.
-20
20
100%
4,2 pixel
Medio (da -20 a 20)
min
Massir
Predefinito InSAR
Verticale: 10QnGdOT2j
Dataset: Vertical
Point ID: 10QnGdOT2j
Position: 2197050.00 N 4583750.00 E 1427.80 m
Mean velocity: -52.90 mm/year
RMSE: 54.80 mm
Vertical: 10QnGdOT2j
Displacement mm
Measurement date
Linee
Punti
Griglia fitta
Nessuna curva adatta
-50 a 50
Genera SVG
Fit
Visualizza dati

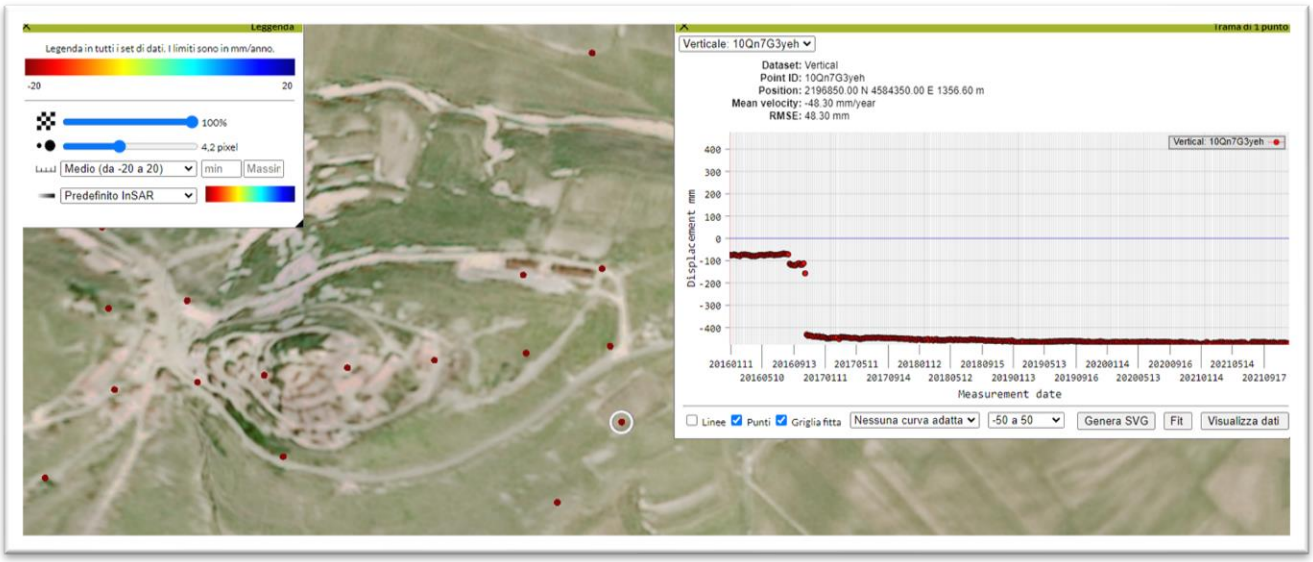

Legenda in tutti i set di dati. I limiti sono in mm/anno.
-20
20
100%
4,2 pixel
Medio (da -20 a 20)
min
Massir
Predefinito InSAR
Verticale: 10QnBwjDqi
Dataset: Vertical
Point ID: 10QnBwjDqi
Position: 2196950.00 N 4584050.00 E 1454.30 m
Mean velocity: -49.30 mm/year
RMSE: 50.30 mm
Vertical: 10QnBwjDqi
Displacement mm
Measurement date
Linee
Punti
Griglia fitta
Nessuna curva adatta
-50 a 50
Genera SVG
Fit
Visualizza dati


Legenda in tutti i set di dati. I limiti sono in mm/anno.
-20
20
100%
4,2 pixel
Medio (da -20 a 20)
min
Massir
Predefinito InSAR
Verticale: 10QnBwjDqj
Dataset: Vertical
Point ID: 10QnBwjDqj
Position: 2196950.00 N 4584150.00 E 1443.90 m
Mean velocity: -49.80 mm/year
RMSE: 51.90 mm
Vertical: 10QnBwjDqj
Displacement mm
Measurement date
Linee
Punti
Griglia fitta
Nessuna curva adatta
-50 a 50
Genera SVG
Fit
Visualizza dati


Legenda in tutti i set di dati. I limiti sono in mm/anno.
-20
20
100%
4,2 pixel
Medio (da -20 a 20)
min
Massir
Predefinito InSAR
Verticale: 10Qn7G3yed
Dataset: Vertical
Point ID: 10Qn7G3yed
Position: 2196850.00 N 4583950.00 E 1431.60 m
Mean velocity: -50.70 mm/year
RMSE: 52.10 mm
Vertical: 10Qn7G3yed
Displacement mm
Measurement date
Linee
Punti
Griglia fitta
Nessuna curva adatta
-50 a 50
Genera SVG
Fit
Visualizza dati


Leggenda
Legenda in tutti i set di dati. I limiti sono in mm/anno.
-20
20
100%
4,2 pixel
Medio (da -20 a 20)
min
Massir
Predefinito InSAR
Trama di 1 punto
Verticale: 10QnGdOT2k
Dataset: Vertical
Point ID: 10QnGdOT2k
Position: 2197050.00 N 4583850.00 E 1432.20 m
Mean velocity: -52.40 mm/year
RMSE: 54.60 mm
Vertical: 10QnGdOT2k
Displacement mm
Measurement date
Linee
Punti
Griglia fitta
Nessuna curva adatta
-50 a 50
Genera SVG
Fit
Visualizza dati


Leggenda
Legenda in tutti i set di dati. I limiti sono in mm/anno.
-20
20
100%
4,2 pixel
Medio (da -20 a 20)
min
Massir
Predefinito InSAR
Trama di 1 punto
Verticale: 10QnBwjDqh
Dataset: Vertical
Point ID: 10QnBwjDqh
Position: 2196950.00 N 4583950.00 E 1454.00 m
Mean velocity: -51.50 mm/year
RMSE: 53.50 mm
Vertical: 10QnBwjDqh
Displacement mm
Measurement date
Linee
Punti
Griglia fitta
Nessuna curva adatta
-50 a 50
Genera SVG
Fit
Visualizza dati

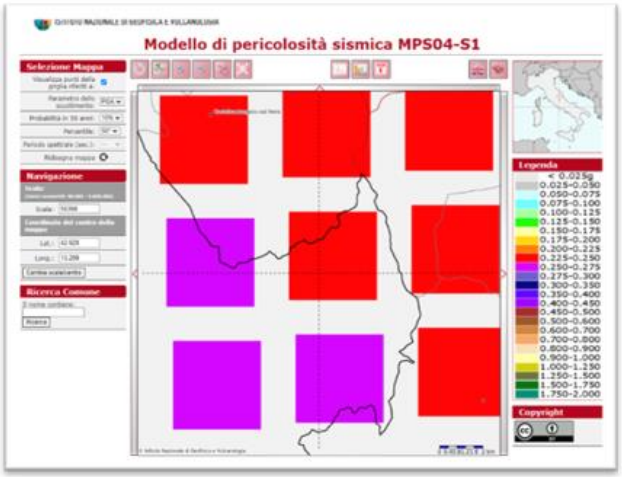


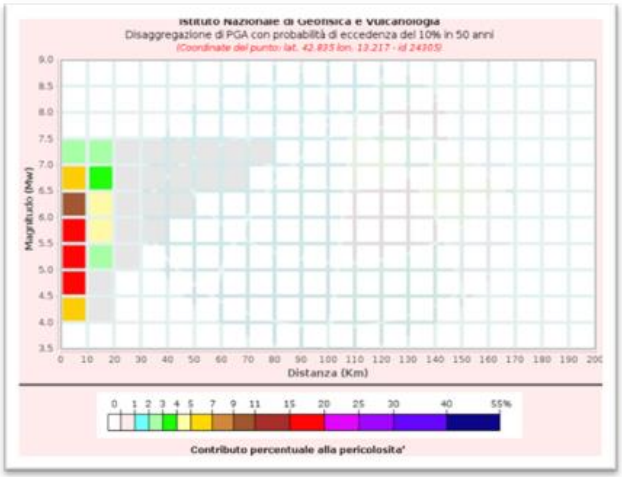
7.3 Pericolosità sismica di base

Per la definizione dell'azione sismica di base vengono forniti i dati di disaggregazione; operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito (http://esse1-gis.mi.ingv.it/)

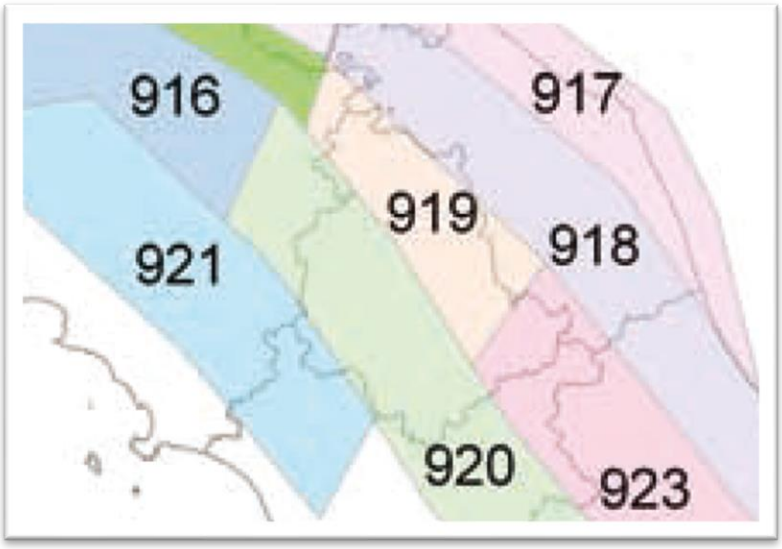
Grafico di disaggregazione: Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.





La frazione di Castelluccio ricade nella zona sismogenetica n°923 denominata "APPENNINO ABRUZZESE", che fa parte del complesso "APPENNINO SETTENTRIONALE E CENTRALE", per la zona sismogenetica ZS923 sono previsti eventi sismici con massima magnitudo attesa pari a

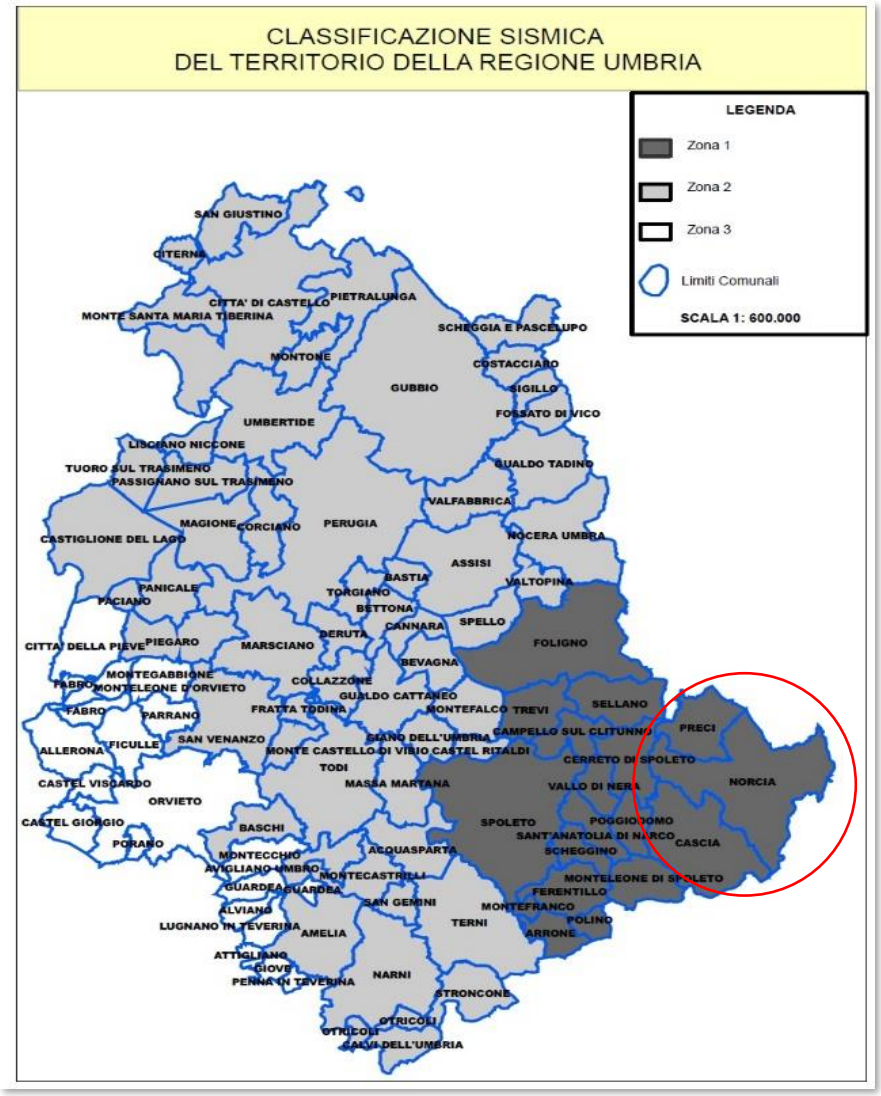


Mwmax=7,06.

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

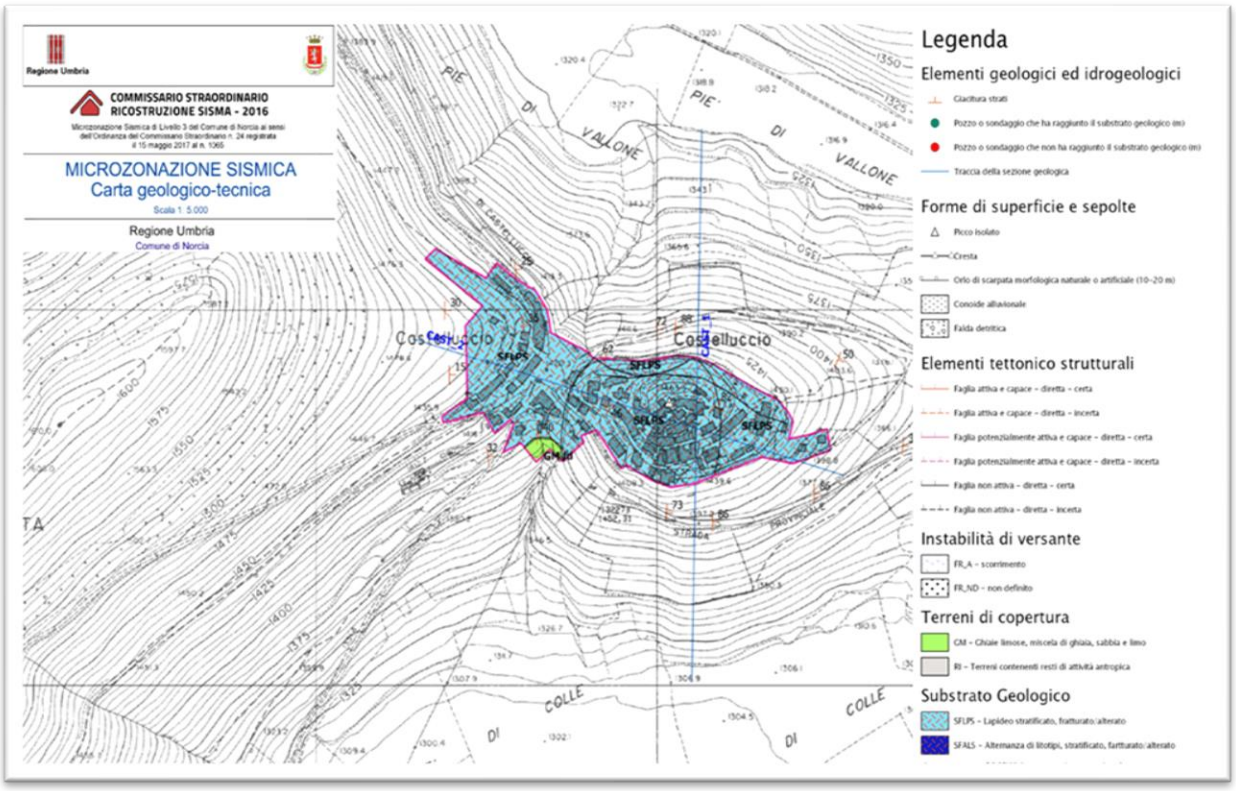
In base alla nuova classificazione sismica, il territorio comunale di Norcia è classificato come Zona 1 (D.G.R. Umbria n. 1111/2012).

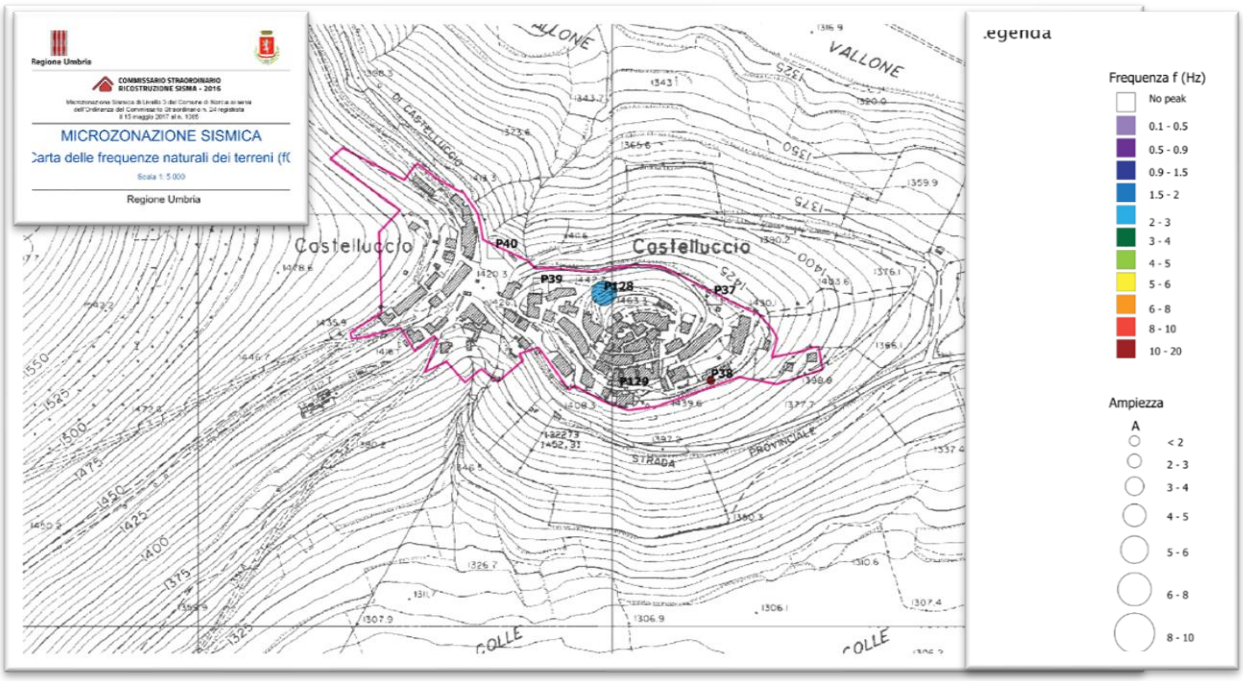


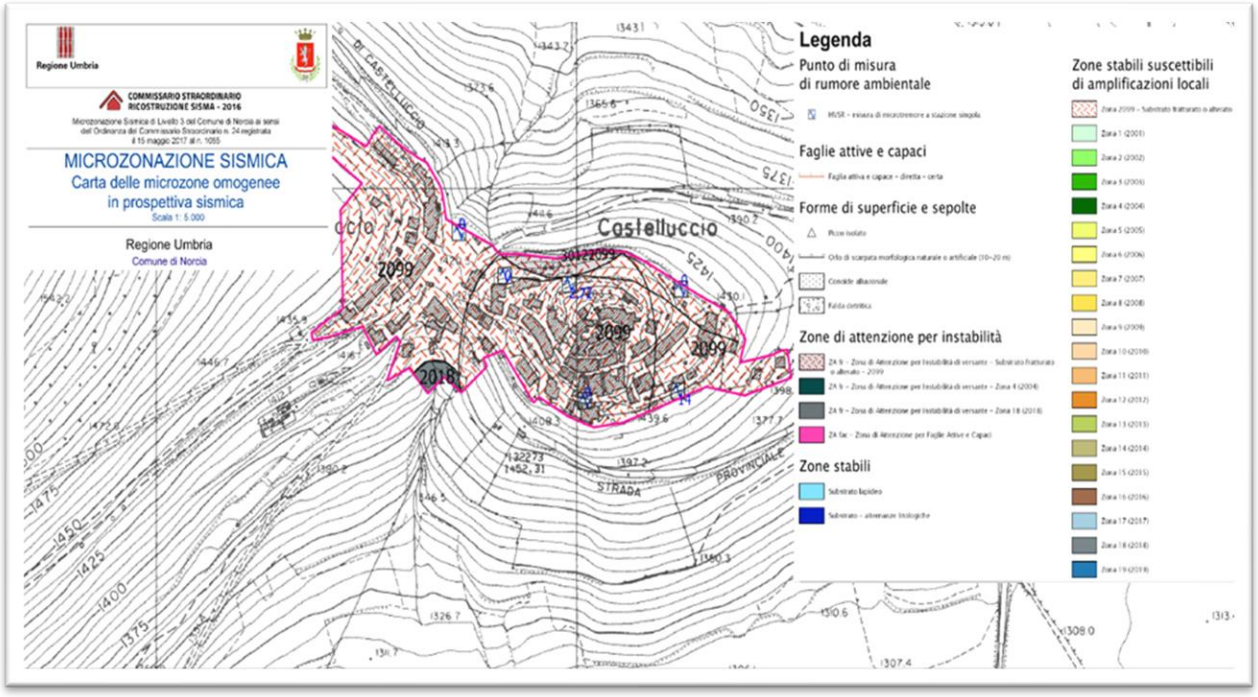
7.4 Studi di Microzonazione sismica di Livello 3

Il territorio di Norcia è stato oggetto di studi di Microzonazione sismica di Livello 3 adottati dalla Regione Umbria con D.G.R. Umbria n. 298 del 4/04/2018, la stessa DGR adotta i criteri generali di utilizzo dei risultati degli studi di Microzonazione sismica di Livello 3. Tali studi sono messi a disposizione dei tecnici al seguente Link: http://www.regione.umbria.it/paesaggio-urbanistica/area-terremoto-2016/2017.

In seguito si riporta una sintesi degli elaborati.


Regione Umbria
COMMISSARIO STRAORDINARIO RICOSTRUZIONE SISMA - 2016
MICROZONAZIONE SISMICA
Carta geologico-tecnica
Regione Umbria
Comune di Norcia
Legenda
Elementi geologici ed idrogeologici
Forme di superficie e sepolte
Elementi tettonico strutturali
Instabilità di versante
Terreni di copertura
Substrato Geologico
Castelluccio
SFLPS
SFALS
CM
VALLONE
COLLE

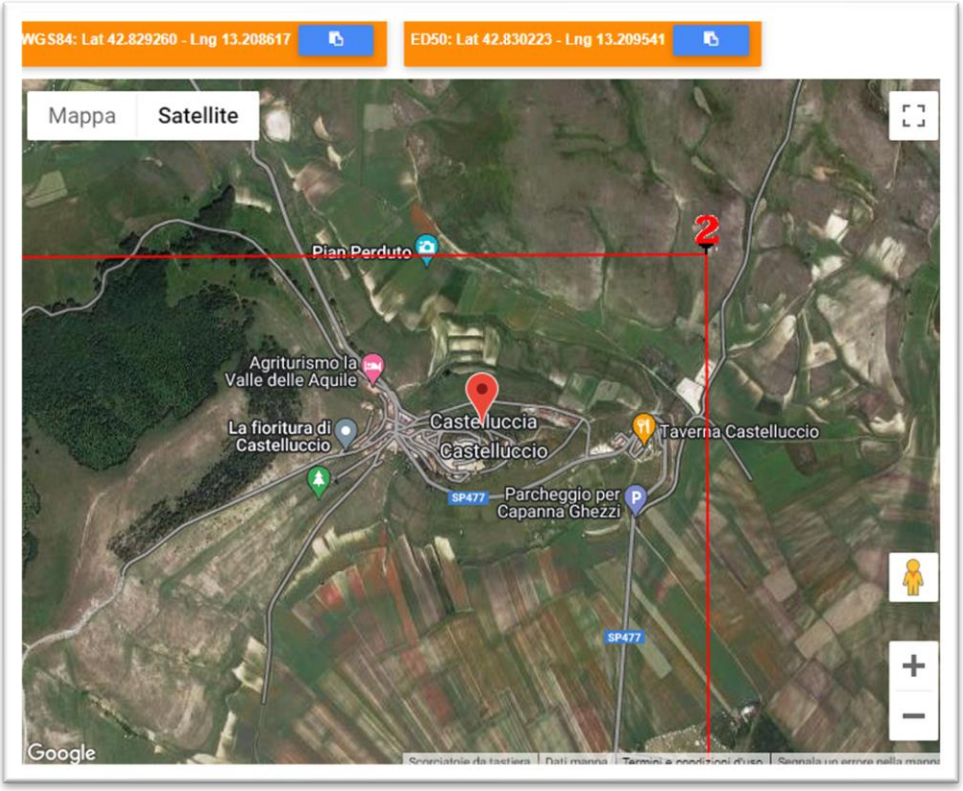

Regione Umbria
COMMISSARIO STRAORDINARIO RICOSTRUZIONE SISMA - 2016
MICROZONAZIONE SISMICA
Regione Umbria
Frequenza f (Hz)
No peak
0.1 - 0.5
0.5 - 0.9
0.9 - 1.5
1.5 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 6
6 - 8
8 - 10
10 - 20
Ampiezza
A
< 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 6
6 - 8
8 - 10
Castelluccio
P40
P39
P28
P37
P29
P38
VALLONE
COLLE
STRADA
PROVINCIALE



Nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica è stata individuata una zona stabile ed una suscettibile di amplificazione locale, descritta come Zona 0 che rappresenta la parte di substrato rigido molto fratturato ed alterato che copre quasi interamente l'area di studio.
Si ribadisce che il territorio di Norcia, compresa la Frazione di Castelluccio, è stato oggetto di studi di Microzonazione sismica di Livello 3 adottati dalla Regione Umbria con D.G.R. Umbria n. 298 del 4/04/2018, la stessa DGR adotta i criteri generali di utilizzo dei risultati degli studi di Microzonazione sismica di Livello 3. Tali studi sono messi a disposizione dei tecnici al seguente Link: http://www.regione.umbria.it/paesaggio-urbanistica/area-terremoto-2016/2017.

7.5 Definizione dell'azione sismica locale

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e successivamente del D.M. 17 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (Vs30 > 800 m/s), è definita mediante un approccio *"sito dipendente"*. Infatti, secondo quanto riportato negli allegati A e B del suddetto decreto, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra quattro punti della griglia di accelerazioni.
I valori dei parametri p (ag, Fo, T*c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del *reticolo di riferimento* contenente il punto in esame. Tali parametri, descrivono i caratteri del moto sismico orizzontale sul sito di riferimento rigido, le cui grandezze definiscono le forme spettrali relative alla particolare PVR (probabilità di superamento nella vita di riferimento della costruzione associate a ciascuno degli stati limite considerati).
Qui di seguito sono riportati i parametri sismici secondo la categoria A; le coordinate del sito sono espresse in ED50:



Sito in esame.
latitudine: 42,830223 [°]
longitudine: 13,209541 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]
Tipo di interpolazione: Media ponderata
Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	24304	42,834430	13,149180	4949,3
Sito 2	24305	42,834610	13,217350	802,3
Sito 3	24527	42,784610	13,217610	5107,9
Sito 4	24526	42,784430	13,149480	7065,2

Parametri sismici
Coefficiente cu: 2.0

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.108	2.317	0.284
Danno (SLD)	101	0.138	2.278	0.293
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.319	2.401	0.351
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.407	2.439	0.366
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

7.6 Categorie di sottosuolo e categoria topografica

La corretta definizione delle azioni sismiche di progetto necessita anche della valutazione della risposta sismica locale, dipendente dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei terreni e dalle loro proprietà fisico-meccaniche, che si traduce in una nuova forma spettrale ancorata all'accelerazione massima $\mathbf{a_{max}} = S \cdot a_g = Ss \cdot St \cdot a_g$.
Viste le condizioni riscontrate nel sito progettuale, si ritiene che per quanto riguarda le opere previste nel Contratto Applicativo n.1 "*Progettazione dei Terrazzamenti del nucleo abitato (intervento 4 dell'O.S. n. 18/2021), Sottoservizi del Nucleo Abitato (intervento 5 dell'O.S. n. 18/2021), ripristino delle strade principali e secondarie del nucleo abitato (intervento 3 dell'O.S. n. 18/2021)*", attraverso la metodologia dell'***approccio semplificato***, sono state definite cautelativamente le categorie:

- **di sottosuolo B** *(tabella 3.2.II - par. 3.2 "Azione Sismica" del Decreto 17/01/2018) – 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 $V_{S,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

- **topografiche** sintetizzate nella tabella 3.2.IV del D.M. 2018,
T2 per la **Zona 1** "*Pendii con inclinazione media i > 15°*"

T3 per le Zone 2 e 3 "*Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°*"

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

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

7.7 Stabilità nei confronti della liquefazione

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi sciolti a granulometria uniforme, normalmente considerati e saturi.
Ai sensi del par. 7.11.3.4.2 delle NTC18, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:
1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.
Nel caso in esame, poiché non è stata intercettata alcuna falda ad una profondità inferiore dei 15.0 m dal piano di campagna e dato che la distribuzione granulometrica dei terreni interessati dalle opere in progetto non rientra nel range dei terreni potenzialmente liquefacibili, la verifica alla liquefazione è stata omessa.
Quindi, il terreno NON E' LIQUEFACIBILE.

8. PERICOLOSITA' E INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE

In base agli studi effettuati e alle informazioni bibliografiche raccolte possono essere effettuate delle valutazioni di carattere sui livelli di pericolosità geologica e sismica dell'area in esame.

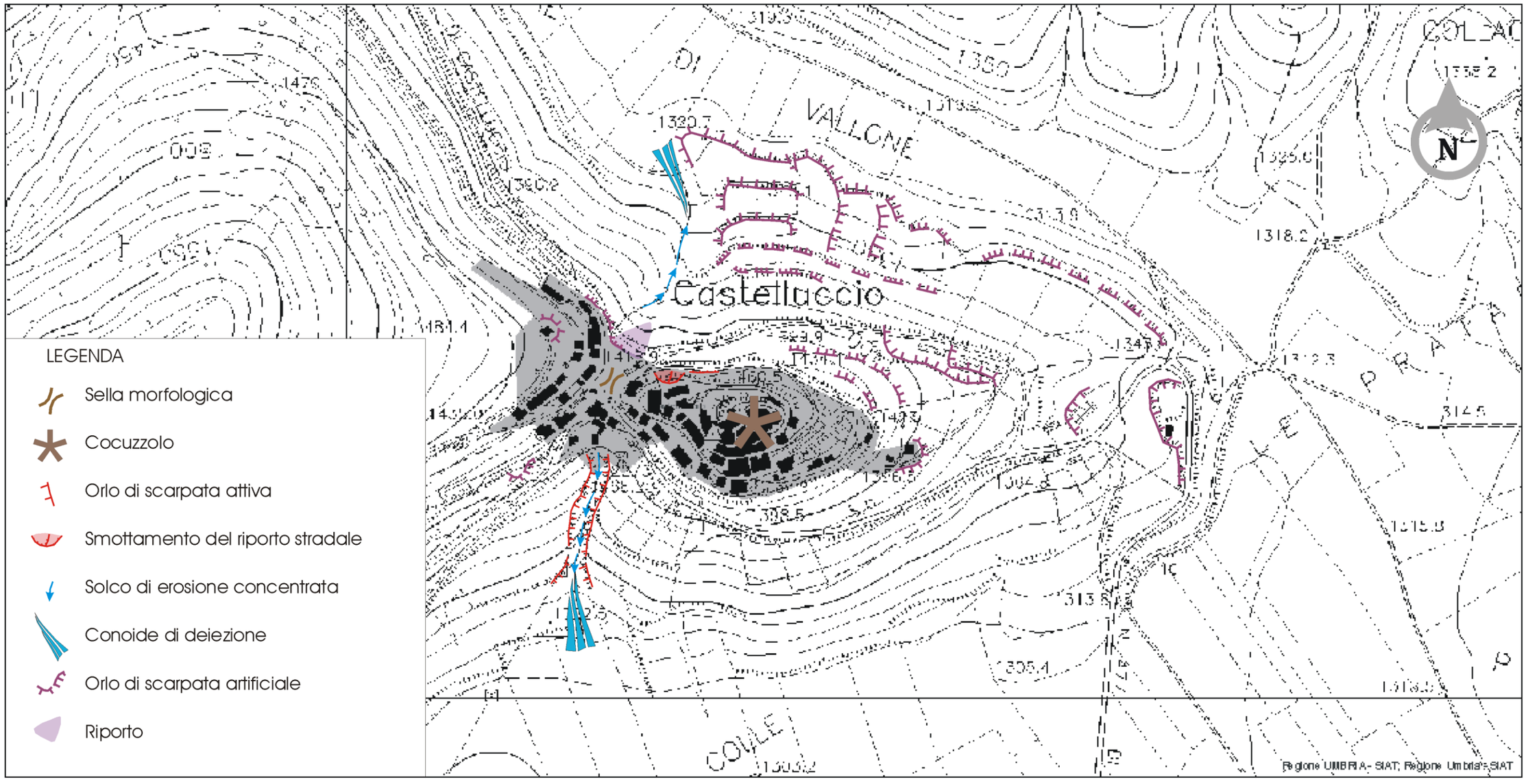
	Pericolosità	Caratteristiche	Indicazioni
Geomorfologica	Alta	- Elevata pendenza del versante - Segnala la presenza di una zona instabile "Frana attiva" (PRG e IFFI) - Nella presente fase di indagine non sono state rilevate evidenze di movimenti gravitativi lungo il versante. - Sono stati evidenziati fenomeni di instabilità superficiale legata alla porzione di riporto lungo il lato esterno di Via degli Sciatori.	Effettuare il monitoraggio dei piezometri e degli inclinometri installati. Effettuare una valutazione numerica della stabilità del versante allo stato attuale e allo stato di progetto, oltre alla stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno come previsto dalle NTC 2018. Limitare il più possibile l'entità degli sterri e dei riporti e valutare la loro interferenza con la stabilità globale del versante anche in fase transitoria.
Idraulica	Bassa	- Area rilevata rispetto alla quota dei corsi d'acqua	Data la particolare disposizione morfologica di versante, esso sarà certamente interessato, in particolari momenti dell'anno, da un notevole afflusso di acqua di scorrimento proveniente dalla parte di monte del versante stesso, tale flusso dovrà necessariamente essere intercettato ed adeguatamente allontanato cercando di impedire ruscellamenti concentrati nel versante di valle
Idrogeologica	Medio bassa	- Terreni caratterizzati da permeabilità alta o medio-alta. - Falda non interferente con le opere.	Possono essere presenti circolazioni ipodermiche stagionali, anche cospicue, concomitanti ai periodi più piovosi o di scioglimento delle nevi che si possano instaurare entro la coltre di copertura rendendo necessarie, opere di drenaggio delle acque superficiali, ipodermiche.
Geologia - litostratigrafia	Media	- Presenza di roccia intensamente fratturata in superficie. - Presenza di una zona interessata da riporto recente in corrispondenza della	Dimensionare le opere in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati. Prevedere una continua sorveglianza geologica e geotecnica durante i lavori.

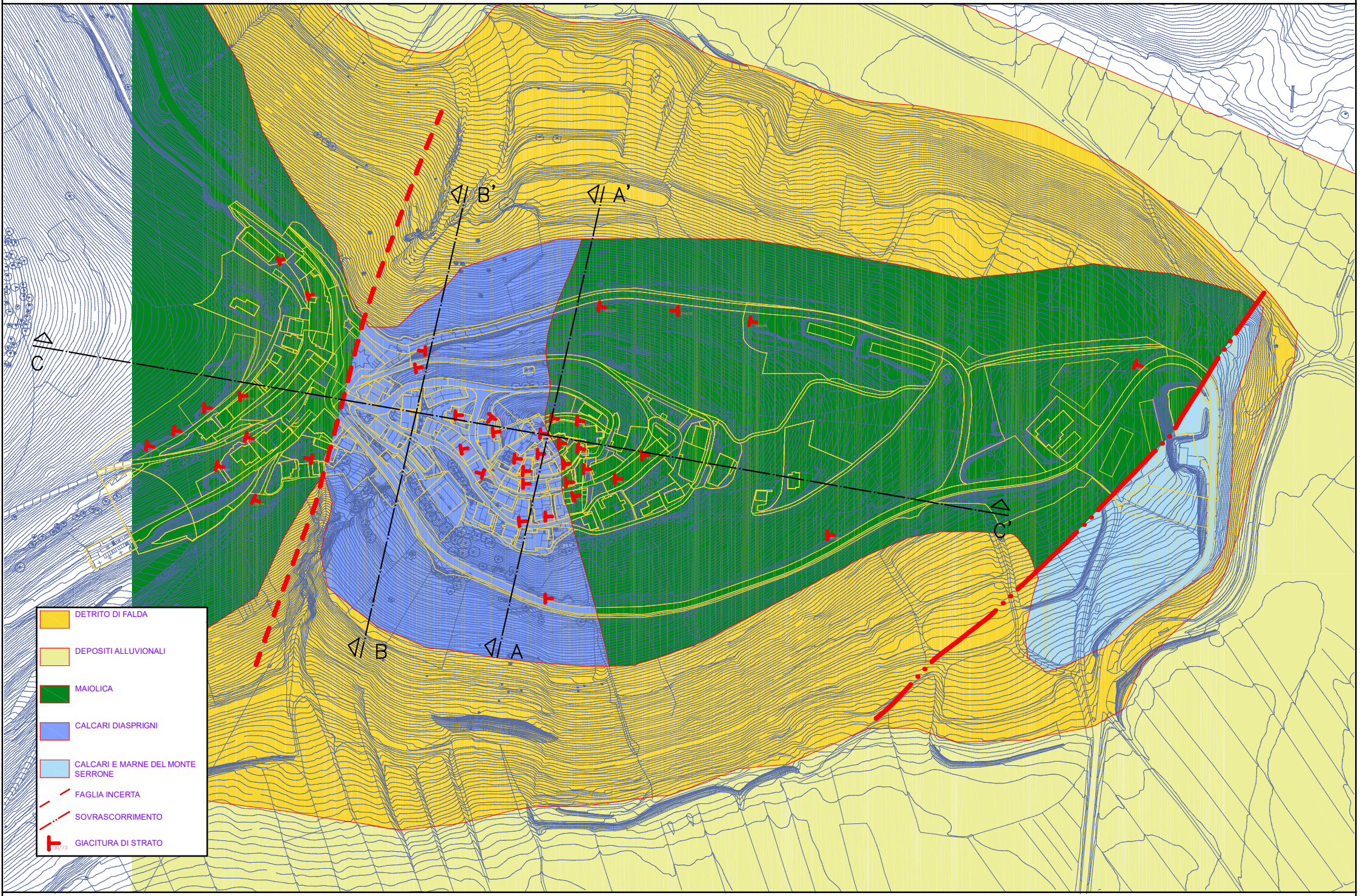
		piazza centrale di Castelluccio e nel lato di valle di alcuni terrazzamenti	
Tettonica	Medio alta	- Vicinanza con faglie attive e capaci. - Effetti di amplificazione sismica locale	Tenere in considerazione gli aspetti tettonici nella progettazione

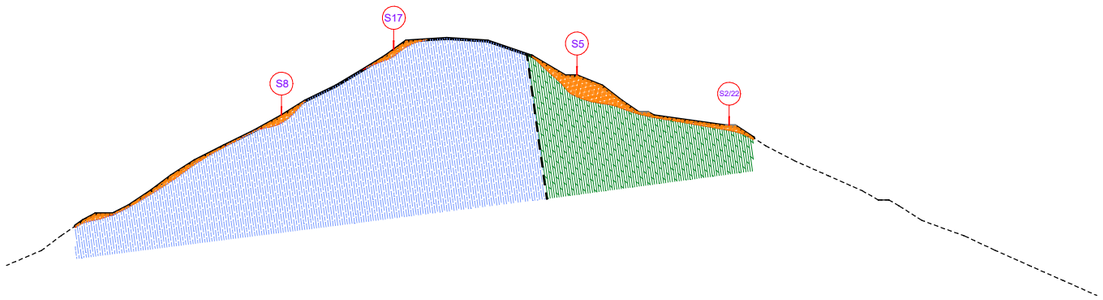
Dott. Geol. Francesco Savi
Servizio Ricostruzione Pubblica
USR Umbria

CARTA GEOMORFOLOGICA

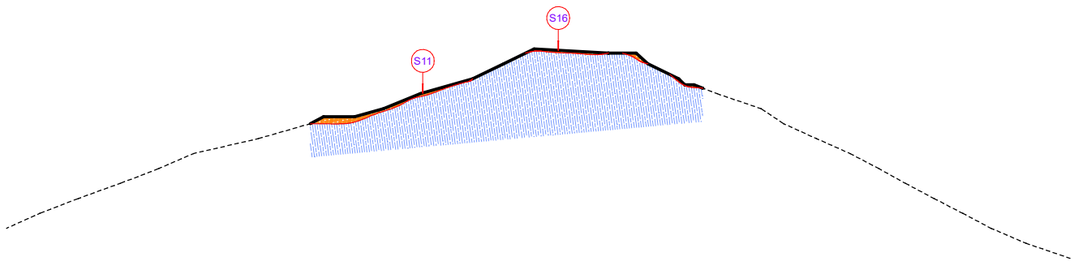
Allegato 1



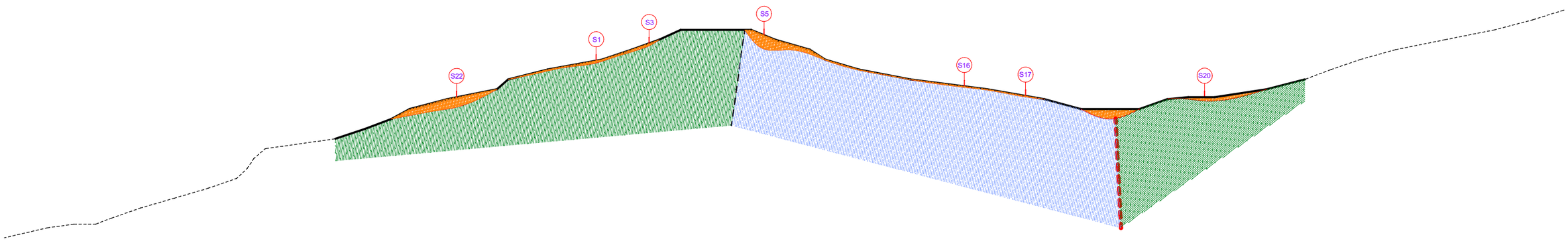

B'
A'
C
C'
B
A
DETRITO DI FALDA
DEPOSITI ALLUVIONALI
MAIOLICA
CALCARI DIASPRIGNI
CALCARI E MARNE DEL MONTE SERRONE
FAGLIA INCERTA
SOVRASCORRIMENTO
GIACITURA DI STRATO



SEZIONE A-A'



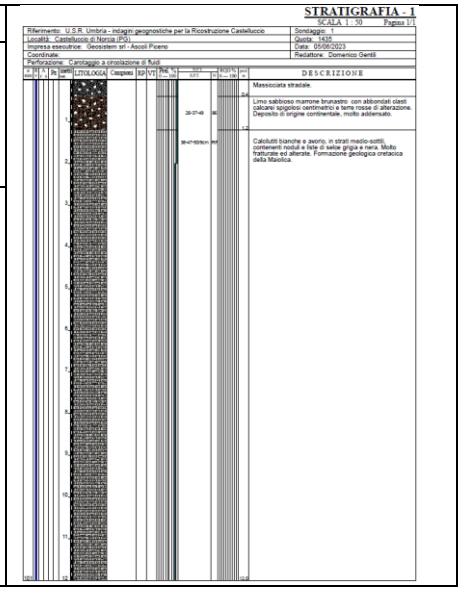
SEZIONE B-B'



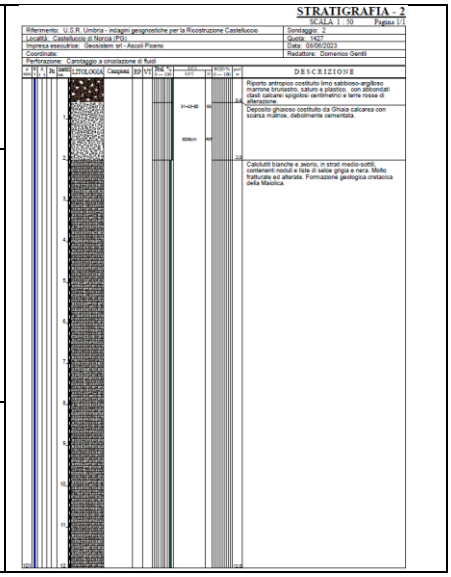
SEZIONE C-C'



SONDAGGIO N. 1

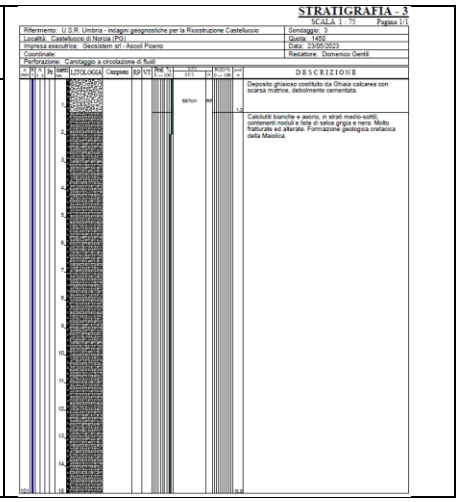
Strato a	Da 0.0 a 0.4	Massicciata stradale	
Strato b	Da 0.4 a 1.2	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale molto addensato	
Strato e	Da 1.2 a 12.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)	

SONDAGGIO N. 2

Strato a	Da 0.0 a 0.6	Massicciata Stradale di natura limo sabbioso-argillosa marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione	
Strato e*	Da 0.6 a 2.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)	
Strato e	Da 2.0 a 12.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)	

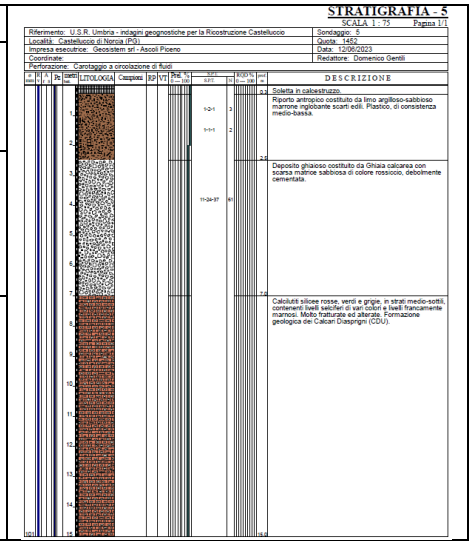
SONDAGGIO N. 3

Strato a	Da 0.0 a 1.2	Massicciata stradale di natura ghiaioso sabbiosa
Strato e	Da 1.2 a 15.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)



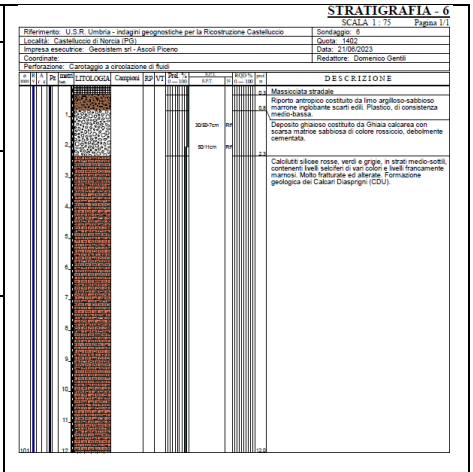
SONDAGGIO N. 5

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Soletta stradale in calcestruzzo
Strato f	Da 0.3 a 2.5	Riporto antropico costituito da limo-sabbioso marrone con scarti edili. Plastico, di consistenza medio bassa.
Strato d*	Da 2.5 a 7.0	Ghiaia calcarea con scarsa matrice sabbiosa di colore rossiccio, debolmente cementata. (Formazione dei Calcari Diasprigni molto fratturata)
Strato d	Da 7.0 a 15.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)



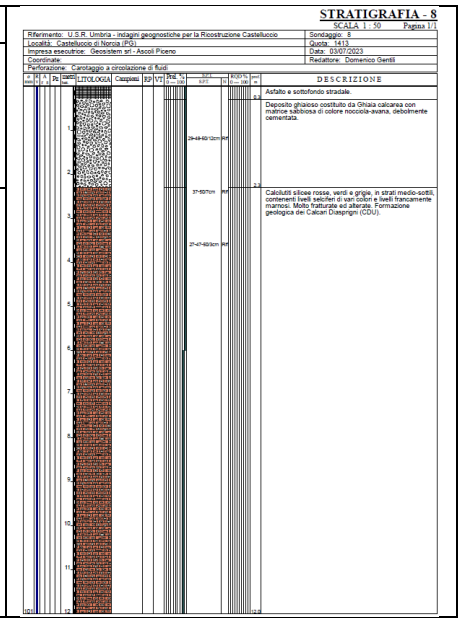
SONDAGGIO N. 6

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Massicciata
Strato f	Da 0.3 a 0.8	Riporto antropico costituito da limo-sabbioso marrone con scarti edili. Plastico, di consistenza medio bassa.
Strato d*	Da 0.8 a 2.3	Ghiaia calcarea con scarsa matrice sabbiosa di colore rossiccio, debolmente cementata. (Formazione dei Calcari Diasprigni molto fratturata)
Strato d	Da 2.3 a 12.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)



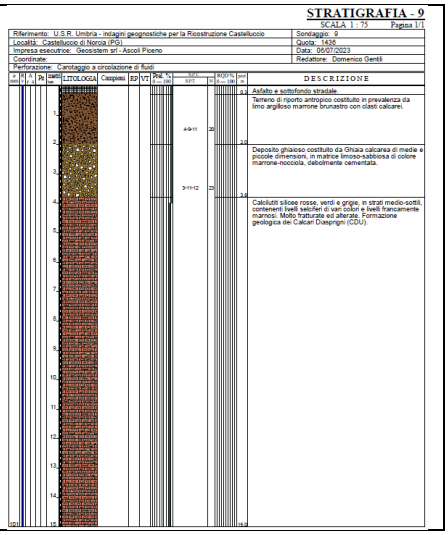
SONDAGGIO N. 8

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Alfalto
Strato d*	Da 0.8 a 2.3	Ghiaia calcarea con scarsa matrice sabbiosa di colore nocciola-avana, debolmente cementata. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Strato d	Da 2.3 a 12.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)



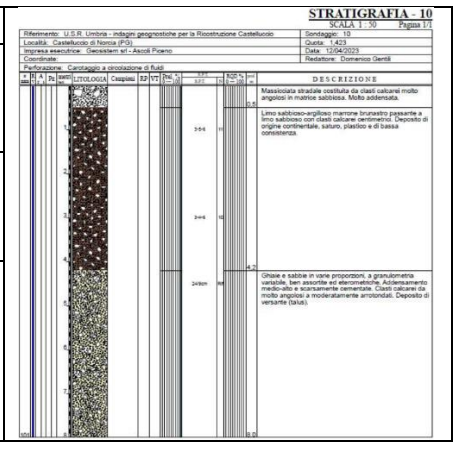
SONDAGGIO N. 9

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Massicciata
Strato f	Da 0.3 a 2.0	Riporto antropico costituito da limo-argilloso marrone brunastro con clasti calcarei.
Strato c	Da 2.0 a 3.8	Ghiaia calcarea di medie e piccole dimensioni, in matrice limo-sabbiosa di colore marrone nocciola, debolmente cementata.
Strato d	Da 3.8 a 15.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

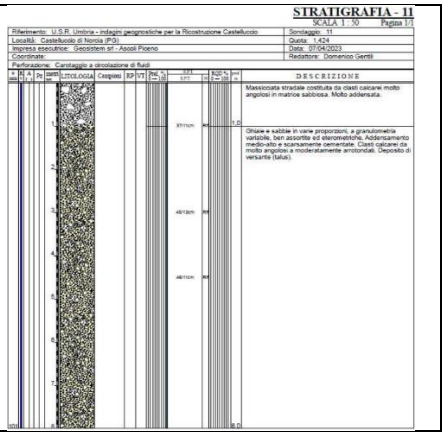


SONDAGGIO N. 10

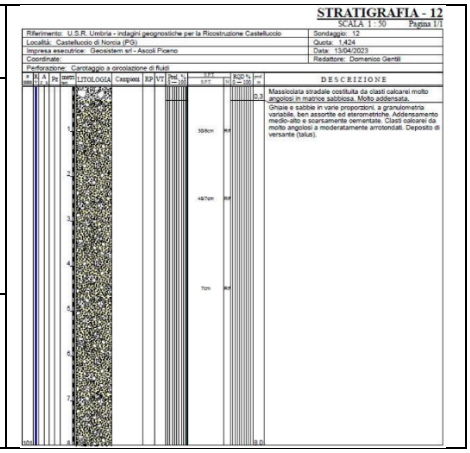
Strato a	Da 0.0 a 0.5	Massicciata stradale
Strato b	Da 0.5 a 4.2	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici. Deposito continentale saturo, plastico
Strato c	Da 4.2 a 8.0	Ghiaia e sabbia a granulometria variabile. Addensamento medio alto e scarsa cementazione.



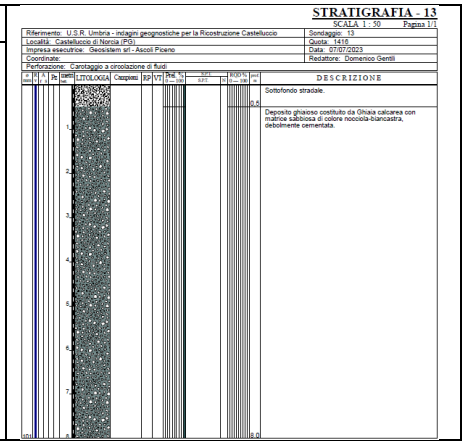
SONDAGGIO N. 11

Strato a	Da 0.0 a 1.0	Massicciata stradale	
Strato d*	Da 1.0 a 8.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)	

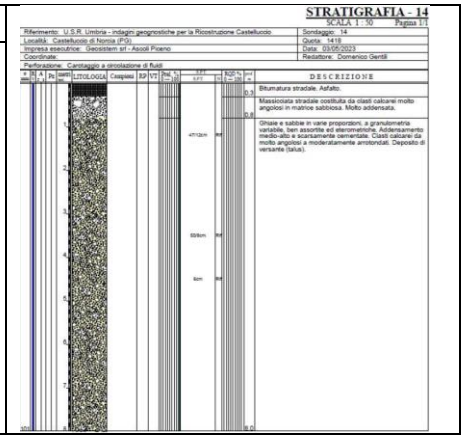
SONDAGGIO N. 12

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Massicciata stradale	
Strato d*	Da 0.3 a 8.0	Calcare bianco e grigio, fino a 4,0 m, e calcare selcifero con toni verdi e rosati da 4,0 a 8,0 m. Carotato come clasti a spigoli vivi in variabile contenuto di matrice (Formazione dei Calcari Diasprigni)	

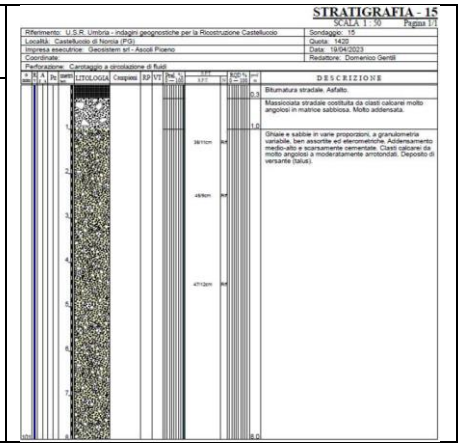
SONDAGGIO N. 13

Strato a	Da 0.0 a 0.5	Massicciata stradale	
Strato c	Da 0.5 a 8.0	Ghiaia calcarea con matrice sabbiosa di colore nocciola biancastra, debolmente cementata. (Roccia tettonizzata)	

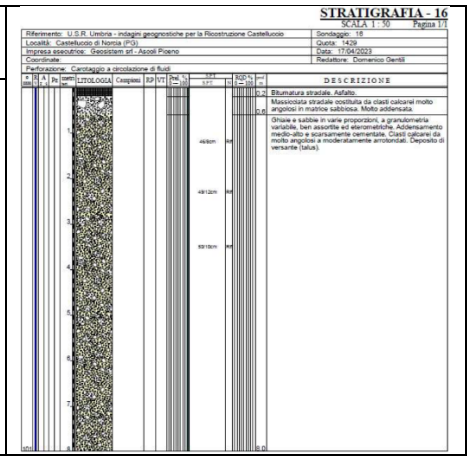
SONDAGGIO N. 14

Strato a	Da 0.0 a 1.8	Massicciata stradale	
Strato d	Da 1.8 a 8.0	Calcare bianco e grigio, e calcare selcifero. Carotato come clasti a spigoli vivi in variabile contenuto di matrice (Formazione dei Calcari Diasprigni)	

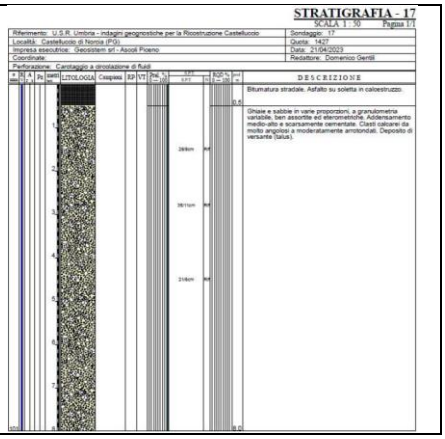
SONDAGGIO N. 15

Strato a	Da 0.0 a 1.0	Asfalto e Massicciata stradale	
Strato d*	Da 1.6 a 8.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione dei Calcari Diasprigni tettonizzati)	

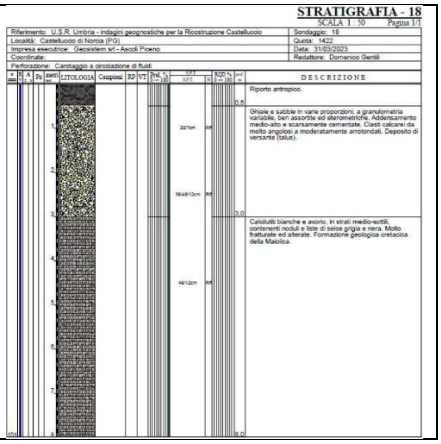
SONDAGGIO N. 16

Strato a	Da 0.0 a 0.6	Massicciata stradale	
Strato d	Da 0.6 a 8.0	Calcare e calcare selcifero bianco e grigio. Carotato come clasti a spigoli vivi in variabile contenuto di matrice (Formazione dei Calcari Diasprigni)	

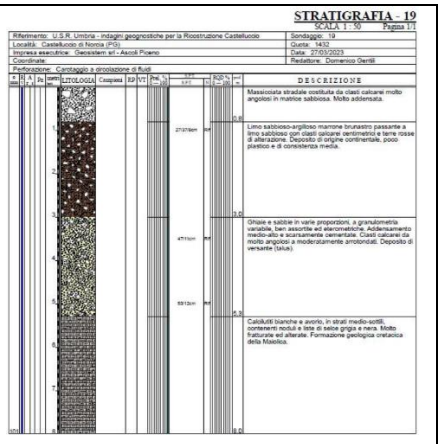
SONDAGGIO N. 17

Strato a	Da 0.0 a 0.5	Bitume e massicciata stradale	
Strato c	Da 0.5 a 2.5	Ghiaia e sabbia a granulometria variabile. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Riporto ?)	
Strato d	Da 2.5 a 8.0	Calcare e calcare selcifero bianco e grigio. Carotato come clasti a spigoli vivi in variabile contenuto di matrice (Formazione dei Calcari Diasprigni)	

SONDAGGIO N. 18

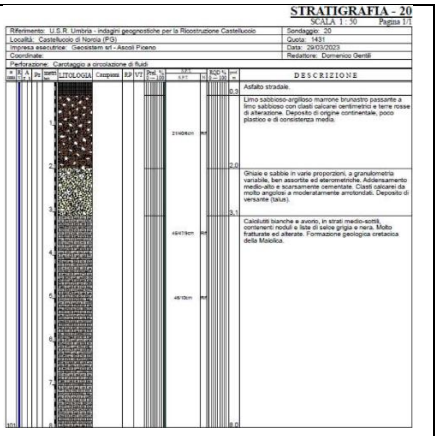
Strato a	Da 0.0 a 0.5	Bitume e massicciata stradale	
Strato e*	Da 0.5 a 3.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)	
Strato e	Da 3.0 a 8.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)	

SONDAGGIO N. 19

Strato a	Da 0.0 a 0.8	Massicciata stradale	
Strato b	Da 0.8 a 3.0	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale poco plastico	
Strato e*	Da 3.0 a 5.3	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)	
Strato e	Da 5.3 a 8.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)	

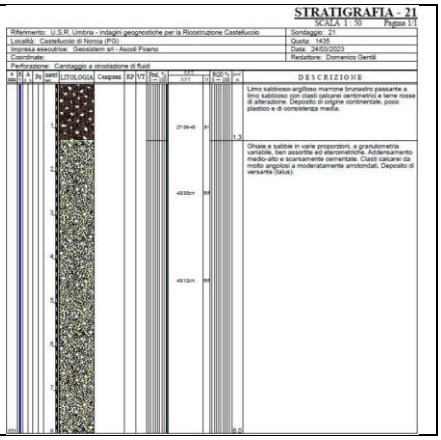
SONDAGGIO N. 20

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Asfalto
Strato b	Da 0.3 a 2.0	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale poco plastico
Strato e*	Da 2.0 a 3.1	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Strato e	Da 3.1 a 8.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)



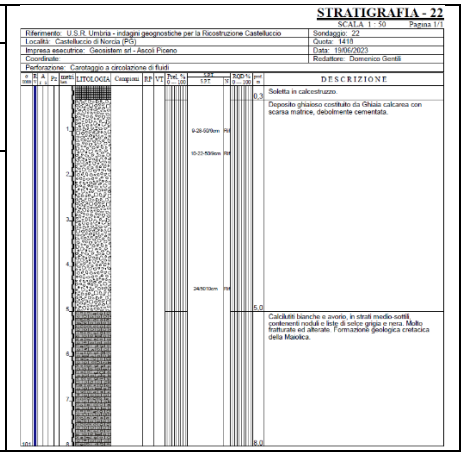
SONDAGGIO N. 21

Strato b	Da 0.0 a 1.3	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale poco plastico
Strato e*	Da 1.3 a 8.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. (Formazione della Maiolica)



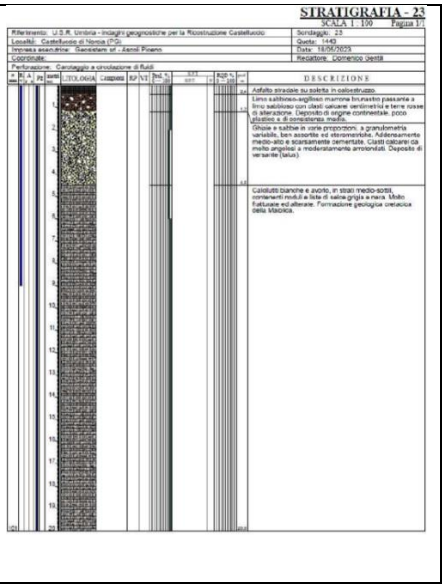
SONDAGGIO N. 22

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Soletta stradale in calcestruzzo
Strato e*	Da 0.3 a 5.0	Ghiaia calcarea con scarsa matrice, debolmente cementata. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Strato e	Da 5.0 a 8.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)



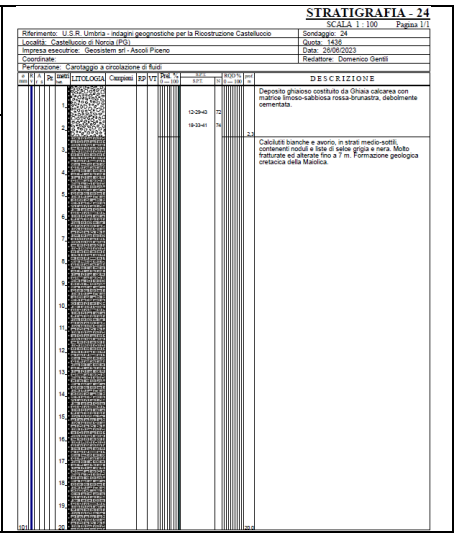
SONDAGGIO N. 23

Strato a	Da 0.0 a 0.4	Asfalto
Strato b	Da 0.4 a 1.2	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale poco plastico
Strato e*	Da 1.2 a 4.5	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Strato e	Da 4.5 a 20.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

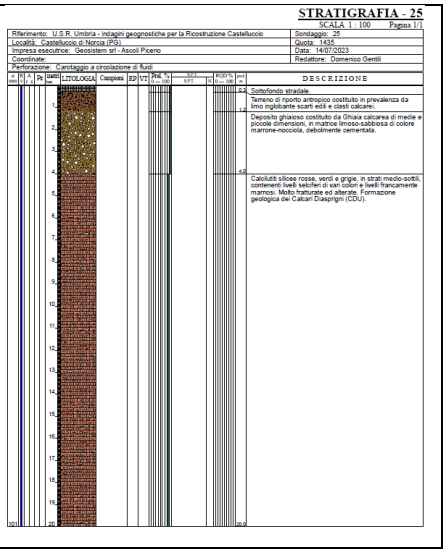


SONDAGGIO N. 24

Strato c	Da 0.0 a 2.3	Ghiaia calcarea con matrice limo-sabbiosa rossa-brunastra, debolmente cementata.
Strato e	Da 2.3 a 20.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate fino a 7 m. (Formazione della Maiolica)



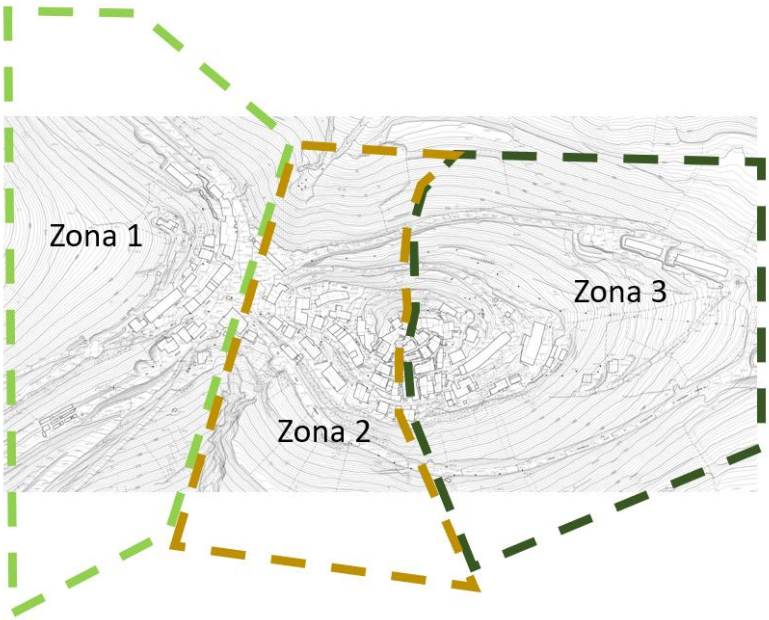
SONDAGGIO N. 25

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Sottofondo stradale	
Strato f	Da 0.3 a 1.2	Riporto antropico costituito da limo-sabbioso marrone con scarti edili e clasti calcarei.	
Strato d*	Da 1.2 a 4.0	Ghiaia calcarea di medie e piccole dimensioni in matrice limo-sabbiosa di colore marrone, debolmente cementata. (Formazione dei Calcari Diasprigni molto fratturata)	
Strato d	Da 4.0 a 20.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)	

SONDAGGIO N. 1 (2022)

Strato a	Da 0.0 a 0.4	Massicciata stradale	
Strato f	Da 0.4 a 1.4	Rilevato stradale: clasti calcarei in matrice limosa.	
Strato e	Da 1.4 a 22	Calcare micritico bianco in strati sottili (Formazione della Maiolica molto fratturata)	

Per poter fare una analisi mirata delle indagini disponibili e per non disperdere informazioni statisticamente minoritarie ma possibilmente rilevanti in un contesto più specifico, si è suddivisa l'intera area di studio in tre diverse Zone secondo lo schema riportato nella figura.



ZONA 1

Il **substrato geologico è costituito dalla Formazione della Maiolica** con stratificazione a franapoggio più inclinato del pendio e con leggera e localizzata copertura detritica. Lungo le strade, disposte lungo le linee di quota, si riscontra la presenza di terreni di riporto posti a tergo dei muri di contenimento realizzati per la sede stradale.

Muro 1	S 19 a monte al centro	E10	
Muro 2	S 18 - S 19 – S 20	E 10	CP1-2-3
Muro 2A	S 18 - S 19	E 10	CPT1
Muro 3 - 4	S 18 a monte –	E9 a valle	

ZONA 2

Substrato geologico Formazione Calcari diasprigni

"Calcari selciferi, selci cornee, argilliti selciose, sabbie radiolariti, finemente stratificate"

Stratificazione - La giacitura risulta, in massima parte, sub verticale o con evidenti mesopieghe ed intensa fratturazione. La roccia è molto fratturata, per la presenza di una antica dislocazione tettonica, vi sono abbondanti depositi detritici e terreni di riporto in corrispondenza del bordo esterno delle strade e dei terrazzamenti.

Muro B	S 13 - S 15	E 6 - E 9	
Muro C	S 12 - S 14	E 6	
Muro D	S 10 – S 11 – S 12	E 7	
Muro 5	S 14 - S 15	E 6	
Muro 7	S 10 – S 11 – S 12	E 6 - E 7	
Muro 8	S 9 - S 10	E7	
Muro 8 Bis	S 9 - S 10	E7	
Muro 9	S 17	E8	
Muro 10	S 16 – S 17	E 7 - E 8	
Muro 12			

Muro 13	S16	E7	
Muro 13 Bis - Quater	S 9	E 5	A3
Muro 13 ter	S 9		A3
Muro 14	S 8 S 9	E 5	
Muro 15	S 8 S 9	E 5	
Muri 18 A e 18 B	S23 S1(21)	A-B (21)	
Muro 18 Bis	S 7 S 9	E5	A3
Muro 19	S5 S 23	E3	

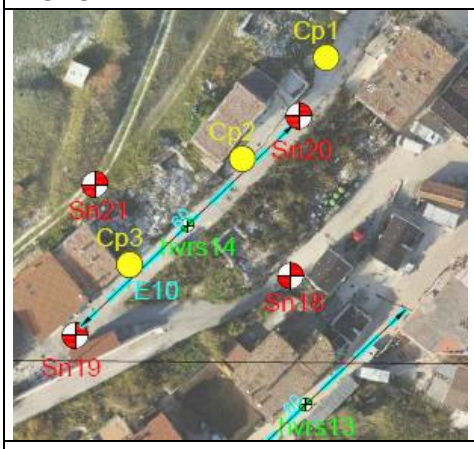
ZONA 3

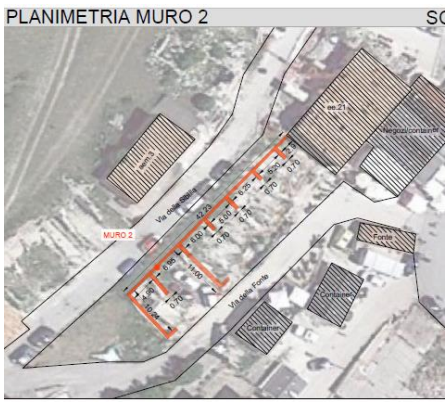
Substrato geologico Formazione della Maiolica "Calcari micritici bianchi a grana finissima e frattura concoide, regolarmente stratificati in strati e banchi di spessore variabile fra 10 e 60 cm".

Stratificazione - giacitura quasi verticale o a franapoggio più inclinata del pendio e con leggera e localizzata copertura detritica.

Muro 16	S6 - S 24	E4	A2
Muro 17	S2	E1	A1
Muro 20	S23	E3	
Muro 21 A	S3	E2	A3
Muro 22	S3	E2	
Muro 24	S 1 - S2 - S24	E1	A1
Muro 25	S 22		A9

MURO 2







S18

Strato a	Da 0.0 a 0.5	Bitume e massicciata stradale
Strato e*	Da 0.5 a 3.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Strato e	Da 3.0 a 8.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

S19

Strato a	Da 0.0 a 0.8	Massicciata stradale
Strato b	Da 0.8 a 3.0	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale poco plastico
Strato e*	Da 3.0 a 5.3	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Strato e	Da 5.3 a 8.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

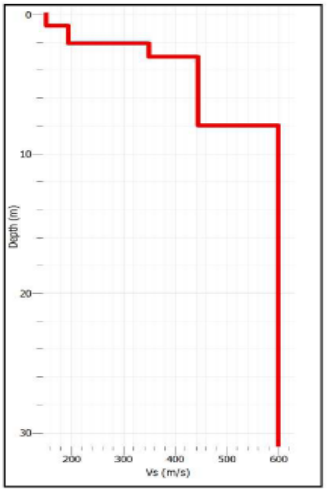
S20

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Asfalto
Strato b	Da 0.3 a 2.0	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale poco plastico
Strato e*	Da 2.0 a 3.1	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Strato e	Da 3.1 a 8.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

Sismica

E10	1	0	0,85	0,85	147	472	**B**
	2	0,85	2,17	1,32	189		
	3	2,17	3,12	0,95	345		
	4	3,12	8,07	4,95	443		
	5	8,07	30	21,93	595		

Categoria Topografica T 2



Valori parametri

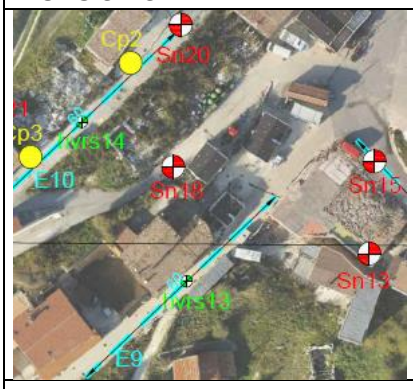
S18	1	30/R-7cm
	2,8	36/48/R-12cm
	4,5	46/R-12cm
S19	1	27/37/R-8cm
	3,3	47/R-11cm
	5	50/R-12cm
S20	1,2	21/40/R-6cm
	3,2	45/47/R-9cm
	4,8	46/R-10cm

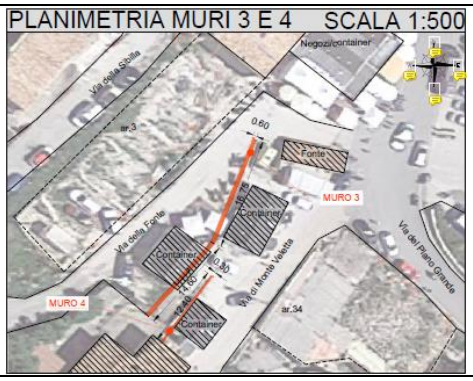
Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro
Strati a + b spessore 2,0-3,0 m
γ 16–18 (kN/mc)
ϕ 27–35 (°)
c' 0 (kN/mq)

Strato e* spessore 2,3-2,5 m
γ 20–22 (kN/mc)
ϕ 35–45 (°)
c' 0 (kN/mq)
E 300-600 Mpa

Strato e
γ 22–24 (kN/mc)
ϕres 25–30 (°)
Cres 150-200 (kN/mq)
E 900-1500 Mpa

MURO 3 – 3 A - 4





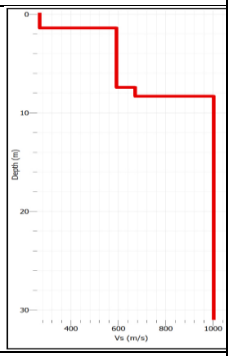
S15

Strato a	Da 0.0 a 1.0	Asfalto e Massicciata stradale
Strato d*	Da 1.6 a 8.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione dei Calcari Diasprigni tettonizzati)

S18

Strato a	Da 0.0 a 0.5	Bitume e massicciata stradale
Strato e*	Da 0.5 a 3.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Strato e	Da 3.0 a 8.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

E9	1	0	1,31	1,31	268	496	B
	2	0,4	7,52	6,21	579		
	3	7,52	8,39	0,87	667		
	4	8,39	30	21,61	1007		



Categoria Topografica T 2

S15	1,2	38/R-11cm
	2,5	45/R-9cm
	4,5	47/R-12cm
S18	1	30/R-7cm
	2,8	36/48/R-12cm
	4,5	46/R-12cm

Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

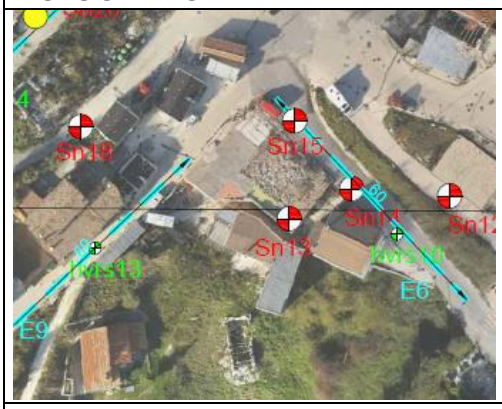
Strati d* ed e* spessore 3,0-8,0 m

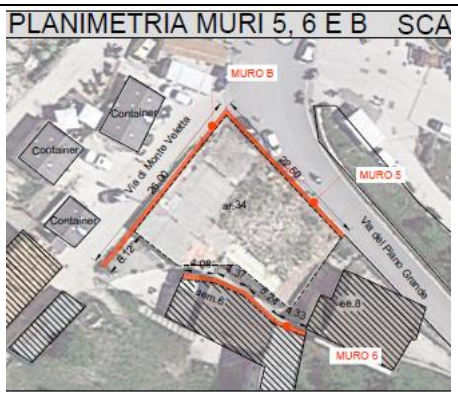
γ	18–22	(kN/mc)
ϕ	30–38	(°)
c’	0	(kN/mq)
E	110-350	Mpa

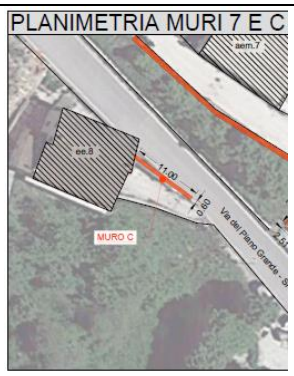
Strato e

γ	22–24	(kN/mc)
ϕres	25–30	(°)
Cres	150-200	(kN/mq)
E	900-1500	Mpa

MURO 5 – B - C







S13

Strato a	Da 0.0 a 0.5	Massicciata stradale
Strato c	Da 0.5 a 8.0	Ghiaia calcarea con matrice sabbiosa di colore nocciola biancastra, debolmente cementata. (Roccia tettonizzata ?)

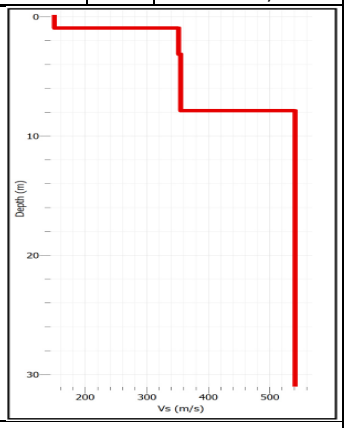
S14

Strato a	Da 0.0 a 1.8	Massicciata stradale
Strato d	Da 1.8 a 8.0	Calcare bianco e grigio, e calcare selcifero. Carotato come clasti a spigoli vivi in variabile contenuto di matrice (Formazione dei Calcari Diasprigni)

S15

Strato a	Da 0.0 a 1.0	Asfalto e Massicciata stradale
Strato d*	Da 1.6 a 8.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clast calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione dei Calcari Diasprigni tettonizzati)

E6	1	0	0,93	0,93	148	448	**B**
	2	0,93	7,95	7,02	356		
	3	7,95	30	22,05	539		



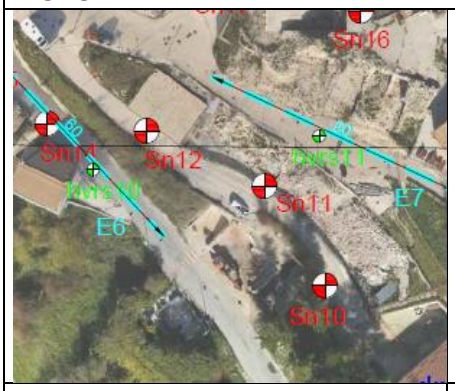
Categoria Topografica T 3

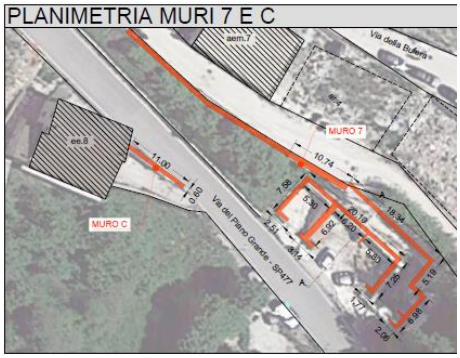
S13	-	-
S14	1,2	47/R-12cm
	3,5	50/R-8cm
	4,5	R-6cm
S15	1,2	38/R-11cm
	2,5	45/R-9cm
	4,5	47/R-12cm

Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro
Strati c ed d* spessore 3,0-8,0 m

γ	18–22	(kN/mc)
ϕ	30–38	(°)
c’	0	(kN/mq)
E	300-600 Mpa	

MURO 7





S10

Str. a	Da 0.0 a 0.5	Massicciata stradale
Str. b	Da 0.5 a 4.2	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici. Deposito continentale saturo, plastico
Str. c	Da 4.2 a 8.0	Ghiaia e sabbia a granulometria variabile. Addensamento medio alto e scarsa cementazione.

S11

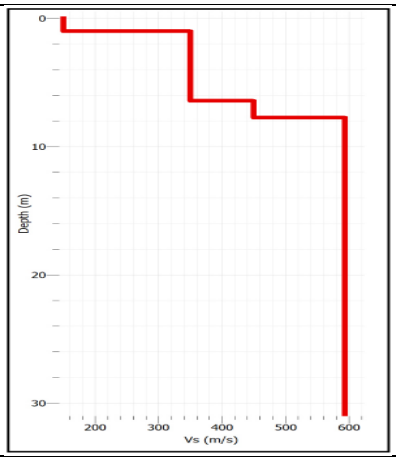
Str. a	Da 0.0 a 1.0	Massicciata stradale
Str. d*	Da 1.0 a 8.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

S12

Str. a	Da 0.0 a 0.3	Massicciata stradale
Str. d*	Da 0.3 a 8.0	Calcare bianco e grigio, fino a 4,0 m, e calcare selcifero con toni verdi e rosati da 4,0 a 8,0 m. Carotato come clasti a spigoli vivi in variabile contenuto di matrice (Formazione dei Calcari Diasprigni)

E7	1	0	1,01	1,01	145	483	**B**
	2	1,01	6,43	5,42	358		
	3	6,43	7,85	1,42	457		
	4	7,85	30	22,15	600		

Categoria Topografica T 3



S10	1	3-5-6
	3	3-4-6
	4,5	24/R-9cm
S11	1	37/R-11cm
	3	45/R-13cm
	4,5	46/R-11cm
S12	1	30/R-8cm
	2,5	48/R-7cm
	4,5	R-7cm

Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

Strati a + b spessore 1,0-4,5 m

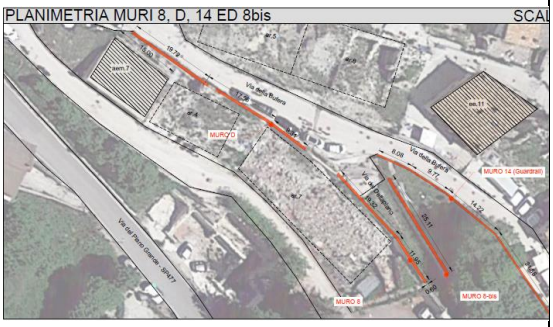
γ 16–18 (kN/mc)
ϕ 27–30 (°)
c’ 0 (kN/mq)

Strati c ed d*

γ 18–22 (kN/mc)
ϕ 30–38 (°)
c’ 0 (kN/mq)
E 300-600 Mpa

MURO 8 – D -14 – 8Bis





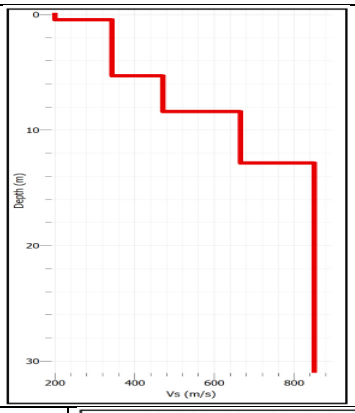
S9

Strato a	Da 0.0 a 0.3	Massicciata
Strato f	Da 0.3 a 2.0	Riporto antropico costituito da limo-argilloso marrone brunastro con clasti calcarei.
Strato c	Da 2.0 a 3.8	Ghiaia calcarea di medie e piccole dimensioni, in matrice limo-sabbiosa di colore marrone nocciola, debolmente cementata.
Strato d	Da 3.8 a 15.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

S11

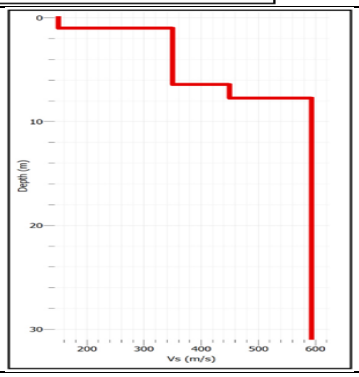
Strato a	Da 0.0 a 1.0	Massicciata stradale
Strato d*	Da 1.0 a 8.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

E5	1	0	0,54	0,54	170	438	**B**
	2	0,54	5,23	4,69	354		
	3	5,23	8,48	3,25	487		
	4	8,48	13,07	4,59	678		
	5	13,07	30	16,93	860		



Categoria Topografica T 3

E7	1	0	1,01	1,01	145	483	**B**
	2	1,01	6,43	5,42	358		
	3	6,43	7,85	1,42	457		
	4	7,85	30	22,15	600		

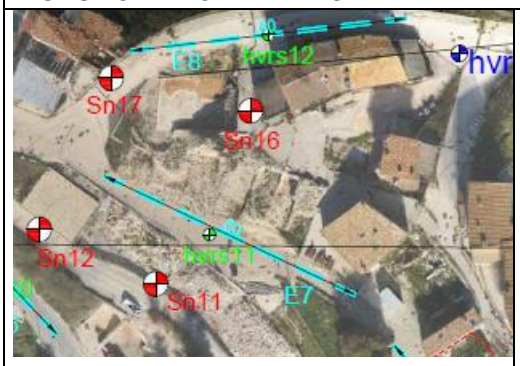


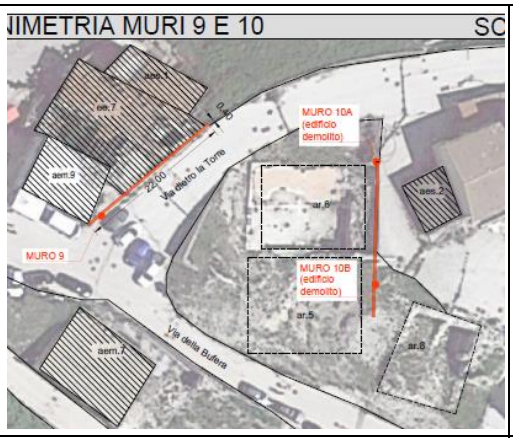
S9	1,5	4/9/11
	3,5	3/11/12
S11	1	37/R-11cm
	3	45/R-13cm
	4,5	46/R-11cm

Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

Strati a + f spessore circa 2,0 m γ 16–17 (kN/mc) ϕ 27–30 (°) c' 0 (kN/mq) Strato c spessore circa 1,8 m γ 18–22 (kN/mc) ϕ 30–38 (°) c' 0 (kN/mq) E 110-350 Mpa Strato d* spessore 1,0-8,0 m γ 18–22 (kN/mc) ϕ 30–38 (°) c' 0 (kN/mq) E 110-350 Mpa Strato d γ 22–24 (kN/mc) ϕres 25–30 (°) Cres 150-200 (kN/mq) E 900-1500 Mpa	

MURO 10 A – 10 B – 12 - 13





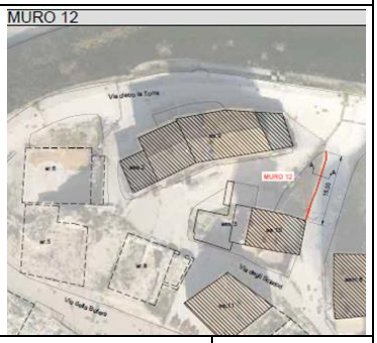


S11

Strato a	Da 0.0 a 1.0	Massicciata stradale
Strato d*	Da 1.0 a 8.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

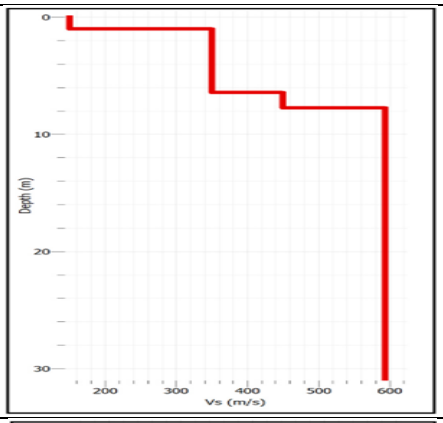
S16

Strato a	Da 0.0 a 0.6	Massicciata stradale
Strato d*	Da 0.6 a 8.0	Calcare e calcare selcifero bianco e grigio. Carotato come clasti a spigoli vivi in variabile contenuto di matrice (Formazione dei Calcari Diasprigni)

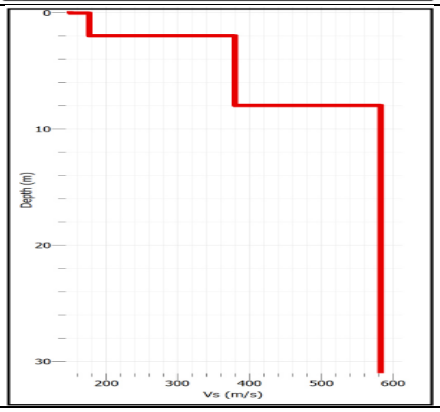


E7	1	0	1,01	1,01	145	483	B
	2	1,01	6,43	5,42	358		
	3	6,43	7,85	1,42	457		
	4	7,85	30	22,15	600		

Categoria Topografica T 3



E8	1	0	1,88	1,88	166	453	**B**
	2	1,88	8,04	6,16	373		
	3	8,04	30	21,96	571		

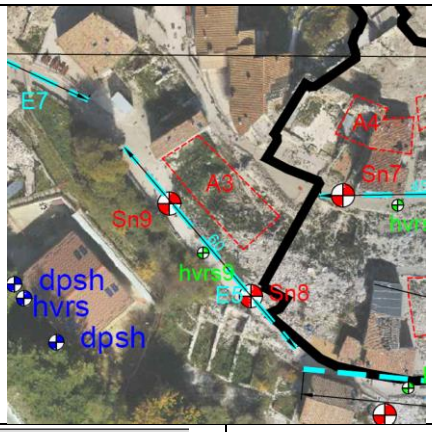


S11	1	37/R-11cm
	3	45/R-13cm
	4,5	46/R-11cm
S12	1,3	46/R-8cm
	2,5	49/R-12cm
	4,5	50/R-10cm

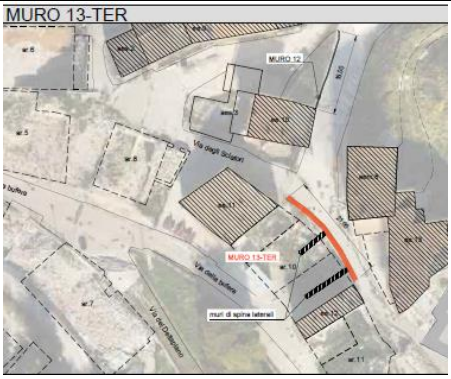
Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

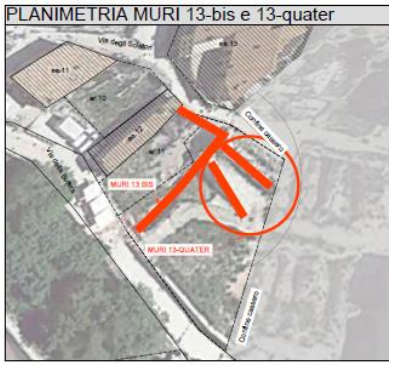
Strato d* γ 18–22 (kN/mc) ϕ 30–38 (°) c’ 0 (kN/mq) E 90-450 Mpa	

MURO 13 Bis – 13 Ter - 13 Quater - 15











S8

Str a	Da 0.0 a 0.3	Alfalto
Str c	Da 0.8 a 2.3	Ghiaia calcarea con scarsa matrice sabbiosa di colore nocciola-avana, debolmente cementata.
Str d	Da 2.3 a 12.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

S9

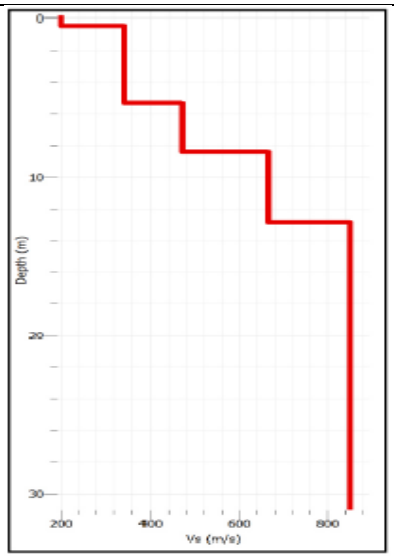
Str a	Da 0.0 a 0.3	Massicciata
Str f	Da 0.3 a 2.0	Riporto antropico costituito da limo-argilloso marrone brunastro con clasti calcarei.
Str c	Da 2.0 a 3.8	Ghiaia calcarea di medie e piccole dimensioni, in matrice limo-sabbiosa di colore marrone nocciola, debolmente cementata.
Str d	Da 3.8 a 15.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

Rilievo geostrutturale

AREA	Peso di volume (kN/mc)	Form.	RMR
A_3	24	Calcari Diasprigni	30,9

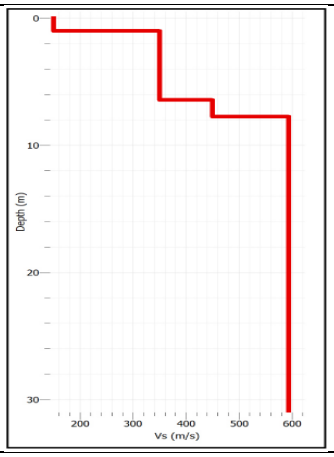
E5	1	0	0,54	0,54	170	438	**B**
	2	0,54	5,23	4,69	354		
	3	5,23	8,48	3,25	487		
	4	8,48	13,07	4,59	678		
	5	13,07	30	16,93	860		

Categoria Topografica T 3



E7	1	0	1,01	1,01	145	483	**B**
	2	1,01	6,43	5,42	358		
	3	6,43	7,85	1,42	457		
	4	7,85	30	22,15	600		

Categoria Topografica T 3



S8	1,2	29/48/50R-12cm
	2,4	37/50/R-7cm
	3,5	27/47/50R-3cm
S9	1,5	4/9/11
	3,5	3/11/12

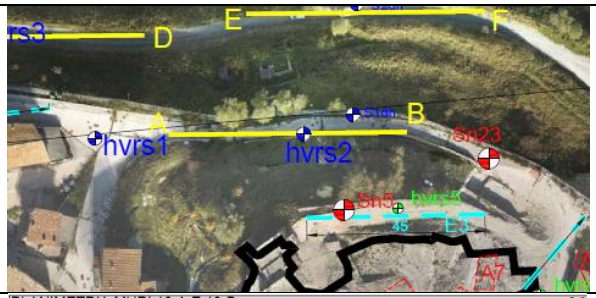
Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

Strati a + f spessore circa 2,0 m
γ 16–17 (kN/mc)
ϕ 27–32 (°)
c' 0 (kN/mq)

Strati c e spessore circa 1,8 m
γ 18–22 (kN/mc)
ϕ 30–38 (°)
c' 0 (kN/mq)
E 110-350 Mpa

Strato d
γ 22–24 (kN/mc)
ϕres 25–30 (°)
Cres 150-200 (kN/mq)
E 900-1500 Mpa

MURO 18 A – 18 B







S5

Str. a	Da 0.0 a 0.3	Soletta stradale in calcestruzzo
Str. f	Da 0.3 a 2.5	Riporto antropico costituito da limo-sabbioso marrone con scarti edili. Plastico, di consistenza medio bassa.
Str. d*	Da 2.5 a 7.0	Ghiaia calcarea con scarsa matrice sabbiosa di colore rossiccio, debolmente cementata. ((Formazione dei Calcari Diasprigni molto fratturata)
Str. d	Da 7.0 a 15.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

S23

Str. a	Da 0.0 a 0.4	Asfalto
Str. b	Da 0.4 a 1.2	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale poco plastico
Str. e*	Da 1.2 a 4.5	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Str. e	Da 4.5 a 20.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

S1 (2022)

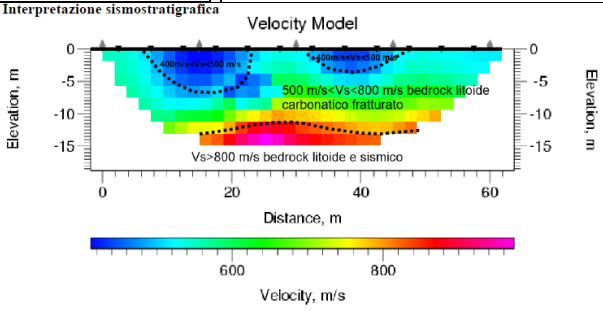
Str. a	Da 0.0 a 0.4	Massicciata stradale
Str. f	Da 0.4 a 1.4	Rilevato stradale: clasti calcarei in matrice limosa.
Str. e	Da 1.4 a 22	Calcare micritico bianco in strati sottili (Formazione della Maiolica molto fratturata)

PROFILO A-B (VERTICALE A 15 M DAL PUNTO A)
RIFERIMENTO PIANO DI CAMPAGNA

vs	spessore	h/vs	H substrato	Vseq
412	1,875	0,004551	13,125	504,3296
424	1,875	0,0044222		
449	1,875	0,0041759		
490	1,875	0,0038265		
535	1,875	0,0035047		
620	1,875	0,0030242		
744	1,875	0,0025202		
oltre 800	oltre 13 m			

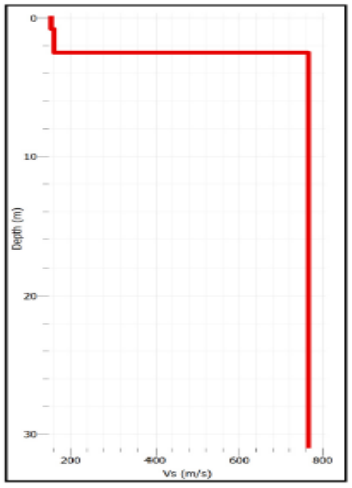
CAT. SOTTOSUOLO NTC 17/01/18: B

Interpretazione sismostratigrafica



E3	1	0	2,58	2,58	176	600	**B**
	2	2,58	30	27,42	775		

Categoria Topografica T 3



S5	0,8	1/2/1
	1,5	1/1/1
	3,5	11/24/37

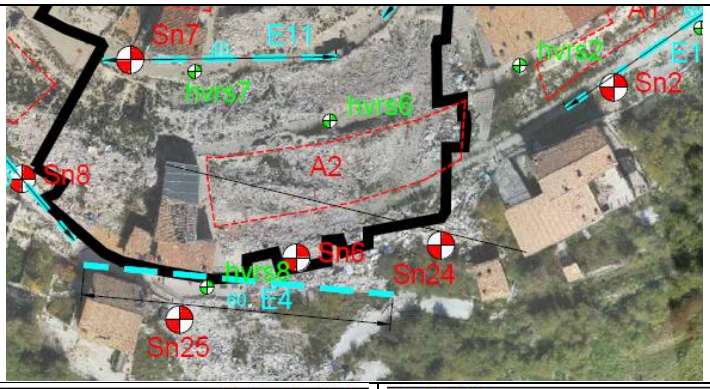
Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

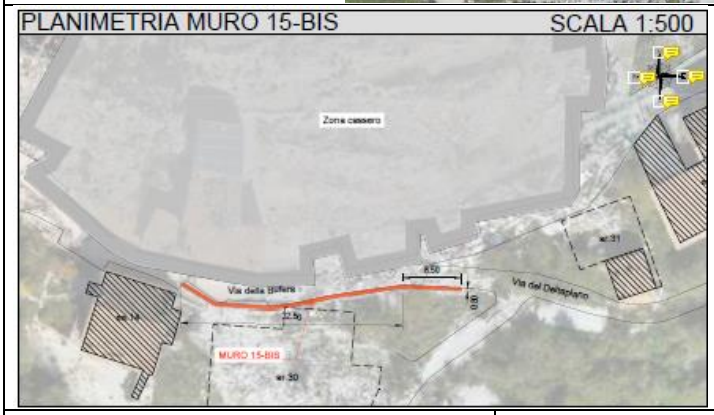
Strati a, b, f spessore circa 2,5 m
γ 16–17 (kN/mc)
ϕ 25–28 (°)
c' 0 (kN/mq)

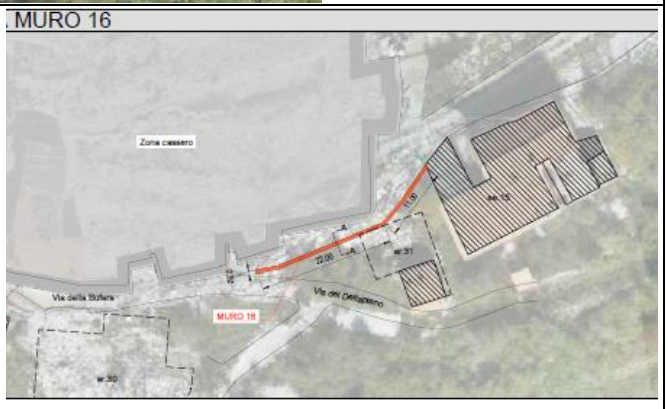
Strati d* ed e* spessore 3,0-5,0 m
γ 18–22 (kN/mc)
ϕ 30–38 (°)
c' 0 (kN/mq)
E 110-350 Mpa

Strato d ed e
γ 22–24 (kN/mc)
ϕres 25–30 (°)
Cres 150-200 (kN/mq)
E 900-1500 Mpa

MURO 15 Bis – 16







S6

Str. a	Da 0.0 a 0.3	Massicciata
Str. f	Da 0.3 a 0.8	Riporto antropico costituito da limo-sabbioso marrone con scarti edili. Plastico, di consistenza medio bassa.
Str. d*	Da 0.8 a 2.3	Ghiaia calcarea con scarsa matrice sabbiosa di colore rossiccio, debolmente cementata. (Formazione dei Calcari Diasprigni molto fratturata)
Str. d	Da 2.3 a 12.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

S24

Str. c	Da 0.0 a 2.3	Ghiaia calcarea con matrice limo-sabbiosa rossa-brunastra, debolmente cementata.
Str. e	Da 2.3 a 20.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate fino a 7 m. (Formazione della Maiolica)

S25

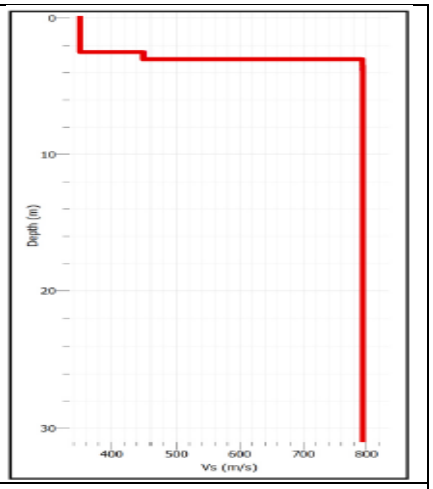
Str. a	Da 0.0 a 0.3	Sottofondo stradale
Str. f	Da 0.3 a 1.2	Riporto antropico costituito da limo-sabbioso marrone con scarti edili e clasti calcarei.
Str. d*	Da 1.2 a 4.0	Ghiaia calcarea di medie e piccole dimensioni in matrice limo-sabbiosa di colore marrone, debolmente cementata. (Formazione dei Calcari Diasprigni molto fratturata)
Str. d	Da 4.0 a 20.0	Calcilutiti silicee rosse, verdi e grigie, in strati medio-sottili, contenenti livelli selciferi di vari colori e livelli francamente marnosi. Molto fratturate ed alterate. (Formazione dei Calcari Diasprigni)

RILIEVI GEOMECCANICI

	AREA	Peso di volume (kN/mc)	Formazione	RMR
Zona 2	A_2	24	Calcari Diasprigni	30,9

E4	1	0	2,4	2,4	365	386	**B**
	2	2,4	3,17	0,77	472		
	3	3,17	30	26,87	801		

Categoria Topografica T 3



S6	1,5	30/50/R-7cm
	2	50/R-11cm
S24	1,0	12/29/43
	1,7	18/33/41

Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

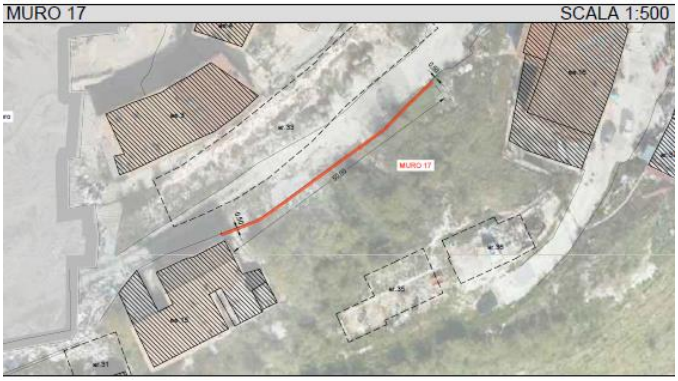
Strati a, c, f spessore circa 2,3 m
γ 16–17 (kN/mc)
ϕ 25–30 (°)
c' 0 (kN/mq)

Strati d* spessore 2,0-3,0 m (verticali S6 e S25)
γ 18–22 (kN/mc)
ϕ 30–38 (°)
c' 0 (kN/mq)
E 110-350 Mpa

Strato d ed e
γ 22–24 (kN/mc)
ϕres 25–30 (°)
Cres 150-200 (kN/mq)
E 900-1500 Mpa

MURO 17





S1

Str a	Da 0.0 a 0.4	Massicciata stradale
Str b	Da 0.4 a 1.2	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale molto addensato
Str e	Da 1.2 a 12.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

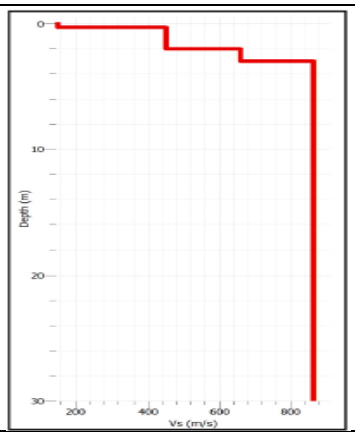
S2

Str a	Da 0.0 a 0.6	Massicciata stradale di natura limo sabbioso-argillosa marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione
Str e*	Da 0.6 a 2.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Str e	Da 2.0 a 12.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

RILIEVI GEOMECCANICI

AREA	Peso di volume	Formazione	RMR
A_1	26	Maiolica	31,5

E1	1	0	0,27	0,27	170	> 800	**B (A)**
	2	0,27	2,01	1,74	464		
	3	2,01	3	0,99	675		
	4	3	30	27	873		



Categoria Topografica T 3

S1	0,6	26/37/46
	1,5	38/47/R-9cm
S2	0,8	31/43/50
	1,5	50/R-8cm

Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

Strati a, b, spessore circa 1.2 m

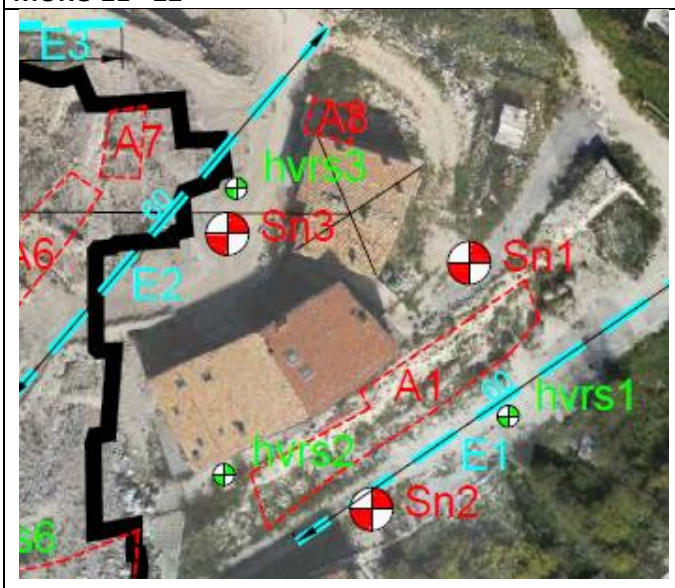
γ 16–17 (kN/mc)

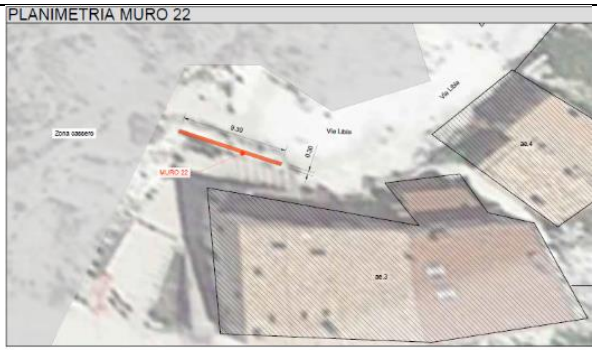
ϕ 25–28 (°)

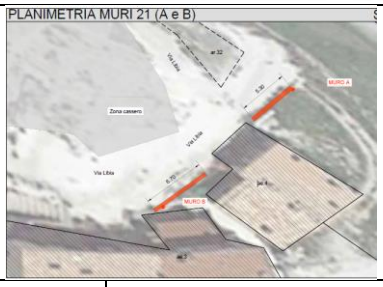
c’ 0 (kN/mq)

Strato e* spessore circa 1,5 m γ 18–22 (kN/mc) ϕ 35–40 (°) c' 0 (kN/mq) E 110-350 Mpa Strato e γ 22–24 (kN/mc) ϕres 25–30 (°) Cres 150-200 (kN/mq) E 900-1500 Mpa	

MURO 21 - 22







S1

Str a	Da 0.0 a 0.4	Massicciata stradale
Str b	Da 0.4 a 1.2	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale molto addensato
Str e	Da 1.2 a 12.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

S3

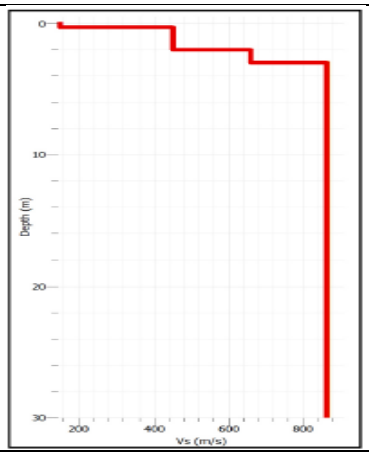
Str a	Da 0.0 a 1.2	Massicciata stradale di natura ghiaioso sabbiosa
Str e	Da 1.2 a 15.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

RILIEVI GEOMECCANICI

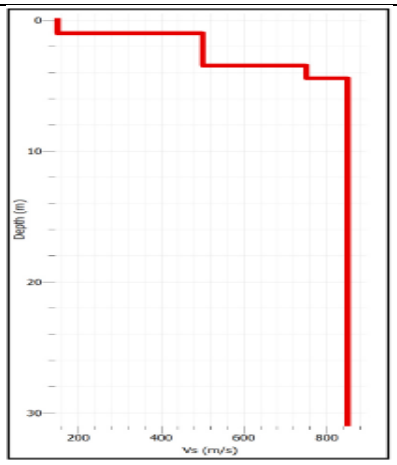
AREA	Peso di volume	Formazione	RMR
A_1	26	Maiolica	31,5

E1	1	0	0,27	0,27	170	> 800	**B (A)**
	2	0,27	2,01	1,74	464		
	3	2,01	3	0,99	675		
	4	3	30	27	873		

Categoria Topografica T 3



E2	1	0	0,95	0,95	172	386	**B**
	2	0,95	3,44	2,49	520		
	3	3,44	4,51	1,07	772		
	4	4,51	30	25,49	865		



S1	0,6	26/37/46
	1,5	38/47/R-9cm
S3	0,8	50/R-8cm

Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

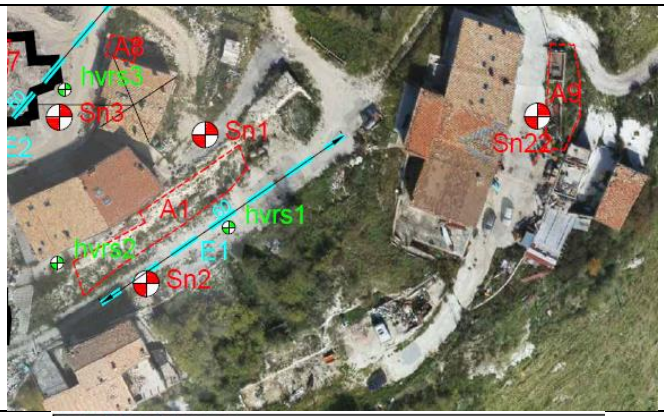
Strati a, b, spessore circa 1.2 m

γ 16–17 (kN/mc)
ϕ 25–28 (°)
c' 0 (kN/mq)

Strato e

γ 22–24 (kN/mc)
ϕres 25–30 (°)
Cres 150-200 (kN/mq)
E 900-1500 Mpa

MURO 24 - 25









S1

Str a	Da 0.0 a 0.4	Massicciata stradale
Str b	Da 0.4 a 1.2	Limo sabbioso-argilloso marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione. Deposito continentale molto addensato
Str e	Da 1.2 a 12.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

S2

Str a	Da 0.0 a 0.6	Massicciata stradale di natura limo sabbioso-argillosa marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione
Str e*	Da 0.6 a 2.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcare da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Str e	Da 2.0 a 12.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

S22

Str a	Da 0.0 a 0.6	Massicciata stradale di natura limo sabbioso-argillosa marrone con clasti calcarei centimetrici e terre rosse di alterazione
Str e*	Da 0.6 a 2.0	Ghiaia e sabbia in varie proporzioni, a granulometria variabile, ben assortite e d eterometriche. Clasti calcarei da molto angolosi a moderatamente arrotondati. Addensamento medio alto e scarsa cementazione. (Formazione della Maiolica molto fratturata)
Str e	Da 2.0 a 12.0	Calcilutiti bianco avorio, in strati medio sottili, contenenti noduli e lista di selce grigia e nera. Molto fratturate ed alterate. (Formazione della Maiolica)

RILIEVI GEOMECCANICI

AREA	Peso di volume	Formazione	RMR
A_1	26	Maiolica	31,5

E1	1	0	0,27	0,27	170	> 800	**B (A)**
	2	0,27	2,01	1,74	464		
	3	2,01	3	0,99	675		
	4	3	30	27	873		

Categoria Topografica T 3

S1	0,6	26/37/46
	1,5	38/47/R-9cm
S2	0,8	31/43/50
	1,5	50/R-8cm
S22	1	9/28/50/6cm
	1,5	10/22/50/9cm
	4,5	24/20/R-10cm

Parametri geotecnici indicativi a partire dalla testa del muro

Strati a, b, spessore circa 1.2 m
γ 16–17 (kN/mc)
ϕ 25–28 (°)
c' 0 (kN/mq)

Strato e* spessore circa 1,5 m
γ 18–22 (kN/mc)
ϕ 35–45 (°)
c' 0 (kN/mq)
E 110-350 Mpa

Strato e
γ 22–24 (kN/mc)
ϕres 25–30 (°)
Cres 150-200 (kN/mq)
E 900-1500 Mpa